

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“GERENCIA ESTRATÉGICA DE MANTENIMIENTO DE LA  
EMPRESA PLÁSTICOS DEL LITORAL - PLASTLIT”**

**TESIS DE GRADO**

Previa la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA Y  
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Presentada por:

**MARIA FERNANDA PIEDRA PALADINES**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2005**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco la entera  
disposición del Ingeniero  
Holger Cevallos Ulloa,  
director de tesis, y los días de  
vida que Dios me ha dado.

## DEDICATORIA

A todos aquellos ángeles que  
me ayudaron a mantenerme  
de pie.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

ING. MIGUEL YAPUR  
SUBDECANO DE LA FIEC

---

ING. HOLGER CEVALLOS  
DIRECTOR DE TESIS

---

ING. ALBERTO LARCO  
MIEMBRO PRINCIPAL

---

ING. JUAN GALLO  
MIEMBRO PRINCIPAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

MARÍA FERNANDA PIEDRA PALADINES

## RESUMEN

El presente trabajo trata de exponer que mantenimiento es ante todo y sobretodo un servicio, y además que sus políticas, objetivos y manera de actuar deben ajustarse, desarrollarse y evolucionar con las políticas, objetivos y estructuras de la empresa; pudiendo notar que la evolución de la empresa da lugar a la evolución del servicio de mantenimiento.

Dentro de la base teórica que se presenta se vuelve evidente que la evolución de las técnicas de mantenimiento ha ido siempre a la par con las evoluciones tecnológicas, permitiendo incrementar significativamente el aprendizaje sobre el comportamiento degenerativo interno de los equipos que hace tan sólo unos cuantos años era prácticamente desconocido.

Se explica que cada problema que se presenta en mantenimiento puede estudiarse y diagnosticarse empleando y combinando una variedad de técnicas, lo que lleva al uso de algunas estrategias para el empleo sistemático de las técnicas de solución de problemas.

En el desarrollo del trabajo se considera la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), que 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 la considera como estrategia, por ayudar a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. Se elige el TPM porque permite diferenciar una organización con relación a su competencia debido al impacto en reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

También, a pesar de explicar como se puede implementar un sistema de información para la gestión de mantenimiento, se explica que las labores de mantenimiento se las puede realizar siguiendo procedimientos muy básicos y simples (como inspecciones con registros manuales) porque es la correcta disposición de toda esa información y la aplicación de procedimientos claros y bien definidos, lo que hace que el personal desarrolle una labor de manera consistente respetando los estándares previamente definidos, y obteniendo así resultados de gran calidad.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	6
INDICE GENERAL	8
INDICE DE FIGURAS	15
INDICES DE TABLAS	19
INTRODUCCIÓN	23
CAPITULO I: GENERALIDADES	25
1.1. Introducción	26
1.2. Evolución Organizacional del Mantenimiento	28
1.3. Funciones de mantenimiento	36
1.4. Objetivos del mantenimiento industrial	39
CAPITULO II: DEFINICIONES Y CONCEPTOS BASICOS	41
2.1. Definición y estandarización de conceptos	42
2.2. Tipos de Mantenimiento	44
CAPITULO III: ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO	69
3.1. Mantenimiento Productivo Total	70
3.2. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	73
3.3. Sistema de Gestión de Calidad	81
3.4. Análisis Causa Raíz	82
3.5. Estrategia de las Cinco “S”	86



3.6. Estrategias del Proceso de Deming	88
3.7. Dirección por Políticas	95
CAPITULO IV: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	98
4.1. Historia	99
4.2. Objetivos	102
4.3. Características	103
4.4. Sistema Occidental vs. Sistema Japonés	103
4.5. Beneficios del TPM	105
4.6. Procesos Fundamentales TPM ( Pilares )	106
4.7. Mejoras Enfocadas o Kobetsu Kaizen	117
4.8. Mantenimiento Autónomo o Jishu Hozen	120
4.9. Mantenimiento Progresivo o Keikaku Hozen	125
4.10. Mantenimiento de Calidad o Hinshitsu Hozen	133
CAPITULO V: METODOS Y HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	143
5.1. Definiciones	144
5.2. Metodología de calidad para eliminar averías	149
5.3. Estratificación de la Información	158
5.4. Diagrama de Pareto	161
5.5. Diagrama Causa Efecto (Ishikawa)	165

5.6. Diagrama CEDAC	176
5.7. Metodología del Mantenimiento	185
5.8. Técnicas TPM empleadas para el estudio de averías	187
5.9. Estrategia de Mejora con Métodos de Mantenimiento	198

(APLICACIÓN)

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

CAPITULO VI: DIAGNÓSTICO INTERNO Y DIMENSIONAMIENTO

GENERAL DEL SISTEMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO	201
6.1. Organigrama de la Empresa	210
6.2. Gerencia de Mantenimiento	211
6.3. Factores relevantes en el proceso de mantenimiento	215
6.4. Evaluación del desempeño de cada factor	221

CAPITULO VII: MISION, POLITICAS Y OBJETIVOS

7.1. Misión y Visión	227
7.2. Establecimiento de Políticas	228
7.3. Definición de Objetivos	228
7.4. Alcance del Proyecto	229
7.5. Metas del Proyecto	230

CAPITULO VIII:	MEJORAS ENFOCADAS O KOBETSU KAIZEN	231
8.1.	Paso 1. Selección del tema de estudio.	232
8.2.	Paso 2. Crear la estructura para el proyecto	233
8.3.	Paso 3. Identificar la situación actual y formular objetivos	238
8.4.	Paso 4. Diagnóstico del problema	245
8.5.	Paso 5. Formular plan de acción	253
8.6.	Paso 6. Implantar mejoras	260
8.7.	Paso 7. Evaluar los resultados	261
CAPITULO IX:	MANTENIMIENTO AUTONOMO O JISHU HOZEN	262
9.1.	Paso 0. Preparación del Mantenimiento Autónomo.	263
9.2.	Paso 1. Limpieza e inspección	269
9.3.	Paso 2. Establecer medidas preventivas contra las causas de deterioro forzado y mejorar el acceso a las áreas de difícil limpieza.	282
9.4.	Paso 3. Preparación de estándares para la limpieza e inspección.	285
9.5.	Paso 4. Inspección general orientada	293
9.6.	Paso 5. Inspección autónoma	313
9.7.	Paso 6. Estandarización	315
9.8.	Paso 7. Control autónomo total	316
9.9.	Plan de implantación	318
9.10.	Auditorias de mantenimiento autónomo	319

CAPITULO X: MANTENIMIENTO PROGRESIVO O KEIKAKU HOZEN	326
10.1. Paso 1. Identificar el punto de partida del estado de los equipos	331
10.2. Paso 2. Eliminar deterioro del equipamiento y mejorarlo	336
10.3. Paso 3. Mejorar el sistema de información para la gestión	337
10.4. Paso 4. Mejorar el sistema de mantenimiento periódico	340
10.5. Paso 5. Desarrollar un sistema de mantenimiento predictivo	345
10.6. Paso 6. Desarrollo superior del sistema de mantenimiento	346
CAPITULO XI: MANTENIMIENTO DE CALIDAD O HINSHITSU HOZEN	347
11.1. Paso 1. Identificación de la situación actual del equipo	349
11.2. Paso 2. Investigación de la forma como se generan los defectos	350
11.3. Paso 3. Identificación y análisis de las condiciones 3M (Materiales, Máquina y Mano de obra)	350
11.4. Paso 4. Estudiar las acciones correctivas para eliminar "Fugas"	351
11.5. Paso 5. Analizar las condiciones del equipo para productos sin defectos y comparar los resultados.	353
11.6. Paso 6. Realizar acciones Kobetsu Kaizen o de mejora de las condiciones 3M	354
11.7. Paso 7. Definir las condiciones y estándares de las 3M	354
11.8. Paso 8. Reforzar el método de inspección	355
11.9. Paso 9. Valorar los estándares utilizados	355

CAPITULO XII:      GESTION DE REPUESTOS Y MATERIALES	357
12.1. Funciones generales del almacén de mantenimiento.	358
12.2. Sistemas de codificación y clasificación de materiales.	367
12.3. Métodos de almacenamiento.	369
12.4. Sistema de inventario	372
CAPITULO XIII:SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA MANTENIMIENTO	380
13.1. El Concepto de Información	381
13.2. Terminología básica en el uso de computadores	382
13.3. Consideraciones sobre el diseño y uso de sistemas de información para mantenimiento	383
13.4. Planeación estratégica de sistemas	388
13.5. Requerimientos de un sistema de información para mantenimiento	397
13.6. Metodología de implementación	401
CAPITULO XIV:      TERCERIZACIÓN	416
14.1. ¿Por que Tercerizar?	418
14.2. Distorsiones de la Tercerización	446
14.3. Análisis de los servicios a tercerizar	459
CAPITULO XV: LA INVERSIÓN EN MANTENIMIENTO Y LOS COSTOS	461
15.1. El compromiso de mantenimiento respecto a los costos.	463

15.2. Tipos de costos involucrados en el mantenimiento.	465
15.3. Asignación de costos y presupuestos.	467
15.4. La OT y los costos	481
15.5. Determinación de tarifas de recursos de mantenimiento	484
15.6. Índices de gestión de costos	484
15.7. Uso del concepto del ciclo de vida en mantenimiento	491
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	500
ANEXOS	509
BIBLIOGRAFIA	534

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.2.1	Posición del Mantenimiento hasta la década de 1 930	30
Figura 1.2.2	Posición del Mantenimiento en las décadas de 1 930 y 1 940.	30
Figura 1.2.3	División organizacional del mantenimiento	32
Figura 1.2.4	Subdivisión de la Ingeniería de Mantenimiento en área de Estudios y Planificación y Control del Mantenimiento (PCM)	33
Figura 1.2.5	Posición de la Planificación y Control del Mantenimiento (PCM) asesorando la supervisión general de producción.	35
Figura 2.2.7.1	Organización del Mantenimiento Planificado	63
Figura 3.6.1	Sistema de control a retroalimentación del proceso de calidad	89
Figura 3.6.1.1	Ciclo Deming en la dirección del mantenimiento.	94
Figura 4.6.2.1	Relación entre pilares del TPM	107
Figura 4.6.6.1	Relación entre la productividad, seguridad y los pilares TPM	115
Figura 4.7.1.1	Pasos de las Mejoras Enfocadas.	119
Figura 4.8.8.1	Propósitos de los siete pasos de mantenimiento autónomo	124
Figura 4.9.1	Relación entre las acciones de mantenimiento y producción para prevenir averías.	126
Figura 4.9.3.1	Clasificación de los métodos de mantenimiento.	132
Figura 4.9.4.1	Pasos del Mantenimiento Planificado	133
Figura 4.10.1	Principios fundamentales de la operación del Mantenimiento de Calidad	134
Figura 5.1.1	Averías crónicas y esporádicas en equipos industriales	142

Figura 5.2.1.1	Ruta de la calidad	151
Figura 5.2.1.1	Técnicas de calidad para el análisis y solución de problemas	157
Figura 5.4.1	Diagrama de Pareto comparativo antes y después de la mejora	162
Figura 5.5.2.1	Ejemplo de un diagrama causa – efecto	169
Figura 5.6.1	Área de causas y Área de gráficos efecto	172
Figura 5.6.1.1	Diagrama CEDAC para el análisis de averías de equipo	181
Figura 5.8.1.1	Ejemplo de tabla Por qué - por qué	190
Figura 5.8.2.1	Pasos a seguir para aplicar el Método PM	193
Figura 5.9.1.1	Estrategias de Mantenimiento Productivo Total	199
Figura 5.9.2.1	Diagnóstico de equipos complejos	200
Figura 6.1	Imágenes exteriores de Plásticos del Litoral, PLASTLIT S.A.	203
Figura 6.2	Proceso de extrusión y soplado	204
Figura 6.3	Procesos de fabricación de envases semirígidos de polímeros	206
Figura 6.4	Imágenes del espectro de productos de la empresa	207
Figura 8.3.1	Ejemplo de formulación de objetivo TPM a nivel corporativo	238
Figura 8.4.1	Ordenes de trabajo para el departamento de mantenimiento en las máquinas inyectoras por tipo de falla	252
Figura 8.4.2	Ordenes de trabajo para el departamento de mantenimiento en las máquinas inyectoras por falla	252
Tabla 8.4.3	Ordenes de trabajo para el departamento de mantenimiento en las máquinas inyectoras por distribución horaria de fallas	253
Figura 8.7.1	Evaluación de resultados por índices - sección de inyección	261



Figura 9.1.1	Puntos de riesgo en la inyectora	260
Figura 9.1.2	Identificación de las principales piezas que componen a la inyectora	267
Figura 9.1.3	Identificación de las principales piezas que componen al grupo de inyección	268
Figura 9.1.4	Ejemplo de tablero de control visual	269
Figura 9.2.1	Afinidad de la estructura de la estrategia de las 5's con las etapas de mantenimiento autónomo	272
Figura 9.2.2	Secuencia de implantación de las 5's	273
Figura 9.3.1	Punto de frecuente limpieza – material de desecho	283
Figura 9.3.2	Punto de frecuente limpieza – puntos de fugas de agua	284
Figura 10.1	Hacer predecible el tiempo medio entre fallas (MTBF)	327
Figura 10.2	Incrementar el tiempo medio entre fallas (MTBF)	329
Figura 13.2.1.1	Representación de un sistema de información aplicado al mantenimiento	383
Figura 13.4.1	Polígono de la Productividad del Mantenimiento (análisis y diagnóstico)	389
Figura 13.7.1	Diagrama de flujo del proyecto de un sistema de gestión del mantenimiento	408
Figura 15.1.1	Curvas de costo del mantenimiento con relación al tiempo	463
Figura 15.3.2.1	Modelo de informe de gestión de costo para el nivel estratégico	474
Figura 15.3.3.1	Modelo de informe de gestión de costo para el nivel ejecutivo	475

Figura 15.3.4.1	Modelo de informe de gestión de costo para el nivel operacional	477
Figura 15.7.1	Curva de la bañera o curva del ciclo de vida de un equipo	494
Figura 15.7.2	Curva de degeneración con la determinación de la vida útil	497

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.II.I	Tiempos de diagnóstico y reparación según su naturaleza constructiva	31
Tabla IV.IV.I	Cuadro comparativo sistema japonés y sistema occidental	104
Tabla IV.VI.V.I	Estrategias de liderazgo y formación	112
Tabla IV.VI.V.I.I	Pasos del pilar liderazgo y formación	113
Tabla IV.VI.VI.I.I	Pasos del pilar seguridad, higiene y medio ambiente	116
Tabla IV.VIII.I.I	Pasos del mantenimiento autónomo	122
Tabla IV.X.V	Pasos del Pilar mantenimiento de calidad	142
Tabla VIII.IV.I	Eliminación de desperdicios en la sección de inyección	248
Tabla VIII.IV.II	Ordenes de trabajo para el departamento de mantenimiento en las máquinas inyectoras por tipo de falla	249
Tabla VIII.IV.III	Ordenes de trabajo para el departamento de mantenimiento en las máquinas inyectoras por falla	250
Tabla VIII.IV.IV	Ordenes de trabajo para el departamento de mantenimiento en las máquinas inyectoras por distribución horaria de fallas	251
Tabla VIII.V.I	Plan de acción, eliminación de desperfectos en la sección de inyección	255
Tabla VIII.V.II	Actividades del operador	255
Tabla VIII.V.III	Ejemplo de Lecciones de un punto	259
Tabla IX.II.I	Control de inspección y limpieza	276
Tabla IX.II.II	Control de lubricación y engrase	277

Tabla IX.II.II	Formato de auditoría de paso del mantenimiento autónomo sección piloto – CLASIFICAR (SEIRI)	279
Tabla IX.II.III	Formato de auditoría de paso del mantenimiento autónomo sección piloto – ORDEN (SEITON)	280
Tabla IX.II.IV	Formato de auditoría de paso del mantenimiento autónomo sección piloto – LIMPIEZA (SEISO)	281
Tabla IX.IV.I	Instrucción de mantenimiento - inyectora	288
Tabla IX.IV.II	Instrucción de mantenimiento - molde	289
Tabla IX.IV.III	Formato de auditoría de paso del mantenimiento autónomo sección piloto – LIMPIEZA ESTANDARIZADA (SEIKETSU)	291
Tabla IX.IV.IV	Formato de auditoría de paso del mantenimiento autónomo sección piloto – DISCIPLINA (SHITSUKE)	292
Tabla IX.V.I	Listado para la detección de inconvenientes	297
Tabla IX.V.II	Guía de engrase y lubricación – Inyectora MIR	307
Tabla IX.V.III	Guía de engrase y lubricación – Inyectora Sandretto	307
Tabla IX.V.IV	Guía de engrase y lubricación – Inyectora Negri Bossi	308
Tabla IX.V.V	Evaluación de personal – Grupo 1	309
Tabla IX.V.VI	Evaluación de personal – Grupo 2	310
Tabla IX.V.VII	Evaluación de personal – Grupo 3	311
Tabla IX.V.VIII	Evaluación de personal – Tabla de calificaciones	312
Tabla X.I.I	Catastro de máquina	332

Tabla X.I.II	Inventario de componentes	333
Tabla X.I.III	Ordenes de trabajo para el departamento de mantenimiento en las máquinas inyectoras por mes y año	335
Tabla X.III.I	Trabajos de mantenimiento en las máquinas de inyección	339
Tabla X.III.II	Plan semestral de mantenimiento preventivo de las máquinas de inyección	340
Tabla X.IV.I	Análisis de criticidad de fallas en las máquinas inyectoras	342
Tabla X.IV.II	Tabla de criticidad de fallas en las máquinas inyectoras	343
Tabla X.IV.III	Evaluación de la criticidad de fallas en las máquinas Inyectoras	344
Tabla XI.III.I	Tabla de análisis de condiciones 4m	351
Tabla XI.IV.I	Listado de defectos o fallas	352
Tabla XI.IV.II	Valoración de los problemas	352
Tabla XI.IV.III	Diagnóstico de los problemas	353
Tabla XI.V.I	Evaluación del efecto de las acciones propuestas	354
Tabla XI.VII.I	Tabla de análisis de condiciones 4m	355
Tabla XI.IX.I	Matriz de mantenimiento de calidad	356
Tabla XII.IV.I.I	Solicitud de materiales y repuestos	374
Tabla XII.IV.I.II	Solicitud de préstamo de herramientas	375
Tabla XII.IV.I.III	Orden de salida	376
Tabla XII.IV.II.I	Listado de materiales y repuestos para la sección de Inyección	378

Tabla XIII.VI.I	Establecimiento de prioridades por el "Método GUT"	415
Tabla XV.II.I	Composición de los Costos del Mantenimiento	466

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo vertiginoso experimentado por la tecnología ha jerarquizado significativamente el papel del mantenimiento, introduciendo especialidades que superan las posibilidades de los mantenedores tradicionales, de ahí que, son muchos los esfuerzos que hay que realizar hacia la consecución de los objetivos de aumento de la disponibilidad de los equipos y reducción de la tasa de fallos intempestivos, que además deben ser alcanzados con una optimización del binomio calidad / costo de mantenimiento.

Por otro lado, la creciente presión de la competencia a que están sometidas las empresas, obliga a alcanzar un adecuado nivel de confiabilidad del sistema de producción, de manera que este pueda responder satisfactoriamente a las exigencias del mercado. Las actividades logísticas que lo respaldan, entre las que se cuenta el mantenimiento, resultan entonces claves en la industria contemporánea.

La función del mantenimiento ha crecido en importancia dentro del complejo empresario y sus costos son identificados ahora como un componente importante dentro de los costos industriales. La incidencia del mantenimiento en cuanto a una variación del costo, se basa principalmente en las tres facetas siguientes:

1. Empleo racional de la mano de obra.
2. Hacer mínimas las averías.

3. Realizar una buena labor de gestión de repuestos.

Si logra resolver favorablemente estos tres aspectos, el servicio tendrá un altísimo porcentaje de probabilidades de alcanzar el objetivo fundamental anteriormente anunciado.

En este contexto, surge la decisión impostergable de planificar e implementar la reestructuración del proceso de mantenimiento y las actividades relacionadas, para adecuarlo a las exigencias y tendencias actuales y lograr un adecuado nivel de confiabilidad, priorizando la atención de los equipos críticos y haciendo uso racional y económico de los recursos.



## **I. GENERALIDADES**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

En Estados Unidos hace 40 años se contaba con un operario dedicado a mantenimiento por cada 20 operarios dedicados a producción. Hace 15 años, la proporción se hizo de 1 a 10. Hoy en día en muchos tipos de complejos industriales, sobre todo de tecnología avanzada (petróleo, siderúrgico, etc.) la proporción alcanza la paridad, es decir: 1 operario de Mantenimiento por 1 operario de producción.

En Francia, en la industria química, la proporción es de 1 a 3.

En España, las proporciones alcanzan aproximadamente las siguientes cifras:

Industrias siderúrgicas de transformación: 1 por cada 10 a 20.

Industria siderúrgica pesada: 1 por cada 3

Industria química: 1 por cada 4.

Industria del petróleo: 1 por cada 1 ó 2.

Construcción: (grandes obras): 1 por cada 5 a 10.

**CAPÍTULO I**  
**GENERALIDADES**

La evolución de las técnicas de mantenimiento ha ido siempre en consonancia con las evoluciones tecnológicas que ha permitido incrementar significativamente el aprendizaje acerca del comportamiento degenerativo interno de los equipos que hace tan sólo unos cuantos años era prácticamente desconocido.

Cabe destacar la idea de que el mantenimiento tiene como principal función hacer que los sistemas no se averíen y que además permanezcan operativos durante el mayor tiempo posible.

Los equipos o sistemas, aparte de presentar su lógico envejecimiento por progresivo deterioro de cualidades, pueden fallar como consecuencia de otras causas externas, que son las más difíciles de evitar.

El conocimiento del estado de los equipos, por tanto, permitirá definir actuaciones o no en éstos con el fin de lograr los objetivos del mantenimiento.

## 1.2. LA EVOLUCIÓN ORGANIZACIONAL DEL MANTENIMIENTO

Hasta la década de 1980 la industria de la mayoría de los países occidentales tenía un objetivo bien definido: Obtener el máximo de rentabilidad para una inversión dada.

Sin embargo, con la penetración de la industria oriental en el mercado occidental, el consumidor pasó a ser considerado un elemento importante en las adquisiciones, o sea, exigir la calidad de los productos y los servicios suministrados, y esta demanda hizo que las empresas considerasen este factor “calidad” como una necesidad para mantenerse competitivas, especialmente en el mercado internacional.

Esta exigencia no se debe atribuir exclusivamente a los asiáticos, ya que en 1975 la Organización de las Naciones Unidas definía a la actividad final de cualquier entidad organizada como:

$$\text{Producción} = \text{Operación} + \text{Mantenimiento}$$

donde al segundo factor de este binomio pueden ser atribuidas las siguientes responsabilidades:

- Reducción del tiempo de paralización de los equipos que afectan la operación;

- Reparación, en tiempo oportuno, de los daños que reducen el potencial de ejecución de los servicios;
- Garantía de funcionamiento de las instalaciones, de manera que los productos o servicios satisfagan criterios establecidos por el control de la calidad y estándares preestablecidos.

La historia del mantenimiento acompaña el desarrollo técnico industrial de la humanidad. A fines del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones. Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo grupo de operación.

Con la llegada de la Primera Guerra Mundial y con la implantación de la producción en serie, instituida por Ford, las fábricas pasaron a establecer programas mínimos de producción y como consecuencia de esto, sintieron la necesidad de formar equipos que pudiesen efectuar reparaciones en máquinas en servicio en el menor tiempo posible. Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento, hoy conocido como “Mantenimiento Correctivo”. De este modo, los organigramas de las empresas presentaban la posición del mantenimiento como indica la Figura 1.2.1.

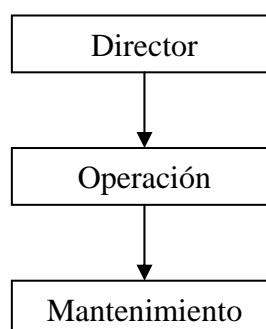


Figura 1.2.1 Posición del Mantenimiento hasta la década de 1930

Esta situación se mantuvo hasta la década de 1930, cuando, en función de la Segunda Guerra Mundial y la necesidad de aumentar la rapidez de producción, la alta administración pasó a preocuparse, no solamente de corregir fallas sino también de evitar que las mismas ocurriesen, razón por la cual el personal técnico de mantenimiento pasó a desarrollar el proceso de Prevención de averías que, juntamente con la Corrección, completaban el cuadro general de Mantenimiento, formando una estructura tan importante como la de Operación, siendo el organigrama resultante, el representado en la Figura 1.2.2.

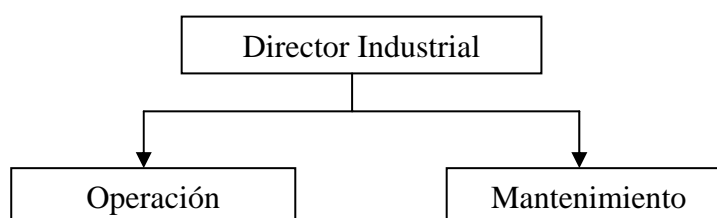


Figura 1.2.2 Posición del Mantenimiento en las décadas de 1930 y 1940

Alrededor del año 1950, con el desarrollo de la industria para satisfacer los esfuerzos de la posguerra, la evolución de la aviación comercial y de la industria electrónica, los Gerentes de Mantenimiento observaron que, en muchos casos, el tiempo empleado para diagnosticar las fallas era mayor que el tiempo empleado en la ejecución de la reparación (Tabla I.II.I), y seleccionaron grupos de especialistas para conformar un órgano asesor que se llamó Ingeniería de Mantenimiento y recibió las funciones de planificar y controlar el mantenimiento preventivo analizando causas y efectos de las averías, los organigramas se subdividieron como se indica en la Figura 1.2.3.

Tiempos de Diagnóstico y Reparación de Equipos de acuerdo con su naturaleza constructiva		
<b>NATURALEZA</b>	<b>DIAGNÓSTICO</b>	<b>REPARACIÓN</b>
<b>Mecánico</b>	10%	90%
<b>Hidráulico</b>	20%	80%
<b>Eléctrico</b>	60%	40%
<b>Electrónico</b>	90%	10%

Tabla I.II.I Tiempos de diagnóstico y reparación según su naturaleza constructiva

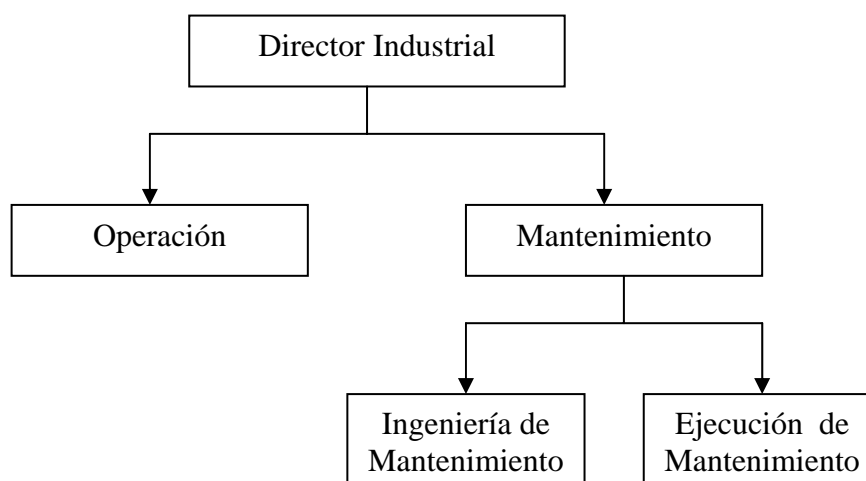


Figura 1.2.3 División organizacional del mantenimiento

A partir de 1966, con la difusión de las computadoras, el fortalecimiento de las Asociaciones Nacionales de Mantenimiento, creadas al final del período anterior y la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la Ingeniería de Mantenimiento pasó a desarrollar criterios de predicción o previsión de fallas, con el objetivo de optimizar el desempeño de los grupos de ejecución del mantenimiento.

Esos criterios, conocidos como Mantenimiento Predictivo o Previsivo, fueron asociados a métodos de planificación y control de mantenimiento automatizados, reduciendo las tareas burocráticas de los ejecutantes del mantenimiento. Estas actividades ocasionaron el desmembramiento de la



Ingeniería de Mantenimiento, que pasó a tener dos equipos: el de estudios de fallas crónicas y el de Planificación y Control del Mantenimiento (PCM), este último con la finalidad de desarrollar, implementar y analizar los resultados de los Sistemas Automatizados de Mantenimiento, como es ilustrado en la Figura 1.2.4.

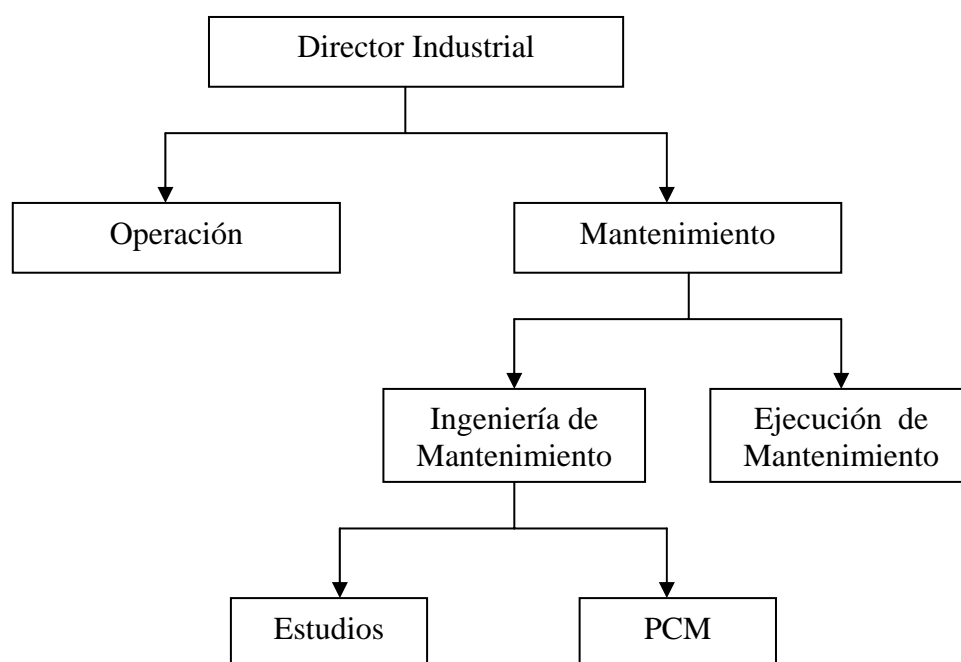


Figura 1.2.4 Subdivisión de la Ingeniería de Mantenimiento en área de Estudios y Planificación y Control del Mantenimiento (PCM)

A partir de 1980, con el desarrollo de las computadoras personales a costos reducidos y lenguaje simple, los órganos de mantenimiento pasaron a desarrollar y procesar sus propios programas, eliminando los inconvenientes de la dependencia de disponibilidad humana y de equipos, para atender las

prioridades de procesamiento de la información a través de una computadora central, además de las dificultades de comunicación en la transmisión de sus necesidades hacia el analista de sistemas, no siempre familiarizado con el área de mantenimiento.

Sin embargo, es recomendable que esas computadoras sean asociadas a una red, posibilitando que su información quede disponible para los demás órganos de la empresa y viceversa. En ciertas empresas esta actividad se volvió tan importante que la Planificación y Control del Mantenimiento (PCM), pasó a convertirse en un órgano de asesoramiento a la supervisión general de producción (Figura 1.2.5), ya que influye también en el área de operación.

En este final de siglo, con las exigencias de incremento de la calidad de los productos y servicios, hechas por los consumidores, el mantenimiento pasó a ser un elemento importante en el desempeño de los equipos, en un grado de importancia equivalente a lo que se venía practicando en operación.

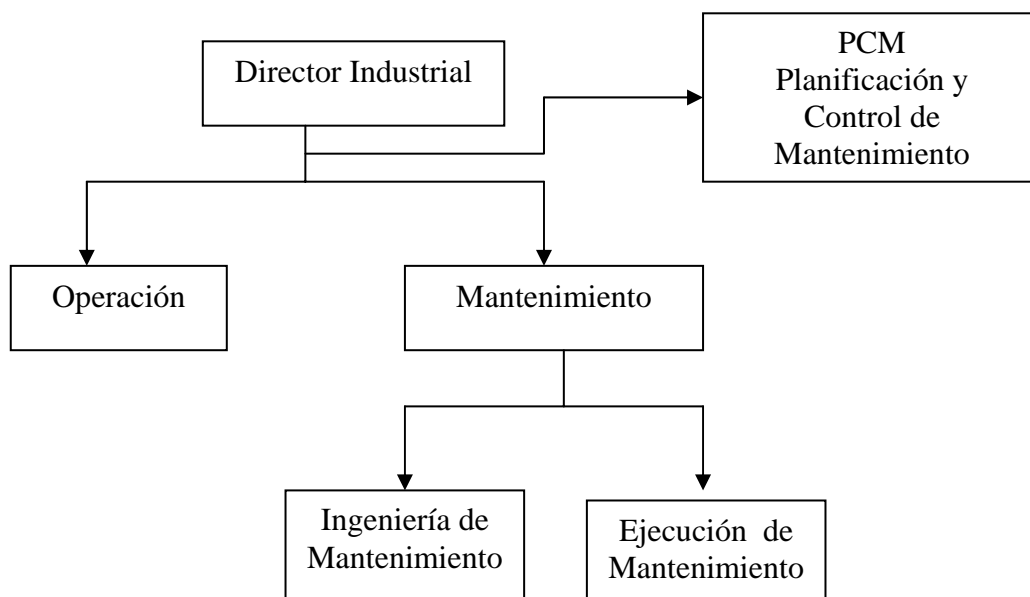


Figura 1.2.5 Posición de la Planificación y Control del Mantenimiento (PCM)  
asesorando la supervisión general de producción

Estas etapas evolutivas del Mantenimiento Industrial se caracterizaron por la Reducción de Costos y por la Garantía de la Calidad (a través de la confiabilidad y la productividad de los equipos) y Cumplimiento de los tiempos de ejecución (a través de la disponibilidad de los equipos).

Los profesionales de mantenimiento pasaron a ser más exigidos, en la atención adecuada de sus clientes, o sea, los equipos, obras o instalaciones, quedando claro que las tareas que desempeñan, se manifiestan como impacto directo o indirecto en el producto o servicio que la empresa ofrece a sus

clientes. La organización corporativa es vista, hoy en día, como una cadena con varios eslabones donde, evidentemente, el mantenimiento es uno de los de mayor importancia, en los resultados de la empresa.

El mejoramiento continuo de las prácticas de mantenimiento, así como la reducción de sus costos, son resultados de la aplicación del ciclo de Calidad Total como base, en el proceso gerencial.

### **1.3. FUNCIONES DE MANTENIMIENTO**

Para la gestión del mantenimiento industrial, es necesario un cierto volumen de información que permita articular y coordinar las acciones de los diferentes puestos de trabajo de la organización y coordinar además con el resto de la empresa. Este hecho es, obviamente común a cualquier función empresarial. Pero el caso del mantenimiento al tratarse de una función cuya modernización y valoración para la competitividad de la empresa es muy reciente, las organizaciones tienen escasa experiencia en su estructuración, no existiendo hasta el presente normas ni criterios que permitan, a las empresas, conocer la información que deberían mover, ni la que debería ser exigida a proveedores, subcontratistas, etc. Todo esto se agrava, si se considera la gran incidencia de las instalaciones y maquinaria en la calidad de los productos y servicios, en la seguridad laboral y en la protección del medio ambiente.

Desde el punto de vista de servicios, la gestión de mantenimiento desarrollada en el ámbito de la industria requiere que se desarrollen labores cada día mejores en su resultado final y con costos cada vez menores. Pero todavía es fácil observar lugares en los que cuando se realiza alguna labor de mantenimiento, se olvida que la reparación, modificación o intervención, debe ser la óptima en tiempo de realización, costo y presentación. Incluso muchas veces no se utilizan estrategias de trabajo para resolver situaciones, sean apremiantes o no, de forma sistemática.

Partimos de la base de que una gestión se debe conceptualizar como un proceso sistemático para la correcta disposición de recursos y que debe asegurar el constante y adecuado desempeño de los bienes y activos administrados. El “apagar incendios” o corregir constantemente no debe conceptualizarse como una gestión desarrollada cabalmente, sino como una excelente oportunidad de mejora y cambio para ser conceptualizada la gestión de mantenimiento de manera correcta ante la generación de la confiabilidad.

Se pueden realizar labores de mantenimiento siguiendo procedimientos muy básicos y simples, como por ejemplo inspecciones que usen registros manuales. No obstante, la correcta disposición de toda esa información y

aplicación de procedimientos claros y bien definidos hace que el personal desarrolle una labor de manera consistente respetando los estándares previamente definidos, obteniendo así resultados de gran calidad.

De ninguna manera son necesarios elementos de alto costo como software, analizadores de cualquier especie, para poder desarrollar una labor de calidad. La calidad de la gestión de mantenimiento está en las personas, en cada uno de sus actos, en la aplicación de herramientas de análisis adecuadas, en la obtención de resultados sobre la base del raciocinio y no a la improvisación y al azar.

La adecuada disposición de procedimientos y la sistematización de los procesos, aseguran la reproducibilidad de acciones con lo cual se garantiza la calidad y se solventa la necesidad del cliente: **ES LA CONFIABILIDAD QUE DEBE GENERAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.**

Cuando se desarrolla una gestión de mantenimiento debe primar el concepto de que se debe tener control sobre los equipos y no que los equipos adquieran control sobre nosotros. Todo esto se logra cuando todos comprenden que la solución es poseer la documentación clara, el buscar siempre hacer las cosas de la mejor manera proporcionando constante conocimiento y capacitación a quienes lo requieren y teniendo en cuenta

que no siempre se llega a la solución óptima de un problema en la primera oportunidad.

#### **1.4. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

Una vez entendido que mantenimiento es ante todo y sobretodo un servicio, y además que sus políticas, objetivos y manera de actuar deben ajustarse, desarrollarse y evolucionar con las políticas, objetivos y estructuras de la empresa; se puede concluir que la evolución de la empresa da lugar a la evolución del servicio de mantenimiento.

En este marco el jefe del servicio es el responsable de informar a sus mandos de las políticas y objetivos a seguir, de medir las desviaciones que se vayan produciendo y de tomar las medidas correctivas oportunas.

Así el objetivo fundamental del servicio de mantenimiento es conseguir un número determinado de horas disponibles de funcionamiento de la planta, instalación, máquina o equipo en condiciones de calidad de fabricación o servicio exigible con el mínimo de costo y el máximo de seguridad para el personal que utiliza y mantiene las instalaciones y maquinaria, con un mínimo consumo energético y mínimo deterioro ambiental.

Expuesto de otra forma es asegurar la competitividad de la empresa por medio de:

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

Donde es importante tener en claro los siguientes términos:

- **Confiabilidad** es la probabilidad de estar funcionando sin fallas durante un determinado tiempo en unas condiciones de operación dadas.
- **Mantenibilidad** es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.
- **Soportabilidad** es la probabilidad de poder atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado y bajo las condiciones planeadas.



## **CAPÍTULO II**

### **DEFINICIONES Y CONCEPTOS BASICOS**

## **II. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BASICOS**

### **2.1. DEFINICIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE CONCEPTOS**

Innumerables tentativas de establecimiento de una terminología estándar de mantenimiento han sido realizadas sin mucho éxito. Los órganos de normalización técnica, las Asociaciones Nacionales de Mantenimiento, los grupos coordinadores de los diversos ramos industriales, la Organización de las Naciones Unidas y el Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento y también los diccionarios han propuesto alternativas de caracterización de las subdivisiones del mantenimiento, buscando el intercambio de informaciones, sin conseguir alcanzar esta meta que, paradójicamente, todas las personas ligadas a esta actividad desean.

En las definiciones propuestas no existen muchas divergencias respecto al significado de la palabra mantenimiento como "acto o efecto de mantener", "medidas necesarias para la conservación o permanencia de alguna cosa o de una situación", sin embargo, a partir de sus subdivisiones surgen las

divergencias en el establecimiento de las fronteras entre Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Correctivo.

Debido a la inexistencia de un estándar universal de caracterización de algunas actuaciones, como preventivo o correctivo, es fundamental, para el desarrollo del control del mantenimiento, que cada empresa opte por una terminología adecuada, de preferencia igual a aquella en uso por la mayoría de las industrias del mismo ramo y que una vez elegida, sea enfáticamente divulgada internamente y evitar que sean hechos cambios de conceptos después de definidos, para evitar el deterioro del sistema.

Para efecto de aplicación en los capítulos a seguir, se utilizarán los siguientes conceptos básicos:

- **Pieza** - Todo y cualquier elemento físico no divisible de un mecanismo. Es la parte del equipo donde, de una manera general, serán desarrollados los cambios y eventualmente, en casos más específicos, las reparaciones.
- **Componente** - Ingenio esencial para el funcionamiento de una actividad mecánica, eléctrica o de otra naturaleza física, que conjugado con otro (s) crea (n) el potencial de realizar un trabajo.
- **Equipo** - Conjunto de componentes interconectados con que se realiza materialmente una actividad de una instalación.

- **Sistema Operacional** - Conjunto de equipos para ejecutar una función de una instalación.
- **Unidad de Proceso o Servicio** - Conjunto de sistemas operacionales para la generación de un producto o servicio.
- **Familia de equipos** - Equipos con iguales características de construcción (mismo fabricante, mismo tipo, mismo modelo).
- **Ítem de Mantenimiento (o simplemente Ítem)** - Equipo, Obra o Instalación.
- **Defecto** - Ocurrencia en un ítem que no impide su funcionamiento, sin embargo, puede a corto o largo plazo, acarrear su indisponibilidad.
- **Falla** - Ocurrencia en un ítem que impide su funcionamiento.

## 2.2. TIPOS DE MANTENIMIENTOS

Las investigaciones llevadas a cabo han ido aportando diversos y variados sistemas o clases de mantenimiento, cada una de las cuales presentan peculiaridades que la hacen útil en un área específica.

Estas clases de mantenimiento se distinguen entre sí por:

- el **tipo de control** que ejercen sobre el estado de las máquinas,
- los **medios utilizados** en la realización de este control,
- las **instalaciones** sobre las que actúa,

- el **volumen de medios** que despliegan.

Un sistema óptimo de mantenimiento integral debe hacer uso de las clases o grupos de mantenimiento, clasificándolas y descubriendo las ventajas que cada una puede aportar a la empresa.

### **2.2.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO O A LA ROTURA (M.C.)**

El mantenimiento correctivo o a la rotura consiste en reparar una máquina o pieza averiada con el reacondicionamiento o sustitución de partes del equipo una vez que han fallado; es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia.

Fundamentalmente consta de los siguientes pasos:

1. Desmontar piezas o conjuntos averiados
2. Reparar dichas piezas o conjuntos
3. Volver a montarlos
4. Corregir desviaciones de los elementos no constructivos de las máquinas, como son: reglajes, ensamblajes, etc.

Dicho mantenimiento actúa de manera fortuita o aleatoriamente, es decir, cuando ocurre una avería aleatoria o inesperada, en sitios como:

- En el campo, o sea sobre la máquina instalada.

- En el taller, desmontando la máquina y llevándola al taller para su reparación.

Los niveles en los que se presenta son:

- La reparación provisional motivada muchas veces por la urgencia con que se presenta.
- La reparación definitiva.

Entre las circunstancias que rodean a éste tipo de mantenimiento, se pueden citar:

- Las averías son reportadas normalmente por personal poco competente para intuir la importancia del fallo y generalmente con interés en que no se paren por nada las instalaciones. De esto se deduce que únicamente se denuncia el fallo cuando el equipo no funciona, lo que en ocasiones motiva que halla sufrido un deterioro importante (posiblemente evitable con una intervención más temprana del mantenimiento).
- En muchas ocasiones se ve que el equipo ó la instalación no funciona, precisamente cuando más se deseaba que estuviera en marcha. Luego ése fallo incide muy directamente en la producción.

Al no estar el fallo previsto por el personal de mantenimiento ocurrirá una de éstas dos cosas:

- Si el personal no es excesivo en número, cada operario tendrá su trabajo, y el equipo estará parado hasta que llegue el momento de su reparación, lo que motivará pérdida en la utilización real del equipo y, a veces consecuencias irreparables en el proceso productivo.
- Si existe siempre un operario en la espera de acudir a efectuar la reparación, puede ser resultado de una plantilla excesiva, con la incidencia correspondiente en los gastos de mantenimiento.

Encontrar el punto óptimo entre éstos dos extremos, es mucho más difícil de lo que a primera vista pudiera parecer por la dispersión que a lo largo del tiempo sufren la frecuencia e importancia de las averías, ya que no se hace nada para centrar los valores de éstas variables, que por otra parte son fundamentales de controlar para conseguir una gestión eficaz de los parámetros del mantenimiento.

La solución que en la práctica se utiliza es dedicar gran parte del trabajo de los supervisores de mantenimiento o de sus ayudantes, en quitar personal de una reparación y ponerlo en otra que parezca más

urgente, lo que lleva consigo grandes pérdidas de tiempo y una gran desorientación entre el personal que efectúa las reparaciones.

Las características de este tipo de mantenimiento son:

- No se practica mantenimiento hasta que se origina la avería en la máquina o en la instalación.
- Las máquinas o instalaciones están en servicio hasta que se presentan anomalías o averías, en determinados casos de tipo catastrófico que obliga a pararlas.
- El mantenimiento interviene en ese momento, desmontando las máquinas afectadas para localizar el origen de las averías y tratar de repararla y de reponer los componentes dañados.

Entre los **inconvenientes** que presenta están:

- a) Las averías se suelen producir en momentos totalmente imprevisibles y frecuentemente inoportunos, causando grandes perjuicios a la producción.
- b) Favorece el número de elementos dañados de las máquinas.
- c) Incrementa el consumo de repuestos.
- d) Reduce la vida útil de los órganos de la máquina.
- e) Riesgo de no disponer de repuestos.
- f) Riesgos de emergencias e incluso de siniestro en las plantas.



- g) Riesgos de averías importantes.
- h) No permite planificar ni programar los trabajos. Con frecuencia obliga a imponer turnos y jornadas extraordinarias para realizar los trabajos
- i) Debido a que muchas veces las intervenciones se plantean con urgencias, se hacen reparaciones de baja calidad y poco fiables. El fin que debe perseguir el mantenimiento es disminuir el número de trabajos después de la avería o imprevistos y aumentar el número de trabajos planificados.

El mantenimiento correctivo obra a instancias de la carga de trabajo que le proporciona:

- El mantenimiento preventivo
- El mantenimiento modificativo.
- El mantenimiento energético.
- Usuarios de máquinas.
- Ingeniería.
- Calidad.
- Seguridad.

La distribución de horas-hombre del personal de mantenimiento en una empresa productiva debe tener una distribución óptima cuyos valores aproximados serían los siguientes:

Mantenimiento preventivo	45%
Mantenimiento correctivo programado	20%
Mantenimiento fortuito	15%
Mantenimiento modificativo	10%
Nuevos trabajos	10%

### **2.2.2. MANTENIMIENTO DETECTIVO O BÚSQUEDA DE FALLAS**

Consiste en la inspección de las piezas o conjuntos de elementos que están funcionando en lugares difíciles de observar a simple vista, a intervalos regulares, para ver si han fallado y reacondicionarlas en caso de falla (falla funcional).

### **2.2.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE USO O AUTÓNOMO**

El mantenimiento preventivo de uso pretende responsabilizar, mediante la formación adecuada y la necesaria integración en la marcha del proceso productivo, a los propios usuarios (personal de producción, operadores o especialistas) de los equipos de la

conservación e incluso de pequeñas reparaciones compatibles con sus habituales ocupaciones, sean realizadas por dichos usuarios.

Con ello se logra:

- Que se realicen a su debido tiempo ciertas actuaciones que si se involucra a otra persona, no se la realiza a tiempo.
- Dar estímulo a los usuarios de los equipos para que no sólo se consideren responsables de la producción de sus máquinas, sino también de conservarlas en buen estado.
- Descargar al personal de mantenimiento de una serie de trabajos rutinarios que no precisan ni de la formación propia de dicho personal ni de los medios con los que ha de desarrollar su trabajo.

Las **limitaciones** que se tienen serían:

- Por la calidad y la carga de trabajos de los operarios dedicados a producción.
- Las normas repartidas, controladas y realizadas por escrito por el departamento de mantenimiento; que indican los puntos de vigilancia y las fases de la máquina que deben ser seguidas, con previa capacitación, por los usuarios.

Los trabajos típicos son:

- Engrases diversos, sin necesidad de cambiar aceites y grasas.
- Apriete de tornillos, tuercas, palancas y piezas accesibles.
- Comprobación de temperaturas en cojinetes o elementos de máquinas.
- Calentamiento de motores o piezas en general.
- Comprobación visual de desgaste.

#### **2.2.4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA CONDICIÓN**

El Mantenimiento Preventivo Basado en la Condición, consiste en inspeccionar totalmente el componente o conjunto a intervalos variables debido a que se basa en la prescripción de la inspección que si se la hace a intervalos fijos; y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición. Esta inspección incluye un desmontaje del componente de la máquina y traslado al taller para ser inspeccionado.

El principio básico es de que una máquina no se avería sin antes manifestar ciertos síntomas previos avisando de alguna manera de su

fallo antes de que éste ocurra dando un tiempo de preaviso y un nivel de alarma.

Las inspecciones de este tipo de mantenimiento, objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), se efectúan en la propia máquina sin desmontar el elemento, y solo se realiza esta acción si luego de la inspección se verifica que sea necesario su traslado para la reparación del defecto (falla potencial). Los datos basados en la condición recolectados durante las inspecciones son analizados para deducir su normal o incorrecto servicio a fin de que en éste último caso se recomiende la acción a tomar para asegurar la marcha. Los datos muestran la fiabilidad, degradación o fallo inmediato del componente basándose en reales condiciones que eliminan revisiones, reparaciones y parada inútiles.

Son **condiciones indispensables** para sacar provecho del mantenimiento preventivo basado en la condición:

1. Disponer de los instrumentos debidos de medición y comprobación.
2. Tener un equipo de inspectores bien preparados.
3. Poseer un oportuno soporte informativo.
4. Contar con la debida organización.

5. Diseñar la máquina con los componentes accesibles para ser inspeccionados.

Entre las **ventajas** que tiene están:

- a) Ser económicamente muy rentable. Permite detectar averías que pudieran ser de gran magnitud, sin necesidad de parar la máquina y por supuesto sin abrirla. Reduce los costos de mano de obra y de repuestos.
- b) Facilita prever los repuestos que se van a necesitar en las reparaciones.
- c) En la mayoría de los casos permite programar la parada para realizar la reparación.
- d) Permite disponer de un completo historial de la máquina y de su comportamiento en operación.
- e) Evita que se produzcan averías graves y costosas, en ocasiones motivo de siniestros.
- f) Se puede hacer el seguimiento de la evolución del daño. El equipo es intervenido en el momento más adecuado.
- g) Permite hacer un control de la calidad de la reparación una vez efectuada.
- h) Requiere muy poco personal para ejecución de los programas de verificación en marcha de los equipos.

Los **inconvenientes** que tiene son:

- a) Que la anomalía no se detecte en la verificación efectuada, bien por no captar el síntoma o por producirse durante el período comprendido entre dos inspecciones.
- b) Que siendo detectada la anomalía no se haga un diagnóstico correcto o no se perciba de la gravedad de la misma.
- c) Que estando todo controlado, no se permita, por motivos de producción, la reparación en el momento oportuno, dando así lugar a una evolución peligrosa del daño detectado.

Así mismo, tiene algunas **exigencias**:

- d) Es necesario hacer, previo a su implantación, un estudio serio del programa de inspecciones a efectuar.
- e) Se precisa disponer de un equipos e instrumentación para poder hacer el trabajo, siendo por tanto necesaria la correspondiente inversión.
- f) El personal encargado de las distintas fases del trabajo debe recibir una formación adecuada.

### **2.2.5. MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN EL TIEMPO**

El mantenimiento preventivo basado en el tiempo se define como la realización de ciertas reparaciones, cambios de componentes o piezas, según intervalos de tiempo, o según determinados criterios, prefijados para tratar de reducir la posibilidad de avería o pérdida de rendimiento de un equipo o instalación. Este tipo de mantenimiento está totalmente planificado, pudiendo basarse en períodos fijos de tiempo o en número de operaciones de un determinado componente.

Si el mantenimiento preventivo consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos periódicamente establecidos un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento y si este ha fallado o no, se trata de un mantenimiento programado, con el fin de reducir al mínimo posible el número de paradas imprevistas de los equipos o instalaciones por quedar a cero horas de funcionamiento desde el punto de vista de servicio dicha pieza o conjunto. Así las revisiones se programan de acuerdo con las necesidades de fabricación y la periodicidad se establece dependiendo del tipo, importancia y antecedentes del equipo en particular.



El éxito de éste tipo de mantenimiento se apoya en elegir bien el período de la inspección, de forma que no se lleguen a producir averías entre dichas inspecciones, pero sin acortarlas mucho porque lo encarecería considerablemente, necesitando buscar un equilibrio en el binomio costos-efectividad, para lograr este fin.

Esta clase de mantenimiento implica:

1. Desmontar el componente o conjunto de la máquina en el que va instalado.
2. Revisarlo en taller o sin más cambiarlo sistemáticamente por otro nuevo, o repararlo perfectamente.
3. Disponer de repuestos fiables y de medios de inspección o comprobación totalmente garantes de su función.
4. Desmontar a intervalos de tiempo programados, o por horas de funcionamiento fijas.

Cuando el mantenimiento preventivo es nulo las averías imprevistas serán máximas, así como el costo ocasionado por las mismas, e irán disminuyendo según el grado de aplicación de éste. Al aumentar el mantenimiento preventivo, aumentará el costo del mismo; y el costo total del mantenimiento será la suma de ambos, siendo la intensidad de aplicación del mantenimiento preventivo óptima cuando el costo total

sea mínimo. Dicho óptimo existe, pese a que su determinación resulte dificultosa y sólo al llevarlo a la práctica se lo podrá determinar, ajustando así la situación idónea.

Las principales **ventajas** que ofrece éste tipo de mantenimiento son:

- a) Planifica y programa los trabajos de forma racional.
- b) Obtiene en general mayor calidad en las revisiones o reparaciones realizadas.
- c) Tiende a reducir el número de averías, emergencias y siniestros.
- d) Mejora la producción y la calidad.
- e) Consigue una mayor fiabilidad.
- f) No existen urgencias en las reparaciones.
- g) Permite una mejor organización y rentabilidad del personal disponible.
- h) Reduce trabajos extraordinarios (turnos, horas extras, etc.).
- i) Mayor conocimiento y previsión de los gastos de mantenimiento
- j) Permite un estricto control de los repuestos.
- k) La vida de la máquina se alarga considerablemente.

Los varios **inconvenientes** que presentan sus técnicas, giran fundamentalmente alrededor de los altos costos que éstas revisiones implican. La mayoría de las veces se trata de revisar una máquina que

está funcionando correctamente, buscando alguna deficiencia que se desconoce, lo que obliga a emplear mucho tiempo en revisiones y comprobaciones. Por lo tanto:

- a) Se efectúan reparaciones y sustituciones de elementos que no serían totalmente necesarios, pero por aprovechar la parada y apertura del equipo, se realizan. Esto lleva consigo, que la vida útil de los órganos de las máquinas se reduzca sensiblemente por desaprovechar vida residual que es difícil de prever.
- b) Para atender a éstas revisiones se precisa una gran cantidad de repuestos, ya que se desconocen los que será necesario sustituir.
- c) En algunos casos la revisión resulta estéril, ya que no se encuentran anomalías, si bien aporta tranquilidad para un próximo futuro.
- d) Se corre el riesgo de que al ser revisada una máquina que no presentaba ninguna anomalía y su funcionamiento era correcto antes de su intervención, después de realizada ésta, el equipo presente problemas y se deje en peores condiciones de funcionamiento.
- e) En general, se puede decir que no existen métodos rigurosos que permitan determinar la periodicidad con la que deben revisarse o repararse equipos.

Pese a sus costos, hay ciertos mecanismos y fases de mantenimiento en los que ésta es la única forma posible de detección de averías. Pero es muy recomendable el mantenimiento a fechas fijas, en las tareas u operaciones de rutina, como son:

- Cambios de aceite por envejecimiento.
- Engrases (rodamientos, acoples, etc.).
- Verificación de equipos de protección (alarmas y paros) de maquinaria.

#### **2.2.6. MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN LA CONDICIÓN DE MONITOREO**

El Mantenimiento Predictivo basado en la condición de monitoreo es una metodología que tiene como objeto asegurar el correcto funcionamiento de los equipos a través de una vigilancia continuada y permanente de sus parámetros específicos e indicadores de condición que dan valores de determinadas variables que permiten lanzar predicciones para conocer e informar sobre el estado y operatividad; por eso se lo ejecuta con el equipo funcionando sin necesidad de recurrir a desmontajes y revisiones periódicas.

Este tipo de mantenimiento se lo puede considerar un mantenimiento basado en la condición pero automático y evolucionado, por permitir evitar defectos mayores por permanecer trabajando en condiciones fuera de las de diseño.

Las etapas básicas del mantenimiento predictivo de averías son cuatro:

1. Medición
2. Análisis
3. Diagnóstico
4. Corrección

El carácter sistemático del que se pretende dotar a esta metodología hace que se traten las tres primeras, mereciendo la corrección y la verificación que le sigue un tratamiento específico. Su aplicación sería:

- a) Encontrar la magnitud que mejor defina la seguridad con la que se desarrolla el proceso en estudio.
- b) Asignar el o los valores correctos que deben mantener dicha magnitud.
- c) Dotar a la instalación de los instrumentos de medición para conocer los valores reales y como consecuencia predecir el fallo.

- d) Organizar el servicio para que, por sistema, se detecten las desviaciones entre los valores reales y los deseables en la magnitud controlada y actúe con la eficacia concerniente.

El mantenimiento predictivo debe cuantificar con la máquina en marcha:

1. Las variables que informan sobre el funcionamiento de la máquina puesta a punto, defectos de encendido o fallos de parámetros. Permitiendo así luego del análisis proceder a las correcciones necesarias.
2. Variables que informan sobre el estado de sus partes mecánicas. Estas variables requieren un primer estudio para identificar cada fenómeno, y luego otro para seguir la evolución considerando el tipo y los antecedentes de la máquina, y posteriormente realizar una predicción.

De estos controles surgen correcciones en su régimen de marcha y también necesidades en cuanto a cambio de elementos de máquina, antes de que estos lleguen a provocar averías importantes.

### 2.2.7. MANTENIMIENTO PLANIFICADO

Para conseguir el objetivo de mantenimiento se puede afirmar que la mejor opción es una adecuada simbiosis entre el preventivo y el predictivo, pero aplicado en distintas escalas y proporciones, lo cual constituye el mantenimiento planificado.

Esto se debe a que el mantenimiento predictivo tiene características preventivas al adelantarse a la avería, pero a pesar de sus bondades no puede sustituir totalmente al mantenimiento preventivo, sino lo complementa por poder detectar daños de los equipos en operación y reduciendo así la intensidad de aplicación de éste, así como en otros ocurre lo contrario.

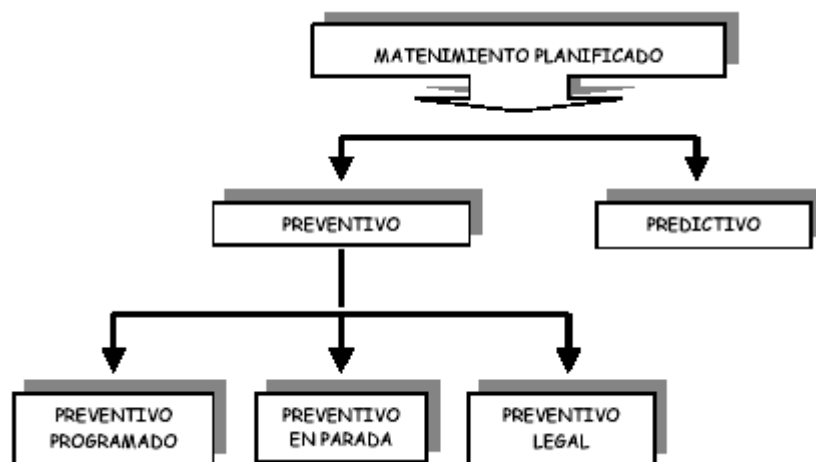


Figura 2.2.7.1 Organización del Mantenimiento Planificado

La organización, el campo y la forma del mantenimiento planificado, es como se describe:

**a) Mantenimiento predictivo.**

Se aplica a la todos los equipos de la planta que estén en funcionamiento, salvo aquellos que no sean accesibles a las necesarias inspecciones y los de muy escasa importancia operativa.

Su práctica se basa en la toma sistemática del mayor número posible de parámetros mecánico operacionales, que permitirá detectar averías incipientes, evolución y origen de las mismas.

Resulta de gran importancia la elección del período de las correspondientes inspecciones, los parámetros a controlar, la formación apropiada del personal y los instrumentos empleados tanto para la toma de datos como en su análisis y estudio.

Mediante la aplicación de ésta técnica se pueden detectar fallos cuyo hallazgo no sería posible, o de muy costosa determinación por otras, así como de aquéllas anomalías que precisan para su detección que el equipo esté en operación, tal es el caso de roces, desequilibrios, temperaturas anormales, ruidos, etc.

**b) Preventivo programado.**

Abarca una serie de ajustes, comprobaciones, inspecciones y sustituciones periódicas de componentes de equipos, que son



necesarias para garantizar su correcto funcionamiento. En este grupo se engloban los engrases, limpieza de circuitos de refrigeración, verificación del estado de cojinetes antifricción, comprobación de los aprietes de ciertos elementos de unión críticos, etc.

Para efectuar éstas operaciones, en muchos casos, los equipos pueden estar en funcionamiento, en otros es preciso que estén fuera de servicio. Estos trabajos han de programarse por horas de funcionamiento u otros criterios de servicio. Tanto los períodos de revisión como las operaciones a efectuar han de estar cuidadosamente estudiados y son muy apropiados para un control informatizado. Las tareas que abarca ésta técnica permiten una detección de fallos que no es posible mediante técnicas predictivas, tales como la comprobación de sistemas de protección, las cuales no actúan habitualmente, desgastes, corrosiones y otros.

**c) Preventivo en paradas.**

Es el mantenimiento realizado en aquellos equipos a los que mediante mantenimiento predictivo se les ha detectado un deterioro incipiente que requiere una inspección en detalle.

También afecta a aquellos equipos y/o instalaciones cuya importancia o especiales características exigen revisiones o sustituciones periódicas. Para éstas operaciones es necesario que esté parada la

planta, razón por la que su programación suele ajustarse a las correspondientes paradas de la planta afectada.

**d) Preventivo legal.**

Es el mantenimiento que se realiza tanto en plazos como en operaciones impuestas por imperativos de la reglamentación vigente. No obedece a razones puramente técnicas.

De este modo se ha esquematizado un procedimiento racional de acometer el objetivo de mantenimiento: adelantarse mediante un mantenimiento planificado consistente en una parte predictiva y otra preventiva.

#### **2.2.8. MANTENIMIENTO MEJORATIVO O DE REDISEÑOS**

Mantenimiento Mejorativo o Rediseños, consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación. No es tarea de mantenimiento propiamente dicho, aunque lo hace mantenimiento.

### **2.2.9. MANTENIMIENTO ENERGÉTICO AMBIENTAL**

El encarecimiento de los productos derivados del petróleo y por lo tanto, de la energía ha hecho aparecer en escena en estos últimos años una nueva modalidad del mantenimiento: el Energético.

Este mantenimiento posee los mismos principios que el mantenimiento típico aplicado a las máquinas con objeto de asegurar su conservación y funcionamiento, es decir, preventiva y correctivamente.

Sus metas son las siguientes:

- El mantenimiento preventivo energético busca evitar pérdidas de energía en cualquier instalación. Se da la mano y actúa simultáneamente con el mantenimiento preventivo de averías.
- El mantenimiento correctivo energético repara incidentes que ocasiona pérdidas de energía.

A grosso modo la energía que interviene en el funcionamiento o vida de una empresa se distribuye en cuatro grupos:

1. Energía consumida o pagada por una empresa,
2. Energía aprovechada o útil,
3. Pérdidas de energía justificadas, y

#### 4. Pérdidas de energía recuperable.

Algunas fábricas con alta producción y equipos y maquinarias modernas logran aprovechar hasta un 75% de la energía consumida.

Otros en cambio, no pasan del 20 al 30%.

## **CAPÍTULO III**

# **ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO**

### **III. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO**

#### **3.1. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

##### **3.1.1. ¿QUÉ ES TPM?**

Mantenimiento Productivo Total es la traducción de TPM®, Total Productive Maintenance en inglés. El TPM es un sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de mantenimiento preventivo creado en la industria de los Estados Unidos.

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, por ayudar 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 con relación a su competencia debido al impacto en

reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

El TPM es un sistema orientado a lograr:

cero accidentes,

cero defectos

cero averías

### **3.1.2. BENEFICIOS DEL TPM**

#### **Organizativos**

- 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**

- Mejorar las condiciones ambientales
- Cultura de prevención de eventos negativos para la salud.
- Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas
- Entender el porqué de ciertas normas, en lugar de cómo hacerlo.
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
- Eliminar radicalmente las fuentes de contaminación y polución.

**Productividad**

- Eliminar pérdidas 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 fábrica



## **3.2. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)**

### **3.2.1. HISTORIA**

En la década de los sesenta surgió la seria preocupación por la alta incidencia de fallas en los aviones, que producían accidentes fatales. En efecto, de cada millón de aviones comerciales que despegaban de algún aeropuerto, 60 sufrían este tipo de accidentes.

Previendo un gran aumento en el tráfico aéreo, en los EE.UU. vio la necesidad de estudiar como reducir esta incidencia de accidentes, para evitar que la industria de la aviación se torne no viable por la inseguridad. Considerando que otro motivo que limitaría el éxito de la aviación civil comercial eran los altísimos costos de mantenimiento de aviones.

Esos primeros estudios, dirigidos por Stanley Nowlan y Howard Heap, originaron el RCM, de las palabras en inglés Reliability Centered Maintenance, traducido al español como Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Hoy, en la aviación se conoce esta técnica como MSG3, Maintenance Steering Group en inglés, en su tercera versión.

La aplicación de los criterios de RCM permitió bajar la incidencia en los noventa a razón de dos accidentes graves con fatalidades por cada millón de despegues.

En la década de los ochenta, la técnica RCM comenzó a penetrar en la industria en general. John Moubray fue pionero en elaborar una rigurosa metodología de aplicación de esta técnica en la industria, dando lugar a RCM2; que es hoy el procedimiento mundialmente más difundido para la aplicación de RCM.

En 1999 nació la Norma SAE JA 1011, que establece las condiciones que debe cumplir Mantenimiento para llamarse RCM.

### **3.2.2. OBJETIVO**

La moderna dirección de empresa comprende que mantenimiento, lejos de ser un mal necesario, es una fuente de aumento de beneficios si se lo encara con las estrategias correctas.

En efecto, mientras tradicionalmente lo que más preocupaba eran los costos del mantenimiento, hoy se comprende que el mantenimiento

afecta al funcionamiento de una industria en su todo. Es decir, afecta a los resultados de la empresa.

Un mantenimiento inadecuado, limita los volúmenes de producción, afecta la calidad, deteriora el servicio al cliente, condiciona accidentes y daño al medio ambiente y origina costos indirectos que superan largamente el costo tradicional del mantenimiento.

Si contablemente se registran los costos de la mano de obra del mantenimiento, los repuestos utilizados y los costos de las contrataciones de terceros, quedan sin contemplar:

- El lucro cesante por pérdidas de producción.
- Las pérdidas ocasionadas por calidad deficiente, productos descartados, retrabajos, demoras.
- La pérdida de productividad por mano de obra de producción ociosa mientras reparan las máquinas.
- La pérdida por incumplimiento de plazos de entrega (pérdida de imagen, multas, competencia).
- Los costos de accidentes (horas perdidas, primas de seguro incrementadas, costo social y de imagen, costos legales y médicos).
- Los costos por daños al medio ambiente (multas, pérdida de imagen, clausura de actividades).

- Las interrupciones de servicio si se trata de una empresa de servicios (generación de energía, transporte público, multas, pérdida de imagen y pérdida de facturación, etc.).
- La lista puede extenderse con compras de repuestos en emergencia (mayor precio, mayor flete), tareas en horarios de mayor costo laboral (nocturnas, feriados, horas extra).

RCM, mantenimiento centrado en confiabilidad, contempla todas estas variables para que el resultado total para la empresa por la aplicación de estrategias de mantenimiento correctas sea máximo. El objetivo del RCM no trata de reducir costos sino de maximizar beneficios.

La esencia conceptual de RCM reside en que: de nada vale hacer correctamente las tareas de mantenimiento, si esas tareas de mantenimiento no son las correctas. Donde las tareas de mantenimiento correctas son aquellas que eliminan o minimizan las consecuencias de las fallas de los activos físicos porque repercuten mucho más allá del costo de repararlas en campos como:

- Seguridad
- Medio ambiente
- Lucro cesante por pérdidas de volumen de producción
- Calidad de productos

- Calidad de servicio
- Aumento de costos de operación u otros costos.

Todo originado por las deficiencias de mantenimiento.

El error estratégico más frecuente es el de mirar solamente el costo de mantenimiento. Los costos del no mantenimiento o del mantenimiento incorrecto superan largamente los costos propios del mantenimiento, aunque es más difícil verlos porque tradicionalmente aparecen mezclados dentro de otros costos.

El RCM permite y obliga a analizar las consecuencias de cada modo de falla. Sólo entonces, se puede determinar cuál es la tarea de mantenimiento más costo - eficaz a aplicar. El diagrama de decisión de RCM2 obliga a evaluar para cada modo de falla, si la tarea propuesta es:

1. Técnicamente factible
2. Si merece la pena ser realizada.

Para cada situación, indica claramente sí y por qué cumple o no cumple con esos dos requisitos. Si no cumple con alguno de ellos, la tarea no es la correcta para ese modo de falla; es decir, si la falla no

responde al patrón tradicional de falla no se puede realizar una tarea de mantenimiento preventiva de sustitución.

La vida útil esta limitada por un rápido aumento de la probabilidad de falla. Baja probabilidad de falla durante la vida útil, rápido crecimiento de la probabilidad de falla después.

### **3.2.3. PROCEDIMIENTO**

RCM2 se rige por un proceso riguroso y estructurado, que si vale la redundancia es seguido rigurosamente, llevando a los resultados conceptuales mencionados que no son reducción de costos sino el aumento de beneficios.

En reuniones de grupo con unas seis personas, los que mejor conocen cada máquina, se procede a responder a las siete preguntas clave del RCM2 :

1. ¿Cuál es la función?, Lo que el usuario desea que la máquina haga.
2. ¿Cuál es la falla funcional?, Razones por las que deja de hacer lo que el usuario desea que haga.
3. ¿Cuál es el modo de falla?, que pudo causar la falla funcional

4. ¿Cuál es el efecto de la falla?, Que ocurre cuando la falla se produce.
5. ¿Cuál es la consecuencia de la falla?, Razones por las que importa que falle.
6. ¿Qué se puede hacer para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?
7. ¿Qué se hace si no se encuentra ninguna tarea para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?

#### **3.2.4. HOJA DE INFORMACIÓN Y HOJA DE DECISIÓN**

Las primeras cuatro preguntas son respondidas en una hoja de información. Luego, mediante la ayuda de un ingenioso diagrama de decisión, se busca en una secuencia sistemática establecida cual política de mantenimiento es la más adecuada para cada modo de falla.

La secuencia lógica establecida y obligatoria, logra que cada modo de falla reciba necesariamente el tratamiento más costo eficaz.

Esto permite llenar la hoja de decisión, en la cual finalmente se establece claramente la acción concreta a tomar para evitar o minimizar la consecuencia de cada modo de falla. También permitirá

obtener la frecuencia con que cada tarea debe ser realizada, y quién debe realizarla.

### **3.2.5. GRUPO DE ANÁLISIS**

El grupo de análisis RCM2 está constituido por aproximadamente seis personas, las que mejor conocen el equipo o máquina en análisis:

- El operador de la máquina (usuario).
- El mantenedor de la máquina (mecánico, electricista, etc.) los supervisores de éstos.
- Algún especialista (calidad, seguridad, medio ambiente, a veces compras, costos, el proveedor o el diseñador de la máquina).
- Y el facilitador, que es quién debe facilitar la tarea del grupo de análisis. Hacer las preguntas y registrar las respuestas. Asegurar que el procedimiento sea desarrollado correctamente, fondo y forma.

### **3.2.6. LA CAPACITACIÓN**

Todos los participantes deben ser capacitados (formados) en RCM2.

Esto se logra mediante un curso básico de tres días. Los facilitadores



reciben diez días adicionales de capacitación, ya que se construyen en la clave del éxito de RCM.

### **3.2.7. CONCLUSIÓN**

Si se cumplen rigurosamente las reglas de juego, los resultados necesariamente satisfarán plenamente los objetivos planteados.

## **3.3. SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD (SGC)**

### **3.3.1. CALIDAD EN LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS**

Antes de los ochentas, el sector de mantenimiento no prestaba a la calidad la misma atención sistemática que le prestaban las organizaciones manufactureras; pero a partir de esta década, el interés en la calidad comenzó a ingresar al sector de mantenimiento. Este interés se ha expandido durante los noventas; y ya en el 2000 es obvio que la calidad de los mantenimientos también debe ser manejada sistemáticamente. Se ha encontrado que las actividades de la calidad tienen que abarcar a todas las áreas de la organización y no solamente a las que tienen contacto cara a cara con los clientes. Con la

incorporación de la norma ISO 9000-2000 los indicadores de calidad para el mantenimiento son fundamentales para el manejo del negocio.

### **3.4. ANÁLISIS CAUSA RAÍZ (ACR)**

Es una herramienta utilizada para identificar las causas fundamentales que originan las fallas o problemas recurrentes, las cuales al ser corregidas evitarán la ocurrencia de los mismos. Es una técnica que identifica causas lógicas y su efecto relacionado, por medio de un análisis deductivo que identifica la relación causal que conduce al sistema, equipo o componente a fallas. Se utilizan una gran variedad de técnicas y su selección depende del tipo de problema, disponibilidad del dato y conocimiento de las técnicas: análisis causa-efecto, árbol de fallas, diagrama espina de pescado, análisis de cambio, análisis de barreras y eventos, y análisis de factores causales.

#### **3.4.1. ¿DÓNDE Y CUANDO SE DEBE APLICAR EL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ?**

- En forma proactiva para evitar fallas recurrentes de alto impacto en costos de operación y mantenimiento.

- En forma reactiva para resolver problemas complejos que afectan la organización.
- En equipos y sistemas con un alto costo de mantenimiento correctivo; pero particularmente si existe un dato de fallas de equipos con alto impacto en los costos de mantenimiento o pérdidas de producción.
- En análisis de fallas repetitivas de equipos o procesos críticos.
- En análisis de errores humanos en el proceso de diseño y aplicación de procedimientos y de supervisión.

#### **3.4.2. BENEFICIOS GENERADOS POR EL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ.**

- Reducción del número de incidentes, fallas y desperdicios.
- Reducción de gastos y de la producción diferida asociada a fallas.
- Mejoramiento de la confiabilidad, la seguridad y la protección ambiental.
- Mejoramiento de la eficiencia, rentabilidad y productividad de los procesos.

### **3.4.3. IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ.**

Normalmente cuando ocurre una falla, esta es percibida porque genera ciertas manifestaciones o fenómenos de fácil localización (síntomas), no así las causas de la misma (causa raíz) que mientras más complicado sea el sistema, mayor será la dificultad de localizar el origen de dichas causas, pudiendo atacar las manifestaciones de la falla pero no su origen, lo que se traduce en potencialidad de ocurrencia de fallas que se harán recurrentes.

Cuando la gente responsable de mantener sus sistemas y procesos funcionando se hallan tan ocupados que no tienen tiempo para identificar las verdaderas causas de los problemas, generalmente sólo dan soluciones que resultan temporales.

Posponer la acción correctiva del análisis causa raíz es común. En la presión de la rutina diaria, los gerentes e ingenieros se hallan con frecuencia imposibilitados de eliminar el problema de fondo, de manera que puedan dedicarse a atender los síntomas, para que el negocio se mantenga en marcha y se tenga el dinero para los sueldos. No tiene caso estar lamentándose al respecto, es simplemente un hecho, a veces necesario para la salud o supervivencia de la empresa.

El segundo factor que contribuye a retardar la acción respecto a los problemas de fondo, es que se trata de problemas generalmente aceptables o tolerables. No tiene caso argumentar que no son aceptables, si no lo fueran, no ocurrirían o serían mucho menos frecuentes.

Se hace necesario crear programas tales como el análisis de causa raíz para ayudar a recordar que tal vez el programa de mantenimiento preventivo que no se ejecuta está asociado a la cantidad de fallas que presentan los equipos, esto a su vez hace que cada quién esté buscando culpables y evadiendo responsabilidades.

#### **3.4.4. OPTIMIZACIÓN COSTO - RIESGO (OCR)**

La metodología de Optimización Costo-Riesgo (OCR) representa una vía altamente efectiva y eficiente para ejecutar estudios en un tiempo relativamente rápido con resultados de gran impacto en la confiabilidad operacional del proceso. Las técnicas de OCR nos ayudan a modelar y analizar distintos escenarios, con el fin de poder determinar el momento oportuno de realizar una actividad (mantenimiento, inspección o proyectos), conocer la viabilidad económica de algún proyecto y determinar el número óptimo de

repuestos. Estos resultados permitirán optimizar el proceso de toma de decisiones de los diferentes procesos de gestión de la confiabilidad operacional dentro de una empresa.

### **3.5. ESTRATEGIA DE LAS CINCO S**

Se llama estrategia de las cinco S porque representan acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienzan con la letra S. Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar. Estas cinco palabras son:

- Clasificar. (Seiri)
- Orden. (Seiton)
- Limpieza. (Seiso)
- Limpieza Estandarizada. (Seiketsu)
- Disciplina. (Shitsuke)

Las cinco S son el fundamento del modelo de productividad industrial creado en Japón y hoy aplicado en empresas occidentales. No es que las cinco S sean características exclusivas de la cultura japonesa porque todos los no japoneses practicamos las cinco S en nuestra vida personal y en numerosas oportunidades no lo notamos. Se practica el Seiri y Seiton cuando se mantiene

en lugares apropiados e identificados los elementos como herramientas, extintores, basura, toallas, libretas, reglas, llaves etc.

Se debe considerar que cuando nuestro entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza se pierde eficiencia y la moral en el trabajo reduce.

Son poco frecuentes las fábricas, talleres y oficinas que aplican en forma estandarizada las cinco S en igual forma como se mantienen las cosas personales a diario. Esto no debería ser así, ya que en el trabajo diario las rutinas de mantener el orden y la organización sirven para mejorar la eficiencia en nuestro trabajo y la calidad de vida en aquel lugar donde se pasa mas de la mitad de la vida. Ante esto cabe la incógnita, ¿vale la pena mantenerlo desordenado, sucio y poco organizado?

Por esto cobra importancia la aplicación de la estrategia de las cinco S. No se trata de una moda, un nuevo modelo de dirección o un proceso de implantación japonés que nada tiene que ver con nuestra cultura latina. Simplemente, es un principio básico de mejorar nuestra vida y hacer de nuestro sitio de trabajo un lugar donde valga la pena vivir plenamente. Y si con todo esto, además se obtiene mejorar nuestra productividad y la de nuestra empresa ¿por qué no hacerlo?.

### **3.6. ESTRATEGIAS DEL PROCESO DE DEMING**

El Dr. Edwards Deming creó el ciclo PHVA (Planificar, Hacer o Ejecutar, Verificar o Controlar y Actuar) o PDCA ( Plan Do Check Act = planear hacer verificar actuar) que refleja un mecanismo de evolución para la mejora continua en toda actividad con el fin de hacer lo correcto desde la primera vez. La planificación es simplemente la determinación de la secuencia de actividades necesarias para alcanzar los resultados deseados. Hacer es el acto de implantación del plan. Las actividades de planificación y ejecución son muy familiares. Cuando al implantar el plan no se alcanzan los resultados, se elabora otro plan descartando el que presenta fallas. Siendo esto lo común, pero bajo el ciclo Deming se verifican los resultados de lo ejecutado para determinar la diferencia con el resultado esperado. Al actuar basados en el análisis, se determinan los cambios necesarios para mejorar el resultado y se repite el proceso, usando el nuevo conocimiento ganado para los planes futuros.

El ciclo PHVA es un proceso iterativo que busca la mejora a través de cada ciclo, su filosofía básica es hacer pequeños incrementos, en lugar de hacer grandes rupturas a la vez. El enfoque seguro y progresivo de aprender de la experiencia y construir con éxito sobre la base de la experiencia pasadas lleva



a numerosas ganancias que se acumulan en el tiempo pueden ser superiores las mejoras.

La metodología propuesta por Deming para la gestión de la calidad controla el proceso de obtención de un resultado deseado sin que ocurran desvíos con relación a las expectativas, pudiendo considerarse como un Sistema de Control a Retroalimentación del Proceso de la Calidad.



Figura 3.6.1 - Sistema de control a retroalimentación del proceso de calidad.

### 3.6.1. CICLO DEMING EN LA DIRECCION DEL MANTENIMIENTO

Por lo expuesto se puede determinar una manera científica para desarrollar en mantenimiento una sistematización del proceso de calidad buscando siempre la mejora continua y obteniendo confiabilidad. Este ciclo para procurar la mejora es solo uno de los muchos modelos que incluyen pasos típicos usando herramientas

típicas y que al seguirlo puede establecer un lenguaje común en la organización de mantenimiento.

#### PLANEAR

Cada una de las acciones o atenciones que requieren los equipos, las modificaciones que se realicen a los sistemas, así como los proyectos que se ejecuten, deben participar de todo un buen proceso de planeación para ubicar en esta fase las potencialidades, obstáculos que se han de superar e incluso valorar todos los recursos requeridos y existentes.

La planeación adecuada, buscando un resultado de calidad se basa en la aplicación de tecnologías adecuadas, trabajo interdisciplinario y en equipo, la formulación de puntos de control que sean para el proceso enriquecedores y que revelen precisamente si se trabaja con el concepto de calidad o si se es distante a él.

Vital es planear, sin importar qué tan grande o pequeño es el trabajo a realizar.

#### HACER O EJECUTAR

Simplemente es poner en práctica lo planeado, buscando siempre la eficiencia y el buen resultado en cada una de las acciones requeridas

sin dejar de lado que se debe cumplir con los requisitos y criterios de aceptación ya delineados en la planeación.

Se requiere dar un constante seguimiento al proceso de implementación y es importante recordar que mediante la medición se puede determinar adecuadamente si algo es bueno o no.

#### VERIFICAR O CONTROLAR

No es más que decidir si los resultados cumplen con los requisitos y criterios que en un principio se definieron.

Se debe partir de la objetividad. De allí que es vital que la medición se base en géneros cuantitativos en vez de cualitativos.

Realizar un trabajo, una reparación, modificación o proyecto y que de como resultado que todo funcione, no necesariamente indica que el trabajo fue de calidad y que se haya cumplido adecuadamente el proceso de calidad. Todo debe enfocarse principalmente en función de si se cumplieron tanto los procedimientos establecidos junto con los requisitos predefinidos y lo que es más importante; si se logró la satisfacción de nuestro cliente.

#### ACTUAR

En la vida real y en cualquier gestión de mantenimiento siempre hay cosas que no salen como son esperadas, mas la perseverancia y el

mejoramiento ha de ser un aliado en cualquier labor a desempeñar, en especial en la aplicación de un servicio como lo es la gestión de mantenimiento.

La aplicación de PLANEAR /HACER /VERIFICAR /ACTUAR no es más que una herramienta que se puede utilizar fácilmente en la gestión de mantenimiento tanto como modelo para la resolución de problemas, como para mejorar algo dentro del proceso de calidad. Siempre que se sistematice ésta u otra forma de trabajar en grupo, se hará que el conocimiento sobre los equipos, sistemas y situaciones imprevistas sea incrementado paulatinamente y los resultados del trabajo tiendan necesariamente a ser mejores. Todo este proceso que Deming sugiere se aplica a procesos simples o complejos, grandes o chicos, no obstante siempre funciona.

Lo importante en la gestión es olvidar la actuación impulsiva y razonar fríamente todo el contexto. Y desarrollar lo que el desarrollo del proceso genere. El conocimiento, actitud, aptitud, consistencia y por ende el compromiso generan calidad en las acciones.

En el contexto del "desarrollo continuo", el no tener problema es un problema, por la importancia de que al alcanzarse el estado de

equilibrio entre los resultados y las metas establecidas (metas realistas resultantes de la evaluación de la situación corriente), se actuará sobre los estándares elevándolos en el ámbito de estándares deseados (objetivos superiores y más idealistas), creando así situaciones de problema y evitando el estancamiento.

El siguiente gráfico muestra la forma de organizar las acciones de mantenimiento aplicando el Ciclo Deming:

### CICLO DEMING EN LA DIRECCION DE MANTENIMIENTO

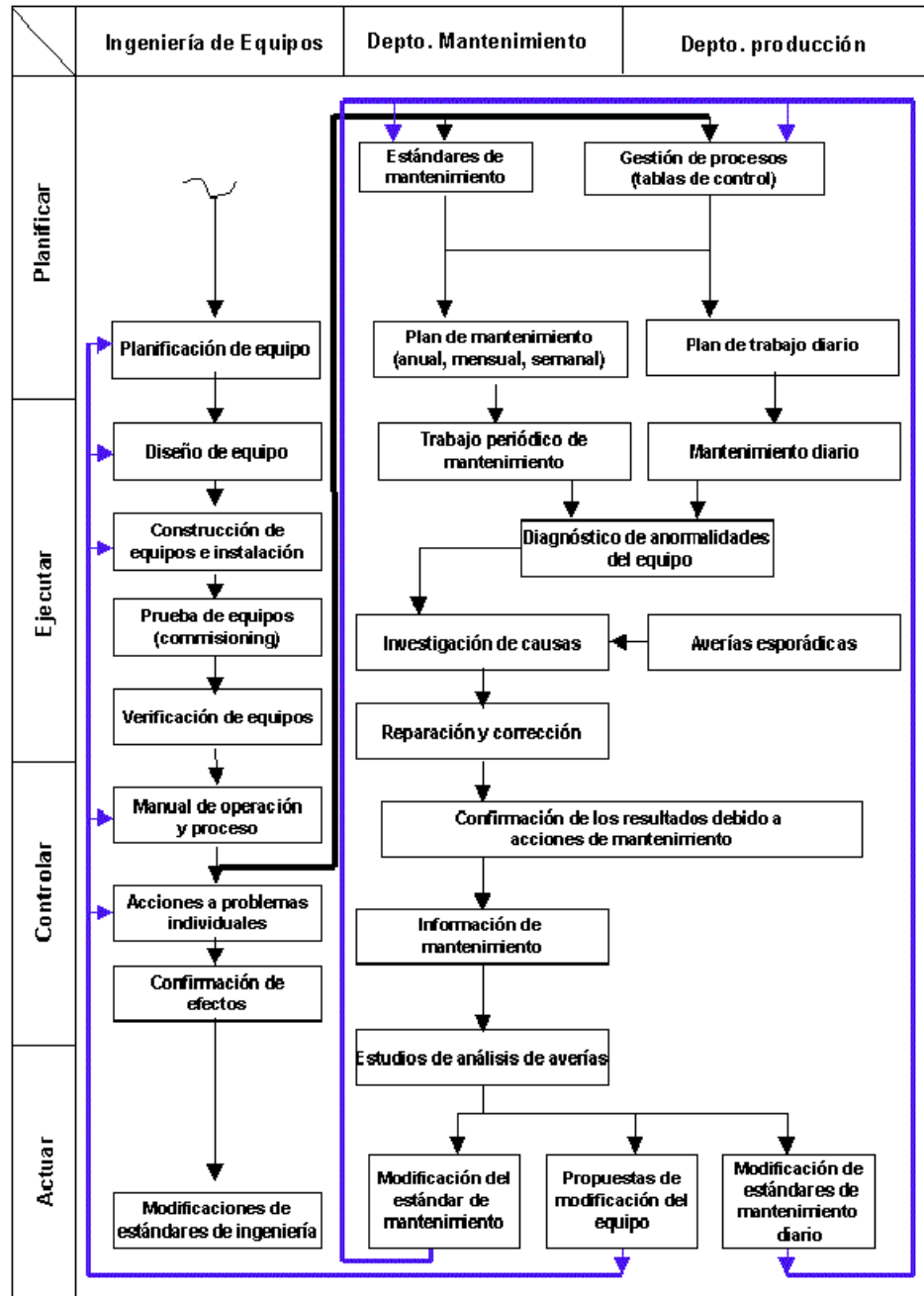


Figura 3.6.1.1 Ciclo Deming en la dirección del mantenimiento.

### **3.7. DIRECCION POR POLITICAS (HOSHIN KANRI).**

Es posible pensar que la Dirección por Políticas o Hoshin Kanri en japonés (DPP) es un sistema de dirección que permite formular, desarrollar y ejecutar los planes de la empresa con la participación de todos los integrantes de la organización. La Dirección por Políticas se emplea para asegurar el crecimiento a largo plazo, prevenir la recurrencia de situaciones no deseadas en la planificación y de problemas de ejecución.

La Dirección por Políticas se realiza en ciclos anuales y busca alcanzar las grandes mejoras aplicando las ideas y técnicas de control de calidad en el proceso de gestión de la empresa. En igual forma como en un proceso industrial se realizan actividades de control de proceso, la Dirección por Políticas realiza actividades de control de calidad en el proceso directivo, asegurando la mínima variabilidad en el logro de los resultados de todas las personas integrantes de la organización. La Dirección por Políticas permite coordinar las actividades de cada persona y equipo humano para el logro de los objetivos en forma efectiva.

Este sistema de dirección permite organizar y dirigir la totalidad de actividades que promueve el TPM. Los aspectos clave de este sistema de dirección son: Un proceso de planificación e implantación que se puede

mejorar continuamente empleando el Ciclo Deming PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar).

Se orienta a aquellos sistemas que deben ser mejorados para el logro de los objetivos estratégicos. Por ejemplo, la eliminación sistemática de todo tipo de despilfarros que se presentan en el proceso productivo. Participación y coordinación de todos los niveles y departamentos en la planificación, desarrollo y despliegue de los objetivos anuales y sus medios para alcanzarlos. Planificación y ejecución fundamentada en hechos. Formulación de metas y planes en cascada a través de toda la organización apoyándose en las verdaderas capacidades de la organización. Este sistema de compromiso funcional le da fuerza y vitalidad a procesos TPM fundamentados en la mejora continua.

La Dirección por Políticas es un sistema que permite planificar y ejecutar mejoras estratégicas del sistema productivo. De acuerdo al Dr. Noriaki Kano la Dirección por Políticas es un matrimonio entre las fortalezas de la dirección occidental y oriental: El fuerte liderazgo ejercido por los directivos occidentales dentro de una organización de consenso y participación amplia como sucede en las organizaciones japonesas.



El proceso de Dirección por Políticas cubre un amplio espectro de actividades: desde la identificación de las acciones más adecuadas que se deben realizar en la empresa, hasta las formas de asegurar que esas actividades son efectivamente implantadas. Se puede asumir que la Dirección por Políticas es la infraestructura que asegura que las actividades clave son realizadas correctamente y en el momento correcto.

La Dirección por Políticas es el sistema de dirección que toma los objetivos estratégicos de la compañía y los traduce en actividades concretas que son ejecutadas en los diferentes niveles y áreas de la empresa. Es el puente entre el establecimiento de propósitos y objetivos estratégicos y la acción diaria para su logro. La Dirección por Políticas es el motor que impulse todo proyecto de transformación continua de una organización. Se cree que un proyecto TPM sin el motor de la Dirección por Políticas no se desarrollará con éxito.

## **CAPÍTULO IV**

### **MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

#### **IV. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

Dentro de la gama de estrategias de mantenimiento existentes he escogido el TPM para esta tesis debido a que esta permite aplicar varias técnicas de otras estrategias, con la ventaja de que esta no solo se enfoca al área de mantenimiento, a su forma de trabajo, a sus métodos o a su personal sino al conjunto organizacional que va desde los altos ejecutivos hasta el operario.

TPM no es aplicar las cinco S e informatizar la gestión de mantenimiento, pretende que una organización sea dirigida dentro del concepto de mantener haciendo uso adecuado de todos los recursos de una organización.

##### **4.1. HISTORIA**

El mantenimiento preventivo fue introducido en Japón en la década de los cincuenta en conjunto con otras ideas como las de control de calidad, Ciclo Deming y otros conceptos de management americano. Posiblemente en la creación del TPM influyó el desarrollo del modelo Wide - Company Quality Control o Total Quality Management (TQM) o Dirección de Calidad Total en

español. En la década de los sesenta en el mundo del mantenimiento en empresas japonesas se incorporó el concepto Kaizen o de mejora continua. Esto significó que no solo corregir las averías era la función de mantenimiento, sino mejorar la fiabilidad de los equipos en forma permanente con la contribución de todos los trabajadores de la empresa.

Este progreso de las acciones de mejora llevo a crear el concepto de prevención del mantenimiento, realizando acciones de mejora de equipos en todo el ciclo de vida: diseño, construcción y puesta en marcha de los equipos productivos para eliminar actividades de mantenimiento.

La primera empresa en introducir estos conceptos fue la Nippon Denso Co. Ltd., una importante empresa proveedora del sector automovilístico, en el año 1971. Esta compañía introdujo esta visión de mantenimiento en 1961, logrando grandes resultados en su modelo de mantenimiento a partir de 1969 cuando introdujo sistemas automatizados y de transferencia rápida, los cuales requerían alta fiabilidad. El nombre inicial fue Total Member Participation o Participación Total de los Miembros (PM), mostrando el verdadero sentido del TPM que es la participación de todas las personas en el mantenimiento preventivo (PM). La compañía recibió un premio por la excelencia al PM en 1971. Para el desarrollo del PM de Nippon Denso, el Japan Institute of Plant Engineers (JIPE) o Instituto Japonés de Ingenieros de Plantas, apoyó y ayudó

a desarrollar el modelo de mantenimiento. Posteriormente el JIPE se transformaría en el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) o Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas, organización líder y creadora de los conceptos TPM.

Es muy seguro que el efecto de la implantación de estrategias de Total Quality Management hicieron que el TPM se desarrollara en esta empresa, ya que también se destaca esta empresa como una de las pioneras en la aplicación de principios como Hoshin Kanri, Daily Management y Cross Functional Management característicos de modelos avanzados del TQM. A esta empresa se le reconoció con el Premio de Excelencia Empresarial y que más tarde se transformó en Premio PM (Mantenimiento Productivo).

En la década de los ochenta se introdujo el modelo de Mantenimiento Basado en el Tiempo (TBM) como parte del modelo TPM. El aporte del sistema RCM (Reliability Center Maintenance) o mantenimiento centrado en la confiabilidad ayudó a mejorar la eficiencia de las acciones preventivas de mantenimiento.

Con el transcurso del tiempo JIPM ha evolucionado la idea de TPM reconociendo ha logrado cubrir todos los aspectos de un negocio. Se conoce

como el modelo TPM de tercera generación, donde más que mantener el equipo, se orienta a mejorar la productividad total de una organización.

## **4.2. OBJETIVOS**

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.

### **4.3. CARACTERÍSTICAS**

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.

### **4.4. SISTEMA OCCIDENTAL VS. SISTEMA JAPONÉS**

En los procesos de producción cabe hallar grandes diferencias entre el sistema occidental y el japonés debido a que el sistema japonés tiende a obtener una

producción flexible frente a la producción serie más rígida de los occidentales. El siguiente cuadro comparativo indica las diferencias.

<b>SISTEMA OCCIDENTAL</b>	<b>SISTEMA JAPONES</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
La calidad depende del departamento de calidad	La calidad depende del departamento de producción	La calidad la hace el que fabrica. Si le damos formación será capaz de eliminar las piezas defectuosas
Se acepta el almacenaje en curso	No se acepta el almacenaje en curso	El almacenaje en curso está creado para cubrir fallos: del proveedor, de las máquinas, herramientas, etc. El japonés elimina las fallas
Calidad por muestreo o calidad aceptable	Calidad 100% o calidad total	Una pieza no puede continuar el proceso sino ha superado una malla de obstáculos que la detengan
Cambio de máquina y útiles de larga duración	Cambio de máquina y útiles de corta duración	Utilización de la Técnica SMED para cambiar operaciones en menos de 10 minutos. En lugar de fabricar 10000 piezas de una vez, cambiará la máquina 20 veces al día para hacer lotes de 300 piezas diferentes y en un tiempo de cambio de 60 segundos
Piezas de un puesto a otro por lotes	Piezas de un puesto a otro de una en una	La producción flexible no es la producción en lotes, sino producir pieza a pieza. Que una pieza terminada en una operación llegue mano a mano a la siguiente....
Varios proveedores, mínimo 2	Un solo proveedor	Se busca el proveedor cualificado, que está cerca, y que valore al cliente, y se establezca una relación a largo plazo, esto se traduce al final en menor costo
Máquinas alejadas	Máquinas cercanas	Al desaparecer el material de las líneas quedan espacios que cubriremos acercando las máquinas. Las líneas se configuran en la mitad del espacio
Diseños en línea	Diseños en U	De esta manera un solo operario puede atender varias máquinas
Lanzamiento de producciones de cabecera	Lanzamiento de producciones de final de proceso	Normalmente el lanzamiento de la producción consiste en retirar primero el material de almacén, para fabricar piezas que luego son subconjuntos de montaje final. En Japón trabajan como en un supermercado: según lo vendido así es lo



		fabricado. De ahí se arranca hacia atrás: reponiendo los productos consumidos, luego las piezas de los subconjuntos, para finalmente ir al almacén por material para las piezas a mecanizar. Al revés es en occidente.
Se fabrica lo que se prevé vender	Se fabrica lo que se vende seguro	El objetivo es fabricar solo lo necesario. Ya no se puede fabricar para emplear la jornada del trabajador. Como no quieren stock innecesario, si no hay trabajo es mejor parar al operario y emplearlo en otras tareas
Entregas de material a fábrica una vez al mes	Entregas de material a fábrica una vez al día	En la producción flexible, proveedor situado lo más cerca posible, hace entrega diaria de su material, de calidad válida, y directamente a la línea, sin necesidad de almacén. Ahora la fábrica se diseña con muchas puertas y muelles de descarga en los talleres
Un hombre – una máquina Ej.: 5 máquinas – 5 hombres	Separar al hombre de la máquina 5 máquinas – 1 hombre	Partiendo de que una máquina automatizada al 100% trabaja gratis, el coste de tener a un hombre parado es de unas 5 veces mayor que el de tener una máquina parada. El hombre ya no debe estar fijo en una máquina, sino que sucesivamente deba trabajar en una u otra, y no importa que mientras tanto pare la primera. Ya no es lo más importante el coeficiente de utilización de una máquina
El productor ejecuta el método	El productor aporta el método	Se utiliza la inteligencia de las personas. El operario formado e informado nos va a aportar siempre con algo importante al proceso inicial.

Tabla IV.IV.I Cuadro comparativo sistema japonés y sistema occidental

#### 4.5. BENEFICIOS DEL TPM

Los beneficios que posee la aplicación del TPM se encuentran principalmente englobados dentro del ámbito organizativo, seguridad, productividad, como se enumeró en e capítulo anterior.

## **4.6. PROCESOS FUNDAMENTALES DEL TPM (PILARES)**

### **4.6.1. ¿QUÉ SON LOS PILARES TPM?**

Los procesos fundamentales han sido llamados por el Instituto Japonés de Mantenimiento Productivo, 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
- Mantenimiento Autónomo o Jishu Hozen
- Mantenimiento Progresivo o Keikaku Hozen
- Mantenimiento de Calidad o Hinshitsu Hozen
- Mantenimiento en Áreas Administrativas
- Gestión Temprana de Mantenimiento
- Liderazgo y formación
- Seguridad, higiene y medio ambiente

### **4.6.2. RELACIÓN ENTRE LOS PILARES TPM**

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 depende del grado de desarrollo que la compañía posea en su función productiva y de mantenimiento con relación a cada uno de los procesos fundamentales.

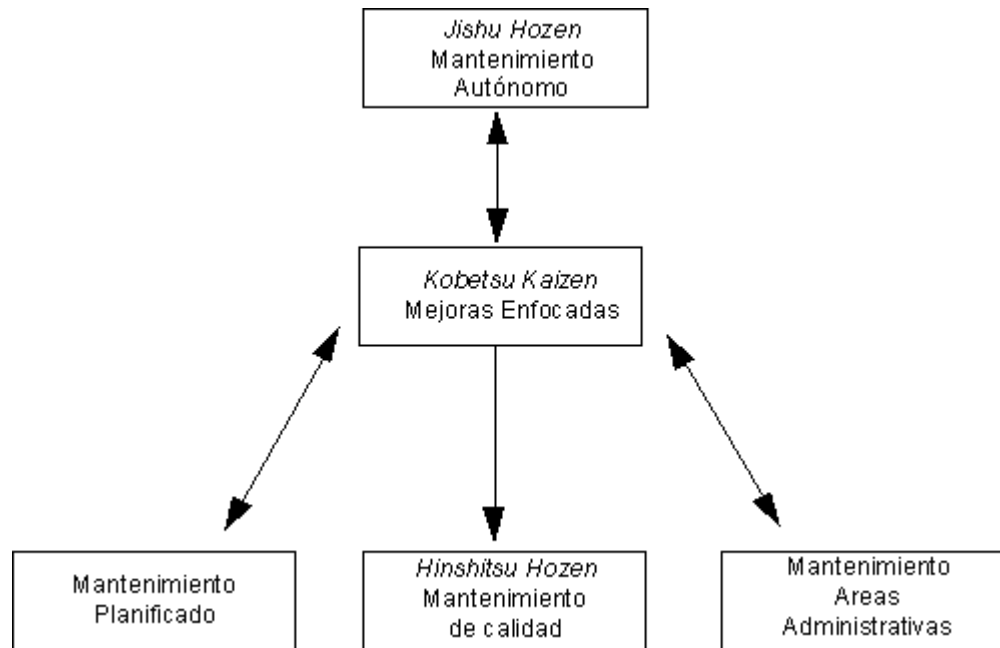


Figura 4.6.2.1 Relación entre pilares del TPM

Es necesario tener en cuenta que cada proceso fundamental posee una serie de pasos los cuales se pueden combinar para la implantación del TPM en la empresa.

Los efectos organizativos que se pueden lograr se pueden clasificar en tres etapas con referencia al tiempo de implantación. Los efectos de cada etapa son acumulativos, se conservan y se adicionan a los

obtenidos en las siguientes etapas, en la medida que se van desarrollando los pasos de los pilares. Cada etapa tiene objetivos específicos y la suma de estos logros le debe permitir a la empresa obtener una superioridad ante los competidores.

### **Etapla cero. Formación y motivación para la acción.**

El TPM requiere para su desarrollo preparar al personal y directivos sobre los métodos de trabajo, principios TPM y un conocimiento sobre el funcionamiento seguro de los equipos. Esta formación será permanente durante todas las fases de desarrollo del TPM.

### **Etapla uno. Mejoras de la eficacia operativa**

La primera etapa del TPM está orientada a mejorar los equipos. El modelo competitivo del TPM en la primera etapa se define como: enfoque de mejora de la eficacia operativa. Este enfoque es útil para sectores donde las posibilidades de diferenciación del producto son bajas y el factor clave para competir es el costo. Las herramientas TPM y otras técnicas de la calidad e ingeniería industrial, se emplean en los pasos iniciales de los pilares TPM. Estos primeros pasos permiten eliminar las pérdidas que se producen en los equipos y en el sistema productivo. Los objetivos de esta primera etapa son estrictamente

técnicos. Esta primera etapa conduce a eliminar las pérdidas de los centros productivos, beneficiando la productividad de la fábrica.

### **Etapa dos. Mejora de la autonomía para la productividad del sistema**

En la segunda etapa las acciones de los pilares TPM busca desarrollar la capacidad un mayor conocimiento técnico de los trabajadores, se desarrollan programas estructurados de mejora de las habilidades para el trabajo, se mejora la capacidad de análisis y solución de problemas. Esta fase pretende mejorar la productividad de las personas, desarrollar habilidades, polivalencia a través de la educación y formación. La organización logra una capacidad de gestión más autónoma en las diferentes áreas de trabajo.

### **Etapa tres. Lograr una organización en aprendizaje y altamente innovadora**

En la tercera etapa de desarrollo, se busca mejorar la organización, esto es, mejorar la capacidad de autogestión y organización del trabajo, tanto personal, como aquel que se realiza con la colaboración con otras áreas y se incrementa las posibilidades de aportar ideas para innovar los sistemas productivos utilizados por la empresa. Esta fase busca que la organización opere en forma más eficiente, se aprovechen las

posibilidades de crear nuevas ideas para hacer el trabajo e innovar la oferta de productos de la empresa, con la contribución de todas las personas que intervienen en el sistema productivo.

En sectores muy dinámicos y competitivos, los objetivos del TPM se deben orientar a la búsqueda de soluciones innovadoras y formas de realizar las operaciones de una forma distinta. Sin embargo, desde el punto de vista de la puesta en marcha del TPM en una empresa, se debe iniciar con experiencias que conduzcan a la mejora de los equipos y gradualmente progresar hacia objetivos estratégicos superiores de mejora del sistema productivo, para posteriormente desarrollar acciones innovadoras.

#### **4.6.3. MANTENIMIENTO EN ÁREAS ADMINISTRATIVAS**

Esta clase de actividades no involucra el equipo productivo. Departamentos como planificación, desarrollo y administración no producen un valor directo como producción, pero facilitan y ofrecen el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente, con los menores costos, oportunidad solicitada y con la más alta calidad. Su apoyo normalmente es ofrecido a través de un proceso productivo de información.

#### **4.6.4. GESTION TEMPRANA DE MANTENIMIENTO**

En esta gestión temprana del mantenimiento o prevención del mantenimiento se encuentran 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 costos 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, lo que exige contar con buenas bases de datos sobre frecuencia de averías y reparaciones.

#### **4.6.5. LIDERAZGO Y FORMACIÓN**

Este pilar trata de 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.

En este pilar se tiene como estrategias:

<b>ESTRATEGIAS DE LIDERAZGO Y FORMACIÓN</b>		
	<b>ESTRATEGIAS</b>	<b>HERRAMIENTAS</b>
1	Conservar el conocimiento mediante:	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Registros de datos e información</li> <li>➤ Mejoras de la capacidad de percepción</li> <li>➤ Uso de documentación técnica</li> <li>➤ Empleo de técnicas TPM</li> <li>➤ Implementando un sistema de información TPM</li> </ul>
2	Adquirir nuevo conocimiento por medio de:	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El entrenamiento en el puesto de trabajo</li> <li>➤ Autoformación</li> <li>➤ El empleo de técnicas TPM</li> <li>➤ En laboratorios de aprendizaje</li> </ul>
3	Crear nuevo conocimiento con	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Experimentación</li> <li>➤ Autodesarrollo</li> <li>➤ Dialogo creativo</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Reflexión metodológica (juicio)</li> <li>➤ Objetivos para la innovación</li> <li>➤ Nuevas tecnologías</li> <li>➤ Entrenamiento</li> </ul>
4	Transferir el conocimiento a través del:	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dialogo</li> <li>➤ Lecciones de un punto, Por qué - por qué, AMFE, informes Kaizen</li> <li>➤ Medios tecnológicos nuevos</li> <li>➤ Entrenamiento</li> <li>➤ Despliegue de acciones a equipos similares</li> </ul>
5	Utilizar el conocimiento para:	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Actuar reflexivamente</li> <li>➤ Evaluación</li> <li>➤ Reconocimiento</li> <li>➤ Ejemplo</li> <li>➤ Cultura de hechos y datos</li> </ul>

Tabla IV.VI.V.I

Estrategias de liderazgo y formación

#### 4.6.5.1. PASOS DEL PILAR LIDERAZGO Y FORMACIÓN

<b>PASOS DEL PILAR LIDERAZGO Y FORMACIÓN</b>		
<b>PASOS</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>
1	Establecer el punto de partida	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Evaluar el estado actual de la educación y entrenamiento.</li> <li>➤ Establecer políticas</li> </ul>
2	Establecer un sistema de entrenamiento para la mejora de habilidades de mantenimiento y	

	operación de equipos	
3	Desarrollo práctico del programa de entrenamiento para la mejora de habilidades de mantenimiento y operación de equipos	
4.	Planificar y desarrollar un programa de desarrollo de nuevas capacidades requeridas a largo plazo	➤ Progreso técnico y adaptación a la tecnología.
5	Consolidación de un ambiente de desarrollo voluntario (auto-desarrollo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Desarrollo de materiales, recursos de auto formación</li> <li>➤ Formular metas individuales de auto formación</li> <li>➤ Evaluar al personal por su acción de auto formación</li> </ul>
6	Evaluación de actividades para gestionar el conocimiento requerido para el futuro	

Tabla IV.VI.V.I.I Pasos del pilar liderazgo y formación

#### 4.6.6. SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE

El principio TPM en seguridad es que: el número de accidentes crece en proporción al número de pequeñas paradas.

Además los principios del pilar higiene, seguridad y medio ambiente consideran a un equipo con defectos es una fuente de riesgos, por tanto el desarrollo del Mantenimiento Autónomo y cinco S son considerados la base de la seguridad. Donde cabe recalcar que las mejoras enfocadas son el mejor instrumento para eliminar riesgos en los equipos.

Esto no deja a un lado el hecho de que la formación en habilidades de percepción es la base de la identificación de riesgos; y por tanto, el personal formado profundamente en el equipo asume mayor responsabilidad por su salud y seguridad. Además la práctica de los procesos TPM crean responsabilidad por el cumplimiento de los reglamentos y estándares.

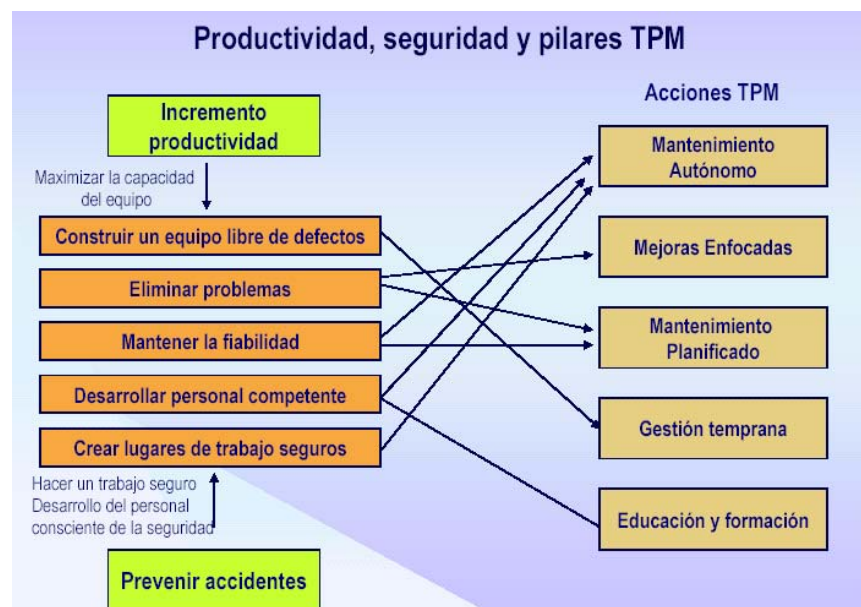


Figura 4.6.6.1 Relación entre la productividad, seguridad y los pilares TPM.

**4.6.6.1. PASOS DEL PILAR SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO  
AMBIENTE**

<b>PASOS DEL PILAR SEGURIDAD, HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE</b>		
<b>PASOS</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>
1	Seguridad en la limpieza inicial en MA	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mapas de seguridad</li> <li>➤ Análisis de riesgos potenciales</li> <li>➤ Conocimiento básico del equipo</li> <li>➤ Identificación fuentes de contaminación</li> </ul>
2	Mejora de equipos para evitar fugas que producen trabajos inseguros	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Eliminar fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso que producen riesgos potenciales de accidentes</li> </ul>
3	Estandarizar las rutinas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Emplear rutinas para las tres primeras “S”</li> <li>➤ Realizar verificaciones de seguridad</li> <li>➤ Emplear controles visuales</li> <li>➤ Limitar riesgos mediante revisiones de seguridad</li> <li>➤ Campañas de sensibilización</li> </ul>
4.	Desarrollo de personas competentes para la inspección general del equipo sobre seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Desarrollar conocimiento profundo sobre el funcionamiento del equipo y causas potenciales de riesgo</li> <li>➤ Formación empleando ejemplos reales</li> </ul>
5	Inspección general del proceso y entorno	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mejorar la supervisión de las condiciones del proceso y entorno</li> <li>➤ Medidas para evitar deficiencias de operación</li> </ul>

		➤ Medidas de seguridad de “tráfico” en planta
6	➤ Sistematizar el mantenimiento autónomo de seguridad	➤ Revisar estándares ➤ Acciones de mejora continua

Tabla IV.VI.VI.II Pasos del pilar seguridad, higiene y medio ambiente

#### 4.7. MEJORAS ENFOCADAS O KOBETSU KAIZEN

Las mejoras enfocadas 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 interfuncionales, empleando metodología específica y concentrando su atención en la eliminación de los despilfarros que se presentan en las plantas industriales.

Se trata de desarrollar el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos de control total de calidad aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento. Si una organización cuenta con actividades de mejora similares, simplemente podrá incorporar dentro de su proceso Kaizen o de mejora, nuevas herramientas desarrolladas en el entorno TPM. No deberá modificar su actual proceso de mejora que aplica actualmente.

Los propósitos principales de las mejoras enfocadas son:

- Eliminar radicalmente las causas de las pérdidas crónicas.
- Mejorar el conocimiento de los procesos mediante el análisis y solución de problemas en forma continua.
- Involucrar al todo el personal de la empresa en acciones de mejora individual y grupal.
- Mejorar la eficiencia del trabajo humano.

Además las mejoras enfocadas no solo se orientan a la eliminación de problemas de equipo sino de toda clase de pérdidas que afectan la Productividad Total Efectiva de los Equipos (PTEE) y Efectividad Global de Equipo (EGE), por lo tanto, este es un proceso prioritario en el inicio de las actividades TPM.

Entre las técnicas que se pueden utilizar se encuentran:

- Dentro de la Ruta de la Calidad: Herramientas básicas, Estadística industrial, Ingeniería de calidad, Herramientas de dirección.
- Dentro de los Métodos TPM: Por qué por qué, Método PM, Método análisis modal de fallas y efectos, Análisis de Causas Raíz.
- Observación (Gemba Genbutsu en japonés)
- Herramientas especiales como: Pérdida de velocidad, flujo de materiales, Poka Yoke, etc.

#### 4.7.1. PASOS DE LAS MEJORAS ENFOCADAS

El procedimiento seguido para realizar acciones de mejoras enfocadas sigue los pasos del conocido Ciclo Deming o PHVA ( Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) analizado en el capítulo anterior.

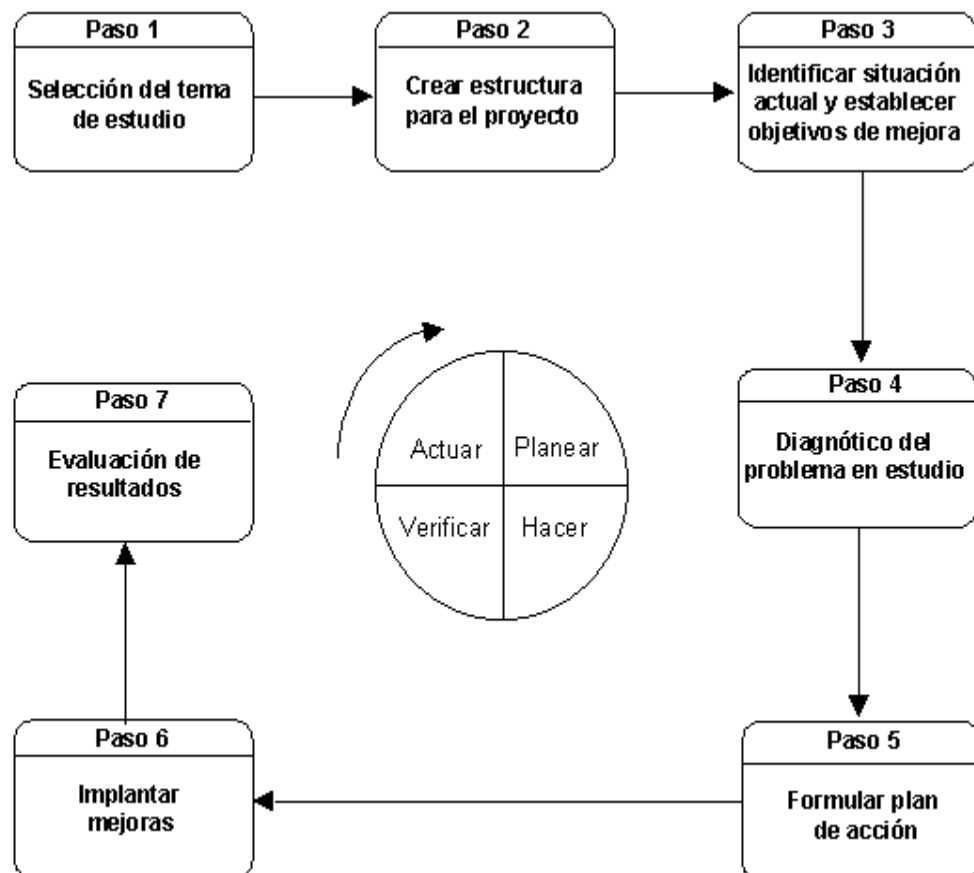


Figura 4.7.1.1 Pasos de las Mejoras Enfocadas.

Considerando que estos pasos tiene la metodología de :

1. Obtener los datos y hechos

2. Estratificar la información
3. Identificar claramente el fenómeno presente
4. Aplicar herramientas
5. Evitar la repetición del problema
6. Emplear el diálogo como medio de trabajo

#### **4.8. MANTENIMIENTO AUTONOMO O JISHU HOZEN**

El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Estas actividades se deben realizar siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios. Los operarios deben ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que opera.

Los objetivos fundamentales del mantenimiento autónomo son:

- Emplear el equipo como instrumento para el aprendizaje y adquisición de conocimiento.



- Desarrollar nuevas habilidades para el análisis de problemas y creación de un nuevo pensamiento sobre el trabajo.
- Mediante una operación correcta y verificación permanente de acuerdo a los estándares se evite el deterioro del equipo.
- Mejorar el funcionamiento del equipo con el aporte creativo del operador.
- Construir y mantener las condiciones necesarias para que el equipo funcione sin averías y rendimiento pleno.
- Mejorar la seguridad en el trabajo.
- Lograr un total sentido de pertenencia y responsabilidad del trabajador.
- Mejora de la moral en el trabajo.

#### **4.8.1. PASOS DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO Y SUS PROPÓSITOS**

La implantación del mantenimiento autónomo en una serie de pasos ha sido diseñada por el JIPM para cumplir propósitos específicos en la mejora industrial que pretenden crear progresivamente una cultura de cuidado permanente del sitio de trabajo.

<b>PASOS DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO</b>		
<b>PASOS</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>
0	Preparación para el Mantenimiento Autónomo	
1	Limpieza e inspección	Eliminación de suciedad, escapes, polvo, identificación de Fallas
2	Establecer medidas preventivas contra las causas de deterioro forzado y mejorar el acceso a las áreas de difícil limpieza	Acciones correctivas para eliminar las causas que producen deterioro acumulado en los equipos. Evitar que nuevamente se ensucie el equipo, facilitar su inspección al mejorar el acceso a los sitios difíciles que requieren limpieza y control, reducción el tiempo empleado para la limpieza
3	Preparación de estándares experimentales para la limpieza e inspección autónoma	Se diseñan y aplican estándares provisionales para mantener los procesos de limpieza, lubricación y apriete. Una vez validados se establecerán en forma definitiva
4.	Inspección general orientada	Entrenamiento para la inspección haciendo uso de manuales, eliminación de pequeñas averías y mayor conocimiento del equipo a través de la inspección.
5	Inspección autónoma	Formulación e implantación de procedimientos de control autónomo
6	Estandarización	Estandarización de los elementos a ser controlados. Elaboración de estándares de registro de datos, controles a herramientas, moldes, medidas de producto, patrones de calidad, etc. Aplicación de estándares
7	Control autónomo total	Aplicación de políticas establecidas por la dirección de la empresa. Empleo de tableros de gestión visual, tablas MTBF y tableros Kaizen

Tabla IV.VIII.II Pasos del mantenimiento autónomo

Los propósitos previstos son:

- Lograr las condiciones básicas de los equipos
- Establecer una nueva disciplina de inspección por parte del personal operativo
- Crear una nueva forma de dirección fundamentada en el autocontrol.

La gráfica siguiente muestra los propósitos específicos por grupo de pasos del Mantenimiento Autónomo.

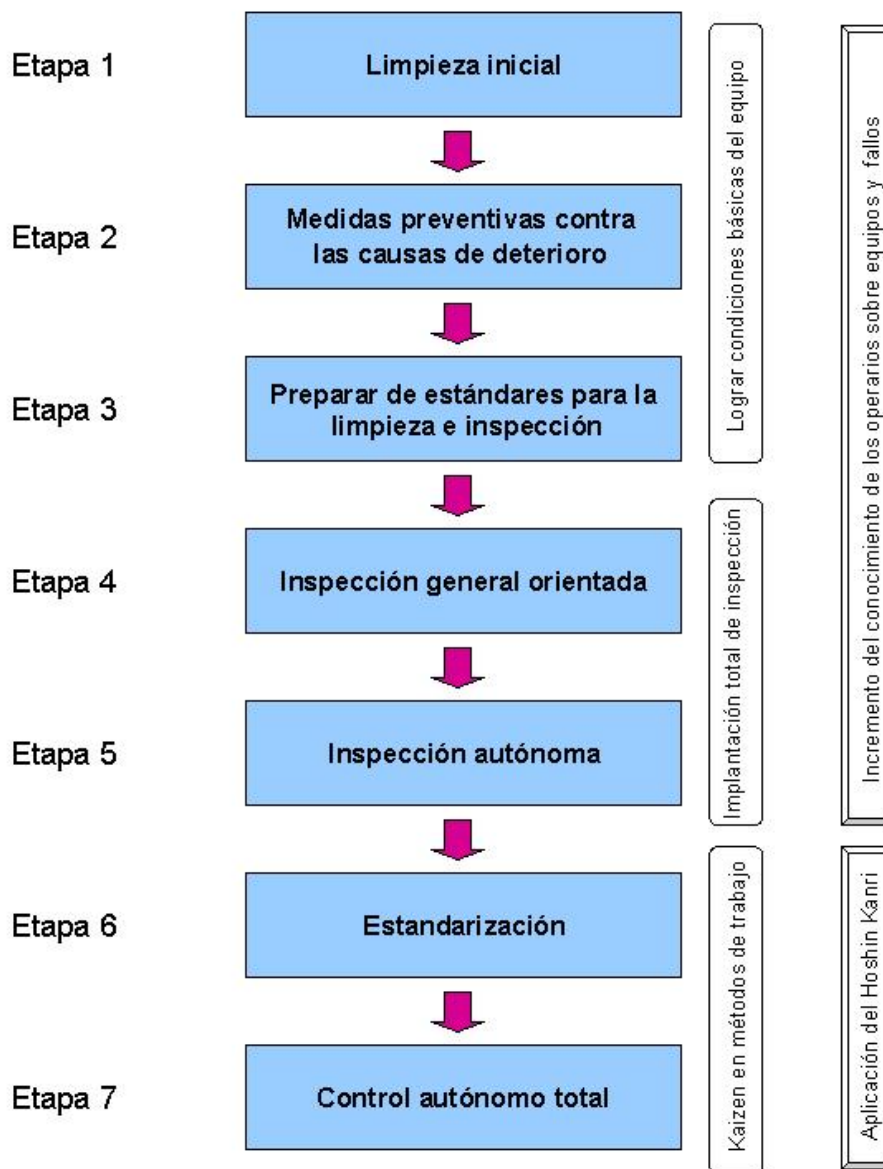
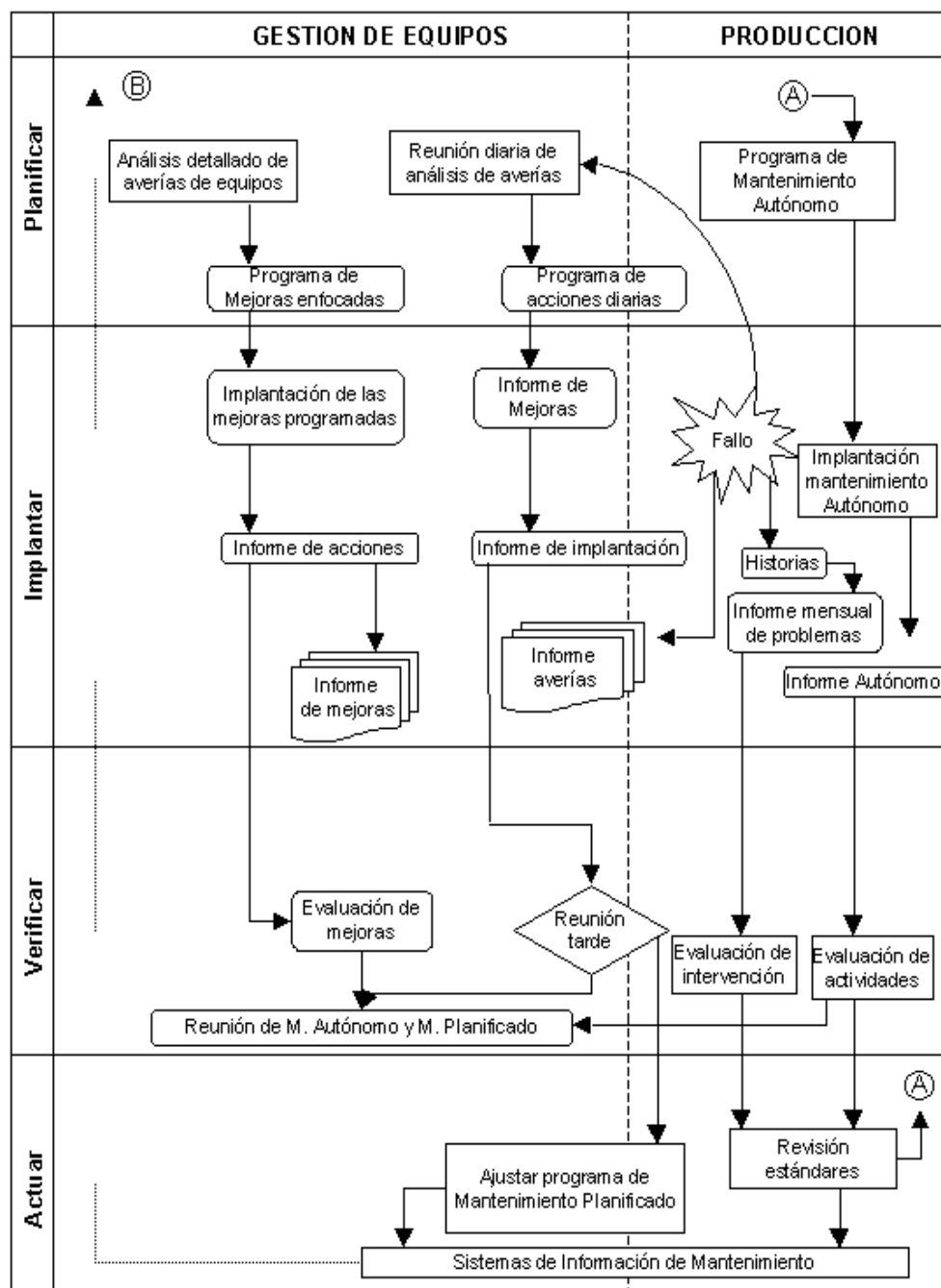


Figura 4.8.8.1 Propósitos de los siete pasos de mantenimiento autónomo

#### **4.9. MANTENIMIENTO PROGRESIVO O KEIKAKU HOZEN**

El mantenimiento progresivo es uno de los pilares más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización industrial. El JIPM denomina a este pilar como mantenimiento planificado, pero algunas empresas lo llaman mantenimiento preventivo o mantenimiento programado. Pero el término progresivo puede comunicar mejor el propósito de avanzar gradualmente hacia la meta cero averías para una planta industrial.



ⓑ Mantenimiento planificado y otros pilares TPM.

Figura 4.9.1 Relación entre las acciones de mantenimiento y producción para prevenir averías.

#### **4.9.1. LIMITACIONES DE LOS ENFOQUES TRADICIONALES DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO.**

El mantenimiento planificado que se practica en numerosas empresas presenta entre otras las siguientes limitaciones:

- No se dispone de información histórica necesaria para establecer el tiempo más adecuado para realizar las acciones de mantenimiento preventivo. Los tiempos son establecidos de acuerdo a la experiencia, recomendaciones de fabricante y otros criterios con poco fundamento técnico y sin el apoyo en datos e información histórica sobre comportamiento pasado.
- Se aprovecha la parada de un equipo para hacer todo lo necesario en la máquina ya que está disponible. Pero ¿será necesario y económico un tiempo similar de intervención para todos los elementos y sistemas de un equipo?.
- Se aplican planes de mantenimiento preventivo a equipos que poseen un alto deterioro acumulado, que afecta la dispersión de la distribución (estadística) de fallos, imposibilitando la identificación de un comportamiento regular del fallo y con el que se debería establecer el plan de mantenimiento preventivo.
- A los equipos y sistemas se les da un tratamiento similar desde el punto de vista de la definición de las rutinas de preventivo, sin

importar su criticidad, riesgo, efecto en la calidad, grado de dificultad para conseguir el repuesto, etc.

- Es poco frecuente que los departamentos de mantenimiento cuenten con estándares especializados para la realizar su trabajo técnico. La práctica habitual consiste en imprimir la orden de trabajo con algunas asignaciones que no indican el detalle del tipo de acción a realizar. Por ejemplo: inspeccionar la cadena 28X del eje superior del rotor impulsor. Este tipo de instrucción no indica qué inspeccionar en la cadena, el tipo de estándar a cumplir, forma, cuidados, características de calidad, registro de información, seguridad, tiempo, herramientas y otros elementos necesarios para realizar el trabajo de inspección. Esta situación se aprecia en todo tipo de empresas e inclusive en aquellas que poseen certificaciones y programas o modelos de calidad avanzados.
- El trabajo de mantenimiento planificado no incluye acciones de mejora continua o kaizen para los métodos de trabajo. No se incluyen acciones que permitan mejorar la capacidad técnica y mejora de la fiabilidad del trabajo de mantenimiento, como tampoco es frecuente observar el desarrollo de planes para eliminar la necesidad de acciones de mantenimiento. Esta también debe ser considerada como una actividad de mantenimiento preventivo.



#### **4.9.2. APORTES DEL TPM A LA MEJORA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO**

El TPM posee una mayor óptica o visión del proceso de gestión preventiva de equipos. El TPM utiliza tres grandes estrategias:

1. Actividades para prevenir y corregir averías en equipos a través de rutinas diarias, periódicas y predictivas.
2. Actividades de mejora continua o kaizen orientadas a mejorar las características de los equipos o Mantenimiento por Mejora y Kaizen para eliminar acciones de mantenimiento.
3. Actividades de mejora continua o kaizen para mejorar la competencia administrativa y técnica de la función mantenimiento.

Si se comparan las dos estrategias anteriores sugeridas dentro del TPM con las prácticas habituales de mantenimiento planificado, se observa que existe una diferencia significativa en cuanto al alcance de sus actividades.

Algunas empresas han considerado que implantar un programa informático de gestión de mantenimiento les conducirá a resolver los problemas del mantenimiento preventivo. La verdad es que se mejorarán las acciones administrativas de mantenimiento, pero el efecto

positivo en la disminución de las averías y fallos en el equipo se logrará con acciones adicionales como:

- Utilización de la información para identificar y reducir los fallos frecuentes. (Administración diaria del Mantenimiento o Daily Management Maintenance en inglés)
- Utilización de información para el establecimiento de mejores tiempos de mantenimiento preventivo.
- Implantar acciones de mejora continua o kaizen para practicar mantenimiento por mejora.
- Implantar acciones de prevención de mantenimiento.
- Implantar acciones para mejorar la competencia técnica de la función de mantenimiento.
- Desarrollo de conceptos mejora continua o kaizen en los aspectos relacionados con los métodos de trabajo y gestión de mantenimiento.
- Participación integral de todo el personal relacionado con las operaciones de la empresa en las acciones de mantenimiento.

Seguramente que las anteriores estrategias sugeridas por TPM se constituyen en los mejores aportes al desarrollo del mantenimiento planificado. Sin embargo, desde el punto de vista del desarrollo de una organización, el TPM ha marcado una diferencia conceptual al lograr

justificar y proponer acciones concretas para eliminar las barreras existentes entre los departamentos de producción y mantenimiento en cuanto al principio de responsabilidad por el cuidado y conservación de los equipos. Haber logrado involucrar todas las áreas de una fábrica para alcanzar los objetivos de productividad global, ha sido el mayor éxito de la práctica del TPM.

#### **4.9.3. ACTIVIDADES GENERALES DEL MANTENIMIENTO PROGRESIVO**

El siguiente gráfico presenta una visión general de las actividades incluidas en este pilar.

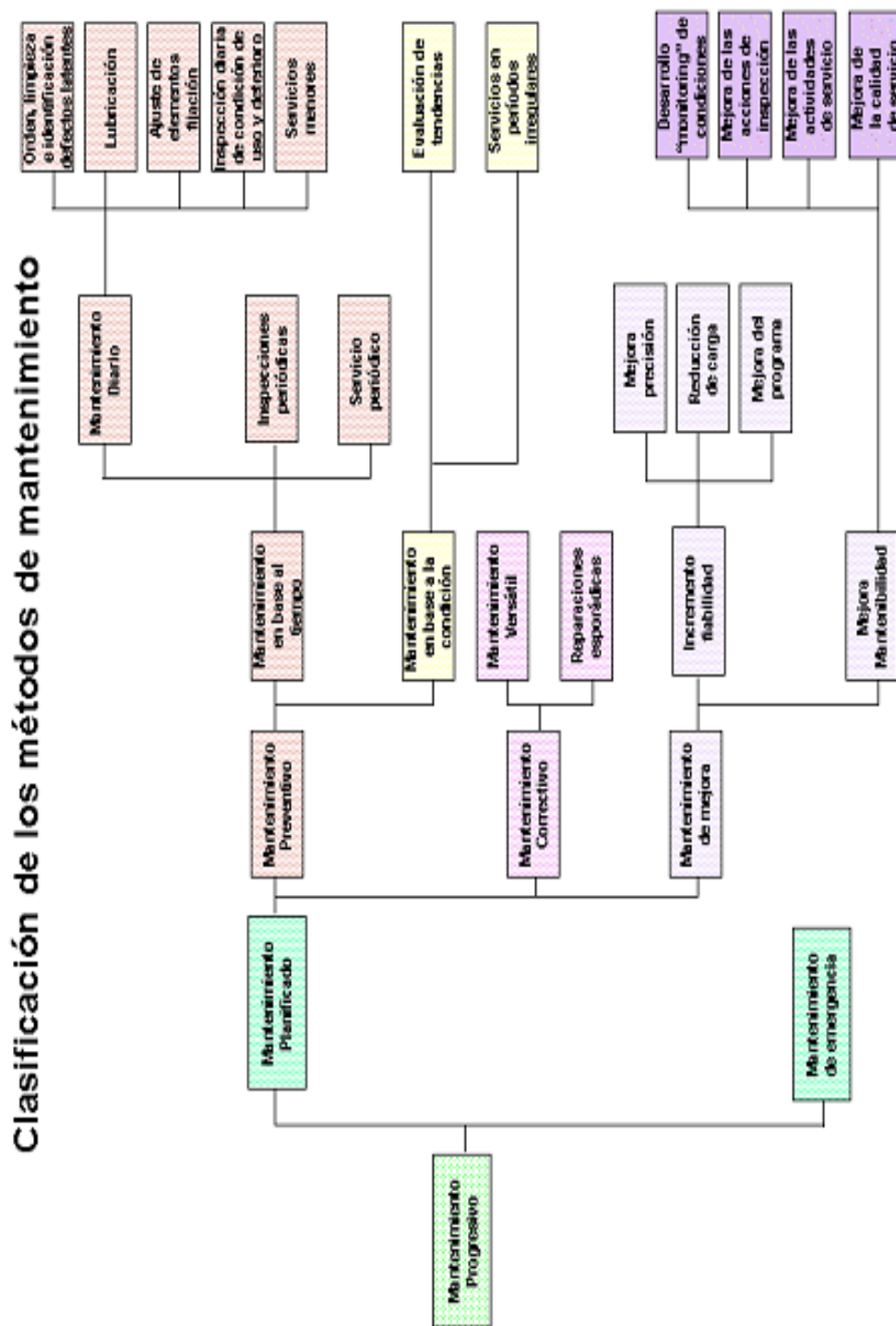


Figura 4.9.3.1 Clasificación de los métodos de mantenimiento.

#### 4.9.4. PASOS DEL MANTENIMIENTO PROGRESIVO.

El pilar mantenimiento planificado sugerido por el JIPM se implanta en seis pasos. La visión general de estos pasos se muestra en el siguiente gráfico.

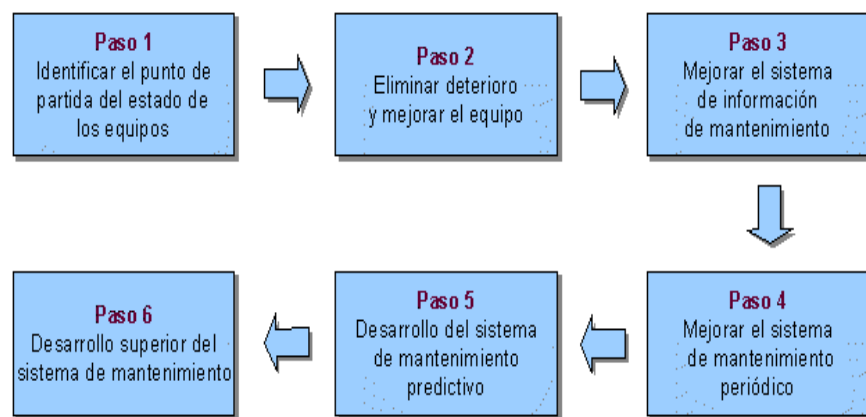


Figura 4.9.4.1 Pasos del Mantenimiento Planificado

#### 4.10. MANTENIMIENTO DE CALIDAD O HINSHITSU HOZEN

El mantenimiento de calidad es conocido en Japón con el nombre Hinshitsu Hozen. Donde la palabra Hinshitsu significa calidad y Hozen significa mantenimiento. El nombre Hinshitsu Kanri también es conocido porque significa Control de Calidad.

Es un pilar TPM que tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el cero defectos es factible. Las acciones del mantenimiento de calidad, basados en las rutinas de inspección de equipos, ya sean autónomas o de mantenimiento especializado, verifican y miden las condiciones cero defectos regularmente, con el objeto de facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad.

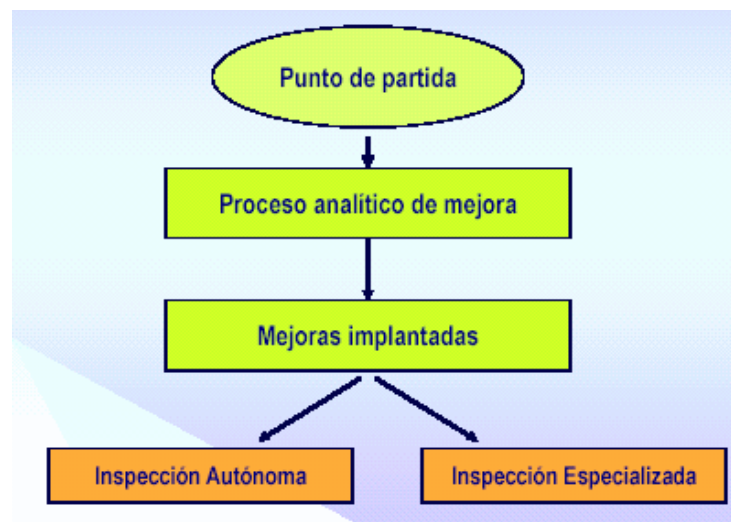


Figura 4.10.1 Principios fundamentales de la operación del Mantenimiento de Calidad

#### **4.10.1. CONDICIONES PRELIMINARES PARA EL MANTENIMIENTO DE CALIDAD.**

La calidad del producto se construye sobre la calidad del equipo. Desde el momento en que una máquina o instalación se halla en condiciones

óptimas de funcionamiento (subsanaos los pequeños fallos de los primeros días de marcha y adaptación al proceso productivo), su rendimiento inapreciablemente comienza a disminuir por el desgaste normal, desajustes en sus medidas, manejo incorrecto, defectos en el producto fabricado, diseño incorrecto y errores de fabricación. Pudiendo decir que si no se controla, la calidad de la instalación o la máquina naturalmente tiende a disminuir y acarrea una baja de la calidad del producto. Una reducción de la calidad de fabricación imputable a la maquinaria se manifiesta por:

- Pequeños defectos en la máquina que sino se eliminan acarrearán graves averías.
- Disminución progresiva de la precisión de la máquina en sus diversas facetas de funcionamiento.
- Desgaste excesivo de piezas.
- Crecimiento del consumo de energía eléctrica.
- Aumento del riesgo de accidentes e incendios
- Quejas continuas del personal y baja de la moral del mismo.

Actualmente, la ingeniería de producto y de fabricación en una empresa, deben conocer el estado de calidad las máquinas y la calidad de sus productos, porque si teniendo un método de fabricación en determinada

máquina y esta pierde calidad en sus medidas puede ser necesario elegir otro método aunque eleve el costo de fabricación unitario.

La misión del control de calidad de la máquina es determinar, de forma objetiva y exacta, las variaciones sufridas y su influencia en la máquina como en las tolerancias de trabajo. Y este permite:

- Planificar los paros a iniciar acciones para subsanar las desviaciones de la calidad.
- Detectar los errores de la máquina que influyen en la calidad de los productos.
- Determinar el tiempo y el costo probables de reconstrucción o de sustitución de una máquina instalación o equipo con suficiente antelación, a fin de evitar improvisaciones.

Por eso, el conocimiento de la calidad exacta durante la vida de una máquina o instalación permite tomar a la dirección cuatro decisiones fundamentales:

1. Mantener la máquina en producción si funciona bien.
2. Reconstruirla si se halla en mal estado con fácil planificación del trabajo y conocimiento del costo.



3. Pasarla a una categoría inferior, haciéndola trabajar en otras condiciones menos exigentes debido a su mal estado o a una clara obsolescencia con respecto a otra más moderna y productiva.
4. Sustituirla por otra nueva y vender la vieja.

Estas cuatro decisiones se fundamentan especialmente en:

- El grado de envejecimiento y acumulación de averías.
- La precisión cumple o no las normas dadas por control de calidad.
  - ◆ La disminución de la precisión de la máquina en series cortas de producción elegirá la decisión respecto a las cuatro alternativas citadas basándose en observaciones medidas y ensayos directos o indirectos.
  - ◆ En series largas, en procesos continuos, la decisión entre las alternativas debe basarse en muestras de calidad con su interpretación estadística tanto en las tolerancias de la calidad del producto fabricado, como en las tolerancias de las propias partes o componentes de la máquina.
- Obsolescencia en grado elevado, costos unitarios de fabricación más o menos elevados.
- Casos especiales.

#### **4.10.2. MANTENIMIENTO DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO NO ES LO MISMO.**

Lo importante no es mantener en funcionamiento el equipo (se supone que es altamente fiable gracias a otros pilares TPM). Se trata de mantener los más altos estándares de calidad del producto controlando las condiciones de los elementos y sistemas de la maquinaria. El control de calidad en proceso se concentra en el proceso, mientras que el mantenimiento de calidad se concentra en las condiciones de la maquinaria.

Mantenimiento de Calidad no es:

- Aplicar técnicas de control de calidad a las tareas de mantenimiento
- Aplicar un sistema ISO a la función de mantenimiento
- Utilizar técnicas de control estadístico de calidad al mantenimiento
- Aplicar acciones de mejora continua a la función de mantenimiento

Mantenimiento de Calidad es:

- Desarrollado por técnicos especialistas de calidad empleando técnicas TPM en forma sistemática.

- Implantado por operarios y personal de mantenimiento una vez se haya logrado un desarrollo pleno de los tres primeros pasos del mantenimiento autónomo y los dos primeros pasos del planificado
- Contar con buena información del equipo, proceso, resultados de calidad, métodos de trabajo y estándares
- Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo, certificando que cumple las condiciones para cero defectos de calidad y que estas se encuentra dentro de los estándares técnicos.
- Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a la situación de anormalidad potencial.
- Realizar estudios de ingeniería del equipo para identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en las características de calidad del producto final, realizar el control de estos elementos de la máquina e intervenir estos elementos.

#### **4.10.3. PRINCIPIOS DEL MANTENIMIENTO DE CALIDAD**

Los principios en que se fundamenta el Mantenimiento de Calidad son:

1. Clasificación de los defectos e identificación de las circunstancias en que se presentan, frecuencia y efectos.

2. Realizar un análisis de mantenimiento preventivo para identificar los factores del equipo que generan los defectos de calidad.
3. Establecer valores estándar para las características de los factores del equipo y valorar los resultados a través de un proceso de medición.
4. Establecer un sistema de inspección periódico de las características críticas.
5. Preparar matrices de mantenimiento y valorar periódicamente los estándares.

#### **4.10.4. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS EN EL MANTENIMIENTO DE CALIDAD**

Los principales instrumentos utilizados en el mantenimiento de calidad son:

- Matriz QA o de análisis de calidad
- Análisis Modal de Fallos y Efectos o AMFE
- Método PM
- Tecnologías para medir las condiciones de los parámetros del equipo
- Técnicas de Mejoras Enfocadas (Kobetsu Kaizen)
- Diagramas de flujo de proceso
- Diagramas matriciales

- Lecciones de un punto (LUP).
- Técnicas de análisis de capacidad de proceso

Tecnologías utilizadas en el Mantenimiento de Calidad para las mediciones

- Instrumentos de medida
- Galgas
- Indicadores de interferencia láser
- Máquinas de medición por láser
- Visiogramas
- Medidores de tensión
- Vibrotensores
- Osciloscopios
- Medidores de potencia o vatímetros
- Termómetros
- Rayos X
- Medidores de ángulos
- Contadores de partículas
- Medidores de sonido y FFT (Transformada Rápida de Fourier o Fast Fourier Transform en inglés)

#### 4.10.5. PASOS DEL PILAR MANTENIMIENTO DE CALIDAD

El JIPM ha establecido varios pasos para el desarrollo del Mantenimiento de Calidad. Estos se deben auditar y siguen las estrategias de prueba piloto, equipo modelo y transferencia del conocimiento utilizados en otros pilares TPM.

<b>PASOS DEL PILAR MANTENIMIENTO DE CALIDAD</b>	
<b>PASOS</b>	<b>NOMBRE</b>
1	Identificación de la situación actual del equipo
2	Investigación de la forma como se generan los defectos
3	Identificación y análisis de las condiciones 3M (materiales, máquina y mano de obra)
4	Estudiar las acciones correctivas para eliminar fugas
5	Analizar las condiciones del equipo para productos sin defectos y comparar los resultados
6	Realizar acciones de mejora de las condiciones 3M
7	Definir las condiciones y estándares de las 3M
8	Reforzar el método de inspección
9	Valorar los estándares utilizados

Tabla IV.X.V Pasos del Pilar mantenimiento de calidad

**CAPITULO V**

**MÉTODOS Y HERRAMIENTAS PARA LA**

**GESTION DE MANTENIMIENTO**

## **V. METODOS Y HERRAMIENTAS PARA LA GESTION DE MANTENIMIENTO**

### **5.1. DEFINICIONES**

Avería: Cese de la capacidad de una entidad para realizar su función específica. El término entidad equivale en términos generales a equipo, conjunto, sistema, máquina o ítem.

El diccionario de la Real Academia Española indica que el término avería es una palabra que procede del árabe al-awarriyya que significa daño que padecen las mercaderías. Donde la palabra daño es considerada como causar detrimento o echar a perder una cosa.

Se puede decir que una avería es la pérdida de la función de un elemento, componente, sistema o equipo. Esta pérdida de la función puede ser total o parcial como se describe a continuación:



- La pérdida total de funciones conlleva a que el elemento no puede realizar todas las funciones para las que se diseñó.
- La avería parcial afecta solamente a algunas funciones consideradas como de importancia relativa. En este caso el sistema donde se encuentra el elemento averiado, puede operar con deficiencias de diversa índole y no afecta a las personas o produce daños materiales mayores.

Al definir una avería como pérdida de la función y si cada elemento o sistema puede tener varias clases de funciones, necesariamente las averías se pueden categorizar. En la teoría de Análisis del Valor se considera que todo elemento u objeto puede tener varios tipos de funciones:

- Principales o aquellas para las que el elemento fue diseñado, una bombilla su función principal es la de proporcionar luz.
- Secundarias las que cumplen funciones de apoyo a las principales, un foco luminoso debe necesitar cierta resistencia los golpes.
- Terciarias son aquellas que cumplen aspectos relacionados con la estética. El bombillo debe tener una superficie limpia.

Por lo tanto, pueden existir diferentes clases de averías por función afectada:

- Averías críticas o mayores. La que afecta las funciones del elemento consideradas como mayores.
- Avería parcial. La que afecta a algunas de las funciones pero no a todas

- Avería reducida. La que afecta al elemento sin que pierda su función principal y secundaria.

Esta clasificación es importante para desarrollar un modelo de análisis de averías. Una estrategia para la solución de averías debe considerar que existen averías críticas que son las prioritarias eliminarlas para conseguir un resultado significativo en la mejora del equipo. Esta forma de clasificación invita a que el Principio de Pareto sea utilizado como un instrumento muy útil para los estudios de diagnóstico.

### **5.1.1. AVERÍAS CRÓNICAS Y ESPORÁDICAS**

Otro tipo de clasificación de las averías se puede realizar por la forma como se pueden presentar estas a través del tiempo. Este tipo de clasificación también se debe tener en cuenta para el diseño de una estrategia de eliminación, ya que los métodos de solución pueden ser diferentes.

Los problemas de los equipos se clasifican en:

- Averías crónicas: Afecta el elemento en forma sistemática o permanece por largo tiempo. Puede ser crítica, parcial o reducida.

- Averías esporádicas: Afecta el elemento en forma aleatoria y puede ser crítica o parcial.
- Avería transitoria: Afecta durante un tiempo limitado al elemento y adquiere nuevamente su actitud para realizar la función requerida, sin haber sido objeto de ninguna acción de mantenimiento.

El comportamiento de cada una de estas pérdidas se muestra en la figura siguiente:

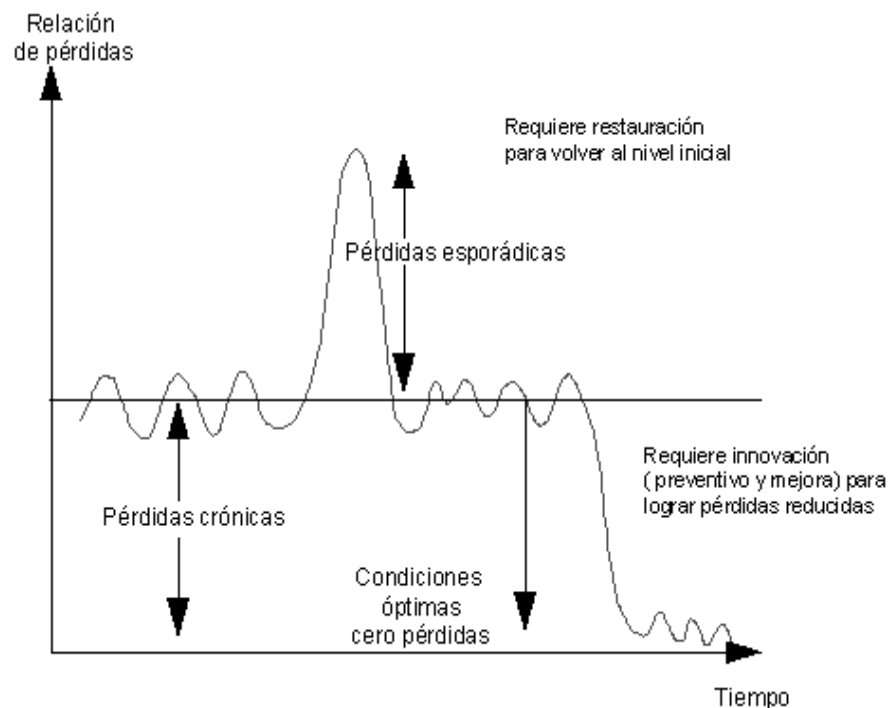


Figura 5.1.1 Averías crónicas y esporádicas en equipos industriales

### **5.1.1.1. AVERÍAS ESPORÁDICAS**

Esta clase de pérdidas, como indica su nombre, ocurren de repente y en forma no prevista. Las características principales de estas pérdidas son:

- Es poco frecuente su ocurrencia
- Por lo general resulta de una causa simple
- Es relativamente fácil identificar su causa y las medidas correctivas son simples y rápidas de aplicar
- Su aporte es importante y producen grandes desviaciones en el proceso y por este motivo duran poco tiempo

### **5.1.1.2. AVERÍAS CRÓNICAS**

Este tipo de pérdidas están ocultas y permanecen en el tiempo. Su efecto es relativamente bajo, pero al sumarlo durante todo el tiempo que permanece puede llegar a ser muy importante para los resultados de la empresa. Esta clase de pérdidas se vuelven habituales para el personal de la empresa y en muchos casos ya no se aprecian por que "se ha aprendido a vivir con ellas", por ejemplo, en una línea de empaque de productos de consumo sale aproximadamente cada media hora una caja sin pegar

debido a una falla del equipo. Este problema no es dramático, pero muestra que el equipo presenta una falla sistemática en su funcionamiento y que es necesario investigar.

## **5.2. METODOLOGÍA DE CALIDAD PARA ELIMINAR AVERÍAS**

### **5.2.1. QC STORY O RUTA DE LA CALIDAD**

El modelo de análisis procedente del campo de la calidad, es reconocido como QC Story, Historia de Calidad o Ruta de la Calidad en español. Este es muy familiar dentro de las empresas industriales debido a sus reconocidas siete herramientas:

1. Diagrama de Pareto,
2. Diagrama de Causa y Efecto,
3. Histogramas,
4. Estratificación de Información,
5. Hojas de Chequeo o Verificación,
6. Diagrama de Dispersión y Gráficos de Control.

Este tipo de técnicas han sido ampliamente utilizadas en las empresas, especialmente en aquellas situaciones donde se presentan problemas de

defectos, pérdidas de producto final por incumplimiento de especificaciones o situaciones anormales en procesos productivos.

Esta metodología es potente para la reducción drástica de las pérdidas crónicas, especialmente cuando estas son altas. Sin embargo, es frecuente encontrar que estos buenos resultados se deben a la eliminación de las pérdidas esporádicas, pérdidas estas que no son habituales pero que pueden tener un alto impacto en un cierto tiempo, manteniéndose sin resolver las pérdidas crónicas. Con las metodologías de calidad es posible lograr una disminución de hasta un ochenta por ciento las pérdidas crónicas; sin embargo, cuando se pretende reducir el veinte por ciento restante, es necesario recurrir a las técnicas especializadas de mantenimiento.

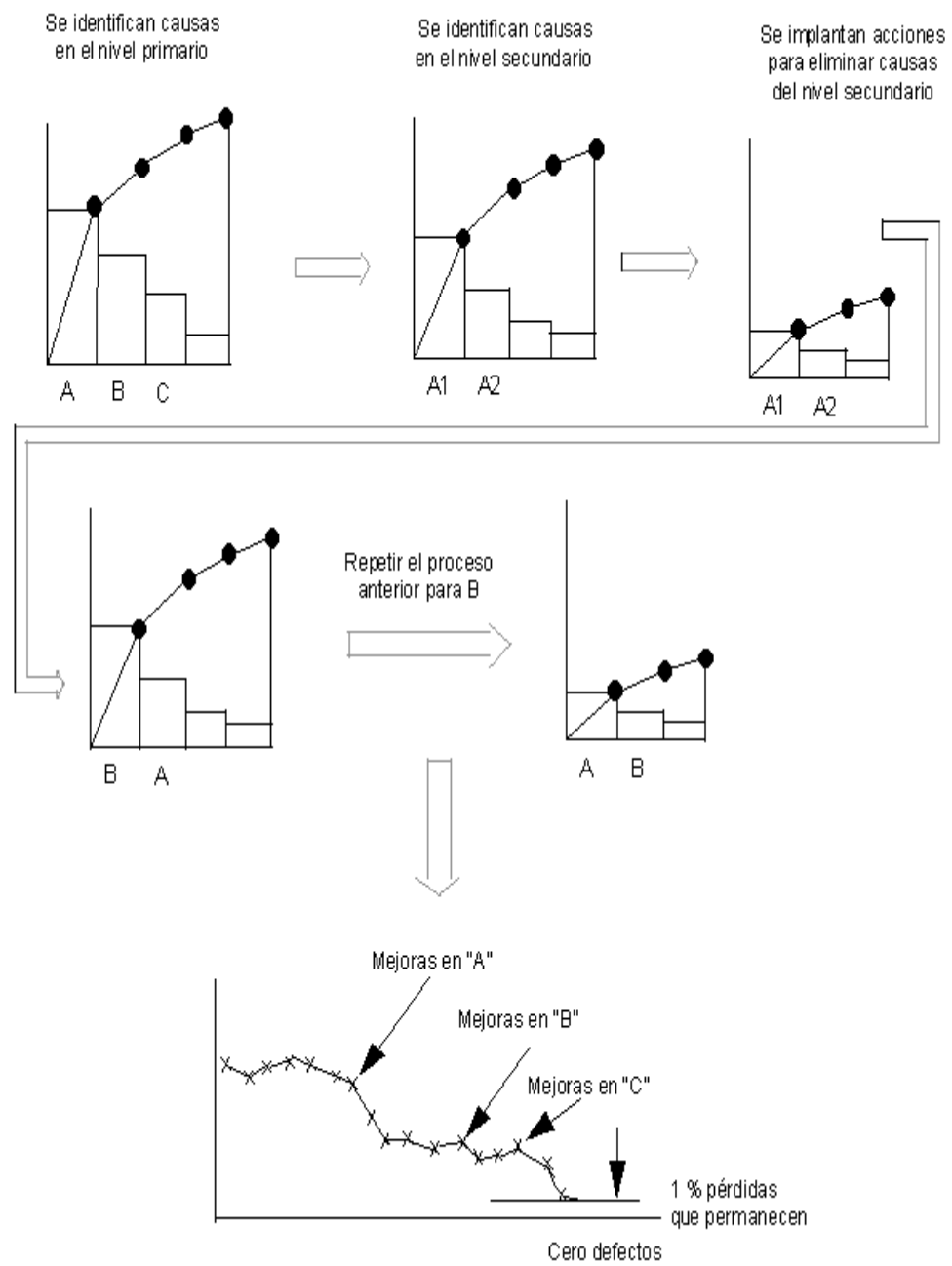


Figura 5.2.1.1 Ruta de la calidad

### **5.2.2. ENFOQUE DE CALIDAD PARA LA ELIMINACIÓN DE PROBLEMAS**

El enfoque de calidad mostrado en la figura emplea como principio fundamental la estratificación de información a través de la construcción de múltiples Gráficos de Pareto para identificar los factores de mayor aporte. El plan de mejora se realiza sobre la base de eliminar los factores prioritarios identificados a través de la práctica del principio de Pareto. Los factores que permanecen o de menor aporte, se consideran como poco críticos y en algunas oportunidades se descuidan debido a su poca importancia.

El diagnóstico de problemas en el modelo de calidad se realiza a través del conocido Diagrama de Causa y Efecto o espina de pescado. Este diagrama permite recoger en un solo gráfico y clasificados por categorías los posibles factores causales de la avería. Este tipo de técnica es valiosa por su simplicidad, ya que requiere de una tormenta de ideas dirigida hacia las categorías del diagrama: factor humano, equipos, materias primas y método de trabajo. La dificultad puede consistir en poder identificar en el diagrama los factores más significativos o de mayor aporte al problema. Para obtener una



conclusión del diagrama de Causa y Efecto se requiere de gran experiencia y conocimiento profundo del equipo.

Cuando se pretende llegar a los niveles mínimos de pérdida, el diagrama de Causa y Efecto no es lo suficientemente potente debido a que quedan algunas posibles causas "triviales" sin solución. Para su eliminación se debe acudir a metodologías complementarias nacidas en el Mantenimiento Productivo Total como son el Método PM y la técnica "Por qué – Por qué" para identificar y estudiar la mayor cantidad de causas raíces que pueden producir la avería que se estudia.

### **5.2.3. PASOS A SEGUIR EN LA METODOLOGÍA DE CALIDAD PARA EL ANÁLISIS DE AVERÍAS**

Esta metodología emplea los siguientes ocho pasos para la solución del problema:

#### **Paso 1. Identificación del problema**

En este primer paso se analiza la información disponible de las averías pasadas y la forma como se presentó la nueva falla. Mediante el empleo de la estratificación de información se puede llegar a identificar correctamente el problema.

**Paso 2. Observación**

En este segundo paso se comprende la forma como se presentó la avería y las condiciones del medio presentes en el momento de la avería. Un buen juicio ayudará a descartar factores causales. Para este fin se puede tomar información cualitativa empleando un diagrama de afinidad y posteriormente priorizar sus títulos haciendo uso de un diagrama de relaciones.

**Paso 3. Análisis y diagnóstico de causas**

Existen dos alternativas de diagnóstico:

Construir un diagrama de Causa y Efecto para recoger los posibles factores que han desencadenado la avería.

Construir diagramas de afinidad y relaciones para priorizar las posibles causas.

**Paso 4. Definir plan de acción**

Se establecen las medidas correctivas para eliminar los factores causales que se han considerado que son los más críticos. Estos son seleccionados por el grupo de estudio con criterios de experiencia y un cierto análisis lógico. Se planifican las acciones correctivas y se prepara el programa de implantación.

**Paso 5 Implantar las acciones correctivas**

Definido el programa se preparan los tableros de control visual de planta y se inicia el proceso de implantación de acuerdo al plan.

**Paso 6. Verificación**

Se observa el comportamiento de los equipos intervenidos con el objeto de evaluar la efectividad de la acción. Se emplea un tablero MTBF u otro tablero de control visual para realizar el seguimiento de las acciones correctivas introducidas.

**Paso 7. Estandarización**

Las acciones correctivas se deben estandarizar para asegurar que la avería no se repetirá permanentemente. Si no se establecen los estándares y se aplican, pronto se retornará a las prácticas antiguas y esto hará que se repita el problema. Estos estándares se deben emplear para asegurar que las acciones correctivas se van a mantener correctamente implantadas y no se retorna a la situación inicial. Una de las herramientas más utilizadas para estandarizar los trabajos de rutina es la difundida técnica de MPT conocida como "Lecciones sobre un Punto" que se estudiará en el siguiente capítulo.

**Paso 8. Conclusión**

Se realiza una revisión de la forma como se ha actuado y el conocimiento adquirido con esta experiencia. Las conclusiones obtenidas servirán para replanificar nuevos trabajos o mejorar las acciones tomadas hasta el momento. Preparación del informe "Informe de acción para evitar repetición". Este documento permite consignar el trabajo realizado en una página y garantizar que el conocimiento queda correctamente consignado por escrito y se podrá emplear en otras situaciones similares.



### **5.3. ESTRATIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

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

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

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

referencia de producto. El automatismo de empaque falla con más frecuencia con cierto proveedor de cajas de cartón, etc.

La estratificación ayuda a identificar el problema de una planta o equipo, ya que facilita la concentración en aquellas causas que son las de mayor impacto. Por este motivo, se recomienda emplear el principio de Pareto para identificar los factores que contribuyen a incrementar la frecuencia de la avería o su duración.

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

- *Tipo de máquina.* Si la empresa posee diferentes marcas de equipos, es seguro que se puede realizar una clasificación tipo Pareto sobre la marca que más averías presenta.
- *Sitio donde se encuentra la máquina.* En ciertos lugares de la planta afectan el funcionamiento de los equipos, por ejemplo, calor, contaminación, humedad, polvo, etc.
- *Tipo de materias primas.* Si el equipo procesa diferentes tipos de materias primas, cierta clase de ellas producen más problemas a los elementos internos que otras.

- *Día de la semana.* Determinados días son más propensos a presentar averías por diversos motivos. El inicio de la operación, el primer día de la semana, fin de semana o la proximidad a eventos especiales.
- *Hora del día.* Es frecuente que los equipos experimenten dificultades adicionales en ciertas horas del día. Ciertos controles no trabajan adecuadamente durante la noche en zonas donde la temperatura ambiente desciende apreciablemente.
- *Operario.* Algunas estadísticas tomadas de empresas que fabrican productos de consumo indican que aproximadamente el 65 % de las órdenes de trabajo que llegan a mantenimiento se deben a mala operación del equipo. Se podría identificar con una estratificación cuál es el operario que más problemas tiene para operar correctamente el equipo y ayudarlo a mejorar su método de trabajo.
- *Tipo de producto o referencia de este.* En un cierto proceso de envasado de producto en botellas se presentan un número mayor de averías con cierto tamaño o presentación del producto. La estratificación nos ayudará a identificar el tipo de producto más crítico, para posteriormente buscar sus causas.
- *Zonas del equipo.* En determinadas zonas del equipo se pueden encontrar concentrados los problemas. Por ejemplo, la ubicación de escapes en un reactor de un cierto producto químico. Al estratificar la ubicación se



encontrará que existe una clase de escape que se presenta con mayor frecuencia.

#### **5.4. DIAGRAMA DE PARETO**

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

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

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

El Diagrama de Pareto es un instrumento que permite graficar por orden de importancia, el grado de contribución de las causas que se analizan o el conjunto de problemas que se quieren estudiar. Se trata de clasificar los problemas y/o causas en vitales y triviales.

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

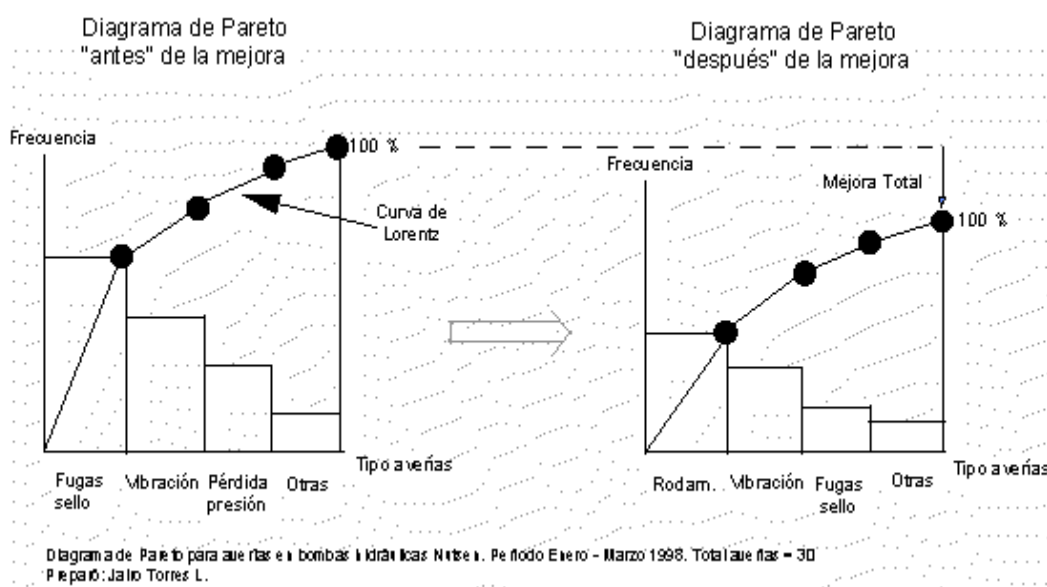


Figura 5.4.1 Diagrama de Pareto comparativo antes y después de la mejora

**Paso 1 :** En el primer paso se decide la clase de problema que será investigado. Se define el cubrimiento del análisis, si se realiza a una máquina completa, una línea o un sistema de cierto equipo. Se decide que datos serán

necesarios y la forma de como clasificarlos. Este punto es fundamental, ya que se pretende preparar la información para facilitar su estratificación posterior.

**Paso 2 :** Preparar una hoja de recogida de datos. Si la empresa posee un programa informático para la gestión de los datos, se preparará un plan para realizar las búsquedas (sort) y la clasificación de la información que se desea. Es en este punto cuando se puede realizar la estratificación de la información sugerida anteriormente.

**Paso 3 :** Clasificar en orden de magnitud la información obtenida. Se recomienda indicar con letras (A,B,C,...) los temas que se han ordenado.

**Paso 4 :** Dibujar dos ejes verticales (izquierdo y derecho) y otro horizontal.

Eje vertical:

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

Eje horizontal:

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

**Paso 5 :** Construir el diagrama de barras.

**Paso 6 :** Marcar con un punto los porcentajes acumulados y unir comenzando desde cero cada uno de estos puntos con líneas rectas obteniendo como resultado la curva acumulada. A esta curva se le conoce como “*La Curva de Lorentz*”.

**Paso 7 :** Escribir notas de información del diagrama como título, unidades, nombre de la persona que elaboró el diagrama, período comprendido y número total de los datos.

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

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

Con la cooperación de todos se podrán obtener excelentes resultados. Uno de los objetivos del Diagrama de Pareto es el de mostrar a todas las personas las

áreas prioritarias en que se deben concentrar todas las actividades y el esfuerzo del equipo.

El Diagrama de Pareto presenta claramente la magnitud relativa de los problemas y suministra a los técnicos una base de conocimiento común sobre la cual trabajar. Una sola mirada basta para detectar cuales son las barras del diagrama que componen el mayor porcentaje de los problemas. La experiencia demuestra que es más fácil reducir a la mitad una barra alta que reducir una barra de reducida altura a cero.

## **5.5. DIAGRAMA DE CAUSA EFECTO (ISHIKAWA)**

### **5.5.1. PRINCIPIO.**

Cuando se ha identificado el problema a estudiar, es necesario buscar las causas que producen la situación anormal. Cualquier problema por complejo que sea, es producido por factores que pueden contribuir en una mayor o menor proporción. Estos factores pueden estar relacionados entre sí y con el efecto que se estudia. El Diagrama de Causa y Efecto es un instrumento eficaz para el análisis de las diferentes causas que ocasionan el problema. Su ventaja consiste en poder visualizar las diferentes cadenas Causa y Efecto, que pueden

estar presentes en un problema, facilitando los estudios posteriores de evaluación del grado de aporte de cada una de estas causas.

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

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

### 5.5.2. CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.

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

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

- El problema que se pretende diagnosticar
- Las causas que posiblemente producen la situación que se estudia.
- Un eje horizontal conocido como espina central o línea principal.
- El tema central que se estudia se ubica en uno de los extremos del eje horizontal. Este tema se sugiere encerrarse con un rectángulo. Es

frecuente que este rectángulo se dibuje en el extremo derecho de la espina central.

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



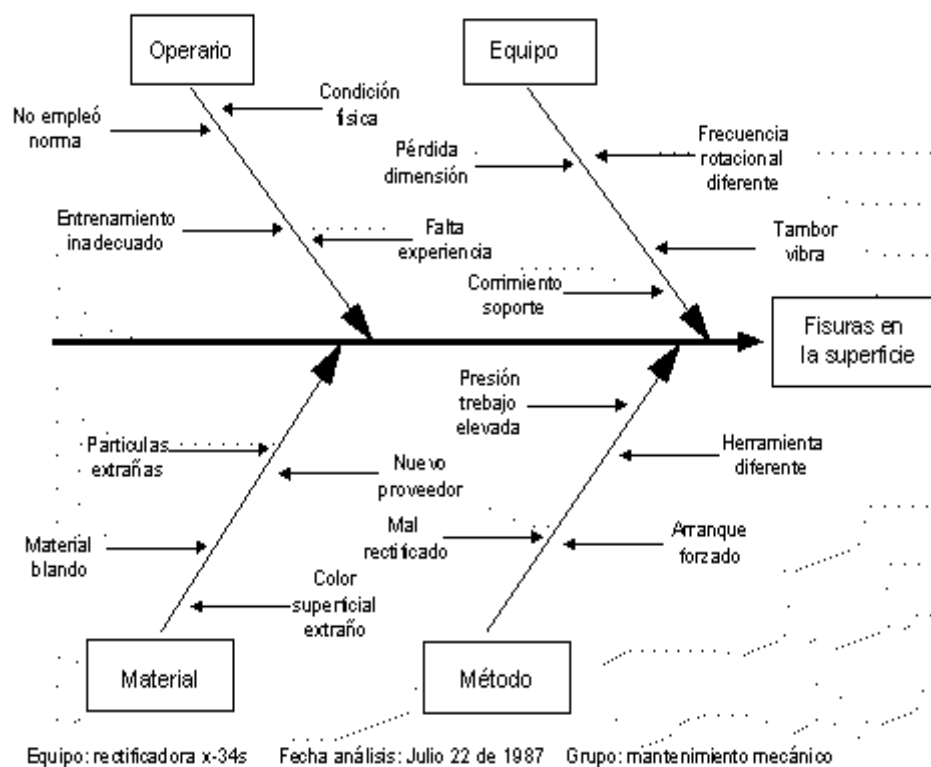


Figura 5.5.2.1 Ejemplo de un diagrama causa - efecto

### 5.5.3. ESTRUCTURA DE UN DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.

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

estudio de causa-efecto. Este es el punto de partida en la construcción del diagrama de Causa y Efecto.

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

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

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

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

**Causas debidas a los equipos**

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

**Causas debidas al método**

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

**Causas debidas al factor humano**

En este grupo se incluyen los factores que pueden generar el problema desde el punto de vista del factor humano. Por ejemplo, falta de experiencia del personal, salario, grado de entrenamiento, creatividad, motivación, pericia, habilidad, estado de ánimo, etc.

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

frecuentemente la necesidad de adicionar las siguientes causas primarias:

**Causas debidas al entorno.**

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

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

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

**5.5.4. INTERPRETACIÓN DEL DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.**

En este paso se debe leer y obtener las conclusiones de la información recogida. Para una correcta utilización es necesario asignar el grado de

importancia a cada factor y marcar los factores de particular importancia que tienen un gran efecto sobre el problema. Este paso es fundamental dentro de la metodología de la calidad, ya que se trata de un verdadero diagnóstico del problema o tema en estudio. Para identificar las causas más importantes se pueden emplear los siguientes métodos:

### **Diagnóstico con información cualitativa**

Cuando se dispone en un Diagrama de Causa y Efecto numerosa información cualitativa, opiniones o frases, es el caso de causas relacionadas con la motivación del personal, falta de capacitación, sentido de pertenencia y otras causas difícilmente cuantificables, es necesario procesar esta información a través de técnicas especiales como el Diagrama de Afinidad y Diagrama de Relaciones. Esta clase de técnicas facilitan el proceso información verbal y su priorización sobre la base de la búsqueda de relaciones Causa y Efecto. Se recomienda consultar estas técnicas en un manual especializado.

### **Diagnóstico cuantitativo**

Cuando el Diagrama de Causa y Efecto contiene causas que son cuantificables y para las cuales se tiene facilidad de recolección de datos, se recomienda realizar una evaluación del grado de contribución

de cada una de las posibles causas al efecto. Esta clase de estudios se realizan empleando procedimientos estadísticos simples como el Diagrama de Dispersión y empleando el Papel Binomial como complemento.

Estas técnicas permiten evaluar en una forma fácil el grado en de contribución de cada causa al efecto. Con cada uno de los grados de contribución obtenidos a través del Papel Binomial y expresados en porcentaje (%), se podrá construir un Diagrama de Pareto e identificar la causa que más aporta al problema.

#### **5.5.5. CUIDADOS A TENER CON EL DIAGNÓSTICO A TRAVÉS DEL DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO**

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

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

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

Otra situación anormal y que hay que evitar en el uso del Diagrama Causa y Efecto durante el análisis de las causas, consiste en la omisión de factores causales, debido a que no se realiza una observación directa de la forma como se relacionan las variables. La falta de evaluación del

problema in situ no permite reducir los problemas en forma dramática; simplemente se eliminan parcialmente algunos de los factores causales.

Se considera que esta metodología es lo suficientemente útil y brinda beneficios importantes, especialmente para mejorar el conocimiento del personal, ya que facilita un medio para el diálogo sobre los problemas de la planta. El empleo del diagrama Causa y Efecto ayuda a preparar a los equipos para abordar metodologías complementarias, que requieren un mayor grado de disciplina y experiencia de trabajo en equipo. Una vez alcanzadas estas mejoras y como parte del proceso de mejora continua, se podrá continuar el trabajo de eliminación de factores causales empleando la metodología sugerida por el TPM.

## **5.6. DIAGRAMA CEDAC**

El sistema CEDAC (Cause Effect Diagram with Addition of Cards - Diagrama de Causa Efecto con Adición de Cartas), fue desarrollado por Ruiji Fukuda de la empresa Sumitomo, a quien el comité del premio Deming le otorgó el premio Nikkei por el desarrollo de este procedimiento. El CEDAC en un principio tiene similitud al diagrama Causa y Efecto. Sin embargo, este diagrama opera sobre una dimensión superior, ya que no solamente describe cuales son las causas



de la situación que se estudia, sino que reúne en un solo gráfico las causas y la magnitud de la contribución de estas causas. El CEDAC posee dos partes:

- Área de causas del problema que se estudia
- Área de gráficos de efectos

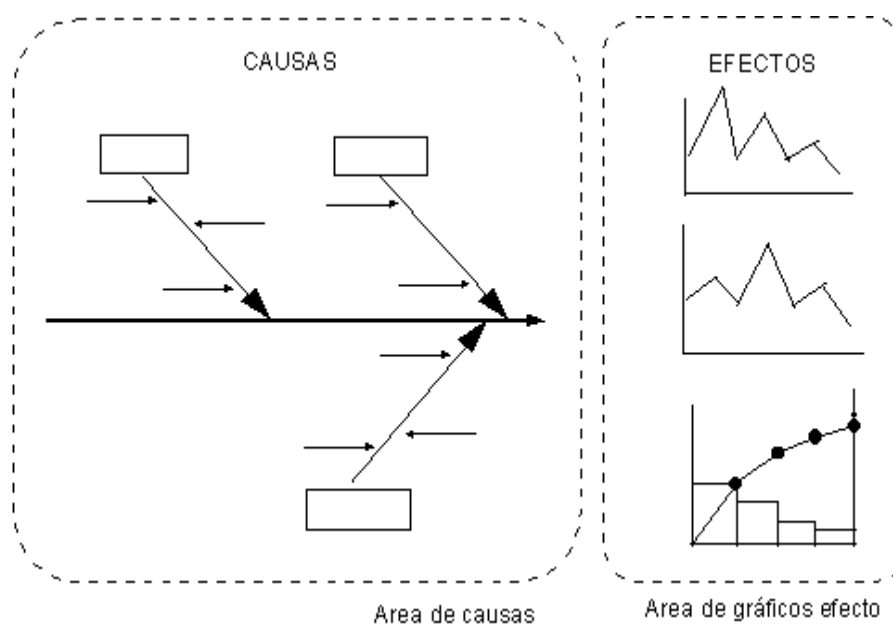


Figura 5.6.1 Área de causas y Área de gráficos efecto

### 5.6.1. ESTRUCTURA DEL CEDAC

En la parte derecha del diagrama Causa y Efecto se encuentra un espacio para graficar el comportamiento de la situación que se analiza, allí se pueden graficar estadísticas, gráficos, diagramas de Pareto, etc.

Estos gráficos mostrarán la forma como evoluciona el tema en estudio cuando se toman acciones sobre las causas.

En la parte izquierda del diagrama se registra "todo lo que se sabe y no se sabe sobre el problema" con el objeto de probar a través de la experiencia si cada factor contribuye o no. El efecto positivo o negativo de haber actuado sobre una causa se aprecia en los gráficos del extremo derecho del esquema.

La filosofía de esta técnica es diferente al diagrama de Causa y Efecto. Esta técnica, aunque emplea el tradicional diagrama de espina de pescado, pretende explorar o buscar tanto factores favorables como desfavorables, logrando identificar mediante el principio de prueba y error, las causas que más contribuye al problema que se estudia.

El CEDAC es un verdadero instrumento de gestión de conocimiento a través de la experimentación. Permite la formulación de hipótesis sobre factores que generan el problema y posteriormente, durante el trabajo diario, se verifica si la causa que se ha seleccionado contribuye o no al problema, o sea, se prueba la hipótesis. Esta forma de trabajo experimental contribuye a la acumulación de conocimiento ya que el

trabajador puede evaluar directamente en la planta si sus creencias o si sus puntos de vista son válidos.

El CEDAC es un instrumento en el que cualquier persona puede aportar en tarjetas pequeñas sus opiniones y en cualquier momento. Existe un tablero expuesto permanentemente en la planta, donde se recogen estos aportes para su posterior evaluación. Esta forma de trabajo evita esperar hasta la convocatoria de una reunión para que la persona pueda exponer sus inquietudes. Adicionalmente, no se siente la presión de la reunión, se puedan expresar las ideas de una manera informal y en el momento en que se le ocurra al empleado.

El CEDAC facilita la participación y atrae la atención de todas las personas. Estimula y recoge el conocimiento de todos los involucrados. El resultado de los análisis es práctico y reduce las ideas generales que frecuentemente se aportan en el diagrama Causa y Efecto tradicional. Permite realizar inspección directa si la causa aportada tiene o no impacto en el efecto o en el gráfico del extremo derecho del diagrama. El CEDAC favorece la integración entre el proceso de análisis y la acción. Este es posiblemente el punto más útil del CEDAC en la dirección de planta, ya que permite gestionar las actividades en forma diaria evaluando el progreso en tiempo real.

El empleo de tarjetas facilita la clasificación de los aportes y la revisión de las ideas. Se puede corregir una idea con una nueva tarjeta que se pega sobre la anterior si nuestro parecer ha cambiado; esto hace del CEDAC un instrumento dinámico, que ante otras técnicas, lo pueden hacer superior para el análisis de problemas complejos. El CEDAC estimula la investigación tanto de problemas como de situaciones deseables. Con esta clase de información y el análisis sistemático de los hechos, se puede conocer con mayor profundidad los procesos que producen las averías.

Ruiji Fukuda creador del método CEDAC sugiere los siguientes pasos para su utilización efectiva:

### **Paso 1. Definir el tema que se va a diagnosticar**

Seleccionar el problema que se desea eliminar y especificar un objetivo a alcanzar.

### **Paso 2. Preparar el tablero CEDAC**

Escribir "todo" el conocimiento posible sobre el proceso que se investiga sobre un diagrama. Se puede construir un diagrama de espina de pescado. Sin embargo Fukuda no restringe la posibilidad de utilizar

un esquema del equipo, plano, dibujo o fotografía del equipo o componente sobre el que se trazarán las flechas de posibles factores causales del problema. Esto lo hace muy práctico, ya que al emplear esquemas o diagramas de la máquina, el grupo de análisis aprende más sobre el equipo y puede aportar ideas más específicas y detalladas sobre la causa del problema.

Este tipo de trabajo exige un entrenamiento previo para leer el plano o diagrama del equipo. Algunas empresas utilizan los esquemas del equipo por tipo de sistema: hidráulico, lubricación, térmico, eléctrico, etc., con el fin de estudiar las averías muy en detalle por clase de sistema.

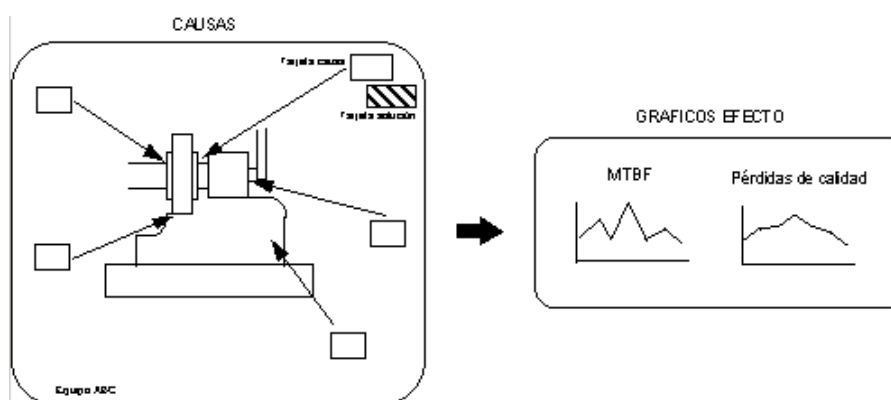


Figura 5.6.1.1 Diagrama CEDAC para el análisis de averías de equipo

Sobre el tablero CEDAC se escriben en tarjetas pequeñas cada uno de los conocimientos que se posee o no sobre las posibles causas del

problema. A partir de esta información tanto los operadores, como los técnicos de la planta, seleccionan la información necesaria para clasificarla en el diagrama CEDAC.

### **Paso 3. Comunicación del diagrama CEDAC**

Ubicar el diagrama en un sitio visible de la planta donde las personas lo puedan observar. El propósito es el mostrar a todas las personas las causas y los efectos de las acciones que se tomen, como también, recoger la mayor cantidad de nuevas ideas de personas que no necesariamente están trabajando en el equipo de diagnóstico. El CEDAC es un instrumento formidable de gestión visual, ya que permanentemente se muestran a todos los empleados los efectos de las acciones tomadas y las causas potenciales estudiadas.

### **Paso 4. Evaluar el progreso de las acciones**

Se investigan las causas a través de reuniones, revisando la evolución de los resultados, por este motivo es útil incorporar al Diagrama CEDAC gráficos para las diferentes medidas que muestran que el problema se encuentra en proceso de eliminación total. Los gráficos más empleados en los diagramas CEDAC son:

- Gráficos de valores MTBF
- Gráficos de control de características de calidad
- Gráficos de Efectividad Global de Equipo (EGP)

- Gráficos de incrementos de disponibilidad
- Número total de paradas y otros.

### **Paso 5. Buscar acciones de mejora**

Se seleccionan las mejoras técnicas y se prepara una tarjeta con la solución. Esta tarjeta se ubica junto a la causa que se estudia. En algunas empresas emplean tarjetas de dos colores: el color amarillo para registrar las posibles causas del problema que se estudia y tarjeta de color rojo para indicar las acciones correctivas que se sugieren. Este diagrama facilita el registro de las mejoras históricas realizadas y las acciones tomadas anteriormente, lo mismo que los efectos de cada mejora.

Al participar un mayor número de personas y con el método de registro de información, Fukuda considera que es más fácil descubrir aquellas causas desconocidas y se eliminan sobre la base de mejoras paso a paso y progresivas.

### **5.6.2. BENEFICIOS**

La técnica CEDAC es un instrumento simple pero poderoso para realizar diagnósticos de problemas, en especial para aquellas averías

crónicas y complejas de los equipos. Se fundamenta en la teoría de la comunicación, en especial en los trabajos de Joseph Luft y Harry Ingram quienes crearon la conocida ventana de "Joharry" que busca incrementar el conocimiento de un objeto a partir del proceso de compartir información dentro de un grupo de individuos. El principio de la ventana de Joharry es el siguiente: Yo sé algo que tu no conoces y tu conoces algo que Yo no conozco, permite incrementar el saber necesario para la solución eficiente de un problema en equipo.

Esta técnica permite llevar el problema al sitio de trabajo y lograr la mayor participación del personal involucrado en la búsqueda de las causas y soluciones. El CEDAC traerá beneficios de motivación del personal al poder comprender claramente lo que sucede en los equipos. Esta comprensión mayor de los procesos conduce a una mayor responsabilidad por el cuidado de los equipos. R. Fukuda sugiere emplear esta técnica como base para la implantación del TPM en plantas industriales, especialmente para identificar las deficiencias de conocimiento y formular el plan de entrenamiento futuro.

Esta técnica complementada con los instrumentos estudiados en este capítulo, puede brindarle muy buenos resultados, tanto en la mejora del



conocimiento, como de en el incremento de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

## **5.7. METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO**

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

### **Comprender y conocer el equipo profundamente.**

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

El TPM fue creado por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) para crear capacidades estratégicas competitivas en las empresas, fundamentadas en el recurso conocimiento de los trabajadores y la aplicación

de un modelo de gestión integral del equipamiento. El TPM busca que el operario conozca lo mejor posible los equipos donde interviene diariamente, su estructura interna, funciones, restricciones, precisión y medios de seguridad, para de esta forma, pueda participar activamente en el cuidado y conservación del equipo. Sin este conocimiento no será posible llegar a identificar los factores causales profundos. Por este motivo, las metodologías TPM se apoyan en el aprendizaje continuo a partir de la experiencia y contacto diario con los equipos.

### **Reflexión sobre los fenómenos.**

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

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

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

## **5.8. TÉCNICAS TPM EMPLEADAS PARA EL ESTUDIO DE AVERÍAS**

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

- Análisis PM (Phenomena Physical Method o Fenómenos Físicos y sus Mecanismos). Esta técnica se concentra en el análisis de los principios físicos del problema en estudio.
- Análisis Por qué - Por qué. Esta técnica emplea un proceso de diagnóstico riguroso.
- Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)

### **5.8.1. MÉTODO POR QUÉ - POR QUÉ**

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

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

Para evitar caer durante el análisis de averías en temas con los siguientes: "es un problema de políticas de la compañía", "debido a la falta de personal...", "falta de capacitación del personal" "no hay repuestos", el método Por qué-Por qué busca a través de la inspección

y el análisis físico identificar todos los posibles factores causales para lograr reconstruir el deterioro acumulado del equipo. Esta técnica es una buena compañera del método PM si se emplea previamente. En casos con alto grado de deterioro se recomienda este procedimiento.

### **Paso a seguir**

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

### **Procedimiento para el estudio**

Una vez identificado el fenómeno en estudio (avería), se realiza un análisis físico del fenómeno identificando posibles factores causales, los cuales se someterán a inspección para verificar la validez de la siguiente manera:

TABLA POR QUÉ - PORQUÉ					Fecha de análisis	
Equipo:		Silo del fenómeno		Definición del fenómeno		
1ª RONDA		2ª RONDA		3ª RONDA		4ª RONDA
A	PORQUE ?	PORQUE ?	PORQUE ?	PORQUE ?		
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B	PORQUE ?	PORQUE ?	PORQUE ?	PORQUE ?		
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C	PORQUE ?	PORQUE ?	PORQUE ?	PORQUE ?		
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
D	PORQUE ?	PORQUE ?	PORQUE ?	PORQUE ?		
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	PORQUE ?	PORQUE ?	PORQUE ?	PORQUE ?		
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	PORQUE ?	PORQUE ?	PORQUE ?	PORQUE ?		
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 5.8.1.1 Ejemplo de tabla Por qué - por qué

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

### 5.8.2. MÉTODO PM

El análisis PM (P de la palabra inglesa Phenomena y Phisically, M de Mechanisms, que en español sería Fenómenos Físicos y sus Mecanismos) es una forma diferente de pensar sobre los problemas y del contexto donde estos se presentan. Consiste en el análisis de los fenómenos anormales tales como fallas del equipamiento en base a sus principios físicos y poder identificar los mecanismos de estos principios físicos en relación con los cuatro inputs de la producción: equipos, materiales, individuos y métodos.

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

### **Fundamentos del análisis físico**

La investigación lógica de como ocurre el fenómeno en términos de principios físicos y cantidades, se ha visto que es el fundamento de la metodología de análisis PM. Desde el punto de vista de los equipos un análisis físico significa emplear los principios operativos del equipo

para clarificar la forma como los componentes interactúan y producen el problema o la avería crónica. Se pretende estudiar y conocer en primer término, la forma como se presenta la desviación de la situación natural del equipo, en lugar de pretender abordar las causas de esta desviación desde el primer momento. El objetivo fundamental de esta metodología es llegar a comprender lo mejor posible la forma como se presentó el fallo y la forma como intervinieron las diferentes piezas y conjuntos del equipo para la generación del problema

### **Proceso del análisis PM**

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



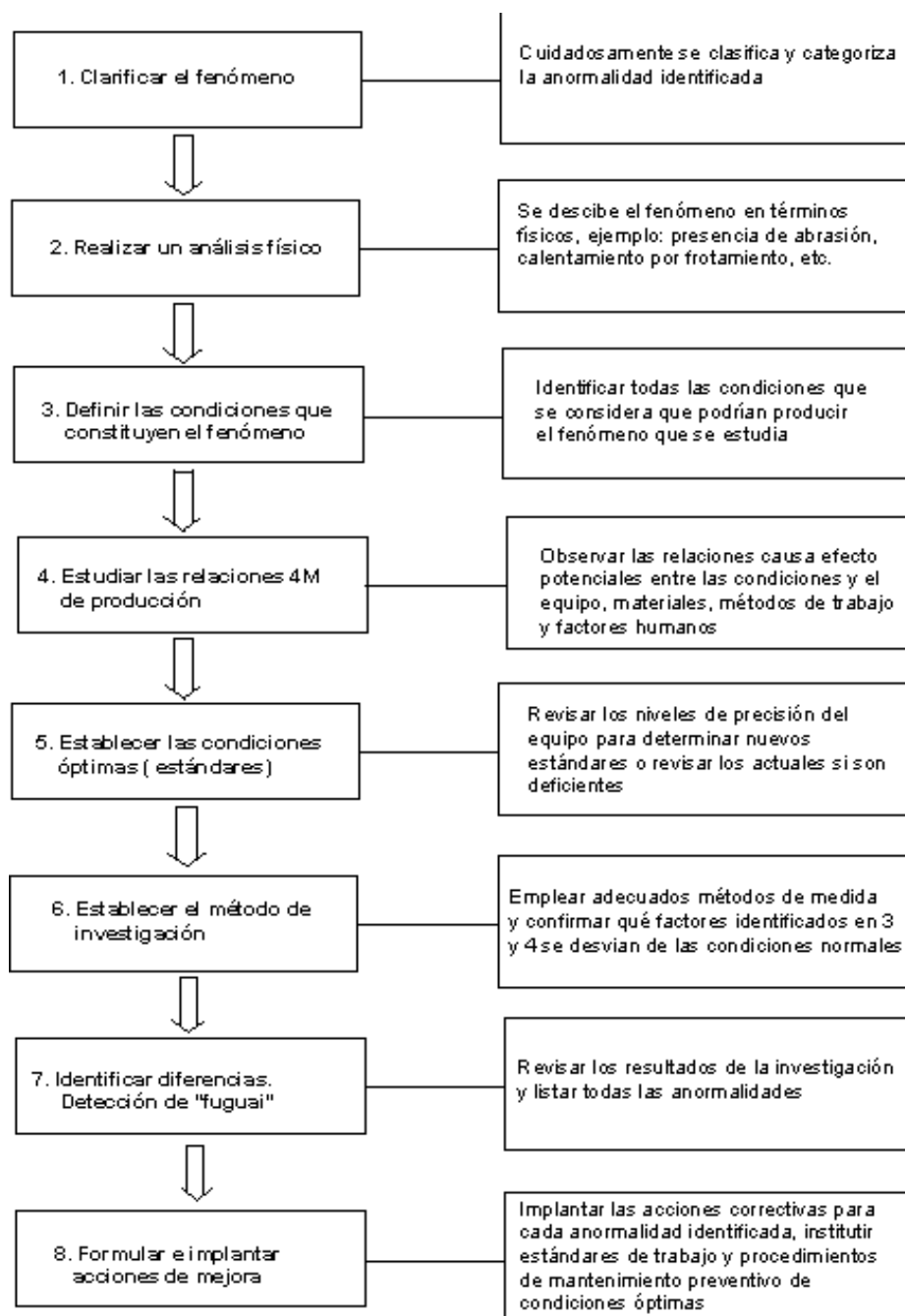


Figura 5.8.2.1 Pasos a seguir para aplicar el Método PM

### **5.8.3. MÉTODO ANALISIS MODAL DE FALLAS Y EFECTOS (AMFE)**

Esta es una técnica de ingeniería conocida también como el análisis FMEA que en inglés significa Failure Mode and Effect Analysis, usada para definir, identificar y eliminar fallas conocidas o potenciales, problemas, errores, desde el diseño, proceso y operación de un sistema, antes que este pueda afectar al cliente. El análisis de la evaluación puede tomar dos caminos: primero, empleando datos históricos y segundo, empleando modelos estadísticos, matemáticos, simulación ingeniería concurrente e ingeniería de fiabilidad que puede ser empleada para identificar y definir las fallas. No significa que un modelo sea superior a otro. Ambos pueden ser eficientes, precisos y correctos si se realizan adecuadamente.

Para efectos de esta tesis no se estudiará el segundo camino, ya que se pretende ofrecer una serie de metodologías que sean útiles para todas las personas de una empresa; mientras que las técnicas especializadas poseen algunos fundamentos matemáticos tediosos y su empleo queda restringido a aquellas personas que poseen buenas bases de estadística avanzada.

El método análisis modal de fallas y efectos es una de las más importantes técnicas para prevenir situaciones anormales, ya sea en el diseño, operación o servicio. Esta técnica parte del supuesto que se va a realizar un trabajo preventivo para evitar la avería, mientras que las técnicas estudiadas hasta el momento, se orientan a evaluar la situación anormal ya ocurrida. Este es el factor diferencial del proceso del método análisis modal de fallas y efectos. Esta técnica nació en el dominio de la ingeniería de fiabilidad y se ha aplicado especialmente para la evaluación de diseños de productos nuevos.

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

Los propósitos del método análisis modal de fallas y efectos son:

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

El fundamento de la metodología es la identificación y prevención de las averías conocidas (se han presentado en el pasado) o potenciales (no se han presentado hasta la fecha) que se pueden producir en un equipo. Para lograrlo es necesario partir de la siguiente hipótesis: Dentro de un grupo de problemas, es posible realizar una priorización de ellos.

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

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

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

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

La prioridad del problema o avería para nuestro caso, se obtiene a través del índice conocido como Número Prioritario de Riesgo (NPR). Este número es el producto de los valores de ocurrencia, severidad y detección. El valor NPR no tiene ningún sentido simplemente sirve para clasificar en un orden cada uno de los modos de falla que existen en un sistema. Una vez el NPR se ha determinado, se inicia la evaluación sobre la base de definición de riesgo. Usualmente este riesgo es definido por el equipo que realiza el estudio, teniendo como referencia criterios como: menor, moderado, alto y crítico. En el

mundo del automóvil se ha interpretado de la siguiente forma el criterio de riesgo:

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

## **5.9. ESTRATEGIA DE MEJORA CON MÉTODOS DE MANTENIMIENTO**

### **5.9.1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA**

#### **Técnicas: Por qué - Por qué y método PM**

La estrategia de Mantenimiento Productivo Total para el diagnóstico de averías se inicia con la utilización de la técnica Por qué-Por qué. Esta técnica permite reducir en forma dramática la repetición de las averías, pero no la elimina en forma definitiva. Por este motivo es necesario emplear a continuación el método PM para lograr eliminar

de raíz la mayor cantidad de factores causales y alcanzar altos niveles de confiabilidad en los equipos.

Cuando un equipo se encuentra bien mantenido y presenta una avería, se puede realizar su diagnóstico aplicando un análisis PM. Pero si el equipo se encuentra deteriorado y sus condiciones básicas están descuidadas, se considera que es más apropiado iniciar un estudio con la técnica Por qué-Por qué, antes de aplicar un análisis PM.

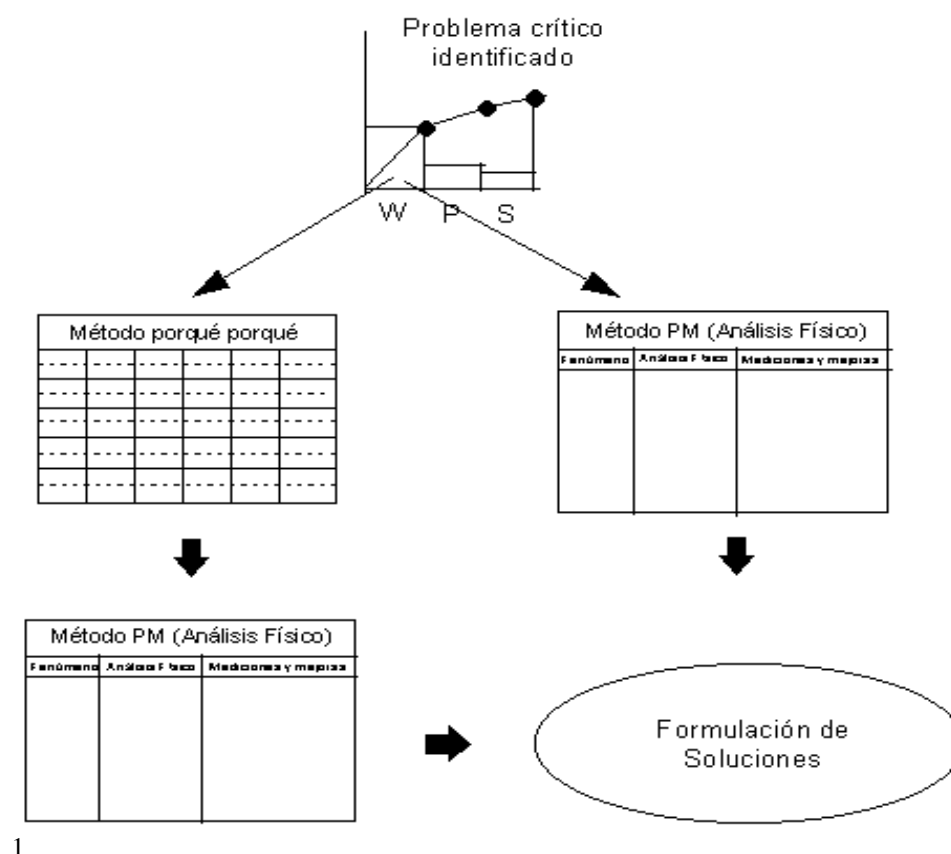


Figura 5.9.1.1 Estrategias de Mantenimiento Productivo Total

### 5.9.2. DIAGNÓSTICO EN EQUIPOS AVANZADOS O COMPLEJOS

Cuando se trata de equipos nuevos, complejos o donde el deterioro acumulado es mínimo, se recomienda emplear directamente el método PM. En algunas empresas japonesas emplean en forma sistemática la combinación de método análisis modal de fallas y efectos y método PM para eliminar problemas del equipo que afectan la calidad del producto (Mantenimiento de Calidad). Este diagnóstico puede llegar a ser sofisticado y lo realizan especialmente los ingenieros de proceso y mantenimiento

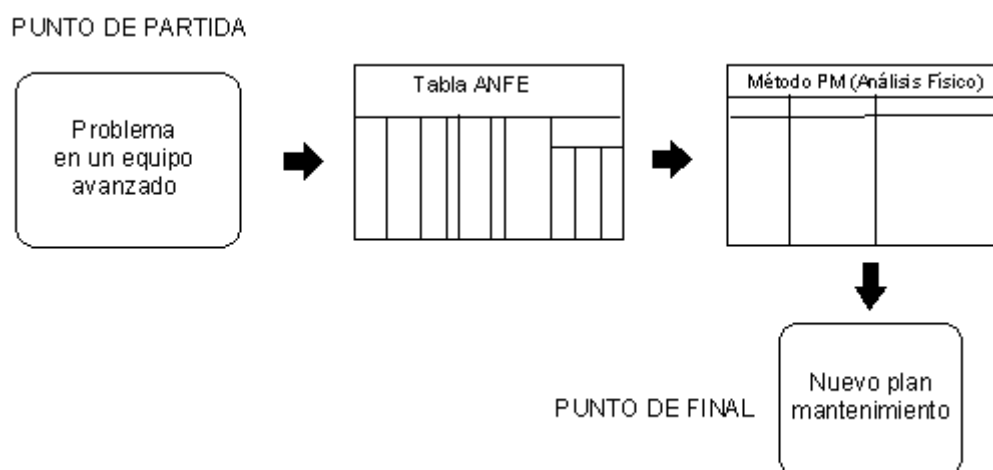


Figura 5.9.2.1 Diagnóstico de equipos complejos



**CAPÍTULO VI**

**DIAGNÓSTICO INTERNO Y**

**DIMENSIONAMIENTO GENERAL DEL**

**SISTEMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO**

## **VI. DIAGNÓSTICO INTERNO Y DIMENSIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO**

Plásticos del Litoral, PLASTLIT S.A. fue fundada el 3 de noviembre de 1969 como una pequeña empresa industrial de manufactura de empaques flexibles.

El mayor desafío de los primeros años era sacar al mercado un producto de calidad, seguro y competitivo, objetivo que se fue logrando en base a una organización interna con un grupo de técnicos que permitiría el control de todas las fases de la producción y posterior comercialización.

Entre los años de 1972 y 1975, PLASTLIT se perfilaba a ser la más grande productora de empaques flexibles del Ecuador, por lo que inició una transformación radical de modernización de equipos, así como una mayor diversificación de productos plásticos dirigidos al sector alimenticio e industrial. Posteriormente incursiona en una línea completa en la manufactura de productos desechables y se desarrollan las divisiones de inyección, laminación en monocapa y multicapas, extrusión por laminación, soplado, tuberías, sacos de

rafia, películas de polipropileno y PVC con aplicaciones de PVDC, ya que PLASTLIT al año 2000 es una industria ecuatoriana totalmente integrada.

En la actualidad ocupa un área de 40.000 mts<sup>2</sup> (431.000 pies cuadrados) en la que se complementa un nuevo desafío para el área de comercialización y ventas, quienes han venido realizando una agresiva orientación de lanzamiento de nuevos productos y de esta manera renovando su imagen en el mercado nacional e internacional por exportar actualmente a diferentes países del norte, centro y sur de América.



Figura 6.1 Imágenes exteriores de Plásticos del Litoral, PLASTLIT S.A.

PLASTLIT se encuentra insertada en los nuevos conceptos de producción, como son: Seguridad Industrial, Control de Calidad, Normas de buena manufactura, entre otras. Adicionalmente por parte de PLASTLIT existe una marcada

orientación en promover la tecnología de producción a estándares compatibles con la industria internacional.

Básicamente el proceso es el mismo para la mayoría de los productos, es decir, consta de la extrusión que es donde la materia prima mezclada con los pigmentos de color que dan la tonalidad al producto (por ejemplo: poliestireno, polipropileno) es calentada por medio de resistencias eléctricas y estirada por el uso de un juego de rodillos que le proporcionan la forma laminar, la misma que es enrollada.

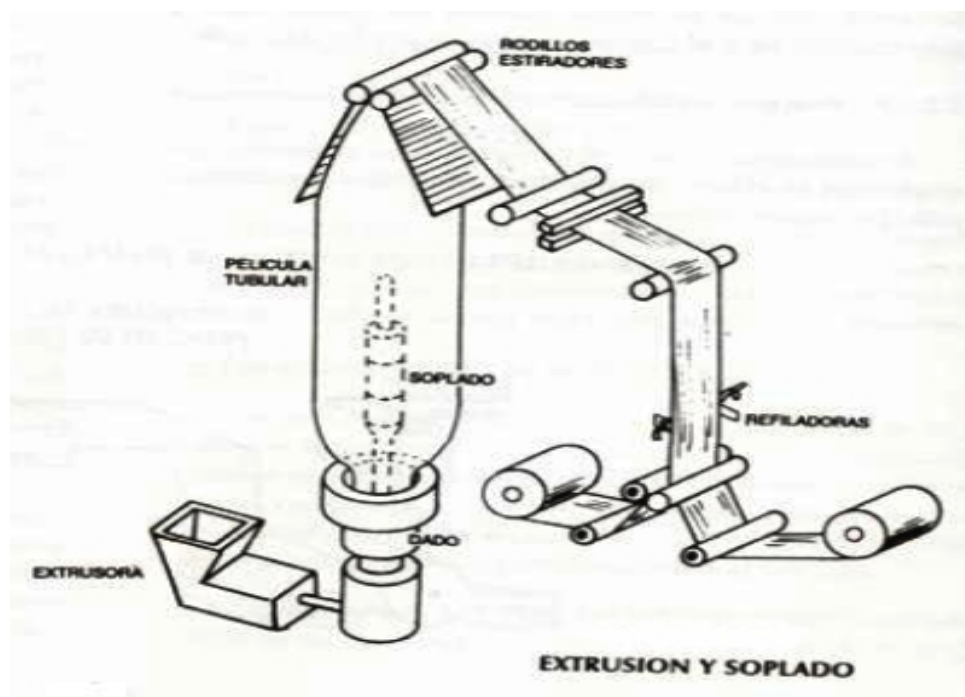


Figura 6.2 Proceso de extrusión y soplado

Si el material en cuestión es FOAM (material espumado, el mismo que en este caso puede ser polipropileno o poliestireno), se procede aquí al termoformado que es donde se calienta la lámina con resistencias eléctricas, se la presiona contra un molde enfriado con agua helada, para luego troquelar (cortar con moldes) y obtener el producto. Este rollo o producto de FOAM es impreso en las impresoras que hacen la combinación de colores para darle forma a la imagen (con diversas técnicas las que pueden ser de rotograbado o de clisés). La lámina ya impresa se la dobla, corta, sella y troquela en las máquinas selladoras. Listo el producto se procede a su empaquetamiento según las diversas presentaciones que presenta la compañía.

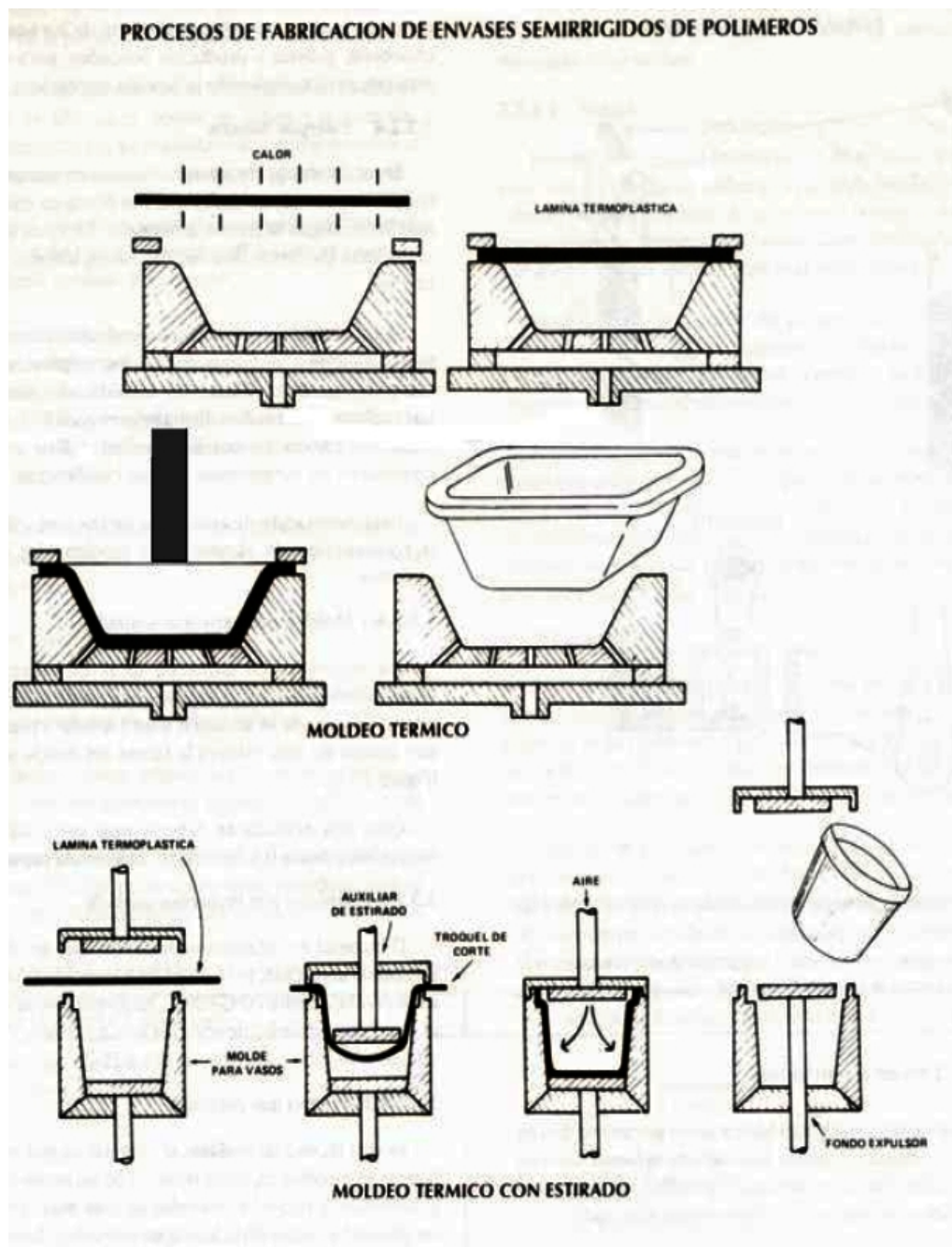


Figura 6.3 Procesos de fabricación de envases semirígidos de polímeros

Dentro de sus productos se puede encontrar una gran diversidad dentro de sus tres líneas:



Figura 6.4 Imágenes del espectro de productos de la empresa

#### CONSUMO :

Productos Espumados	Platos
	Fuentes Ovaladas
	Reposteros y platos cuadrados
Bandejas	Tarrinas
	Porta-Comidas
	Charoles
	Cubetas
Cubiertos	Cuchara
	Tenedor

	Cuchillo
	Cuchara-tenedor
	Cuchara-sopera
	Cucharita
	Pincho
Sorbetes	Extralargo
	Largo
	Cocktail
	Removedor de Café
Vasos, tarrinas, contenedores	Vasos de 7 Onzas
	Tarrinas de 1 litro
Productos de baja densidad	Fundas para basura
	Manteles y ponchos
Productos de alta densidad	Rollos reprocesados
	Fundas tipo camiseta
	Funda en rollo
	Fundas convencionales
	Funda para basura
Productos de Polipropileno	Productos de polipropileno

#### AGRÍCOLA:

- Plástico para floricultura y horticultura.
- Plástico para el sector bananero.
- Empaques para productos agrícolas.
- Piolas tutoras y mallas sujetadoras.

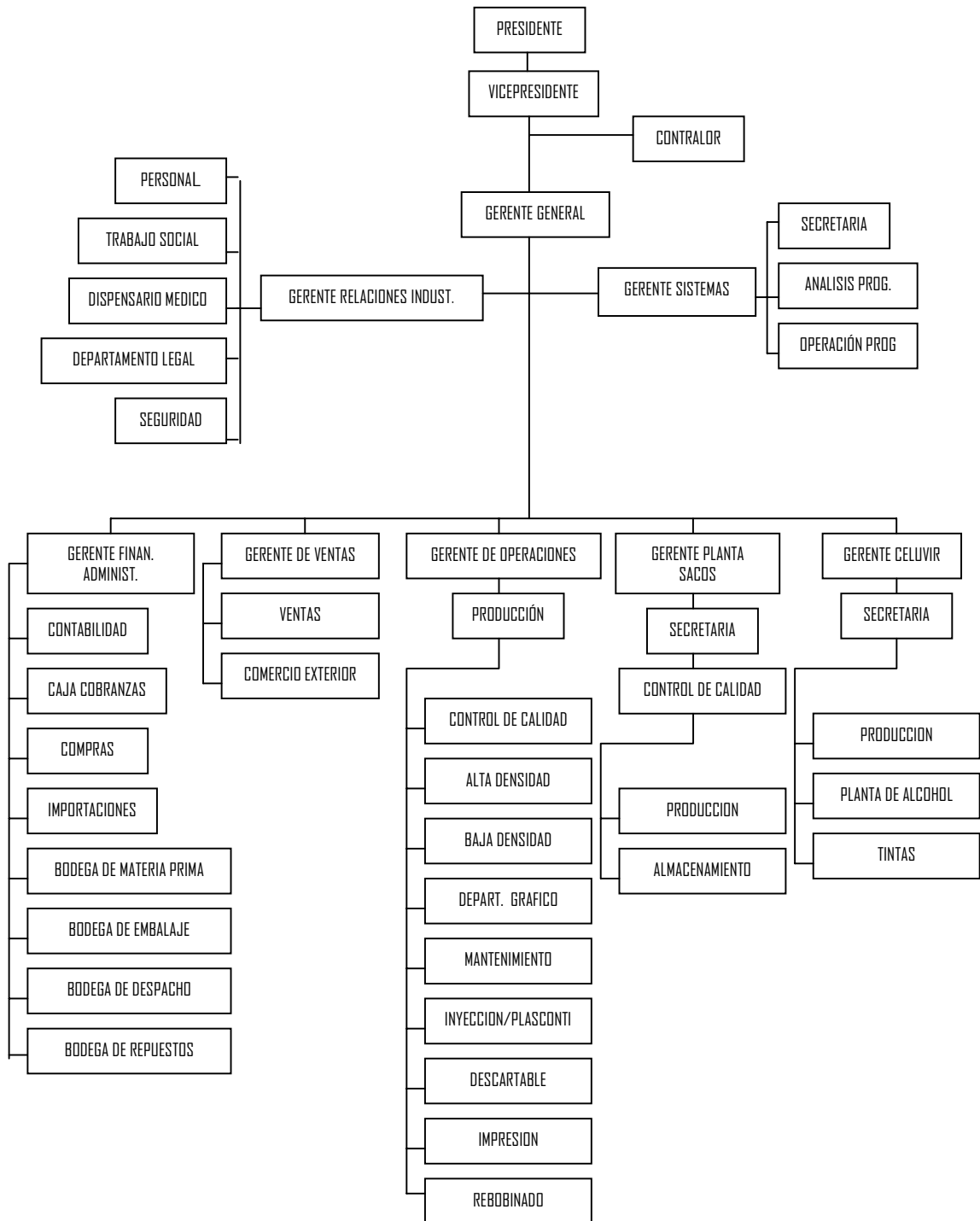
#### POLIETILENO :

- Película de polietileno natural, pigmentado, impreso, y/o convertido.



- Rollos de polietileno impreso de alta calidad en policromías y colores planos, empleando los más modernos avances tecnológicos de rotograbado y flexografía.
- Rollos de polietileno coextruido para el empaquetamiento de leches líquidas.
- Rollos de polietileno sin impresión.
- Mangas o fajillas identificadoras para botellas descartables, como las de gaseosas, lácteos, fármacos, jugos, etc.
- Fundas de polietileno impresas o sin impresión con fuelles laterales o al fondo, solapas, manijas integradas, agarraderas sobrepuestas, etc.
- Fundas o bolsas antideslizantes impresas o naturales para facilitar la apilación de bultos en reemplazo de cajas corrugadas.
- Plástico termoencogible (retráctil) en rollos, fundas y mangas a diferentes espesores, con impresión o sin ella.
- Polietileno extensible (stretch film) para embalajes.

**6.1. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA**



## **6.2. GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

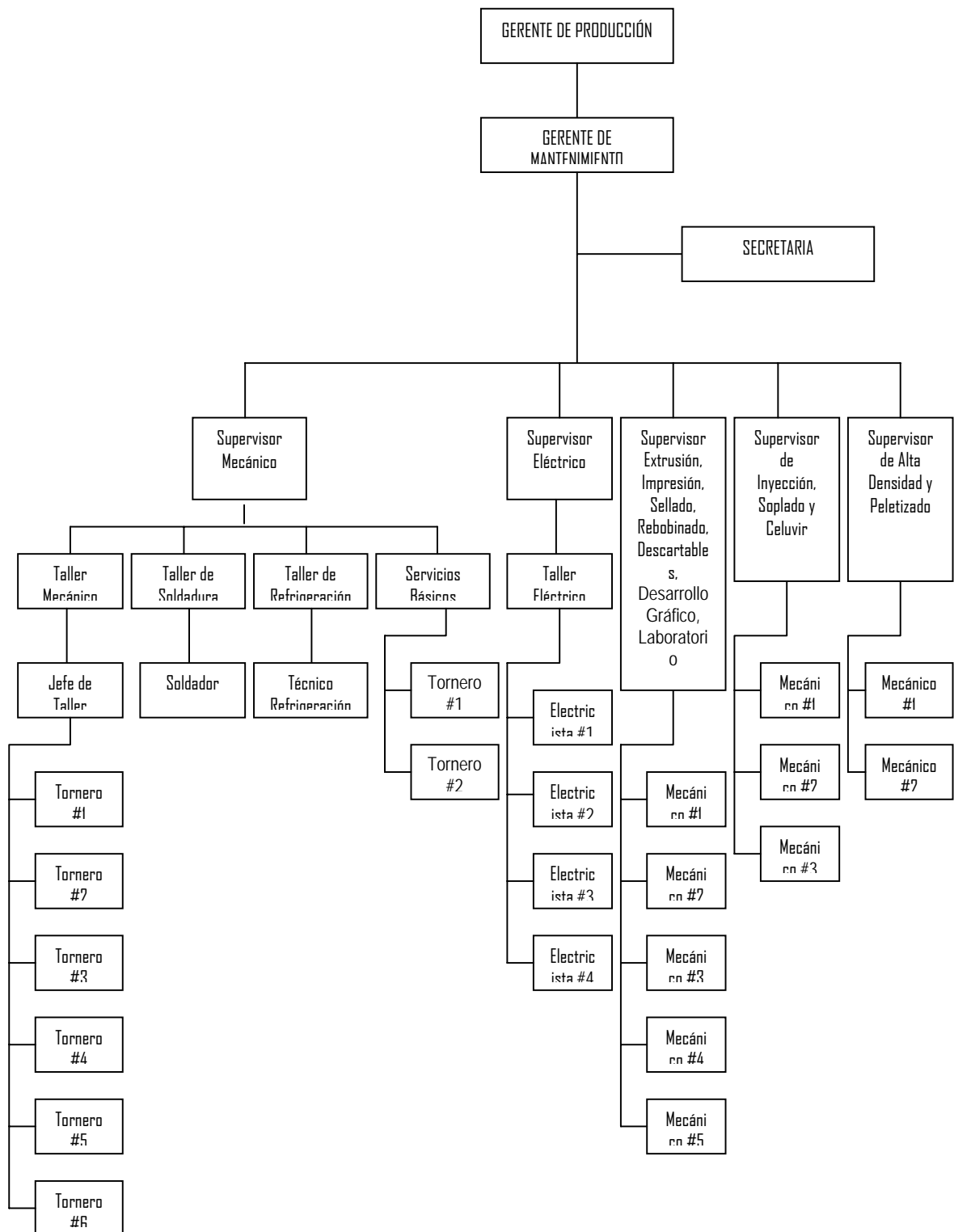
### **6.2.1. ESTRUCTURA**

El cargo de la gerencia de mantenimiento en la actualidad está direccionado, según se aprecia en el organigrama de la empresa, bajo la tutela de producción que a su vez se encuentra bajo ordenes del gerente de operaciones.

Pese a que mantenimiento solo se lo nota en el organigrama en el esquema en mención, su actividad también se extiende al departamento de CELUVIR; por lo tanto también está dependiendo de las órdenes de dicho gerente.

El departamento cubre las necesidades de mantenimiento en general, es decir, desde el área administrativa hasta las que se producen por las actividades propias de un proceso productivo.

La estructura de este departamento es de manera tal que se ha dividido a la empresa por sectores y esto son atendidos por supervisores.



Cada supervisor tiene a su cargo un grupo, el cual está conformado por mecánicos, esto se debe a que el supervisor eléctrico designa al electricista que debe trabajar en cada área. Para realizar la acción de reparación existen dos talleres principalmente, el taller eléctrico y el taller mecánico. Lo que lleva a que exista un supervisor encargado del taller mecánico, que tiene a su cargo a un jefe de taller mecánico que cuida de la buena fabricación y reparación de partes de maquinarias, porque a la par el supervisor se ocupa de todo lo que respecta a servicios básicos, como son el agua helada, aire comprimido, etc. El supervisor eléctrico se encarga del taller eléctrico, el cuidado de la distribución interna de energía eléctrica y el buen funcionamiento de los equipos eléctricos.

El número de mecánicos que están a cargo de cada supervisor depende del tamaño del área de la cual es responsable.

Existen además talleres como el de refrigeración y de soldadura que complementan la acción del taller eléctrico y mecánico.

Además de los mencionados existe el taller de carpintería que interactúa cuando es necesario, mas el mismo no está bajo la supervisión del departamento de mantenimiento.

Existen 34 personas integrando este grupo de trabajo, el mismo que está conformado por personas que tienen ya en promedio 7 años de servicio a la empresa, lo que indica estas personas conocen en la práctica su área de desempeño.

### **6.2.2. GRADO DE CAPACITACIÓN DEL PERSONAL**

A la hora de seleccionar el personal, uno de los requisitos es poseer como nivel mínimo una formación a nivel medio, es decir el colegio, sea este de carácter técnico o no, porque a la par deben tener experiencia en el ramo en el que van a trabajar, la misma que no siempre se la adquiere por medio del aprendizaje que imparte el colegio del que se proviene.

Una vez que logra pasar las pruebas de evaluación respectivas, esta persona a lo largo de su carrera puede en cualquier momento de su trayectoria por la empresa cursar algún tipo de seminario o curso que cubra la temática en la que se desempeña. Mas esta capacitación no está planificada, sino es una oportunidad que se puede presentar o no.

Muchas personas que laboran en el departamento se fueron formando con el tiempo en mecánicos o en ayudantes de mecánicos, y que por presentar las aptitudes necesarias fueron haciendo carrera en la compañía hasta llegar a ser supervisores.

### **6.2.3. JORNADA DE TRABAJO**

La jornada de trabajo para el departamento de mantenimiento está determinada por un ciclo de turnos, tanto para el personal del área eléctrica como mecánica. El horario normal es de ocho horas, desde las 8 hasta las 16 horas; pero cuando se está de turno su horario es de doce horas, de 8 a 20 horas. Por tanto se puede inferir de esto que existen dos turnos de doce horas, los cuales son rotativos.

La jornada de trabajo es continua por cubrir además de los días laborables, los feriados y fines de semana.

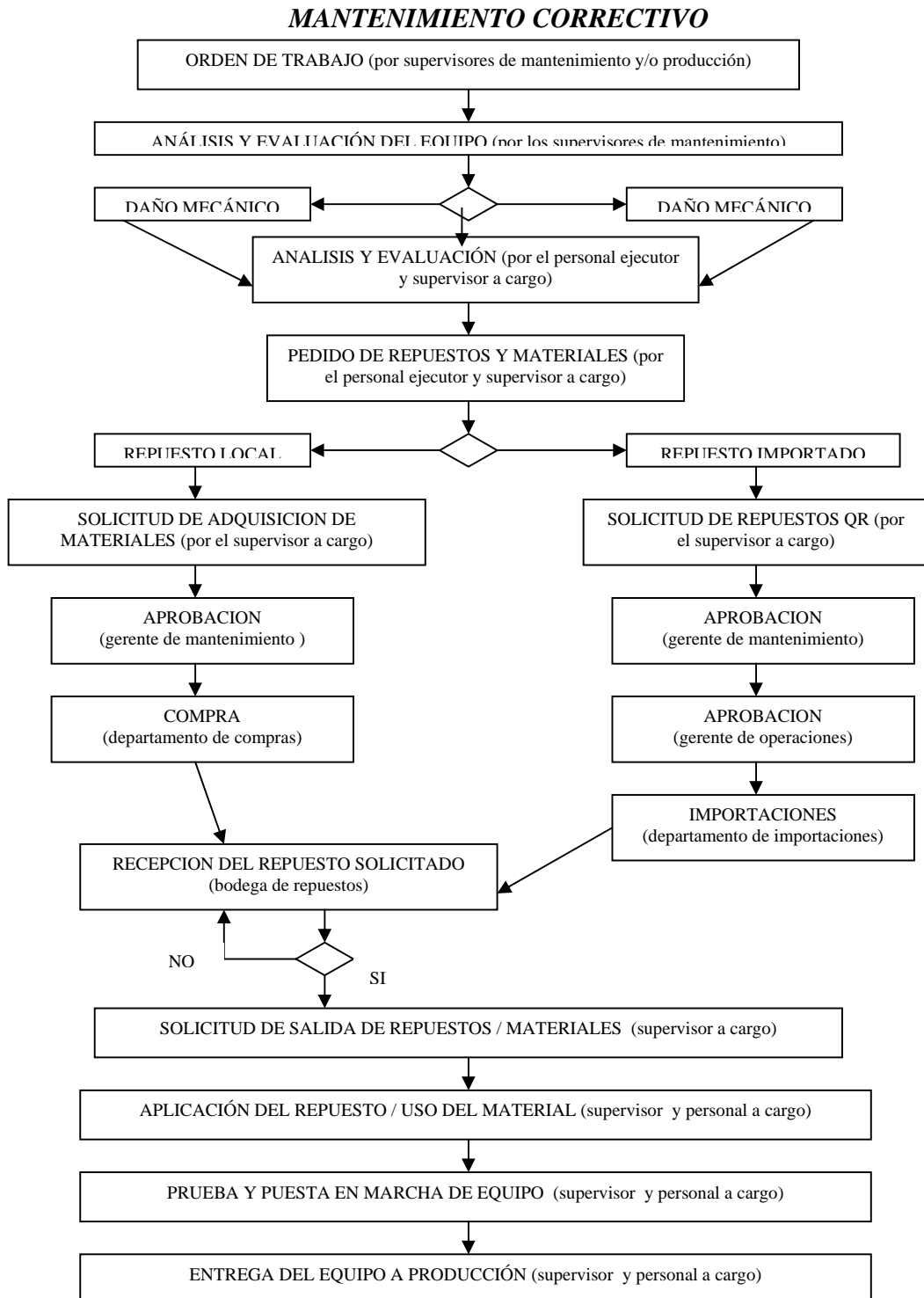
## **6.3. FACTORES RELEVANTES EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO**

Los procesos que se llevan a cabo dentro del departamento de mantenimiento de PLASTLIT S.A. son:

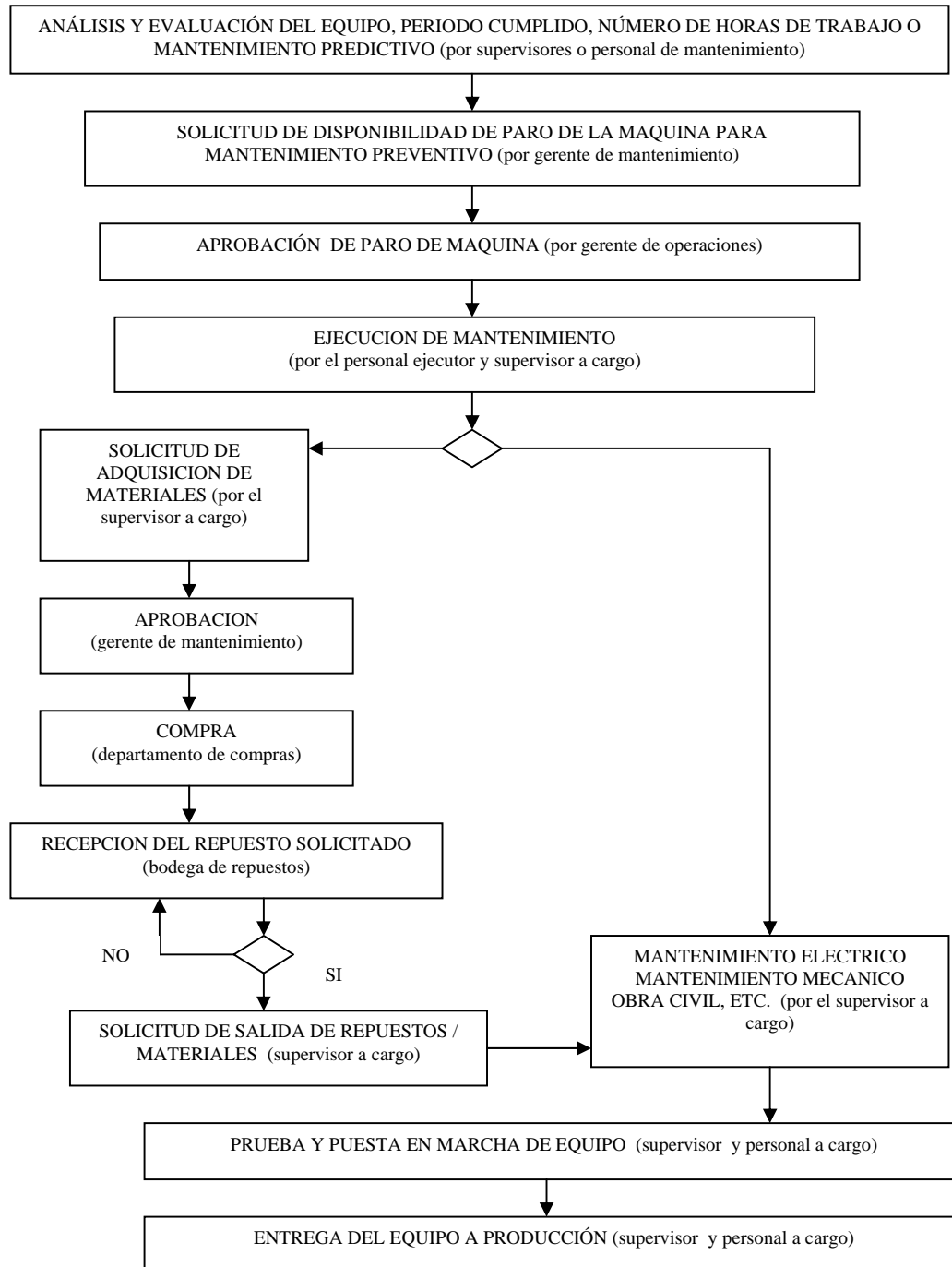
- *Montajes e instalaciones de equipos nuevos*, que consiste en ubicar en el sitio donde va a operar, ensamblar las partes donde que vienen separadas y proveer tanto de energía, sistema de enfriamiento (agua o aire), aire comprimido, etc.
- *Mantenimiento preventivo*, y
- *Mantenimiento Correctivo*.

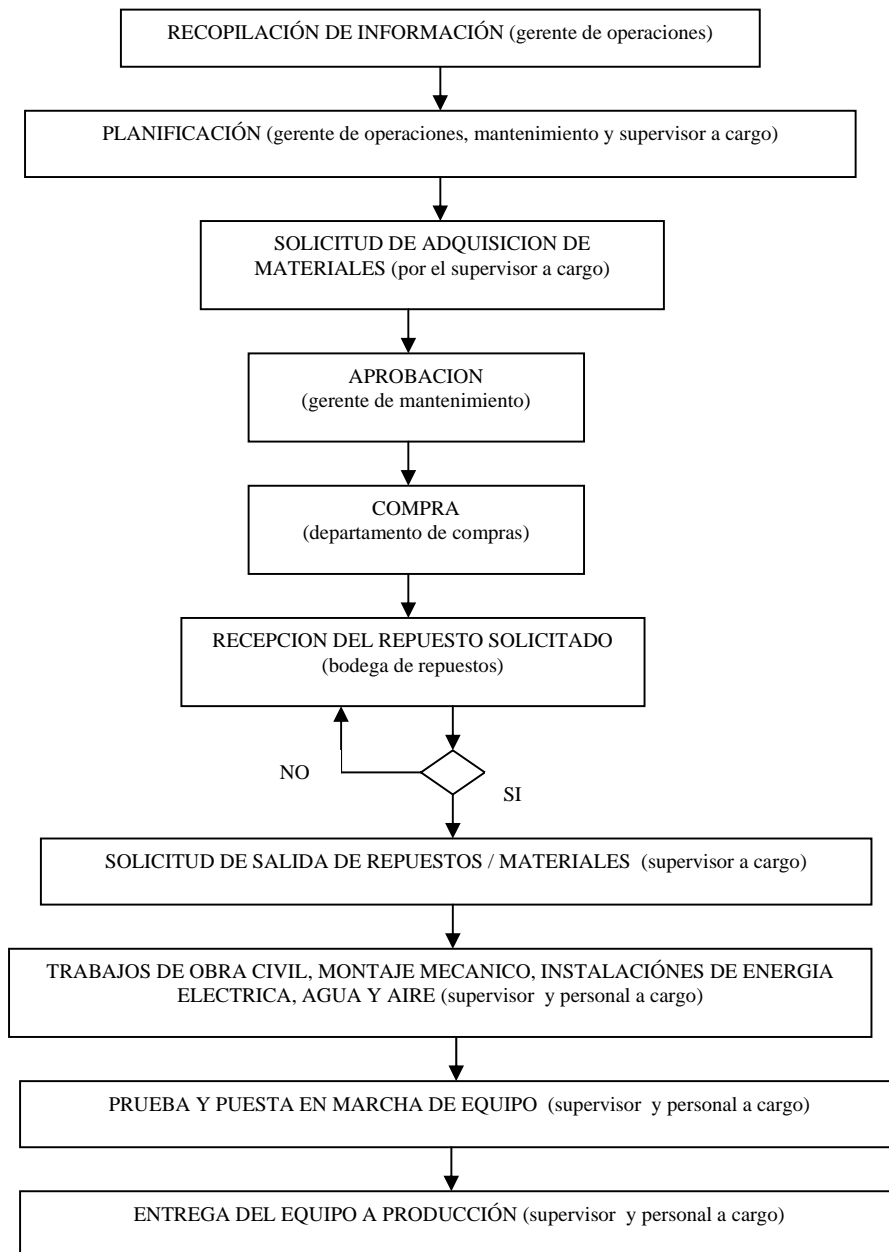
Dichos procesos tienen los siguientes pasos:





### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**



**MONTAJES E INSTALACIONES DE EQUIPOS NUEVOS**

De los procesos anteriores se puede notar que la forma de trabajo que se tiene en el departamento de mantenimiento es de la siguiente manera, cada supervisor de mantenimiento actúa por dos razones:

- Por orden de trabajo recibida, o
- Por trabajo preventivo

Para el primer caso, una vez recibida la orden de trabajo el supervisor de mantenimiento correspondiente a esa área realiza una evaluación del caso que se expone en la orden, y designa la persona idónea a su cargo para ese trabajo ( sea dicho trabajo mecánico o eléctrico). Una vez que está en marcha la revisión del equipo o instalación y se encuentra el daño que ocasionó que se emita la orden de trabajo, se procede a actuar con una sustitución, ajuste, lubricación o reparación de la parte.

Si la razón que mueve a ejecutar el trabajo es de índole preventiva, es porque dicho equipo luego de trabajar un lapso de tiempo ( que puede ser mayor o menor al estimado para que se realice un mantenimiento preventivo a todo el equipo o a determinada parte del mismo) amerita de un mantenimiento, y porque no hay pedidos de producción requeridos

para esa máquina o bien dicho pedido puede esperar hasta que se realice un mantenimiento preventivo parcial o total.

#### **6.4. EVALUACION DEL DESEMPEÑO DE CADA FACTOR**

Una forma de evaluar la situación y el desempeño del departamento de mantenimiento de la empresa, es mediante el uso de un análisis de sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, más conocido por sus siglas, FODA.

Entre las fortalezas que tiene están:

- El buen ambiente de trabajo en el cual se desempeña la labor de mantenimiento.
- La disponibilidad de sus supervisores de cumplir un horario que se extienda más allá de sus cuarenta horas obligatorias semanales.
- Contar entre su personal con personas que tienen conocimiento del tema sobre el que trabajan.
- Enviar a su personal a cursos de capacitación o actualización al personal de mantenimiento.
- Disponibilidad de dos computadoras con sus respectivas impresoras, conexión a internet, línea telefónica, posibilidad de trabajar con los

softwares adecuados para cada actividad y algunos softwares de programación de equipos lo cuales facilitan las labores del departamento.

- El grupo de trabajo está conformado por personas con un promedio de edad de 34 años, por tanto es un grupo joven.
- Se cuenta con talleres en los ámbitos: eléctrico, mecánico, de refrigeración y soldadura, los cuales se encuentran debidamente equipados y en permanente búsqueda de mejorar de sus equipos y materiales, lo que hace que la gran parte de problemas sean resueltos al interior de la empresa.
- Existe la marcada presencia del líder, en la persona del gerente de operaciones, lo que hace que sea identificado un claro sitio de mando.
- Entre las fortalezas del departamento está la no dependencia de un reducido número de proveedores de sus materiales, lo que hace que exista la libertad de elegir lo que mejor convenga.
- Otro punto a favor es que no existe ningún grupo sindical, por tanto no existen prebendas que entorpezcan el ejercicio laboral.
- Se cuenta con un comité de seguridad e higiene industrial, que a pesar de ser independiente a la gerencia de mantenimiento, colabora con el departamento de mantenimiento.

Las oportunidades que tiene son:

- Gracias al aporte de sus proveedores es más sencillo obtener cursos de capacitación en las mismas instalaciones.
- La oportunidad que brinda la compañía de conceder permisos, con su respectiva justificación y autorización, con la opción de que sean recuperados trabajando horas adicionales.
- La gran mayoría de los integrantes del grupo de mantenimiento han tenido experiencias previas de trabajar en otras entidades, lo que implica que ellos pueden dar su aporte vivencial.
- Se prefiere, en la mayor parte de los casos, efectuar los trabajos de mantenimiento con personal propio de la empresa; esto ayuda a tener mejores y más detallados registros del trabajo realizado, además que los costos por la labor realizada son menores que cuando se los hace fuera.
- Gracias a la constante renovación de maquinaria y al continuo proceso de mejora de los productos, se crea la necesidad de actualizar con tecnología de avanzada cada sector de la compañía.
- Debido a que la maquinaria que se usa es electromecánica, el trabajo en grupo es de carácter fundamental para llegar a una buena culminación.

Dentro del marco, se presentan las siguientes debilidades:

- No se tienen planes de mantenimiento, esto se debe a la gran dependencia que se tiene con respecto al volumen de producción que se debe cumplir, por eso se efectúan los mantenimientos preventivos si prioritariamente la producción lo permite.
- No se cuenta con un plan estipulado para la capacitación del personal, ni tampoco con un plan de evaluaciones periódicas.
- No se tiene un sistema de incentivos ni un plan promocional para el personal.
- No existen sistemas de control o índices de control de ningún aspecto dentro de lo que es el departamento de mantenimiento.
- No existe un lineamiento claro de cual es la cultura organizacional.
- El sueldo en promedio está por debajo del valor medio en comparación con trabajos similares que se realizan en otras empresas.
- No existen en su mayoría procedimientos de conocimiento y entendimiento general para varios procesos, viéndose así más afectado el aspecto de la capacitación.
- Carencia de comunicación dentro del grupo de mantenimiento por realizar trabajos urgentes.



- Un sistema de almacenamiento de repuestos que no está bien administrado, lo que implica que muchas veces no se encuentra el stock mínimo requerido de repuestos.
- Un sistema de adquisición de repuestos que no tiene la velocidad de acción requerida para realizar los trabajos.

El sistema en el que se desenvuelve el departamento de mantenimiento se presentan como amenazas:

- Pérdidas de tiempo innecesarias en la ejecución de procesos.
- Falta de comunicación entre producción y mantenimiento para planificar los trabajos necesarios a realizar.
- Daños en los equipos por falta de capacitación del personal.
- Incremento de la rotación del personal que opera las máquinas.

**CAPÍTULO VII**  
**MISION, POLITICAS Y OBJETIVOS**

## **VII. MISION, POLITICAS Y OBJETIVOS**

### **7.1. MISIÓN Y VISIÓN**

Mi misión en esta tesis es plantear una forma de trabajo basada en el Mantenimiento Productivo Total – TPM - que implica un mejoramiento continuo que lleve a un cambio en la cultura organizacional, de tal manera que esta misma cultura redunde en beneficios para la empresa, los empleados y los clientes.

La visión es lograr una planta en constante mejoramiento, pero con cambios pequeños e incrementales, que involucre a todas las personas, tanto gerentes como trabajadores, y ocasione un gasto que relacionado con los resultados es pequeño. Y por ser mantenimiento una actividad dirigida a conservar estándares tecnológicos, gerenciales y operacionales actuales y a sostenerlos a través de entrenamiento y disciplina, con esfuerzos continuos se creen filosofías de vida que puedan obtener grandes logros.

## **7.2. ESTABLECIMIENTO DE POLÍTICAS**

Las políticas con las que me regiré están ligadas de manera íntima a las que tiene la compañía, Plásticos del Litoral S.A., la Escuela Superior Politécnica del Litoral y a la filosofía de trabajo que se expone en esta tesis.

Cabe esclarecer que la política básica del TPM, es cambiar la conciencia de todos a través de actividades que reduzcan costos y mejoren la efectividad económica general del equipo

## **7.3. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS**

Los objetivos principales que he propuesto para el trabajo de tesis que se presenta son:

- Evaluación del estado actual del departamento de mantenimiento: posición organizacional, administración del mantenimiento y recursos tanto técnicos como humanos.
- Definir un sistema gerencial para dirigir toda actividad del mantenimiento con el fin de incrementar la efectividad de los recursos de equipos, maquinarias y recursos humanos.

Como objetivos secundarios tengo:

- Elaborar un análisis de costo beneficio entre realizar el mantenimiento en la planta o tercerizar el servicio de forma total o parcial.
- Capacitar al personal de mantenimiento para el uso de herramientas y procedimientos adecuados, creando conciencia en la prevención de daños y accidentes.
- Establecer pautas necesarias para la elaboración de un software de mantenimiento que interactúe con los diferentes segmentos de la empresa.

#### **7.4. ALCANCE DEL PROYECTO**

El proyecto plantea un sistema japonés completo de mantenimiento productivo para toda la vida útil del equipo apuntando a maximizar su efectividad, en un proceso que involucra desde la dirección de la empresa hasta los operarios por tener como base una administración motivacional que usa pequeños grupos autónomos.

Debido a que una empresa se tarda en promedio tres años en Japón para obtener beneficios significativos, el considerar invertir poco tiempo en un emprendimiento puede conducir al fracaso porque primero debe cambiar la

actitud de la gente, mejorar su motivación e incrementar su competitividad; y al menos que la dirección general sea el líder comprometido sólidamente con el sistema, el cambio en el ambiente de trabajo no sería un progreso fácil. Por tanto las limitaciones del programa que deseo implantar serán únicamente las que nos ponga la dirección de la compañía, por ser ellos quienes toman la decisión de implantar el método propuesto y el tiempo de plazo que se le otorgue a este proyecto.

Para poder poner en marcha se escogió una sección piloto, en la cual me basaré de ahora en adelante para realizar cada uno de los análisis que se presentan a continuación.

## **7.5. METAS DEL PROYECTO**

Las metas del proyecto están en concordancia con los objetivos trazados, sin dejar a un lado que llegaré a cumplirlas siempre que estén dentro del alcance que se le permita tener al proyecto.

**CAPÍTULO VIII**

**MEJORAS ENFOCADAS O KOBETSU**

**KAIZEN**

## **VIII. MEJORAS ENFOCADAS O KOBETSU KAIZEN**

En el paso cero para PLASTLIT S.A., que es una empresa que no conoce el funcionamiento del TPM, es recomendable que la dirección de la empresa asigne el trabajo de exploración a un equipo reducido de directivos. Donde el trabajo asignado consiste en estudiar los conceptos, asistir a seminarios, visitar empresas con experiencias TPM y adquirir la mayor cantidad de información sobre el tema; para posteriormente presentar una propuesta a la dirección sobre la forma de implantar TPM.

### **8.1. PÁSO 1: SELECCIÓN DEL TEMA DE ESTUDIO.**

Para la selección del tema para el estudio se consideró principalmente el hecho de que por la diversidad de áreas que tiene PLASTLIT S.A. era necesario tomar a una sola como área piloto, eligiéndose la Sección de Inyección por:

- Poseer una estructura organizativa capaz de adaptarse a las estrategias del TPM.



- Poseer programas básicos de capacitación para los operadores ya instalados.
- Al no ser un área crucial de la producción en la planta podemos realizar las pruebas necesarias sin afectar de manera significativa a la producción.
- Es la sección de la empresa de la cual se pudo recaudar mayor información de los trabajos de mantenimiento realizados utilizando ordenes de trabajo emitidas.
- Gran posibilidad de observar resultados positivos a corto plazo que inspiren a otras secciones a ser más competitivas.
- Al tener esta sección máquinas con sistemas eléctricos, neumáticos e hidráulicos, puede realizarse un estudio más completo que permita la réplica en otras secciones de la planta.

## **8.2. PASO 2: CREAR LA ESTRUCTURA PARA EL PROYECTO**

Se considera un error habitual de la fase de inicio el asignarle a un único directivo superior (de producción recursos humanos, mantenimiento u otra área funcional) la investigación del tema, el estudio de las posibilidades y la implantación del TPM con todas sus actividades (como se lo hace con otro tipo de proyectos) para luego pedir los avances y resultados del programa sin actuar como parte de un comité involucrado en la gestión del proceso.

La estructura que yo propongo para implantar el plan a largo plazo en PLASTLIT S.A. es la formación del Comité TPM de la empresa, como figura organizativa máxima para el liderazgo del TPM (es la más usada por las empresas que han ganado el Premio PM otorgado por el JIPM) para dirigir el proceso. Dicho comité estaría conformado por varios o todos los directivos del equipo de exploración y por otros directivos superiores de la compañía que no participaron en la fase anterior. Luego se crearía un equipo por cada pilar TPM (8 equipos en total) responsable del proceso de implantación, seguimiento y de la preparación del plan maestro de ese pilar. Posteriormente se integran esos planes en un solo plan de desarrollo para toda la empresa.

Los directivos responsables deben tener claro que el TPM es un proyecto que afecta a toda la organización porque es un proceso de mejora de la productividad. Y no debe ser visto como un programa más de la función de mantenimiento, o un plan para asignar responsabilidades de mantenimiento a los operarios porque se involucran a todas las áreas funcionales en la dirección del proceso TPM.

Para el caso de la sección piloto y siguiendo la sugerencia planteada para este paso por el JIPM, he decidido diseñar la estructura del proyecto basado

en tres equipos tan interfuncionales como la estructura organizacional de la empresa y de la sección piloto lo permitieren; y son: Planificación, Diseño, Ejecución.

Cada equipo tendrá tareas asignadas de acuerdo a su campo de acción y a los miembros que lo integran. Además será autónomo en las funciones que le conciernen siempre y cuando sus planteamientos no vayan en contra de los lineamientos establecidos en el plan estratégico.

**Planificación.-** El equipo encargado de la planificación deberá fijar las metas mensuales para el área piloto, las que se deben cumplir según un cronograma de ejecución estructurado bajo las políticas, misión y visión de la empresa. También se encargaría de determinar el recurso humano y económico requerido para alcanzar las metas planteadas.

Este equipo estaría integrado por:

Gerente de Operaciones

Gerente de División

Gerente de Mantenimiento

Gerente de Producción

Para de esta forma tener el compromiso de la implantación a nivel de la gerencia.

**Diseño.-** Una vez establecidas cuales serán las metas a alcanzar, el equipo de diseño establecerá las actividades que sirvan de apoyo a la implementación del TPM y que permitan la consecución de las metas planteadas por el equipo de planificación.

Además deberá realizar modificaciones a los planes de acción de acuerdo a los reportes entregados por el equipo de control. Estos cambios deberán ser enfocados a la solución de los problemas encontrados sin desviar la naturaleza misma del TPM.

El equipo de diseño reportará al equipo de planificación las metas que se han cumplido y las que no.

Este equipo estará constituido por:

Gerente de Mantenimiento

Gerente de Producción

Supervisores de Mantenimiento.

Dentro de este equipo deberá estar el coordinador o facilitador, figura organizacional utilizada para la gestión del TPM, que brinda apoyo logístico en el proceso de implantación de cada pilar, mantiene la unidad de criterios en todas las áreas del negocio, aprovecha sinergias, gestiona las relaciones

con los formadores y consultores, apoya el trabajo de “campo” que se realiza (gestión de los minutos diarios TPM, diseño y suministro de los tableros de gestión visual, suministro de tarjetas de mantenimiento autónomo, auditorías para cada paso en cada pilar) y otras numerosas actividades de apoyo.

**Ejecución.-** Este equipo tendrá a cargo la ejecución de los planes de acción. Vigilar el buen funcionamiento de las estrategias de mantenimiento. Tomar nota de todos aquellos eventos que ocasionen retrasos en el cronograma, verificar la efectividad real de los planes de acción fijados. Presentar sus sugerencias en cuanto a las modificaciones a realizar en los procedimientos y métodos planteados.

Este equipo estará integrado por:

Supervisores de Producción

Supervisores de Mantenimiento

Ajustadores

Operadores.

### 8.3. PASO 3: IDENTIFICAR LA SITUACIÓN ACTUAL Y FORMULAR OBJETIVOS

Una vez establecido el diseño organizacional para el proyecto TPM, es necesario establecer los objetivos y propósitos del TPM desde el alto nivel empresarial, insistiendo que el proceso que afecta a toda la organización. El esquema siguiente muestra un ejemplo del proceso de formulación y despliegue de las políticas y metas empleadas.

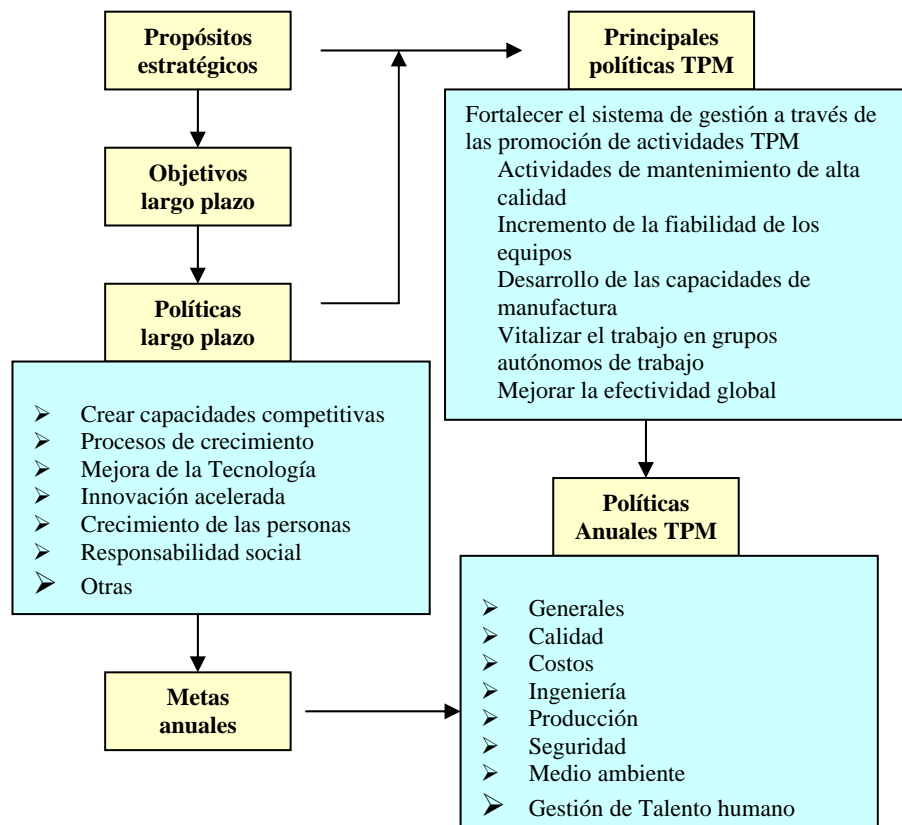


Figura 8.3.1 Ejemplo de formulación de objetivo TPM a nivel corporativo

Para identificar la situación de los equipos de la sección considerada como piloto, se debe calcular la Productividad Total Efectiva de los Equipos para obtener una representación numérica del estado y orientar las actividades.

Dicho factor es determinado mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad Total Efectiva de los Equipos} = \text{Aprovechamiento del equipo} \times \text{Efectividad Global del Equipo}$$

Para calcular el Aprovechamiento del Equipo (AE) se pueden aplicar los siguientes pasos:

1. *Establecer el tiempo base de cálculo o tiempo calendario (TC).*

Como se tabula en el departamento de producción el número de horas que trabaja la máquina al mes, se puede utilizar la medida de horas como la base de cálculo. Considerando que:

$$TC = 365 \text{ días} * 24 \text{ horas / día} = 8760 \text{ horas}$$

2. *Obtener el tiempo total no programado. (TTNP)*

La sección de estudio trabaja en dos turnos de 8 horas cada uno, con 4 horas extras, siendo así la jornada completa de 12 horas, donde el tiempo de funcionamiento no programado en un año será de:

$$TTNP = 52 \text{ domingos} * 24 \text{ horas / día} = 1248 \text{ horas}$$

3. *Obtener el tiempo de paradas planificadas. (TPP)*

Se suma el tiempo utilizado para:

Acciones preventivas de mantenimiento = 0 horas

Cambios de Molde = 2horas \* 11 (promedio de veces al año por máquina)= 22 horas

Descansos = 0 horas

Reuniones programadas con operarios = 0 horas

Quedando así:

$$TPP = 0 + 22 + 0 + 0 = 22 \text{ horas}$$

4. *Calcular el tiempo de funcionamiento. (TF)*

Se obtiene restando del tiempo calendario (TC), el tiempo destinado a paradas planificadas y tiempo total no programado.

$$TF = TC - (TTNP + TPP)$$

$$TF = 8760 - (1248 + 22) = 7490 \text{ horas}$$

5. *Cálculo del Aprovechamiento del Equipo*

Se obtiene dividiendo el tiempo de funcionamiento (TF) por el tiempo calendario (TC).

$$\text{Aprovechamiento del Equipo} = (TF/TC) * 100$$

$$= (7490 / 8760) * 100$$

$$= 85.5 \%$$



Este porcentaje de Aprovechamiento del Equipo representa la cantidad del tiempo calendario utilizado por los equipos para producir, y está más relacionado con decisiones directivas sobre uso del tiempo calendario disponible que con el funcionamiento en sí del equipo.

Es decir, para el caso de la sección piloto se puede apreciar que como no existe tiempo utilizado para realizar acciones planificadas de mantenimiento preventivo, descansos, reuniones, etc. los valores resultantes son buenos.

Para realizar el cálculo de la efectividad global del equipo (EGE) se lo hace mediante:

**Efectividad Global de Equipo =**

**Disponibilidad X Eficiencia de rendimiento X Índice de Calidad**

*1. Establecer la disponibilidad de los equipos:*

Como este parámetro mide las pérdidas de disponibilidad de los equipos debido a paradas no programadas, se tiene un estimado dentro de la empresa para esta sección de 0.9

*2. Cálculo de la eficiencia de rendimiento.*

Aquí se mide las pérdidas por rendimiento causadas por el mal funcionamiento del equipo, no funcionamiento a la velocidad y

rendimiento origina determinada por el fabricante del equipo o diseño.

Donde se pueden tabular de la siguiente manera:

INYECTORA NEGRIBOSSI	0.7
INYECTORA SANDRETTO	0.75
INYECTORA CINCINNATI No. 1 250	0.85
INYECTORA CINCINNATI No. 2 350	0.85
INYECTORA MIR 270	0.8
INYECTORA MIR 135	0.8
INYECTORA MIR 190	0.8
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.79</b>

### 3. *Cálculo del Índice de calidad.*

Debido a que existen moldes que se utilizan en varias máquinas, se puede expresar este índice en función del molde que se está utilizando porque el estado del mismo puede representar el tiempo utilizado para producir productos que son defectuosos o tienen problemas de calidad. Este tiempo se pierde, ya que el producto se debe destruir o re-procesar. Si todos los productos son perfectos, no se producen estas pérdidas de tiempo del funcionamiento del equipo.

Los moldes para cucharas, cucharitas y cucharas tenedor que actualmente se utilizan en las máquinas de la sección son nuevos, lo que hace que este índice de calidad sea de 1, donde cabe considerar que estos son los productos que más se venden. Y los moldes para tenedor y cuchillo poseen un índice de calidad de 0.91, porque se promedia que 1 de 12 productos sale rechazado de un molde de 12 cavidades.

$$\text{Indice de calidad} = 1 / 12 = 0,91$$

#### 4. *Cálculo de la Efectividad Global de Equipo*

Pudiendo ahora calcular la Efectividad Global de Equipo multiplicando los anteriores tres términos expresados en porcentaje.

$$\begin{aligned} & \textbf{Efectividad Global de Equipo} = \\ & \textbf{Disponibilidad X Eficiencia de rendimiento X Índice de Calidad} \\ & = (0.9 \times 0.79 \times 0.9) \times 100 \\ & = 63.99\% \end{aligned}$$

La Efectividad Global de Equipo evalúa el rendimiento del equipo mientras está en funcionamiento porque relaciona el estado de conservación y productividad del equipo mientras está funcionando.

Una buena medida de dicho índice ayuda a identificar las áreas críticas donde se podría iniciar una experiencia piloto TPM, y durante el desarrollo del TPM porque responde elásticamente a las acciones realizadas tanto de mantenimiento autónomo, como de otros pilares TPM, sirviendo así para justificar a la alta dirección sobre la necesidad de ofrecer el apoyo de recursos necesarios para el proyecto y para controlar el grado de contribución de las mejoras logradas en la planta.

Como el Efectividad Global de Equipo es una relación entre pérdidas de calidad, rendimiento y disponibilidad permite priorizar para cada equipo la incidencia del pilar TPM para cada caso. Es decir, para los equipos analizados dentro de la sección piloto de PLASTLIT S.A. no se tienen pérdidas significativas de calidad porque los moldes son nuevos pero para llegar a la meta de cero defectos será necesario realizar acciones kobetsu kaizen orientadas a eliminación de defectos con técnicas tradicionales de calidad. Además como los equipos llevan varios años en producción será necesario utilizar acciones kobetsu kaizen para identificar problemas el equipo y acciones de mantenimiento autónomo que ayuden a mejorar su disponibilidad y rendimiento que son los valores que nos pueden ayudar en subir el porcentaje de los resultados obtenidos

El calculo de la Productividad Total Efectiva de los Equipos resulta de la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Productividad Total Efectiva de los Equipos} &= \\ \text{Aprovechamiento del equipo X Efectividad Global del Equipo} & \\ &= ( 0.855 ) \times ( 0.6399 ) \times 100 \\ &= 54.7\% \end{aligned}$$

El resultado del índice Productividad Total Efectiva de los Equipos dentro de la sección piloto arroja un valor que puede ser mejorado al realizar acciones para aumentar la efectividad global del equipo, por tanto este índice debe ser calculado permanentemente a medida se realicen dichas actividades en la sección piloto para poder determinar que acciones específicas son las que dan mejor efectividad y así considerarlas primero al momento de extender el plan a otras secciones de la planta.

#### **8.4. PASO 4 : DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA**

Antes de utilizar técnicas analíticas para estudiar y solucionar el problema que se ha planteado de mejorar la efectividad de los equipos de la sección, se deben establecer y mantener las condiciones básicas que aseguren el funcionamiento apropiado del equipo. Estas condiciones básicas incluyen: limpieza, lubricación, chequeos de rutina, apriete de tuercas, etc. También es importante la eliminación completa de todas aquellas deficiencias y las causas del deterioro acelerado debido a fugas, escapes, contaminación, polvo, etc. Esto implica el empezar a realizar actividades de mantenimiento autónomo en las áreas seleccionadas como piloto para la realización de las mejoras enfocadas.

Las técnicas analíticas utilizadas con mayor frecuencia en el estudio de los problemas de equipos provienen del campo de la calidad, debido a que por su facilidad y simplicidad tienen la posibilidad de ser utilizadas por la mayoría de los trabajadores de una planta. Sin embargo, existen otras técnicas de desarrollo en TPM que permiten llegar a eliminar en forma radical los factores causales de las averías de los equipos. Las técnicas más empleadas por los equipos de estudio son:

- Método por que y por que
- Análisis Modal de Fallos y Efectos
- Análisis de causa primaria
- Método PM o de función de los principios físicos de la avería
- Técnicas de Ingeniería del Valor
- Análisis de datos
- Técnicas tradicionales de Mejora de la Calidad: siete herramientas
- Análisis de flujo y otras técnicas utilizadas en los sistemas de producción Justo a Tiempo como el cambio rápido de herramientas.

Es necesario atender las recomendaciones de los expertos Shirose, Kimura y Kaneda del Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) sobre las limitaciones de los métodos tradicionales de calidad para abordar problemas de averías de equipos, porque manifiestan que esta clase de técnicas

permiten eliminar en buena parte las causas, pero para llegar a un nivel de cero averías es necesario emplear preferiblemente la técnica PM.

De forma posterior a un análisis por que por que para obtener mejoras en la calidad para esta sección se obtuvo lo siguiente:

ELIMINACION DE DESPERFECTOS EN LA SECCION DE INYECCION																						
SOLUCIONES	FALLAS																					
	REBABA EXTERIOR DE LA PIEZA INYECTADA	REBABA CERCA BEBEDERO DE PIEZA INYECTADA	BURBUJAS DE VACÍO,CAVIDADES	DEPRESION SUPERFICIAL	COSTURAS DE UNION	PIEZA INYECTADA QUEMADA	FORMACION DE RAYAS -DESCARRILLOS	DEFORMACIONES	ESTRIAS DEL DESMOLDEO	TENSIONES CERCA DEL	SUPERFICIE OPACA	SUPERFICIE ONDULADA	MOZAROTA ROMPE	NO SE LLENA LA PIEZA	NO SE DESMOLDA LA PIEZA	EXPULSOR PERFORA	DESCOLORACIÓN EN MOZAROTÁ	PLASTIFICACION DISPERSA	HUSILLO NO RETORNA	SALE MATERIAL ENTRE	SUBE TEMPERATURA DEL	
Elevar temperatura del cilindro					X	X																
Reducir temperatura del cilindro	X	X	X	X		X	X	X	X													
Elevar temperatura de la boquilla					X	X					X	X		X								
Reducir temperatura de la boquilla	X	X		X		X	X	X	X													
Retardar desprendimeto boquilla			X	X																		
Limpiar boquilla						X								X								
Apretar boquilla						X	X							X						X		
Ampliar apertura de boquilla			X	X		X					X			X								
Elevar revoluciones del husillo						X	X										X				X	
Levantar presión de inyección			X	X	X	X		X			X	X		X								
Bajar presión de inyeccion	X	X							X					X							X	
Aumentar tiempo y presión posterior			X	X							X	X		X	X							
Reducir tiempo y presión posterior	X	X							X	X			X	X	X						X	
Aumentar presión de cierre	X	X																				
Elevar la contra presión				X	X	X					X	X		X			X				X	
Reducir la contra presión						X			X		X	X	X	X								
Inyectar más despacio	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X							
Inyectar má rápido			X	X	X						X			X								
Inyectar más tarde						X															X	
Pulir los bebederos				X	X						X											
Reposar molde	X	X																				
Reposar y pulir untas del molde						X		X						X								
Mejorar ventilación molde				X	X	X										X						
Revisar bebederos				X	X	X	X															
Limpiar o pulir molde			X		X						X			X	X							
Elevar temperatura del molde			X	X				X	X			X		X	X							
Reducir temperatura del molde	X	X	X	X				X			X	X		X	X							
Impurezas del material			X	X	X						X	X						X				
Emplear material de primera calidad						X	X				X							X				
Limpiar cilindro husillo						X	X					X						X	X			
Reducir proporción del regenerador											X	X				X						
Controlar alimentación						X							X				X	X			X	
Achicar dosificación	X	X							X				X		X							
Aumentar dosificación			X	X	X						X		X									
Usar agente de desmoldeo									X					X								
Levantar presión de la boquilla																					X	
Reposar inst. boquilla - manguito												X									X	
Desmoldar con aire comprimido									X					X								
Prolongar tiempo de enfriado			X	X				X			X	X		X								
Reducir tiempo de enfriado									X													
Evitar aglomeraciones de material			X								X											
Poner bebedero en paredes			X																			
Ampliar el uno																						
Desmoldar más despacio									X	X			X	X	X	X						
Controlar enfriamiento de husillo									X								X	X				

Tabla VIII.IV.I Eliminación de desperdicios en la sección de inyección



Previo a realizar cualquier análisis con respecto a las máquinas que están en la sección elegida como piloto, primero fue necesario efectuar un levantamiento de datos de la sección por no contar con un registro las actividades de mantenimiento o con las fallas que suelen darse en esta área. Debido a que solo se pudo contar con la información contenida en las ordenes de trabajo, estas debieron ser procesadas para poder llegar a los siguientes resultados:

**ORDENES DE TRABAJO PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EN LAS MAQUINAS INYECTORAS  
POR TIPO DE FALLA**

		MAQUINA						TOTAL	
		Negri Bossi	Sandretto	Cincinnati I	Cincinnati II	MIR I	MIR II		MIR III
<b>CANTIDAD DE ORDENES DE TRABAJO</b>		23	56	47	56	11	79	14	286
<b>TIPO DE FALLA</b>	Mecánico	6	12	6	15	2	13	3	57
	Eléctrico	10	26	24	18	5	48	6	137
	Hidráulico	2	2	0	10	1	15	2	32
	Neumático	0	8	0	0	0	1	0	9
	Electro-Mecánico	2	2	5	5	1	0	0	15
	Mecánico - Hidráulico	3	6	12	8	2	2	3	36
	Neumático - Hidráulico	0	0	0	0	0	0	0	0
Electro - Hidráulico	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla VIII.IV.II Ordenes de trabajo para el departamento de mantenimiento en las máquinas  
inyectoras por tipo de falla

ORDENES DE TRABAJO PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EN LAS MAQUINAS INYECTORAS POR FALLA

CANTIDAD DE ORDENES DE TRABAJO	MAQUINA										TOTAL
	Neqri Bossi	Sandretto	Cincinnati I	Cincinnati II	MIR I	MIR II	MIR III				
	23	58	65	65	12	88	23				334
Resistencias	1	7	10	8	2	15	3				46
Molde	1	11	10	12	0	9	2				45
Aceite	3	6	9	10	2	3	3				36
Extractor / Expulsor	0	3	8	3	1	6	5				26
Temperatura	2	5	2	2	0	7	1				19
Válvulas	2	3	3	2	2	2	1				15
Mangueras	1	1	2	4	0	3	1				12
Boquilla	2	2	1	2	0	3	1				11
Micros y levas	2	2	2	3	2	0	0				11
Circuitos Eléctricos	2	1	4	1	2	2	0				11
Bomba	1	0	1	1	0	2	0				10
Circuitos Electrónicos	0	0	1	1	0	2	1				6
Termocuplas y Termocontrols	0	0	2	0	1	2	0				6
Lubricación	3	0	0	0	0	2	0				5
Cilindro/Túnel	0	0	0	0	0	5	1				6
Presión	0	0	2	1	0	1	0				4
Filtros	0	0	0	0	1	1	0				3
Intercambiador de Calor	0	1	0	2	0	0	0				3
Motores	1	1	0	0	0	1	0				3
Tornillo	2	0	0	0	0	0	1				3
Prensa	1	0	0	0	0	0	0				1
Varios											57
											17,1%

Tabla VIII.IV.III Ordenes de trabajo para el departamento de mantenimiento en las máquinas inyectoras por falla

**ORDENES DE TRABAJO PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EN LAS MAQUINAS INYECTORAS  
POR DISTRIBUCIÓN HORARIA DE FALLAS**

MAQUINA	HORAS												TOTAL
	00:01 a 03:00	03:01 a 06:00	06:01 a 09:00	09:01 a 12:00	12:01 a 15:00	15:01 a 18:00	18:01 a 21:00	21:01 a 24:00					
Negri Bossi	1	0	6	6	2	4	2	2	2				23
Sandretto	1	0	17	20	8	7	2	2	2				56
Cincinnati I	1	1	21	19	10	6	3	3	3				65
Cincinnati II	1	1	22	13	17	5	2	2	2				65
MIR I	0	0	3	2	2	4	0	0	0				12
MIR II	8	3	19	29	9	13	3	3	3				88
MIR III	0	0	13	8	0	2	0	0	0				23
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>101</b>	<b>97</b>	<b>48</b>	<b>41</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>23</b>

MAQUINA	HORAS												TOTAL
	06:01 a 07:30	07:31 a 09:00	09:01 a 10:30	10:31 a 12:00	12:01 a 13:30	13:31 a 15:00	15:01 a 16:30	16:31 a 18:00					
Negri Bossi	0	6	4	2	0	2	4	0	0				18
Sandretto	1	16	9	11	5	3	5	2	2				52
Cincinnati I	3	18	11	8	4	6	2	4	4				56
Cincinnati II	1	21	6	7	7	10	2	3	3				57
MIR I	0	3	1	1	0	2	2	2	2				11
MIR II	0	19	13	16	5	4	8	5	5				70
MIR III	0	13	3	5	0	0	1	1	1				23
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>96</b>	<b>47</b>	<b>50</b>	<b>21</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>17</b>	<b>23</b>

Tabla VIII.IV.IV Ordenes de trabajo para el departamento de mantenimiento en las máquinas inyectoras por distribución horaria de fallas

Obtenidos estos datos se puede hacer un análisis gráfico de la siguiente manera:

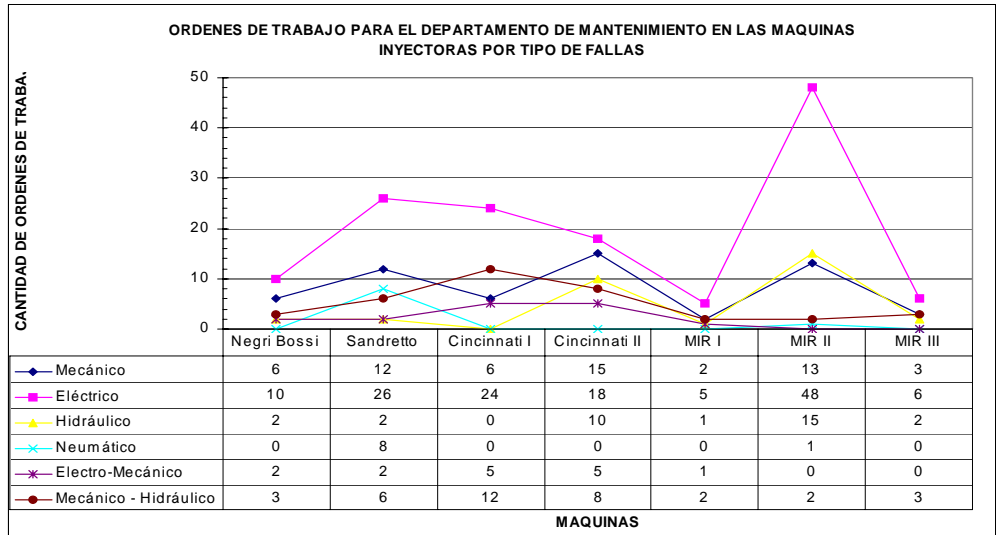


Figura 8.4.1 Ordenes de trabajo para el departamento de mantenimiento en las máquinas inyectoras por tipo de falla

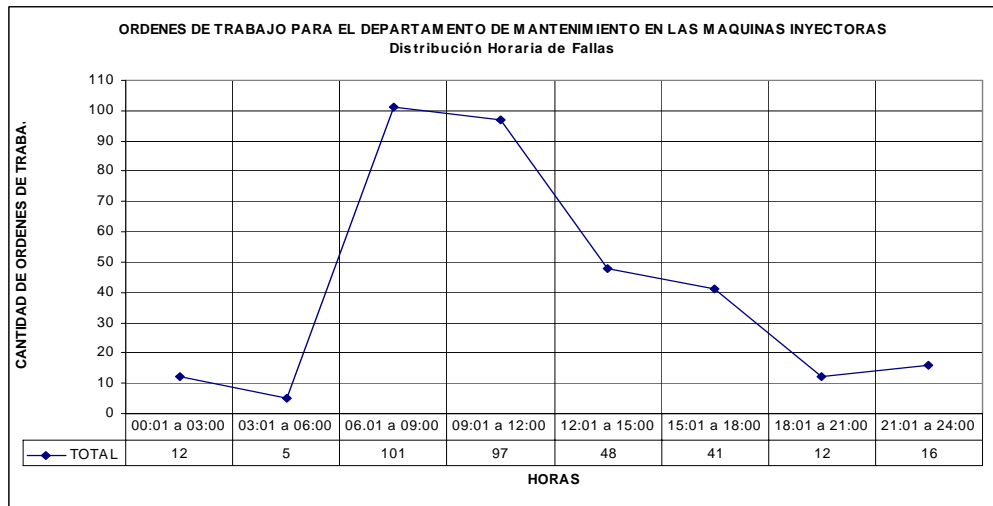


Figura 8.4.2 Ordenes de trabajo para el departamento de mantenimiento en las máquinas inyectoras por hora

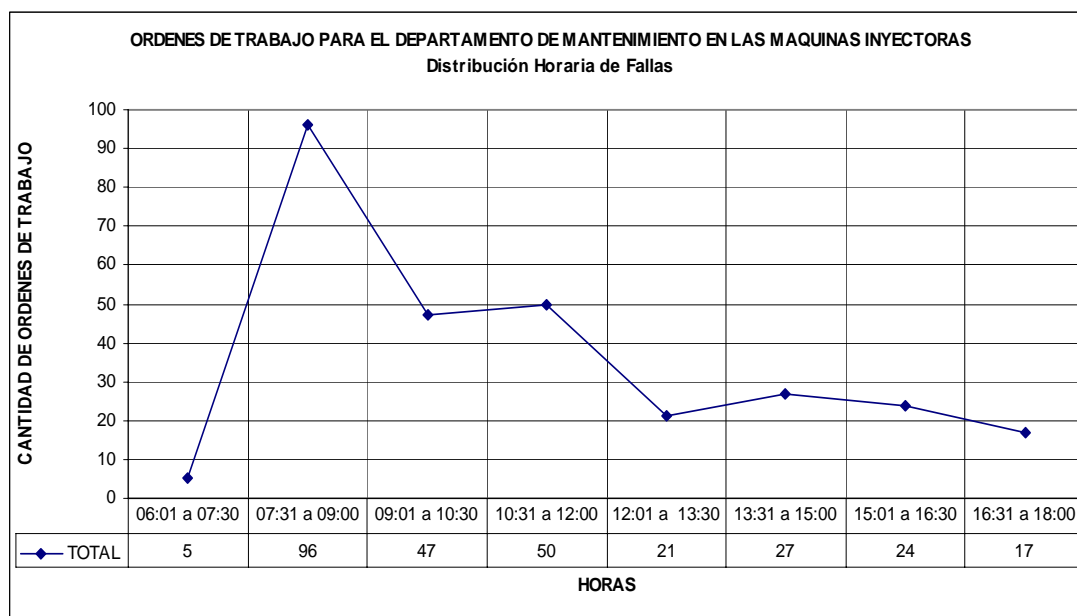


Figura 8.4.3 Ordenes de trabajo para el departamento de mantenimiento en las máquinas inyectoras por distribución horaria de fallas

Donde se puede apreciar con claridad que la mayor incidencia de fallas en todas las máquinas de la sección piloto están agrupadas dentro de las fallas eléctricas, y así mismo que estas se dan especialmente dentro del primer turno de trabajo, es decir desde las 8h00 hasta las 16h00

## 8.5. PASO 5 : FORMULAR PLAN DE ACCIÓN

Una vez que se han investigado y analizado las diferentes causas del problema, se establece un plan de acción para la eliminación de las causas críticas. Este plan debe incluir alternativas para las posibles acciones, a partir

de las cuales se establecen las actividades y tareas específicas necesarias para lograr los objetivos formulados. Este plan debe incorporar acciones tanto para el personal especialista o miembros de soporte como ingeniería, proyectos, mantenimiento, etc., como también acciones que deben ser realizadas por los operadores del equipo y personal de apoyo rutinario de producción como maquinistas, empacadores, auxiliares, etc.

Además en el proceso de preparación de la organización y de promoción del TPM, se debe incluir el diseño y desarrollo de los procesos de formación para los líderes de pilar y realización de las primeras experiencias piloto. Donde los integrantes de cada uno de los comités de pilar, deben prepararse para asumir el liderazgo de cada proceso TPM, porque uno de los conceptos teóricos organizacionales en que se apoya el TPM, es la visión de la empresa como una organización en aprendizaje.

Dentro de este paso para el caso de las acciones a tomar para mejorar el índice de calidad, se debe empezar por la revisión del molde de la siguiente manera:

<b>PLAN DE ACCIÓN</b>	
<b>ELIMINACIÓN DE DESPERFECTOS EN LA SECCIÓN DE INYECCIÓN</b>	
Revisar condiciones físicas del molde, determinando si esta en buen o mal estado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Revisar que el molde corresponda al especificado en la orden de producción.</li> <li>➤ Revisar que el molde corresponda a las características del artículo a producir.</li> <li>➤ Revisar brillantez del molde en relación a características físicas del producto terminado.</li> <li>➤ Revisar condiciones físicas de la superficie del molde (daños y limpieza).</li> <li>➤ Realizar prueba de funcionamiento.</li> </ul>

Tabla VIII.V.I Plan de acción, eliminación de desperfectos en la sección de inyección

Además se debe de explicar que el operador de la máquina debe cumplir con las siguientes actividades:

<b>ACTIVIDADES DEL OPERADOR</b>	
Programar actividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Interpretar orden de producción</li> <li>➤ Identificar los materiales a trabajar</li> <li>➤ Revisar moldes según tipo de producción</li> </ul>
Poner en funcionamiento la máquina	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Revisar controles de temperatura de la máquina</li> <li>➤ Encender bomba hidráulica</li> <li>➤ Verificar presión y temperatura en agua, aceite y aire</li> </ul>
Cambiar moldes	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verificar molde materiales y accesorios antes de desmontar el molde</li> <li>➤ Eliminar el agua y humedad de los canales de enfriamiento</li> <li>➤ Engrasar molde</li> <li>➤ Desmontar el molde de la máquina</li> <li>➤ Montar el molde dela máquina</li> </ul>
Operar la máquina de inyección	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Revisar condiciones operativas iniciales de la máquina</li> <li>➤ Revisar materia prima</li> <li>➤ Programar temperatura de la máquina</li> <li>➤ Cargar tolva</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Limpiar molde</li> <li>➤ Lubricar partes móviles de la máquina y moldes</li> <li>➤ Verificar funcionamiento de la máquina</li> <li>➤ Regular carga y presión al sistema de inyección</li> <li>➤ Purgar tornillo</li> <li>➤ Programar presión para expulsión de piezas</li> <li>➤ Programar ciclos de trabajo de acuerdo al trabajo</li> <li>➤ Regular parámetros para controlar el producto</li> </ul>
Controlar la Producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verificar el color del producto a producir</li> <li>➤ Comparar estándares con el producto terminado</li> <li>➤ Seleccionar el producto terminado</li> <li>➤ Identificar con etiqueta el producto terminado</li> </ul>
Elaborar reportes	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hacer reportes de producción</li> <li>➤ Hacer reportes de máquina</li> <li>➤ Hacer reportes de transferencia de turno</li> </ul>
Proporcionar Mantenimiento Preventivo a la máquina	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mantener herramientas en condiciones óptimas</li> <li>➤ Colaborar con el mantenimiento preventivo y correctivo</li> <li>➤ Colaborar con el montaje de los moldes</li> <li>➤ Desarmar moldes</li> </ul>
Aplicar normas de higiene y seguridad ocupacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mantener aseado el puesto de trabajo</li> <li>➤ Aplicar acciones inmediatas en caso de emergencia</li> <li>➤ Usar equipo de Seguridad</li> <li>➤ Recibir capacitación en seguridad e higiene ocupacional</li> </ul>
Detener el Funcionamiento de la máquina.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Purgar extrusor inyector</li> <li>➤ Desconectar el sistema eléctrico</li> <li>➤ Cerrar válvulas de agua y aire</li> </ul>

Tabla VIII.V.II Actividades del operador



Debido a que TPM se apoya fuertemente en mecanismos para conservar el conocimiento y de aprendizaje al interior de las fábricas, es indispensable 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 a partir de los análisis de averías y. Las enseñanzas de cada evento se conservan y transfieren a los demás integrantes de la fábrica evitando su repetición en el futuro, siendo este uno de los mecanismos de un correcto mantenimiento planificado.

Por tanto una de las acciones que se propone es que el operador esté presente cuando se realicen las actividades de mantenimiento y no se lo encamine a realizar otro labor para que de esta manera pueda aprender a través del personal especializado.

Otra acción a realizar es la implantación de las lecciones sobre un punto o one point lesson en inglés debido a que 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, que esta enseñanza se la plasme en un escrito de forma didáctica y se lo publique en una cartelera. Estas lecciones pueden tocar diferentes temas, como el correcto desmontaje de una pieza específica, el uso adecuado de una determinada herramienta, detalles de funcionamiento

de la máquina, precauciones de seguridad, o la manera de llenar algún formulario, etc.

Un tema muy importante dentro de la sección piloto es el uso adecuado del aire comprimido, por tanto una manera de hacer la lección sobre este punto sería:

## **Precauciones Para Compresores de Aire**

El aire comprimido es muy útil en el área del trabajo, pero puede ser peligroso si no se usa correctamente.

### **Peligros del Aire Comprimido:**

1. Un golpe de viento a menos de 40 PSIG desde 4 pulgadas del oído puede causar daño al cerebro.
2. Tan poco como 12 PSIG puede sacar un ojo de la cuenca.
3. El aire puede entrar al ombligo por la ropa y puede inflar y romper el intestino.
4. Dirigido hacia la boca, el aire comprimido puede reventar a los pulmones.

### **Estas sugerencias reducen el riesgo de las heridas durante el uso del aire comprimido:**

1. Examine todo tipo de mangueras, conexiones, y equipo para asegurarse de que estén en buenas condiciones antes de aumentar la presión.
2. Nunca apunte la boquilla de la manguera de aire al cuerpo de una persona o a sí mismo.
3. Nunca mire adentro de una manguera de aire comprimido.
4. Nunca use el aire comprimido para sacudirse a sí mismo o a su ropa.
5. Con las mangueras no se juega.
6. Nunca doble la manguera para cortar la presión del aire, mejor cierre la válvula.
7. Cuando esté usando el aire para la limpieza, asegúrese que la presión no mida mas que 30 PSIG.
8. Siempre use protección en sus ojos al usar aire comprimido.

## **8.6. PASO 6: IMPLANTAR MEJORAS**

Una vez planificadas las acciones con detalle se procede a implantarlas. Es importante durante la implantación de las acciones contar con la participación de todas las personas involucradas en el proyecto incluyendo el personal operador. Las mejoras no deben ser impuestas ya que si se imponen por orden superior no contarán con un respaldo total del personal operativo involucrado. Cuando se pretenda mejorar los métodos de trabajo, se debe consultar y tener en cuenta las opiniones del personal que directa o indirectamente intervienen en el proceso.

Como las ideas proceden de todo el mundo, los operarios que trabajan en el equipo poseen gran cantidad de información porque ven los problemas exactos en el momento en que se presentan. Además, las mejoras se ponen inmediatamente en práctica sin esperar la aprobación por parte de la dirección. Si da resultado, se convierte inmediatamente en una norma. Si mejora el rendimiento, todo el mundo la imitará. Quien quiera que pueda dar con una idea sobre cómo arreglar una cosa, desde los obreros que recorren los talleres reparando herramientas y equipos, hasta el más alto nivel de dirección lo hace inmediatamente.

## 8.7. PASO 7: EVALUAR LOS RESULTADOS

Es muy importante que los resultados obtenidos en una mejora sean publicados en una cartelera o paneles, tanto en el área piloto para información de los que en ella trabajan y como también en el resto de la empresa para crear interés en la implantación del TPM a nivel general. Esto ayudará a asegurar que cada área se beneficie de la experiencia de los grupos de mejora. El comité u oficina encargada de coordinar el TPM debe llevar un gráfico o cuadro en el cual se controlen todos los proyectos, y garantizar que todos los beneficios y mejoras se mantengan en el tiempo.

Una manera gráfica de hacerlo es colocando los diferentes parámetros que se están midiendo de manera constante versus tiempo para de esta manera crear una curva, en el caso de la sección piloto se lo vería de la siguiente manera:

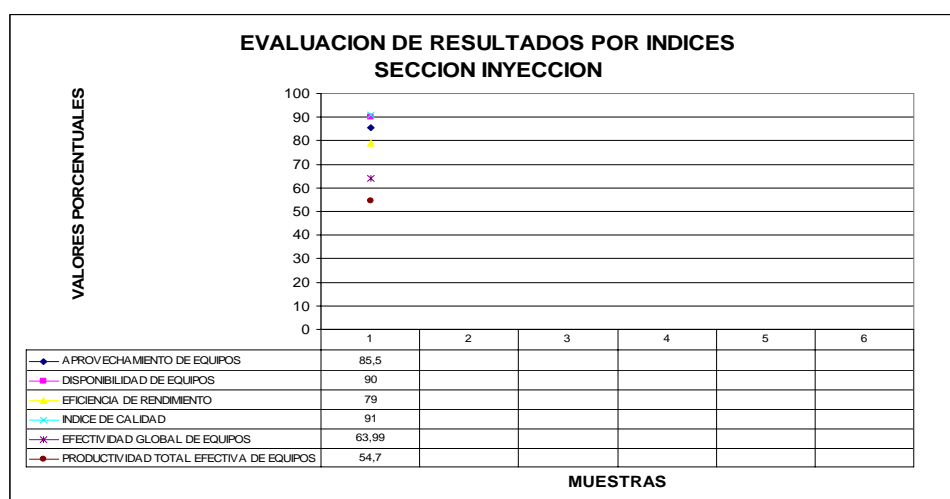


Figura 8.7.1 Evaluación de resultados por índices - sección de inyección

## **CAPÍTULO IX**

### **MANTENIMIENTO AUTONOMO O JISHU**

#### **HOZEN**

## **IX. MANTENIMIENTO AUTONOMO O JISHU HOZEN**

### **9.1. ETAPA 0. PREPARACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.**

Siguiendo el plan estratégico para la implantación del TPM, en esta etapa se reconoce la necesidad del mantenimiento autónomo en la planta. En esta fase se entrena al personal y se preparan los documentos necesarios para realizar las fases de limpieza, lubricación, apriete y estandarización.

Para implantar el Mantenimiento Autónomo se debe seleccionar el área donde se va a realizar la primera aplicación, siendo más viable aquella área donde ya se hayan desarrollado actividades de Mejoras Enfocadas o Kobetsu Kaizen, porque el personal está más sensibilizado sobre los problemas que producen la falta de aseo y limpieza. Por tanto, para el caso de PLASTLIT S.A. lo mejor es comenzar con el mantenimiento autónomo en la sección de inyección que es la piloto. Sin embargo, no se debe descartar la posibilidad de iniciar las actividades en otras áreas, especialmente aquellas donde la falta

de limpieza es apreciable y cualquier mejora brinde satisfacciones y ejemplo para otras.

No es recomendable intentar tomar la planta completa, es decir Plásticos del Litoral con todas sus divisiones, para realizar la primera etapa del mantenimiento autónomo porque es muy difícil poner en marcha un proyecto de tal magnitud sin una preparación previa. Es mejor iniciar una experiencia reducida para que se pueda controlar mejor su avance y probar metodologías, procedimientos, auditorías, formatos y la forma de entrenar al personal.

Durante esta experiencia se debe registrar todo lo sucedido y el conocimiento adquirido en un Manual de la Experiencia Piloto que servirá de guía para iniciar experiencias similares en otras áreas de la planta. De esta forma se va progresando en cada una de las etapas, pero siempre con una experiencia de referencia más avanzada.

El Manual de la Experiencia Piloto debe contener la siguiente información:

- Programa de preparación: entrenamiento realizado, estrategia utilizada, documentación, estado de la planta al inicio, registro fotográfico, problemas, etc.
- Formatos empleados para el registro de Fallas o situaciones anormales, tarjetas, documentos para la planificación, etc.



- Dificultades en el proceso de limpieza, reclamaciones del personal, aportes, quejas, etc.
- Acciones correctivas tomadas, programa, tiempo para implantarlas, etc.
- Personal que participó, frecuencia de reuniones, minutas, actas y otros documentos de trabajo en equipo
- Resultados, registro fotográfico posterior a la mejora de limpieza, estándares empleados y mejorados.
- Reflexión sobre las dificultades encontradas y acciones tomadas.

En esta etapa de preparación se establecen los objetivos del mantenimiento autónomo porque en este punto ya se tiene seleccionada el área piloto (la sección de Inyección de PLASTLIT S.A.) en la que se realizará la primera experiencia y se procede a desarrollar el programa de entrenamiento necesario para el inicio de las primeras etapas.

Las ayudas que se deben preparar durante esta etapa son:

- *Mapa de seguridad.* Es un diagrama del equipo seleccionado como piloto y sus áreas cercanas donde se muestra los posibles puntos de riesgo y de peligro para el personal que intervendrá en la práctica de la limpieza y otras etapas de autónomo.

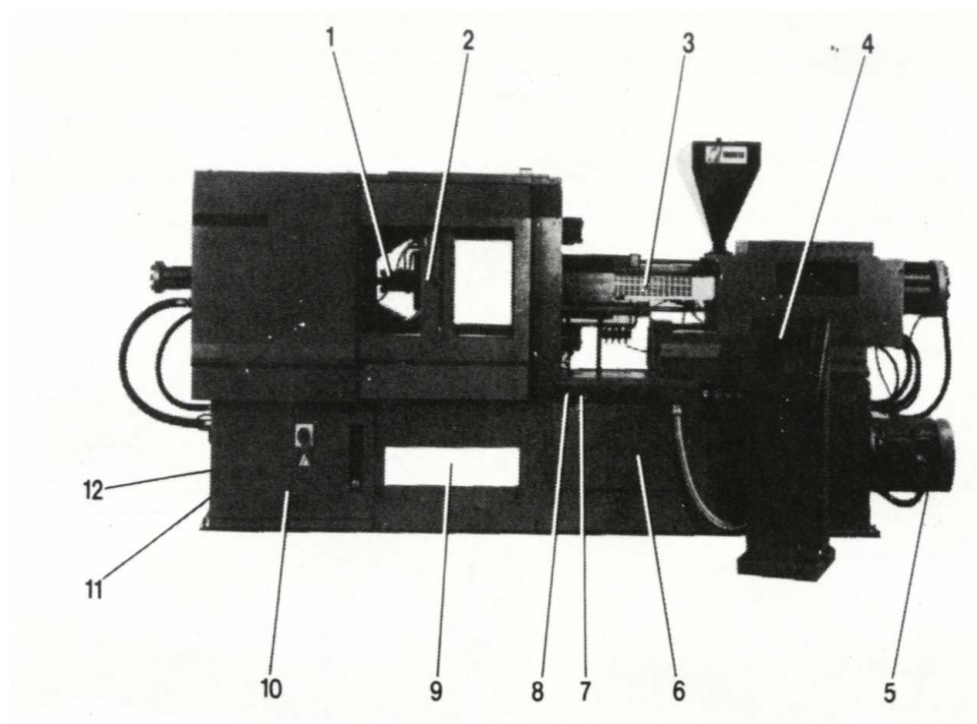
Como sería el caso para la sección de inyección, se toma una fotografía de la inyectora y se marcaron puntos de riesgo para el personal.



Figura 9.1.1 Puntos de riesgo en la inyectora

- *Manual de situaciones anormales.* Se trata de un documento en el que se muestran los esquemas de los equipos, su estructura de componentes, análisis de posibles causas de deterioro, defectos potenciales de calidad, paradas, etc.

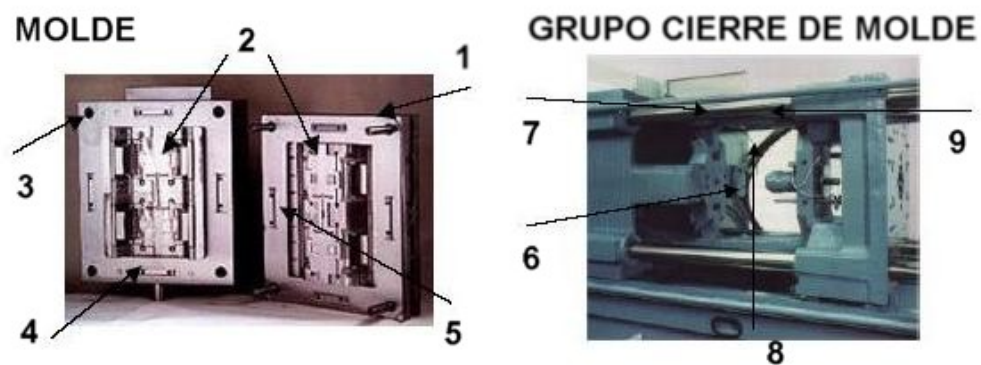
En las inyectoras el esquema donde se identifican las piezas que se adjuntaría al manual de situaciones anormales es el siguiente:



Identificación de las principales piezas que componen a la inyectora

1. Extractor
2. Grupo cierre molde
3. Grupo de plastificación e inyección
4. Consola sistema 90
5. Motor eléctrico
6. Vano comandos oleodinámicos
7. Llave de habilitación extracción con reja abierta
8. Pulsador de emergencia
9. Vano caída piezas
10. Cuadro eléctrico de potencia
11. Orificio paso cables eléctricos de conexión a la red
12. Central de Lubricación

Figura 9.1.2 Identificación de las principales piezas que componen a la inyectora



1. Guías
2. Cavidades
3. Sujeción
4. Niples
5. Sistema de expulsión
6. Manguera
7. Niples
8. Cavidades
9. Sistema de expulsión

Figura 9.1.3 Identificación de las principales piezas al grupo de inyección

Además esta información se debe entregar al personal operativo como parte de su entrenamiento en la fase inicial del mantenimiento autónomo:

- Tarjetas de inspección de Mantenimiento Autónomo
- Tablero de control visual
- Otras listas de ayuda para la inspección y registros de situaciones que se deben mejorar en la maquinaria.
- Registro fotográfico
- Formatos para la planificación de acciones de mejora

El tablero de control visual debe estar colocado en un lugar visible y además debe resultar atractivo para el operador tanto en su contenido como en la presentación del mismo, sin olvidar que este debe ser actualizado permanentemente. Una forma de elaborar el tablero de control visual es la siguiente:

## TABLERO PARA LA GESTION VISUAL

Ejemplo de contenido

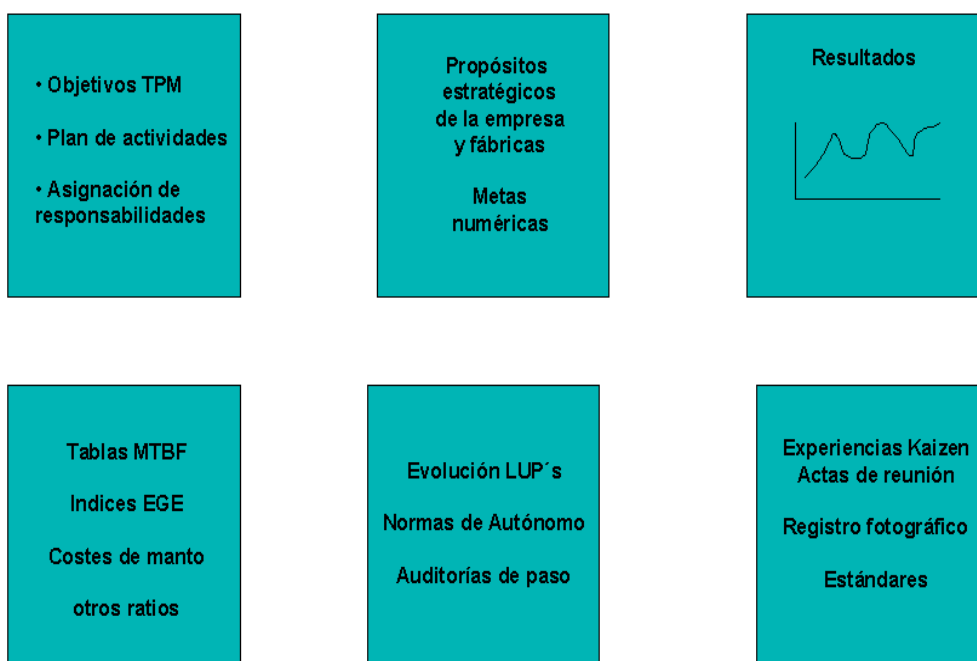


Figura 9.1.4 Ejemplo de tablero de control visual

### 9.2. ETAPA 1. 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

durante las etapas uno a tres del mantenimiento autónomo. Los principios en los que se fundamenta la primera etapa son:

- Hacer de la limpieza un proceso de inspección.
- La inspección se realiza para descubrir fallas o cualquier tipo de situación anormal en el equipo y las áreas próximas de trabajo.
- Las fallas deben corregirse inmediatamente para establecer las condiciones básicas del equipo.

Para descubrir fallas el proceso de limpieza es muy importante, porque en esta fase se debe cumplir el principio de limpieza es inspección, que no pretende solamente asignar un tiempo para la limpieza al finalizar el turno. Debe explicarse y recalcar que la falta de limpieza es una de las causas centrales de las averías de los equipos, debido a la abrasión causada por la fricción de los componentes deterioran el estado funcional de las partes de las máquinas, y como consecuencia se presentan pérdidas de precisión y estas conducen hacia la presencia de defectos de calidad de productos y paradas de equipos no programadas.

De aquí la importancia de las actividades de Mantenimiento Autónomo que debe realizar el operario en la conservación de la limpieza. Este en un principio buscará dejar limpio el equipo y en orden; luego el operario se preocupa no solamente por mantenerlo limpio sino que tratará de identificar

las causas de la suciedad porque es un trabajo tedioso y que se debe evitar identificando la causa profunda del polvo, contaminación o suciedad, contribuir así en la identificación de las causas del mal estado del equipo. Posteriormente en un nivel de pensamiento superior, cuando el operario tome contacto con el equipo para realizar inspección mediante el aseo podrá identificar otra clase de anomalías como tornillos flojos, elementos sueltos o en mal estado, sitios con poco lubricante, tuberías taponadas, etc.

La limpieza como inspección se debe desarrollar siguiendo estándares de seguridad y empleando los medios adecuados previamente definidos, ya que de lo contrario, se pueden producir accidentes y pérdidas de tiempo innecesarias.

El TPM ofrece una metodología específica de auditoría para realizar la identificación de falta de limpieza, generando un plan de acción de mejora controlado mediante sistemas visuales y de fácil manejo por parte del operador y directivos de la planta. Pudiendo introducir en esta primera etapa las tres primeras S o pilares de la fabrica visual, esto es aplicar Seiri, Seiton y Seiso (clasificar, ordenar y limpiar).

Donde cabe recalcar que la estrategia de las 5's tiene una estructura que es muy afín con el mantenimiento autónomo en cada etapa de su desarrollo, tal como se lo explica a continuación.

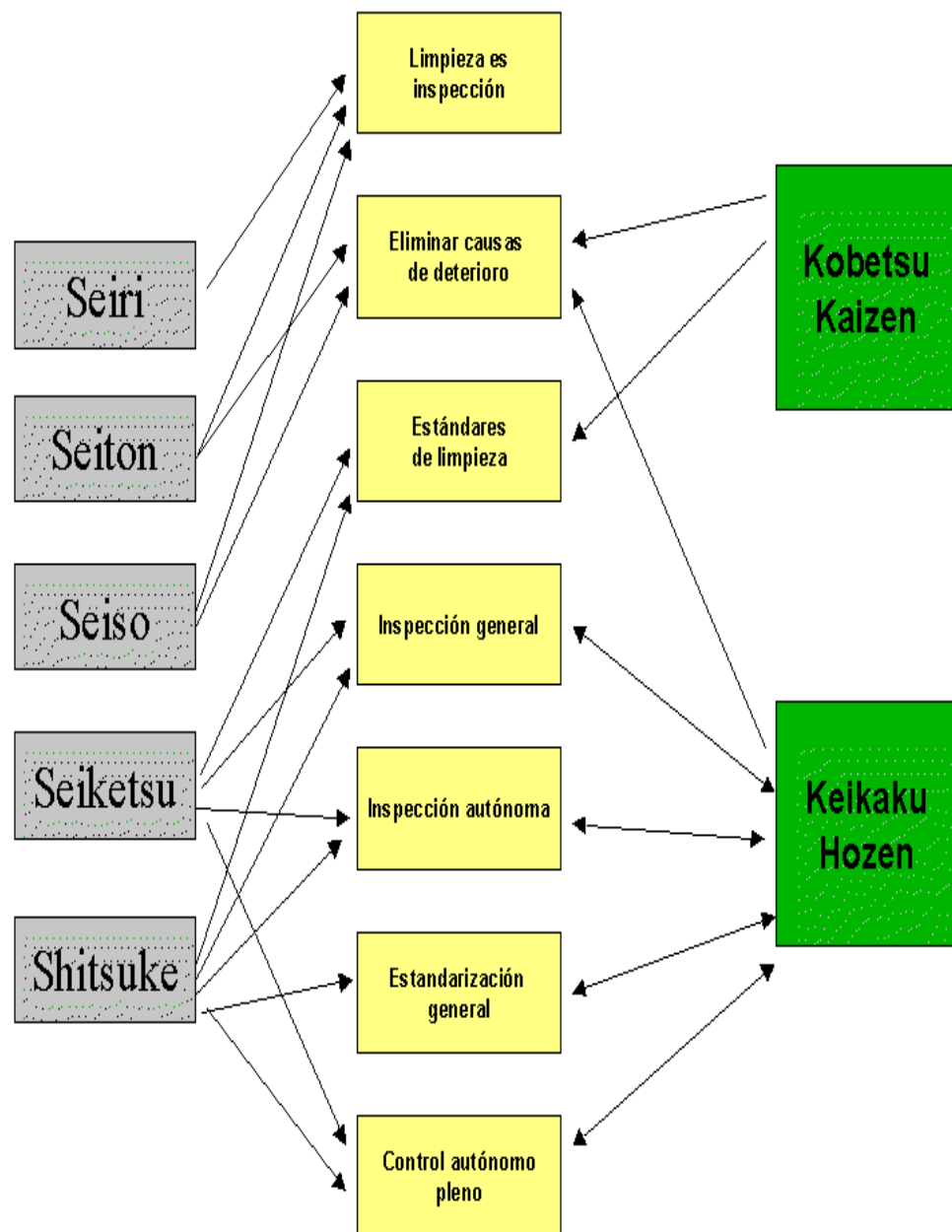


Figura 9.2.1 Afinidad de la estructura de la estrategia de las 5's con las etapas de mantenimiento autónomo



Una secuencia lógica de implantación de las 5's es como se muestra en el siguiente diagrama de flujo:

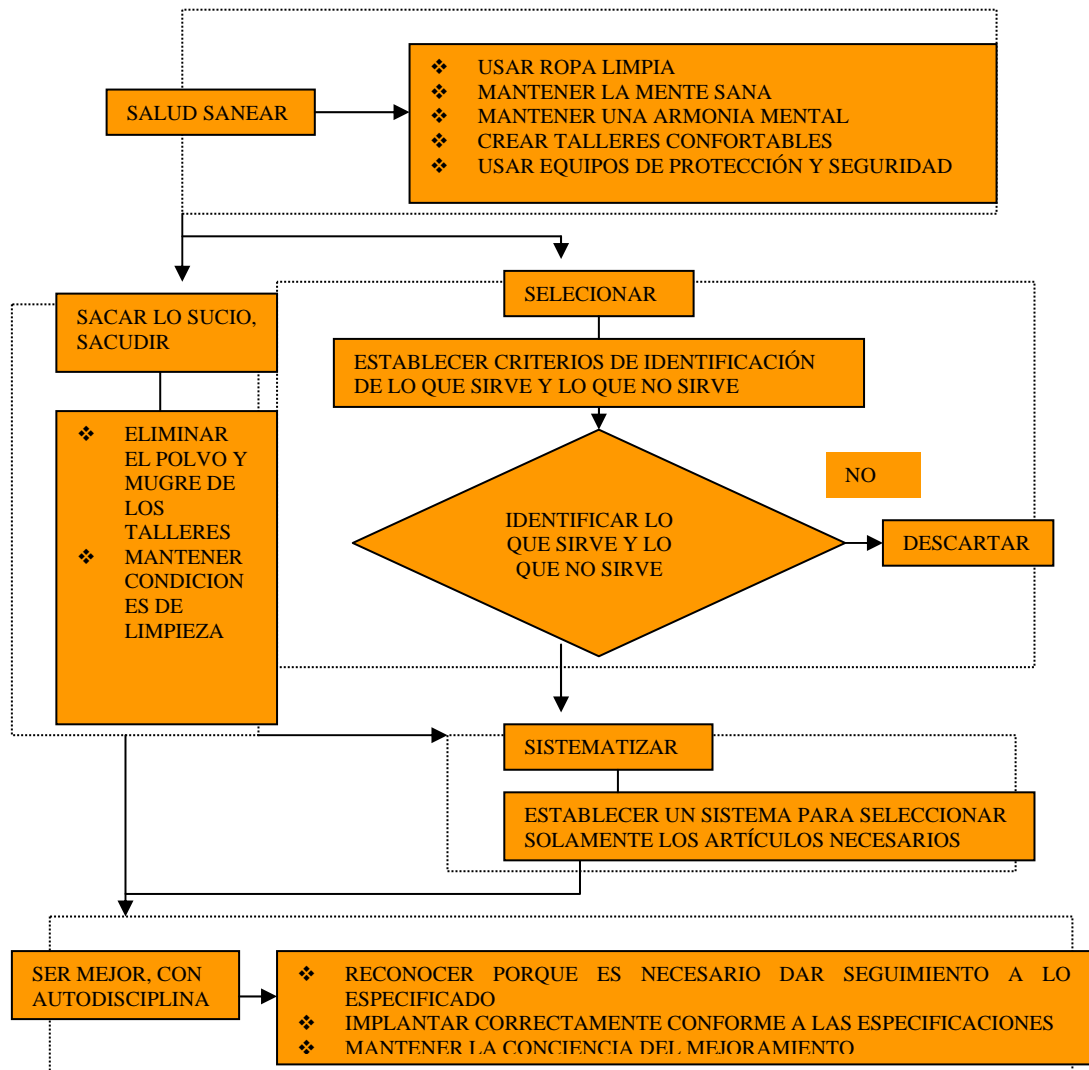


Figura 9.2.2 Secuencia de implantación de las 5's

Una limpieza profunda exige que el operario tenga contacto con cada una de las partes y componentes del equipo. Esta actividad produce un mayor interés para evitar que el equipo se ensucie nuevamente. En esta primera etapa, es posible que el operario no logre comprender inicialmente la importancia de la limpieza o que esta debe realizarla otro personal diferente a ellos. En un principio, la calidad de la limpieza no es la esperada, ya que no conocen hasta donde debe ir su responsabilidad de limpieza.

Para el caso de la sección piloto, es notable que algunos operarios dedican un poco de tiempo para limpiar o soplar aire comprimido sobre el equipo, pero sin comprender que este tipo de situaciones puede producir problemas serios al equipo. Por tanto, el personal de supervisión, mantenimiento y responsables superiores deben facilitar durante un tiempo (que puede llegar a ser prolongado) un soporte y directrices sobre la forma de realizar el trabajo de limpieza y deben ayudar a los operarios a comprender la limpieza como un trabajo de inspección. Con la experiencia, los operarios van comprendiendo los problemas que genera la contaminación y la importancia de su labor en la eliminación de sus causas.

Se debe enfatizar que el Mantenimiento Autónomo permite que el trabajo se realice en ambientes seguros, libres de ruido, contaminación y con los elementos de trabajo necesarios porque el orden de la sección donde se

aplica, la ubicación adecuada de las herramientas, medios de seguridad y materiales de trabajo, traen como consecuencia la eliminación de esfuerzos innecesarios por parte del operario, menores desplazamientos con cargas pesadas, reducir los riesgos potenciales de accidente y una mayor comprensión sobre las causas potenciales de accidentes y averías en los equipos.

Para facilitar, guiar y controlar la labor del operador se realizó un levantamiento de los datos especificados por los fabricantes de las máquinas que forman la sección de inyección así como varias sugerencias del personal mantenedor lo que dio como resultado los siguientes formatos que van acorde a esta etapa.



Semana del _____ del 20__		PLASTICOS DEL LITORAL S.A. CONTROL DE LUBRICACION Y ENGRASE												Cat. Dec. # N° 00000			
Sección:	Máquina:	Diario	Semanal	Mensual	Bimestral 1000h		Trimestral 1500h		Semestral 3000h			Anual 6000h					
			Engrase de Carril de Desplazamiento	Chequeo del Filtro de Aire	Chequeo de la Calidad del Aceite (Flecha de Neutralización)	Impresión de Filtros sobre el Tiro de Retorno del Aceite	Engrasar motor eléctrico	Engrasar bomba de Aceleración	Engrasar Cilindro Axial	Chequeo del Aceite del Reservoir Hidráulico (Flecha de Contaminación)	Chequeo y Limpieza del Tiro del Tanque	Limpieza del tiro de la bomba	Limpieza del tiro de Aire	Cambio de Aceite Hidráulico	Limpieza del tiro de aspiración	Cambio de filtro de la Bomba Hidráulica	Cambio de filtro de la Bomba Hidráulica
Día	Turno																
Lunes	1er																
Lunes	2do																
Martes	1er																
Martes	2do																
Miércoles	1er																
Miércoles	2do																
Jueves	1er																
Jueves	2do																
Viernes	1er																
Viernes	2do																
Sábado	1er																
Sábado	2do																
Domin.	1er																
Domin.	2do																
A1	OK	B1	Lubricante Insuficiente	C1	Temperatura Excesiva	D1	Presencia Fuga										
A2	Nivel Bajo	B2	Necesita Cambio	C2	Temperatura muy Baja	D2											
A3		B3	Necesita Limpieza	C3		D3											
A4		B4		C4		D4											

Tabla IX.II.II Control de lubricación y engrase

Estos estándares de limpieza y lubricación deben ser elaborados en gran tamaño como información visual útil para los operarios y ubicados muy cerca de los sitios de trabajo para facilitar su lectura y utilización.

Otra forma de empleo de los controles visuales para facilitar el trabajo de los operarios en las actividades de Mantenimiento Autónomo es implementando en la sección piloto la identificación de los puntos de lubricación de equipo con códigos de colores que facilitará al operario el empleo de las aceiteras del mismo color y evita la aplicación de otro tipo de lubricante al requerido. También se deben marcar con colores de fácil visualización los sentidos de giro de los motores, brazos de máquinas, válvulas, sentido de flujo de tuberías, etc., evitando deficientes montajes y accidentes en el momento de la puesta en marcha de un equipo.

A continuación se muestran tres formatos de auditorías diseñados para la sección piloto, uno para cada S que se aplica para este paso. Dentro de estos se puede apreciar que se da un rango de calificación y puntos específicos en donde centrarse al momento de hacer el control, facilitando así la manera de calificar y de poder revisar en que punto específico se hicieron avances.

<b>FORMATO DE AUDITORÍA DE PASO DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO SECCION PILOTO</b>							
<b>FECHA DE LA AUDITORIA:</b>							
<b>CRITERIO DE EVALUACION</b>							
5's	Instalación	RANGO					Calif.
		0	5	10	15	20	
<b>CLASIFICAR. (SEIRI)</b>	Algún objeto en el pasillo	Sí, muchas clases de polvo, basura y otros desperdicios	Puedes atravesar caminando pero esquivando obstáculos, y en vehículo no	Se encuentran objetos apilados en el pasillo	Objetos apilados en el pasillo pero hay letreros de precaución	No existen obstáculos en el pasillo	
	Áreas de trabajo (oficinas)	Objetos son dejados mas de un mes aleatoriamente	Objetos dejados hace mas de un mes pero no estorban especialmente en la esquina	Se dejan artículos que son utilizados en el mes pero no estorban	Se empieza a manejar el concepto justo a tiempo	Se implemento totalmente el concepto justo a tiempo	
	Escritorio, mesas o banco de trabajo	Se encuentra basura u objetos inservibles sobre, debajo o en los cajones	Se encuentran herramientas partes o inmobiliario inservibles	No se identifica lo que está listo para usarse y lo que no	Se encuentran los mismo objetos por una semana sobre la mesa de trabajo o el escritorio	Solo el número de artículos necesarios es almacenado	
	Repisas	Papelería y material de trabajo disperso o desordenado	Se encuentra papelería diagramas, planos o partes inservibles	Lugares para guardar definidos pero no utilizados	Lugares para guardar artículos definidos pero sin operación conveniente de entrada salida	Facilidad de coger y guardar por cualquier persona los artículos después del usarse	
	Almacén	No puedes entrar	Almacenamiento aleatorio	Lugar de almacenamiento definido pero no utilizado	Lugares para guardar artículos definidos pero sin operación conveniente de entrada salida	Se implemento totalmente el concepto justo a tiempo	
<b>TOTAL</b>							
<b>OBSERVACIONES:</b>							
<b>REALIZADA POR:</b>							

Tabla IX.II.II Formato de auditoría de paso del mantenimiento autónomo sección piloto – CLASIFICAR (SEIRI)

FORMATO DE AUDITORÍA DE PASO DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO SECCION PILOTO							
FECHA DE LA AUDITORIA:							
CRITERIO DE EVALUACION							
5's	Instalación	RANGO					Calif.
		0	5	10	15	20	
ORDEN. (SEITON)	Papelería	Papelería vieja y nueva almacenada conjuntamente y difícil de identificar	Artículos individuales difíciles de encontrar en pocos minutos	Lugar de almacenamiento definido pero no utilizado	Se puede acceder mecánicamente	Procedimientos de control visual en el sistema de archivos	
	Maquinaria	Aun se encuentra en la planta el equipo obsoleto y deteriorado	Están mezcladas las máquinas que sirven con las que no	Solo equipo funcional está en el piso	Al equipo se le da mantenimiento o por prioridades y frecuencia de uso	Se ubica visualmente sobre la maquinaria el programa de mantenimiento	
	Herramienta estacionaria	Aun se encuentra en la planta la herramienta obsoleta y deteriorada	Están mezcladas las herramientas que sirven con las que no	Solo herramientas funcionales están en el piso	A las herramientas se le da mantenimiento o por prioridades y frecuencia de uso	Se ubica visualmente sobre la herramienta el programa de mantenimiento	
	Ilustraciones, planos y diagramas	Diagramas viejos o papeles de desecho están esparcidos y revueltos	Diagramas utilizados están archivados	Diagramas rasgados y manchados son siempre reemplazados con nuevos diagramas	Cada diagrama es protegido con plástico para evitar rasgaduras	Existe un sistema de identificación de la ubicación del diagrama en 3 minutos	
	Componentes y partes	Mezcladas las que sirven y las que no	Se identifican por su localización las que sirven y las que no	Solo las que funcionan son almacenados para protegerlas de daños o corrosión	Se identifica la ubicación del almacenamiento para tener la identificación y el inventario correcto	Ayudas visuales para identificar claramente la ubicación y el estado	
<b>TOTAL</b>							
<b>OBSERVACIONES:</b>							
<b>REALIZADA POR:</b>							

Tabla IX.II.III Formato de auditoría de paso del mantenimiento autónomo sección piloto – ORDEN (SEITON)



FORMATO DE AUDITORÍA DE PASO DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO SECCION PILOTO							
FECHA DE LA AUDITORIA:							
CRITERIO DE EVALUACION							
5's	Instalación	RANGO					Calif.
		0	5	10	15	20	
LIMPIEZA. (SEISO)	Pasillos	Se encuentran tirados cigarrillos, colillas de cigarros, papeles, latas, otros	No se ve basura tirada pero hay basura y mugre	Se limpia cada mañana	Se limpia y se recoge cuando se ve sucio o con objetos	Se buscan alternativas para mantener los pasillos en buen estado	
	Talleres de trabajo / paredes y pisos	Se encuentran tirados cigarros colillas de cigarros, papales, latas y otros desperdicios	No se ve basura tirada pero hay polvo y mugre	Se limpia cada mañana	Se limpia y se recoge cuando se ve sucio o con objetos	Se buscan alternativas para mantenerlos en buen estado	
	Mesas, sillas y escritorios	Nunca se limpia porque hay muchas cosas encima	Hay mucho polvo y mugre sobre la mesa de trabajo o escritorio	Se limpia cada mañana	Se limpia no solo por fuera también los lados interiores	Cuando se van de la oficina deja todo despejado para limpiar	
	Ventanas, marcos, persianas o cortinas	Las persianas o cortinas están rotas y temporalment e parchadas	Las persianas están rasgadas y se les esta acumulando el polvo y la mugre	Las persianas están ligeramente dañadas pero tienen los marcos sucios	Las persianas y los marcos están muy limpios	Existe apropiada iluminación natural que ayuda a la salud.	
	Equipo, maquinaria	Algunas maquinas están oxidadas	No están oxidadas pero sí con mucha grasa y mugre	El área de operación esta limpia pero otras áreas aun no	No hay rebabas en el piso y el equipo se mantiene limpio	Un aparato que no permita la acumulación de rebabas es instalado	
<b>TOTAL</b>							
<b>OBSERVACIONES:</b>							
<b>REALIZADA POR:</b>							

Tabla IX.II.IV Formato de auditoría de paso del mantenimiento autónomo sección piloto – LIMPIEZA (SEISO)

### **9.3. ETAPA 2. ESTABLECER MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA LAS CAUSAS DE DETERIORO FORZADO Y MEJORAR EL ACCESO A LAS ÁREAS DE DIFÍCIL LIMPIEZA.**

En esta etapa se pretende que el trabajador descubra las fuentes profundas de la suciedad que deteriora el equipo y tome acciones correctivas para prevenir la contaminación, residuos, materiales extraños y sus fuentes, ya sean de otros procesos, fuera de la fábrica, equipos o materiales con los que se trabaja. Además toman mayor importancia las actividades De mejora continua o de mejora continua desarrolladas por los propios trabajadores que enfrentan las dificultades en la limpieza o el manejo de los procesos asignados

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. Los resultados se manifiestan en la mejora del sitio de trabajo, reducción de posibles riesgos y reducción del deterioro acelerado de los equipos debido a la contaminación y escapes.

La metodología que se debe emplear en esta segunda fase se apoya en los métodos de mejoras enfocadas y mejoras continuas de la calidad. Las actividades más frecuentes que se realizan tienen que ver con la eliminación

de escapes, fuentes de contaminación, excesos de lubricación y engrase en sitios de la máquina, derrames y contaminación. Por tanto, en la sección piloto se debe empezar observando cuidadosamente el área de trabajo para determinar qué piezas se ensucian, qué es lo que las ensucia y cuándo, cómo y porqué se ensucian. Es necesario para que el trabajador desarrolle una habilidad para comprender los problemas y desarrollar ideas de mejora, el uso de dibujos, esquemas o fotografías que muestren la localización de la contaminación, escapes, partículas, humos, nube de aceite, polvo, vapor y otros. Un estudio estadístico sobre los tipos de escape o fallas será de utilidad para identificar las principales causas.

En las siguientes fotografías tomadas a las máquinas de la sección piloto es fácil constatar las partes en donde se detectan los puntos donde frecuentemente se debe limpiar



Figura 9.3.1 Punto de frecuente limpieza – material de desecho



Figura 9.3.2 Punto de frecuente limpieza – puntos de fugas de agua

El plan en el que se establecen las medidas preventivas debe ser publicado en los tableros de control tipo Kaizen para facilitar su seguimiento, además debe apoyarse con la utilización de ayudas visuales y Karakuri Kaizen como elementos de mejora del control de los equipos, y que permiten identificar fácilmente la forma como se debe conservar el equipo.

Como paso final, se deben revisar los estándares de limpieza establecidos en la etapa uno.

#### **9.4. ETAPA 3. PREPARACIÓN DE ESTÁNDARES PARA LA LIMPIEZA E INSPECCIÓN.**

Esta etapa es un refuerzo de aseguramiento de las actividades emprendidas en las etapas 1 y 2, porque basados en la experiencia adquirida en las etapas anteriores, corresponde preparar estándares claros y fáciles de realizar con especificaciones del tiempo disponible, las tareas diarias y periódicas para inspección; con el propósito de mantener y establecer las condiciones óptimas del estado del equipo.

Se busca crear el hábito del cuidado de los equipos mediante la elaboración y utilización de estándares de limpieza, lubricación y apriete de tornillos, pernos y otros elementos de ajuste; busca prevenir deterioro del equipo manteniendo las condiciones básicas de acuerdo a los estándares diseñados. Estos estándares en lo posible deben ser preparados por el operador una vez se haya capacitado para realizar esta labor.

Como consecuencias del involucramiento del operario, se obtiene como beneficio evitar desgastes predecibles, lograr una operación sin errores, una mayor conciencia de la necesidad de trabajar con estándares y el respeto hacia el equipo y su medio. Además participará efectivamente en todas las

actividades de cuidar el equipo, iniciando su intervención desde el mismo momento en que prepara las normas de cuidado de los equipos.

Los estándares incluyen tareas de limpieza, inspección y lubricación; y deben emplear diagramas o esquemas que indiquen con un código numérico la pieza o elemento de la máquina que se debe inspeccionar y sus condiciones de chequeo, así como los puntos de inspección o de presencia potencial de Fallas o problemas; además se deben tener en cuenta las 5W y 1H ( de las iniciales en inglés de las palabras ¿Dónde?, ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Por qué?, ¿Quién?, y ¿Cómo?) .

La información mínima que debe aparecer en estos estándares es la siguiente:

- Elementos de los equipos que se deben inspeccionar.
- Puntos donde se podrían presentar problemas en el equipo debido a la suciedad, aflojamiento de pernos y lubricación insuficiente.
- Método de inspección de la limpieza, apriete y lubricación. Se sugiere emplear iconos o gráficos para facilitar la interpretación del estándar.
- Herramientas. El estándar deberá indicar el tipo de instrumento que se debe utilizar para realizar la labor que se estandariza.

- Tiempo. Este punto tiene que ver con el tiempo que debe tomar la realización de la actividad estandarizada. Es posible que el primer estándar elaborado no lo contenga.
- Contenga los tiempos óptimos. Estos se lograrán con la práctica y el empleo del pensamiento Kaizen y de mejora continua de estándares.
- Frecuencia. Se decide la frecuencia de inspección para cada elemento o punto clave del equipo, ya sea anual, mensual, semanal o diaria.
- Responsable. Se debe asignar un líder para cada una de estas tareas para asegurar que estas se realizarán completamente.

Una forma de hacer un formato general de trabajo para las tareas de limpieza, inspección y lubricación es como en el que se muestra a continuación, en el cual se puede marcar en la gráfica los puntos de interés así como llenar la información necesaria.


<b>Instrucción de Mantenimiento</b>		Cat. Doc.
<b>Sección:</b>	<b>Actividad:</b>	
<b>Máquina:</b>	<b>Tiempo Patrón:</b>	
<b>Instrucciones</b>		
Código	Descripción	
		
	<b>Elementos del equipo a inspeccionar</b>	
	<b>Puntos de posibles problemas</b>	
	<b>Método de inspección de la limpieza, apriete y lubricación</b>	
	<b>Herramientas necesarias</b>	
	<b>Tiempo empleado</b>	
	<b>Frecuencia</b>	
	<b>Responsable</b>	

Tabla IX.IV.I      Instrucción de mantenimiento - inyectora



Este formato para el caso en particular de la revisión de los moldes de la sección de inyección es de la siguiente forma:

<b>Instrucción de Mantenimiento</b>		Cat. Doc.
Sección:	INYECCION	Actividad: REVISIÓN DE MOLDE
Máquina:	TODAS LAS INYECTORAS	Tiempo Patrón: 30 minutos
<b>Instrucciones</b>		
Código	Descripción	
		
	<p><b>Elementos del equipo a inspeccionar:</b></p> <p style="text-align: center;">CAVIDADES, PIEZAS, RESISTENCIA</p> <p><b>Puntos de posibles problemas:</b></p> <p>BRILLO DEL MOLDE, DAÑOS EN SUS CAVIDADES, TAPONAMIENTO DE CONDUCTOS, FALLAS EN LA CONECCION DE LA RESISTENCIA</p> <p><b>Método de inspección de la limpieza:</b></p> <p>OBSERVACION DE CADA UNA DE SUS PARTES Y SU CONDICIÓN FISICA. USO DE HERAMIENTAS ADECUADAS, ASEGURARSE QUE LA MÁQUINA ESTÉ APAGADA EN EL INSTANTE DE LA INSPECCIÓN, LIMPIAR SUS CAVIDADES Y COLOCAR ANTIADHERENTE, INFORMAR AL JEFE DE MANTENIMEINTO DE ALGUNA ANORMALIDAD</p> <p><b>Herramientas necesarias:</b></p> <p>Lija, aceite, waípe, grasa, antioxidante, antiadherente, juego de llave boca corona, destornilladores</p> <p><b>Tiempo empleado:</b></p> <p><b>Frecuencia:</b> ANTES Y DESPUES MONTAR O DESMONTAR EL MOLDE EN LA MAQUINA</p> <p><b>Responsable:</b> OPERADOR</p>	

Tabla IX.IV.II Instrucción de mantenimiento - molde

Así como en los pasos anteriores se empleó estrategia de las 5S, en esta etapa se utilizan dos últimas S con el objeto de garantizar disciplina y respeto de los estándares. Es por esa razón que se diseñaron para la sección piloto los siguientes formatos correspondientes realizar una auditoría de paso:

FORMATO DE AUDITORÍA DE PASO DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO SECCION PILOTO							
FECHA DE LA AUDITORIA:							
CRITERIO DE EVALUACION							
5's	Instalación	RANGO					Calif.
		0	5	10	15	20	
LIMPIEZA ESTANDARIZADA. (SEIKETSU)	Seguridad en corredores y pasillos	Faltan líneas indicadoras para el piso de los trabajadores	Áreas de tránsito y almacenaje claramente distinguidas	Líneas de color instaladas	Pasillos siempre limpios y de aspecto confortable	Cualquiera que entre identifica fácil su camino	
	Piso	Derrames o charcos de agua o aceite	Manchado por fugas de aceite	Limpiarlo en el acto al derramar aceite, pero hay huecos sin reparar	Cuenta con aparatos para prevenir los derrames de aceite	Las áreas reparadas son casi irreconocibles gracias a la pintura	
	Mesa y sillas de trabajo	Se encuentran sucias para ser usadas o sentarse	Ocupadas algunas veces, pero no invitan a sentarse	Poco manchadas pero preferiría no sentarse	Cualquiera puede usarlas o sentarse en ellas	Se puede recibir con orgullo a los clientes que las use y se siente.	
	Área de las maquina vendedoras	Piso o sillas y mesa sucios	Mal olor aunque el lugar este limpio	Ambiente limpio y sano	Suficiente luz, ventilación y temperatura agradable, además de silencioso	Todo funciona bien, parece comedor nuevo	
	Ambiente, luz, ventilación	No confortable para trabajar, poca luz, ruidoso y caliente.	Tiene las mínimas condiciones necesarias para trabajar	Se puede trabajar todo el año sin ninguna incomodidad	Suficiente ventilación temperatura y humedad para trabajar	Todo funciona bien como en la propia casa	
	Baños	Sanitarios y pisos sucios	Mal olor aunque el lugar esta limpio	Sanitarios limpios e higiénicos	Suficiente luz y ventilación antiolores	Buen funcionamiento y atmósfera como en casa	
<b>TOTAL</b>							
<b>OBSERVACIONES:</b>							
<b>REALIZADA POR:</b>							

Tabla IX.IV.III Formato de auditoría de paso del mantenimiento autónomo sección

piloto – LIMPIEZA ESTANDARIZADA (SEIKETSU)

FORMATO DE AUDITORÍA DE PASO DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO SECCION PILOTO							
FECHA DE LA AUDITORIA:							
CRITERIO DE EVALUACION							
5's	Instalación	RANGO					Calif.
		0	5	10	15	20	
DISCIPLINA. (SHITSUKE)	Entendimiento de las 5 's	No se entiende porque se necesita 5's	Una vez explicadas se apegan a las instrucciones	Entendimiento de la meta de la empresa	Se siguen las metas de la empresa y es desplegada en cada trabajador	Se establecieron metas propias de que hacer y como hacer	
	Vestido / uniforme	Uniformes o ropa sucia	Algunas veces se encuentran uniformes rotos o desabrochados	Siempre se usa identificación en las áreas especificadas	Uniformes y zapatos siempre limpios	Se limpia incluso las suelas de los zapatos para mayor calidad del producto	
	Comportamiento / actitud	Se fuma al caminar	No se observa personal fumando pero se encuentran colillas	Ceniceros preparados solo en las áreas especiales	Ceniceros grandes llenos de agua	Solo se fuma a las horas y en los lugares especificados y se mantienen siempre limpios	
	Conciencia del tiempo	A nadie le importa la puntualidad	Cierto personal aun no tiene conciencia de la puntualidad	Cuando no se puede cumplir el itinerario, a todos se les avisa anticipadamente	Se exige puntualidad tanto para empezar como para terminar las juntas	Siempre puntuales tanto para juntas como para cualquier otra cosa	
	Implementación de las 5's	Se ignora como implementar los procedimientos de las 5's	Limpian a veces	Las 5's han sido explicadas y se comprende la forma de implementarla	Las metas de las 5's se implementan después de la instrucción o entrenamiento	Concepto de implementación controlados visualmente	
<b>TOTAL</b>							
<b>OBSERVACIONES:</b>							
<b>REALIZADA POR:</b>							

Tabla IX.IV.IV Formato de auditoría de paso del mantenimiento autónomo sección piloto – DISCIPLINA (SHITSUKE)

## **9.5. ETAPA 4. INSPECCIÓN GENERAL ORIENTADA**

En las etapas anteriores se implantaron actividades orientadas a la prevención del deterioro a través de la mejora de las condiciones básicas de la planta; en la 4 y 5 se pretende identificar tempranamente el deterioro que puede sufrir el equipo con la participación activa del operador, lo que requiere de conocimiento profundo sobre la composición del equipo, elementos, partes, sistemas, como también sobre el proceso para intervenir el equipo y reconstruir el deterioro identificado.

En estas inspecciones deben producirse acciones de mejora que eviten la reincidencia de los problemas identificados mediante las acciones de inspección general, por lo que las inspecciones iniciales las realiza el operador siguiendo las instrucciones de un tutor especialista.

Para la implantación de la etapa cuatro del mantenimiento Autónomo en la sección piloto implica implantar un proceso concreto de mejora que contiene las siguientes fases:

- Preparar el programa de formación para operarios dirigido a lograr un alto conocimiento sobre métodos de inspección.

- Desarrollar el programa de formación empleando la metodología aprender haciendo
- Entrenamiento y adquisición de nuevo conocimiento para obtener recursos para inspeccionar profundamente el equipo.
- Desarrollo de las primeras inspecciones con tutor. En esta oportunidad los expertos de mantenimiento podrán apoyar esta clase de tareas.
- Realizar reparaciones e intervenciones livianas con la ayuda del tutor.
- Realizar el trabajo de inspección del equipo según un plan de rutinas de inspección periódica, en forma similar como lo realiza el experto de mantenimiento siguiendo el Ciclo Deming
- Evaluación de resultados, desarrollo de intervenciones y mejora del equipo.

Esta etapa es la de mayor contenido de formación y dependiendo del nivel inicial de los trabajadores puede considerarse la de mayor tiempo necesario para su implantación.

Debido a que existe la facilidad de usar un aula para entrenamiento en PLASTLIT S.A. se pueden desarrollar programas de formación técnica para operarios con los contenidos siguientes:

- Principios de elementos de máquinas
- Física y dinámica de maquinaria
- Mediciones básicas

- Sistemas neumáticos e hidráulicos
- Lubricación
- Introducción a la electricidad
- Electrónica básica
- Seguridad en el trabajo
- Estandarización de operaciones
- Simbología eléctrica, mecánica e instrumentación
- Métodos de inspección

Los operarios deben conocer durante el entrenamiento: la estructura interna de los equipos, el funcionamiento de las máquinas y los problemas que se pueden presentar en su operación, perjuicios causados por el depósito de polvo y mala limpieza, falta de apriete en tornillos y pernos, los problemas que se presentan con la falta de conservación de la lubricación. Obteniendo como resultado final un operador que conoce la forma de eliminar el polvo y suciedad del equipo, los métodos de lubricación, cantidad y periodicidad, como también la forma correcta de mantener apretados los elementos de fijación y el uso de las herramientas empleadas para el apriete.

En cada uno de estos programas se debe inculcar un cambio cultural en el concepto: "yo fabrico y tu conservas el equipo", en lugar de "yo cuido mi

equipo". Para lograrlo es necesario incrementar el conocimiento con el desarrollo de las siguientes capacidades en los operarios:

*1. Capacidades para descubrir anormalidades.*

No se pretende que el operario solamente detecte paradas del equipo o problemas con la calidad del producto. Se trata de crear una capacidad para descubrir tempranamente las posibles causas de un problema en el proceso previniendo anormalidades futuras.

*2. Capacidades para la corrección inmediata en relación con las causas identificadas.*

Con corrección el equipo puede llevarse a las condiciones de funcionamiento original o normales. Por lo tanto, el operario debe conocer y contar con las habilidades para tomar decisiones adecuadas, informando a los niveles superiores o a otros departamentos involucrados en la prevención del problema.

*3. Capacidad para establecer condiciones*

Cuando se desarrolla la capacidad para descubrir anormalidades, estas dependen de las condiciones y situaciones específicas, por lo tanto, el operario debe saber definir cuantitativamente el criterio para juzgar una situación normal de una anormal. No se puede contar con un trabajo exacto medido en cantidades exactas para decidir la situación del equipo. Es necesario crear habilidades para juzgar hasta donde se puede llegar a producir fallos potenciales en el equipo.



#### 4. Capacidad para controlar el mantenimiento

Se trata de que el operario pueda cumplir en forma exacta las reglas establecidas, no solamente detectar los fallos, corregirlos o prevenirlos. Se trata de respetar rigurosamente las reglas para conservar impecable el equipo.

La tabla siguiente presenta un listado que ayuda a la detección de inconvenientes:

<b>LISTADO PARA LA DETECCIÓN DE INCONVENIENTES</b>		
	<b>Inconvenientes</b>	<b>Detalle del inconveniente</b>
<b>Fallas pequeñas</b>	Por suciedad	Polvo, basura, aceite, óxido, mancha
	Por trepidación	Corrosión, desgaste, deformación, etc.
	Por anormalidad	Ruido anormal, calentamiento, vibración, olor extraño, alteración del color, presión, corriente eléctrica
	Por adherencia	Obstrucción, fijación, acumulación, despegado, problemas en el movimiento
	Por daño	Ralladura, aplastado, deformación alta
<b>Condiciones básicas</b>	De lubricación	Falta de aceite, aceite sucio, no se conoce el tipo de aceite, aceite inapropiado
	De suministro de lubricante	Daños por deformación de la boquilla, tapada debido al mugre,
	Medidor de nivel	Suciedad, daños, no posee indicador, no se aprecia la marca de mínimos y máximos
	Ajustes y aprietes tapa de sitio de suministro	Mala colocación de tapa, excesivo apriete, corrosión, falta arandela, desgaste

<b>Lugar difícil de acceder</b>	Para limpieza	Estructura de la máquina, protecciones, posiciones, espacio
	Para inspección	Estructura, posicionamiento, ubicación de aparatos de medida, falta de indicaciones adecuadas
	Para lubricación	Posición de la boca de lubricación, altura, orificio de salida de aceite descartado, espacio
	Para apriete de tuercas y otros	Protecciones, tamaño, apoyo, espacio
	Para operación	Posición de la máquina, controles, válvulas, interruptores
	Para regulación	Mal ubicado el manómetro, medidor sin escalas y tolerancias permitidas, no se marcan condiciones críticas y de seguridad en los instrumentos

Tabla IX.V.I Listado para la detección de inconvenientes

Los instrumentos clave y ayudas necesarias para que la etapa cuatro se implante con éxito son:

- Elaboración del manual de inspección general
- Mejora del conocimiento de los operarios con lecciones de un punto y acciones de tutoría por expertos.
- Auditoría y evaluación del grado de conocimiento adquirido por el operario.
- Control sobre el desarrollo de competencias y habilidades de los operarios para reforzar o ajustar su trabajo.
- Auditoría de la etapa.

Para la sección de inyección de PLASTLIT se elaboró el Manual y Programación de Inspecciones, así como las guías de engrase y lubricación que se muestra a continuación:

Documento #

Plásticos del Litoral S.A.

## **Manual y Programación de Inspecciones del Mantenimiento del Departamento de Inyección**

### **Inyectora Cincinnati**

Los siguientes párrafos incluyen procedimientos de mantenimiento preventivo e inspecciones, las frecuencias en las que ellos deben ser ejecutados, y las acciones correctivas que puedan ser necesarias.

### **Mantenimiento e Inspecciones Diarias**

Las siguientes inspecciones deben ser ejecutadas diariamente.

#### *Sistema Hidráulico*

1. Revise el nivel del reservorio del sistema de lubricación automática (medidor localizado en la parte frontal del tanque), y el aceite aprobado que necesite. (H-LP 36 de acuerdo a la DIN 51 525).

### **ATENCIÓN**

El Sistema de Lubricación Automático BIJUR, no debe funcionar sucio. Errores en el seguimiento de estas instrucciones resultarían en daños a la máquina.

2. Revisar el nivel de aceite en el reservorio hidráulico y las especificaciones CM del aceite hidráulico P-69 como sean requeridas.
3. Monitoree la temperatura del aceite hidráulico en el reservorio. Ejecute medidas correctivas si la temperatura sube por encima de los 130 °F (54 °C).
4. Inspeccione la máquina por fugas, corrija algunas fugas a la vez.

#### *Componentes Mecánicos*

1. Revise la puerta y las guardas de seguridad para una operación apropiada.

### **ADVERTENCIA**

Efectúe los siguientes procedimientos cada 8 horas.

1. Abra la puerta de seguridad solamente lo suficiente para relajar los dispositivos eléctricos e hidráulicos de seguridad.
2. Quitar el aviso para operar el switch limitador con la puerta cerrada (usar la leva seguidor montado debajo del carril de la puerta inferior y la válvula de la puerta hidráulica.)

3. Setee la prensa para una operación parcial o completamente automática.
  4. Opere manualmente el switch limitador 1 LS de la puerta de seguridad; la prensa no debería moverse.
  5. Opere manualmente la válvula de la puerta hidráulica con 1 LS relajado; prensa no se debería mover.
  6. Opere manualmente 1 LS y la válvula de la puerta hidráulica. Después de que la prensa comienza a moverse adelante, suelte 1 LS. La prensa regresaría a la posición abierta.
  7. Opere manualmente 1 LS y la válvula de la puerta de seguridad. Después de que la prensa comience a moverse adelante, suelte la válvula de la puerta hidráulica. La prensa se parará. Después de que la prensa se para suelte 1 LS. La prensa regresaría a la posición abierta.
  8. Revisar el switch limitador de la guarda cercana, abra la guarda cercana. Setee la prensa para operar parcial o completamente automático. Cierre la puerta frontal. La prensa no se debería mover.  
Fallas en el seguimiento de estas instrucciones podrían resultar en serios daños personales.
2. Revisar los pernos de anclaje del molde y apriete cuanto sea necesario. Revisar las mangueras y otros accesorios de los moldes.

#### *Mantenimiento Eléctrico*

1. Revisar los magnetos elevadores (si están equipados) al final de cada día o cambio de material.
2. Revisar todos los switches y los tornillos de ajuste de posición.
3. Revisar el funcionamiento de las luces de secuencia del solenoide, las luces indicadoras, reemplace las partes defectuosas en el panel de control.
4. Revise por interferencias mecánicas con cables, pernos, etc.
5. Revise el funcionamiento apropiado de las seguridades eléctricas.

#### *Lubricación*

1. Reservorio del lubricador de varilla de deformación automática: rellene cuanto sea necesario con grasa( ej: MOBIL EPIX W ). Este sistema de lubricación nunca debe estar sucio.
2. Lubricar los componentes del sistema eyector con grasa (ej. MOBIL EPIX W).
3. Revisar las dos alarmas indicadoras de filtro de aceite hidráulico sucio.

## **Mantenimiento e Inspecciones Semanales**

Las siguientes inspecciones deben ser ejecutadas semanalmente.

### *Sistema Hidráulico*

1. Ruidos en la bomba: revise en caso de ruidos inusuales durante el funcionamiento de la máquina y en vacío. Una guía general para el mantenimiento del sistema hidráulico es incluida bajo el punto 3.
2. Revise los filtros hidráulicos de alta presión (características como el color codificado, indicador) usando las instrucciones de operación y mantenimiento encerradas. Cuando lo haga, apague la máquina y cierre la válvula de paro del tanque.  
Este filtro es empleado para filtrar el aceite que viene del Circuito eyector Hidráulico y el Núcleo de Tracción.
3. Problemas hidráulicos invariablemente empeoran de forma progresiva y no mejoran, de allí que deberían ser corregidos en el menor tiempo para evitar daños en la máquina. Experiencias han mostrado que aceite sucio es la mayor causa de fallas en sistemas hidráulicos. Excesivas fugas reducen la eficiencia, resultando en pérdida de potencia. Hay 3 causas primarias para pérdidas:
  - a. Pérdidas de empates y conexiones por golpes y vibraciones.
  - b. Desgaste de sellos y componentes de acoplamiento.
  - c. Deterioro de las partes de caucho debido a elevadas temperaturas del fluido o por causa de una incompatibilidad con el fluido hidráulico.
 Como una regla de pulgar, la vida de los sellos es dividida por 11 °C de ascenso.

### *Componentes Mecánicos*

1. Revise todos los accesorios y equipos auxiliares.
2. Revisar los niveles de presión. También chequear los indicadores de marcha. Si las condiciones son estables y no requieren ajustes por un período de 4 semanas, este chequeo debe hacerse en un intervalo mensual.

### *Mantenimiento Eléctrico*

No hay procedimientos de mantenimiento eléctrico con una frecuencia semanal.

### *Lubricación*

1. Revisar el sistema de lubricación entero para un apropiado funcionamiento y efectiva acción de lubricación.
2. Lubricar los rodamientos de las puertas de seguridad con aceite lubricante de propósito general.

3. Engrasar las unidades de switch limitadores y dispositivos potenciómetros.

### **Mantenimiento Mensual**

#### *Sistema Hidráulico.*

No hay procedimientos de mantenimiento con una periodicidad mensual.

#### *Componentes Mecánicos*

1. Revisar la varilla de esfuerzo por muescas. Limpiar las líneas de lubricación si hay evidencia de bloqueo o una razón de flujo lenta. Bloqueo es evidencia de una ruptura de disco en la unidad de lubricación.
2. Revisar los mecanismos de seguridad.

#### *Mantenimiento Eléctrico*

1. Revise los bloques de fusibles para confirmar que estos están en buen estado y tiene buen contacto eléctrico con los bloques.
2. Revisar los switches limitadores y las levas para una apropiada alineación y desgaste. Los switches de brazos enrollables los cuales no hacen un completo contacto con las levas se desgastarías prematuramente.
3. Revise los voltajes en los transformadores (primario y secundario). Bajo voltaje causaría acción errática de relays y solenoides.
4. Con la máquina apagada, manualmente active todos los relays y contactores para encontrar signos de daños mecánicos.
5. Revise la temperatura en las conexiones del motor. Calor excesivo indica una conexión floja.
6. Revise las bandas de calentamiento para estar seguro de que existe un buen contacto. La expansión y contracción de los calentadores produce pérdidas en las bandas, reduciendo su conductividad resultando en una baja eficiencia.

#### *Lubricación*

No hay procedimientos de mantenimiento con una frecuencia mensual.

### **Mantenimiento Trimestral o cada 1500 horas de operación**

#### *Sistema Hidráulico*

1. Limpiar fuertemente la entrada de la bomba.
2. Revisar los sellos de aceite en la unidad de inyección.
3. Chequear la el empaquetamiento, los pernos y ajustes necesarios de la prensa.

### *Componentes Mecánicos*

No hay procedimientos de mantenimiento que requieran una atención trimestral.

### *Mantenimiento Eléctrico*

1. Cuidadosamente revisar todas las conexiones y terminales con particular atención a aquellos sujetos a golpes, vibraciones u otro movimiento.
2. Chequear todos los contactos, puntos, timers, etc. Para una operación apropiada. No use abrasivos para la limpieza de los contactos
3. Revisar que los timers y los controladores de temperatura para una correcta operación.

### *Lubricación*

1. Engrasar los motores eléctricos. Ej. MOBILUX 2
2. Engrasar los acoples del motor con grasa de propósito general, por ejemplo MOBILUX 2.

## **Mantenimiento Semestral o cada 3000 horas de operación**

### *Sistema Hidráulico*

1. Cambiar el aceite hidráulico y limpiar el tanque. Esto debería ser hecho aproximadamente cada 3 meses pero la periodicidad la debe determinar los resultados del análisis de aceite. Apropiaada atención a los sistemas de filtros acrecentaría el tiempo entre cambios. Para drenar el tanque, una conveniente válvula de salida es provista en el extremo final del tanque. El fondo del tanque debería ser limpiado con solventes comerciales recomendados por su proveedor de aceite.
2. Desensamble el respiradero de aire localizado en la parte superior del reservorio y límpielo, si es necesario.
3. Revise todos los seteos de presión en las líneas hidráulicas.

### *Componentes Mecánicos*

No hay procedimientos de mantenimiento que requieran una atención semestral.

### *Mantenimiento Eléctrico*

No hay procedimientos de mantenimiento que requieran una atención semestral.



### *Lubricación*

No hay procedimientos de mantenimiento que requieran una atención semestral.

### *Mantenimiento Anual*

Los niveles de la máquina debería ser revisados una vez al año, chequear su funcionamiento, tornillo en busca de ralladuras y signos de fatiga.

### **Inyectora MIR**

- Cada 5000 horas aproximadamente de trabajo es necesario cambiar totalmente el aceite.  
La salida del aceite contenido en el depósito se efectúa a través del tapón inferior colocado en proximidad a la moto bomba.  
Es una buena norma, antes de efectuar el llenado con aceite nuevo, proceder a un cuidadoso lavado del depósito retirando las tapas de protección.
- Cada 2500 – 3000 horas desmontar el filtro de aspiración situado debajo de la tapa, a la entrada de la toma de aspiración de aceite, lavarlo o cambiarlo.
- Cada 1000 – 1500 horas limpiar el filtro de retorno situado encima de la tapa de l depósito.
- Cada 1000 – 1500 horas limpiar el filtro de aire.

### **Inyectora Negri Bossi**

- Cada 100 horas de trabajo haga el control del funcionamiento de los dispositivos de seguridad en cada modo de funcionamiento (manual, semi -automático y automático).

*Ciclo Manual.*-\_con la protección abierto girando el selector en la posición de cierre de molde, el plato móvil debe quedarse parado.

*Ciclo Semi – Automático.*- Con la protección abierta, si se aprieta el pulsador que manda la continuación del ciclo, el plato móvil debe quedarse parado.

*Ciclo Automático.*- Con la protección abierta, la prensa nunca debe reanudar el ciclo.

Para los tres tipos de ciclos si se abre la protección durante la fase de cierre de molde, el plato móvil debe pararse inmediatamente.

Las guías de las protecciones deslizantes no deben de tener juego de tal manera que asegure el buen funcionamiento de los finales de carrera eléctricos y el dispositivo de seguridad hidráulica.

Las operaciones de montaje y desmontaje de molde deben ser efectuadas con la máquina puesta en ciclo manual

### **Dispositivo de velocidad de extracción ajustable( Lento Veloz Lento)**

Ajuste oportunamente la velocidad inicial para evitar desgarres durante la separación de dos mitades del molde; mientras que ajustar la velocidad final evite el impacto de los vástagos extractores con la pieza y se efectúe a una velocidad que pueda provocar roturas.

### **Regulación de la Baja presión de cierre de Molde**

Para el mejor funcionamiento del dispositivo de protección de molde el tarado de la baja presión debe ser mantenido al mínimo valor posible

### **Protección de la boquilla**

Para evitar infortunios durante la inspección de la boquilla la máquina está equipada con una protección; si esta se encuentra abierta, el final de carrera no se acciona, interrumpiendo el movimiento del conjunto de inyección.

### **Presión final de Inyección**

Se aconseja regular esta presión al valor mínimo indispensable con el fin de reducir el consumo de electricidad y mantener baja la temperatura del aceite

### **Inyectora Sandretto**

- Se debe efectuar un cambio completo cada 6000 horas de funcionamiento.
- Debe llenarse de grasa para cojinetes cada 1500/2000 horas de trabajo.

Documento #

Plásticos del Litoral S.A.

## GUÍA DE ENGRASE Y LUBRICACIÓN

## INYECTORA MIR

Descripción	Lubricante / Disolvente		Frecuencia	Observaciones
	Marca	Tipo		
Sistema Hidráulico	AGIP SHELL	OSO 46 TELLUS OIL		Hasta el máximo marcado
Lubricación	AGIP SHELL	BLASIA 320 OMALA OIL 320		
Puntos de Engrase	AGIP SHELL	GR MU2 ALVANIA EP 1-2		
Instalación de Aceite Diatérmico	AGIP SHELL	ALARIA 3 THERMIA B		
Instalación Neumática	AGIP SHELL	ASP C 32 TORCULA OIL 32		
Prensa	AGIP	F1 OSO 46		

Tabla IX.V.II Guía de engrase y lubricación – Inyectora MIR

Documento #

Plásticos del Litoral S.A.

## GUÍA DE ENGRASE Y LUBRICACIÓN

## INYECTORA SANDRETTO

Descripción	Lubricante / Disolvente		Frecuencia	Observaciones
	Marca	Tipo		
Cambio de Aceite Hidráulico	AGIP	OSO 68	6000 h	Hasta el nivel señalado
	BP	ENERGOL HLP 68		
	ESSO	NUTO H 68		
		NUTO HP 68		
	GULF	HARMONY 68 AW		
	MOBIL	MOBIL DTE 26		
	SHELL	TELLUS OIL 68		
TELLUS OIL S 68				
TOTAL	ASOYA 68			
Lubricación con Válvulas distribuidoras	AGIP	EXIDIA 220		
	BP	MACCURAT 220		
	ESSO	FEBIS K220		
	GULF	GULFWAY 220		
	MOBIL	MOBIL VACTRA OIL N4		
	SHELL	TONNA OIL T220		
TOTAL	DROSER A MS220			
Cojinete Axial (Grasa)		OLIMETE LI/3	1500 a 2000h	
Lubricación de la Boquilla	Bisulfuro de Molibdeno			Para recubrir el hilo de la rosca

Tabla IX.V.III Guía de engrase y lubricación – Inyectora Sandretto

Documento #

Plásticos del Litoral S.A.

## GUÍA DE ENGRASE Y LUBRICACIÓN

## INYECTORA NEGRI BOSSI

Descripción	Lubricante / Disolvente		Frecuencia	Observaciones
	Marca	Tipo		
Sistema Hidráulico - Prensa	ESSO ESTANDAR	NUTTO H48		
Chequear Nivel de Aceite			diaria	Mantener siempre al máximo
Cambio de Aceite			5000 horas	Sustituya la carga total(150 Kg.) Efectúe limpieza del Tanque y de los filtros de aspiración y de recarga previo al relleno.
Limpieza de filtros sobre el tubo de retorno de aceite	Tricloroetileno, Petroleo, etc		1000 horas	Finalice la limpieza con un chorro de aire, para expulsar eventuales residuos
Limpieza de Filtro de aspiración	Tricloroetileno, Petroleo, etc		5000 horas	Finalice la limpieza con un chorro de aire, para expulsar eventuales residuos

Tabla IX.V.IV Guía de engrase y lubricación – Inyectora Negri Bossi

Para evaluar al operario en su labor se elaboró el siguiente formato:

## EVALUACIÓN DE PERSONAL

NOMBRE: \_\_\_\_\_

CARGO: \_\_\_\_\_

FECHA DE LA EVALUACIÓN: \_\_\_\_\_

FECHA DEL REPORTE: \_\_\_\_\_

PUNTAJE OBTENIDO: \_\_\_\_\_

CALIFICACIÓN: \_\_\_\_\_

ITEM	CALIFICACIONES																		
	MALO					REGULAR					BUENO					EXCELENTE			
1. CALIDAD DEL TRABAJO: Es su trabajo completo, preciso, nítido y cumple con las normas de calidad?	1	2	3	4	5	6	7.5	8	9	10	11	12	13	14	15				
	Nunca satisface los requisitos. Descuidado. Acepta materiales y productos terminados de mala calidad y no lo informa. No le interesa hacer un trabajo de buena calidad.																		
2. CANTIDAD DEL TRABAJO: Como es su volumen de trabajo: normal, satisfactorio, superior a lo normal?	1	2	3	4	5	6	7.5	8	9	10	11	12	13	14	15				
	Volumen bajo. Lento. No entrega los trabajos a tiempo. Trabaja rápido cuando lo están supervisando. Malicioso. Tendencia a la lentitud. Su rendimiento podría ser mejor.																		
3. CONOCIMIENTO DEL TRABAJO: Conoce todas las fases del trabajo? Tiene suficiente experiencia y entrenamiento? Capta nuevas ideas? Aprende?	1	2	3	4	5	6	7.5	8	9	10	11	12	13	14	15				
	Hay que repetirle las instrucciones una y otra vez. No pone atención. Aprende muy despacio. No transmite sus conocimientos. Conocimiento limitado. Requiere entrenamiento y ayuda adicional. Debe concentrarse más. Tiene buena experiencia. Conoce su oficio. Capta nuevos conocimientos y técnicas. Tiene gran experiencia. Domina notablemente todas las fases de su cargo. Enseña y aporta ideas.																		
4. ACTITUD RESPECTO AL TRABAJO: Se interesa por su trabajo? Demuestra entusiasmo, iniciativa. Como acepta la supervisión?	1	2	3	4	5	6	7.5	8	9	10	11	12	13	14	15				
	Tiene poco interés por su trabajo. Trabaja con desgano. Toma de mala manera la supervisión. Perezo. Demuestra interés en su trabajo. Acepta gusto la crítica constructiva. Corrige errores propios y de sus compañeros. Su mayor interés es hacer buenos trabajos. Entusiasta y dinámico. Le gusta lo que está haciendo. Se prepara constantemente para mejorar. Tiene mucho interés en su trabajo. Le gusta lo que está haciendo. Se prepara constantemente para mejorar. Su mayor interés es hacer buenos trabajos. Entusiasta y dinámico.																		

Tabla IX.V. Evaluación de personal – Grupo 1

5. INICIATIVA: Capacidad para idear y crear procedimientos y métodos de trabajo. Recursivo, original, seguro de sí mismo. Independencia de acción. Busca soluciones. Decidido.	1	2	3	4	5	Es indeciso realiza apenas lo necesario. Ocasionalmente sugiere ideas para mejorar el trabajo.	Sugiere ideas. Acepta sugerencias. Es recursivo. Busca y cumple otras funciones. Es comunicativo.	Demuestra empuje. Aporta ideas. Es decidido, independiente y original. Con su experiencia sugiere sus propias ideas para mejorar métodos y resolver problemas suyos o de otros.		
									6	7
6. COOPERACIÓN: Colabora con sus superiores y compañeros de trabajo?	1	2	3	4	5	A veces ayuda pero por sugerencia de otros. Se muestra indiferente.	Siempre está listo a cooperar con buena voluntad.	Ayuda desinteresada y voluntariamente. Es un entusiasta colaborador. Se siente a gusto ayudando en las emergencias.		
									6	7
GRUPO 2										

Tabla IX.V.VI Evaluación de personal – Grupo 2



**EVALUACIÓN DEL PERSONAL  
TABLA DE ALIFICACIONES**

	MALO		REGULAR		BUENO		EXCELENTE										
	PUNT. CALIF.	PUNT. CALIF.	PUNT. CALIF.	PUNT. CALIF.	PUNT. CALIF.	PUNT. CALIF.	PUNT. CALIF.	PUNT. CALIF.									
10	0.50	20	1.00	30	1.50	40	2.00	51	2.55	61	3.05	71	3.55	81	4.05	91	4.55
11	0.55	21	1.05	31	1.55	41	2.05	52	2.60	62	3.10	72	3.60	82	4.10	92	4.60
12	0.60	22	1.10	32	1.60	42	2.10	53	2.65	63	3.15	73	3.65	83	4.15	93	4.65
13	0.65	23	1.15	33	1.65	43	2.15	54	2.70	64	3.20	74	3.70	84	4.20	94	4.70
14	0.70	24	1.20	34	1.70	44	2.20	55	2.75	65	3.25	75	3.75	85	4.25	95	4.75
15	0.75	25	1.25	35	1.75	45	2.25	56	2.80	66	3.30	76	3.80	86	4.30	96	4.80
16	0.80	26	1.30	36	1.80	46	2.30	57	2.85	67	3.35	77	3.85	87	4.35	97	4.85
17	0.85	27	1.35	37	1.85	47	2.35	58	2.90	68	3.40	78	3.90	88	4.40	98	4.90
18	0.90	28	1.40	38	1.90	48	2.40	59	2.95	69	3.45	79	3.95	89	4.45	99	4.95
19	0.95	29	1.45	39	1.95	49	2.45	60	3.00	70	3.50	80	4.00	90	4.50	100	5.00
						50	2.50										

Tabla IX.V.VIII Evaluación de personal – Tabla de calificaciones



## **9.6. ETAPA 5. INSPECCIÓN AUTÓNOMA**

La etapa cinco del Mantenimiento Autónomo consiste en aplicar el ciclo Kaizen o de mejora continua a las acciones de inspección autónoma de los equipos porque en las primeras etapas de autónomo se han creado la disciplina y cultura de realizar este trabajo.

En esta etapa se deben conservar los logros alcanzados en las etapas anteriores, se evalúan los estándares de limpieza, lubricación y apriete establecidas en las etapas previas, se mejoran sus métodos y tiempos sobre la base de la experiencia acumulada por el operador. Las principales actividades de esta etapa están relacionadas con el control de los equipos y la calidad de los mismos, condiciones y estado de ellos como de las herramientas. Uno de los aportes significativos de la etapa cinco consiste en el incremento de la eficiencia de la inspección, es decir mejorar métodos de trabajo y los estándares utilizados con disminución de los tiempos de inspección o realizar el mayor contenido de trabajo y de alto impacto durante el tiempo asignado para la inspección.

Como producto final de esta etapa se obtiene un plan de inspección eficiente, con periodicidad adecuada y con contenidos bien identificados para cada inspección, con tiempos asignados bien dimensionados.

Para el desarrollo y obtención de los resultados de la etapa cinco en la sección piloto se incluyen los siguientes trabajos prácticos:

1. Evaluar los procedimientos utilizados hasta el momento en las actividades autónomas. Siendo el caso de los estándares de limpieza, lubricación como se propuso en la etapa anterior, las preguntas para mejorar son: ¿los tiempos que utilizamos son los mejores? ¿Hemos dejado pasar fallos? ¿Existe recurrencia de fallos? ¿Se han presentado errores de inspección? ¿El manual de inspección que utilizamos realmente está completo? ¿Podremos incorporar otros puntos al manual de inspección?
2. Analizar los estándares para identificar si se pueden eliminar algunos puntos de inspección de alta fiabilidad y/o realizar trabajos en paralelo para reducir los tiempos de inspección, como cuestionar si ¿podremos transferir algunas de estas actividades de inspección al trabajo de limpieza?.
3. Evaluar los controles visuales utilizados por medio del cuestionamiento: ¿Son adecuados? ¿Han ayudado a mejorar la inspección? ¿Faltan puntos? ¿Se pueden introducir nuevos elementos transparentes en las máquinas para facilitar la inspección visual? ¿ Se

deben realizar modificaciones para detectar con facilidad los problemas?

## **9.7. ETAPA 6. ESTANDARIZACIÓN**

Realizadas en las etapas anteriores las actividades de cuidado de las condiciones básicas de los equipos a través de inspecciones de rutina y se han logrado las mejoras de los métodos de inspección, resulta necesario establecer un estándar para que estos se mantengan a través del tiempo

La estandarización busca que estas actividades de rutina sean asignadas adecuadamente a los operarios y en el mejor tiempo. Los estándares deben incluir los sistemas de información necesarios para garantizar que los resultados de la inspección autónoma se emplean para la mejora del equipo y la prevención de problemas potenciales.

En esta etapa se debe orientar a eliminar aquellas causas que conducen a la pérdida de eficiencia de mano de obra buscando que el equipo humano opere en forma armónica y que no existan desviaciones en su actuación. El proceso De mejora continua se empleará como parte del trabajo necesario para alcanzar los objetivos de la compañía. Es en esta etapa donde se desarrolla el

ciclo de trabajo de mantenimiento autónomo de acuerdo al proceso de Dirección por Políticas y/o Hoshin Kanri.

Las acciones a realizar para cumplir con objetivos esperados en esta etapa de Mantenimiento Autónomo dentro de la sección piloto son:

- Analizar las funciones de los operarios desde el punto de vista de las tareas asignadas, estándares de trabajo, eficiencia con la que se desarrollan, tiempos utilizados y coherencia.
- Desarrollar acciones de mejora continua para los métodos de trabajo e inspección y control de los equipos porque está directamente relacionada con los métodos de actuación del personal operativo.
- Asegurar la unidad de criterio entre los diferentes operarios que actúan sobre un mismo equipo en diferentes turnos.
- Extender un certificado de educación al personal de producción y reconocer que han cumplido un ciclo formativo estandarizado.
- Analizar las auditorías generales empleadas para la sección de inyección hasta el momento con el objeto de introducir mejoras al modelo.

## **9.8. ETAPA 7. CONTROL AUTÓNOMO TOTAL**

En la etapa 7 se debe incluir el proceso de Mantenimiento Autónomo como parte de los macroprocesos de Dirección por Políticas o proceso de dirección

general de la compañía porque es el instrumento que mantiene vivo esta clase de procesos de mejora, evitando que entren en rutina y se pierda la capacidad de autocontrol. Esto se da gracias al empleo de un proceso de comunicación que permite comunicar nuevos retos anuales de mejora a los niveles operativos y debe servir para establecer objetivos retadores y orientados a crear nuevas capacidades competitivas de la empresa.

Una vez implementado el mantenimiento autónomo en la sección piloto con mejoras significativas en su funcionamiento operativo, se debe evitar caer en una etapa de complacencia y que se vuelva cada vez más difícil encontrar proyectos de mejora continua; debiendo emplear esta capacidad creativa y personal preparado para iniciar acciones de mejoras progresivas de las estrategias competitivas de la empresa, apoyadas desde los niveles operativos.

Se pretende reconocer a la capacidad de autogestión del puesto de trabajo del operador, creando un sentimiento de participación efectiva en el logro de las metas y objetivos de la fábrica y de la empresa. El operario podrá tomar decisiones en el ámbito de su puesto de trabajo, cooperará para el logro de objetivos compartidos, realizará nuevas acciones de mejora continua y se inician en nuevas fronteras de mejora e innovación permanente en la forma

de trabajar. Es en esta etapa donde realmente se logra que una planta de producción sea un verdadero laboratorio de aprendizaje.

## **9.9. PLAN DE IMPLANTACIÓN**

Una de las principales características del TPM es el involucramiento y participación directa de la función de producción en actividades de mantenimiento, por la importancia de como el personal de producción (en especial los operarios) debe intervenir directamente y contribuir a la mejora del desempeño de los equipos.

De aquí que el Mantenimiento Autónomo es un pilar del TPM muy importante de implantar en la sección piloto para transformar radicalmente la forma de actuar de las funciones industriales. Cada operario debe contribuir a la realización del mantenimiento del equipo que opera, porque las actividades de mantenimiento liviano o de cuidado básico deben asumirse como tareas de producción.

La secuencia que debe seguir el plan de implantación diseñado para la sección piloto debe estar de acuerdo con el orden de las etapas descritas para el mantenimiento autónomo y las actividades descritas en las mismas.

Así mismo el plan de implantación del mantenimiento Autónomo debe considerar el momento en que se deben diseñar y usar las auditorías para verificar si la sección en donde se lo está aplicando está disponible para pasar a otra etapa.

#### **9.10. AUDITORÍAS DE MANTENIMIENTO AUTONOMO**

Las auditorías de mantenimiento son el principal instrumento de gestión para lograr una verdadera transformación de la cultura de la fábrica. El concepto de auditoría no se debe asumir como vigilancia, sino como un proceso de reflexión y conversación que genere compromiso para la acción.

La literatura especializada sobre estos aspectos (Fernando Flores, Raúl Espejo y los pensadores en organizaciones dentro del nuevo enfoque cibernéticas) comentan la necesidad de introducir nuevos modelos de control directivo dentro de las empresas, que parten de la base de dar mayor poder a los procesos de autoevaluación como factor decisivo en el incremento del compromiso con las acciones tomadas en las acciones de control. Deming, DeGeuss, Ishikawa, Senge y expertos de la escuela del aprendizaje organizativo Learning Organization consideran que el proceso de control

debe servir para incrementar el conocimiento profundo y aprendizaje del proceso.

Estos enfoques conceptuales pueden servir de base para el desarrollo de metodología de intervención y transformación de empresa, necesarias en la aplicación del TPM.

Las auditorías deben mostrarse como un paso donde se realiza una reflexión profunda y donde se recoge el conocimiento adquirido para su divulgación a otras áreas a través del Manual de la Experiencia Piloto. Los resultados de estas auditorías además deberán publicarse en el tablero de control visual para que sirvan como motivación para todo el personal que está colaborando con la implantación del TPM, y para que la dirección de la planta reconozca, certifique los avances y permita a la sección piloto pasar a la siguiente etapa.

Las auditorías de Mantenimiento Autónomo se diseñan para que sean aplicadas por el grupo de operarios, especialmente con la intervención de su líder, debiendo tener las siguientes características:

- Facilitar el autocontrol por parte de los operarios.
- Servir para aprender más del proceso seguido.
- Evaluar lo que se hace y la forma como se hace



Por la importancia de estas auditorías es preferible que sean realizadas por la Dirección General de la empresa para intensificar los efectos de compromiso que se adquieren entre la gerencia y trabajadores que colaboran en la implantación, como el compromiso entre trabajadores. Las auditorías que realiza la dirección pueden ser realizadas tanto para cada paso como auditorías generales de fábrica.

### **Auditorías de paso**

Este tipo de auditorías son importantes para tener la suficiente información sobre el grado de evolución de cada paso, el reconocimiento del progreso del equipo, el crecimiento personal de sus integrantes, y la autorización para iniciar el siguiente paso de autónomo. Como reconocimiento algunas empresas entregan una certificación en la que se reconoce que el equipo ha cumplido con los requisitos para continuar su trabajo en un paso superior de autónomo.

Las auditorías de paso desde el punto de vista conceptual deben incluir los siguientes puntos:

1. Medición del progreso en la aplicación de cada una de las actividades contempladas para cada paso. Como se puede observar en la etapa uno se incluye como parte de su desarrollo la creación de los mapas de

seguridad para la sección piloto, por tanto en la auditoría se evalúa si se han creado y si se comprenden.

2. Calificación de la utilidad del sistema de información empleado. Debido a que a lo largo de las etapas del mantenimiento autónomo se hace énfasis en la gestión visual y el aprendizaje, a la auditoría le corresponde evaluar si se utiliza adecuadamente el tablero de control visual, gráficos, las actas de reuniones, y demás documentos necesarios para implantar cada paso.
3. Análisis del trabajo en equipo y el nivel de participación de sus integrantes.

Debe tenerse en consideración que los elementos técnicos del Mantenimiento Autónomo no son complejos, sin embargo, al tratarse un proyecto humano se debe tener el cuidado de diseñar acciones que conduzcan a transformaciones culturales que están incorporadas en la nueva forma de realizar el trabajo.

Las auditorías de paso que se han diseñado para la sección piloto y que se han mostrado en cada paso, deben servir para crear acciones de conversación sobre los temas previstos y crear nuevo conocimiento en el puesto de trabajo.

### **Auditorías generales de fábrica**

Las auditorías de fábrica sirven para evaluar el progreso general del pilar, identificar puntos que requieren ayuda, aportar recomendaciones y ofrecer estímulo al personal. Se debe considerar que la aplicación del Mantenimiento Autónomo exige una cuidadosa planificación para la puesta en marcha de elementos de dirección, porque los detalles hacen que realmente el trabajo con las personas sea ordenado y diseñado para realizar intervenciones exitosas en la organización.

La importancia de las auditorías está en los procesos de conversación existentes durante su realización. A pesar que el JIPM no ofrece detalles sobre esta clase de beneficios, los desarrollos recientes de administración confirman la necesidad de no solamente llenar un formato con lo observado en la auditoría porque lo realmente valioso son las diferentes reuniones donde existe la posibilidad de practicar diálogos que generan compromiso para mejorar procesos, adquisición de nuevo conocimiento y logran un mejor involucramiento del personal.

## **X. MANTENIMIENTO PROGRESIVO O KEIKAKU HOZEN**

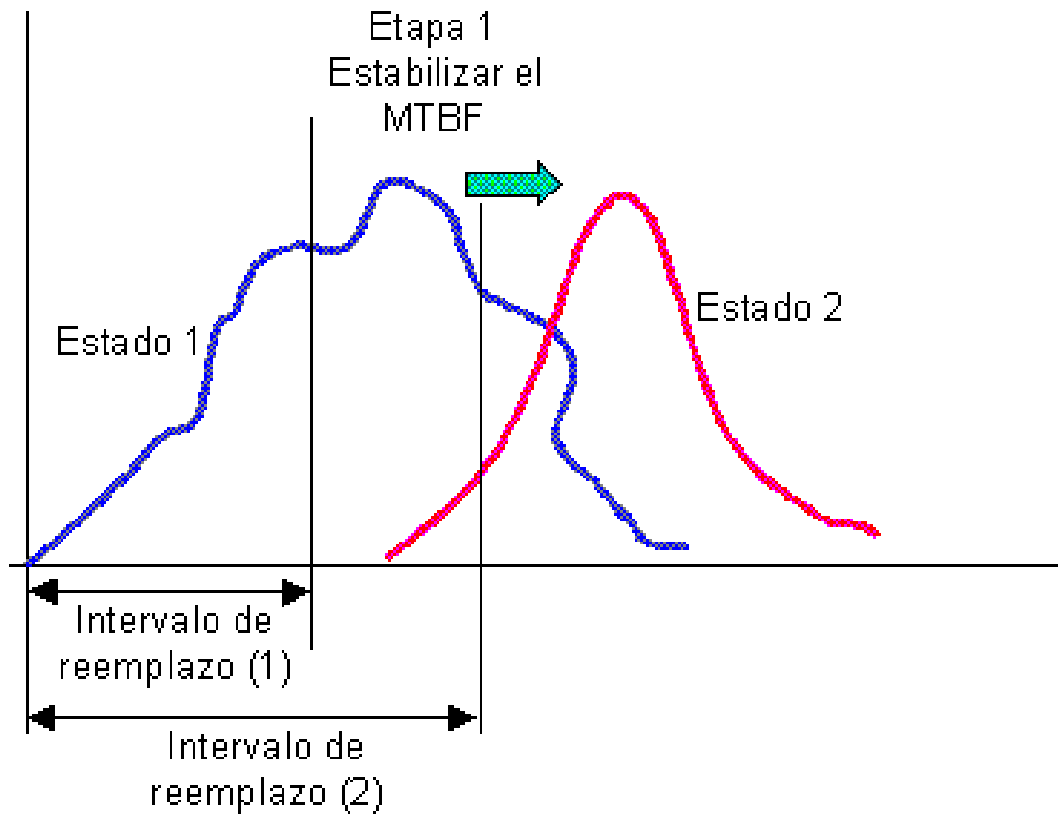
Es necesario lograr que los equipos posean un comportamiento regular desde el punto de vista estadístico para poder establecer un plan de mantenimiento. El comportamiento de las fallas estable permite hacer que el fallo sea predecible y que las acciones de mantenimiento preventivo sean más económicas 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 sugiere realizar dos actividades previas al inicio de un programa de mantenimiento planificado para los equipos situados dentro de la sección piloto para que dicho programa sea económico y eficaz:

1. Hacer "predecible" el tiempo medio entre fallas (MTBF = Mean Time Between Failures = tiempo medio entre fallas)
2. Incrementar el tiempo medio entre fallas (MTBF)

Considerando que el tiempo medio entre fallas es calculado en un periodo promedio de fallas constante, excluyendo los periodos de mortalidad infantil y de desgaste ubicados en la curva del ciclo de vida de un equipo. Y que este indica cuantas actividades o cosas deben pasar antes de que ocurra una falla en un lapso de tiempo determinado.

### **Etapa 1. Hacer predecible el tiempo medio entre fallas (MTBF)**



### Efecto de restauración de deterioro

Figura 10.1 Hacer predecible el tiempo medio entre fallas (MTBF)

Los propósitos de hacer predecible el tiempo medio entre fallas son:

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

Las acciones que se deben realizar para que en la sección piloto se pueda predecir el tiempo medio entre fallas son:

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

Como debe tenerse en cuenta que 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 fallas; con estas acciones se pretende eliminar en las máquinas de esta sección de forma radical el deterioro acumulado que poseen los equipos porque causa la pérdida de estabilidad del tiempo medio entre fallas, buscando que la fluctuación del tiempo medio entre fallas sea en lo posible (teóricamente) debida al desgaste natural de los componentes del equipo. Por tanto, al ser estable el tiempo medio entre fallas el comportamiento de fallas será predecible y el tiempo asumido para la intervención planificada del equipo será la más próxima al comportamiento real futuro.

## **Etapa 2. Incrementar el tiempo medio entre fallas (MTBF)**

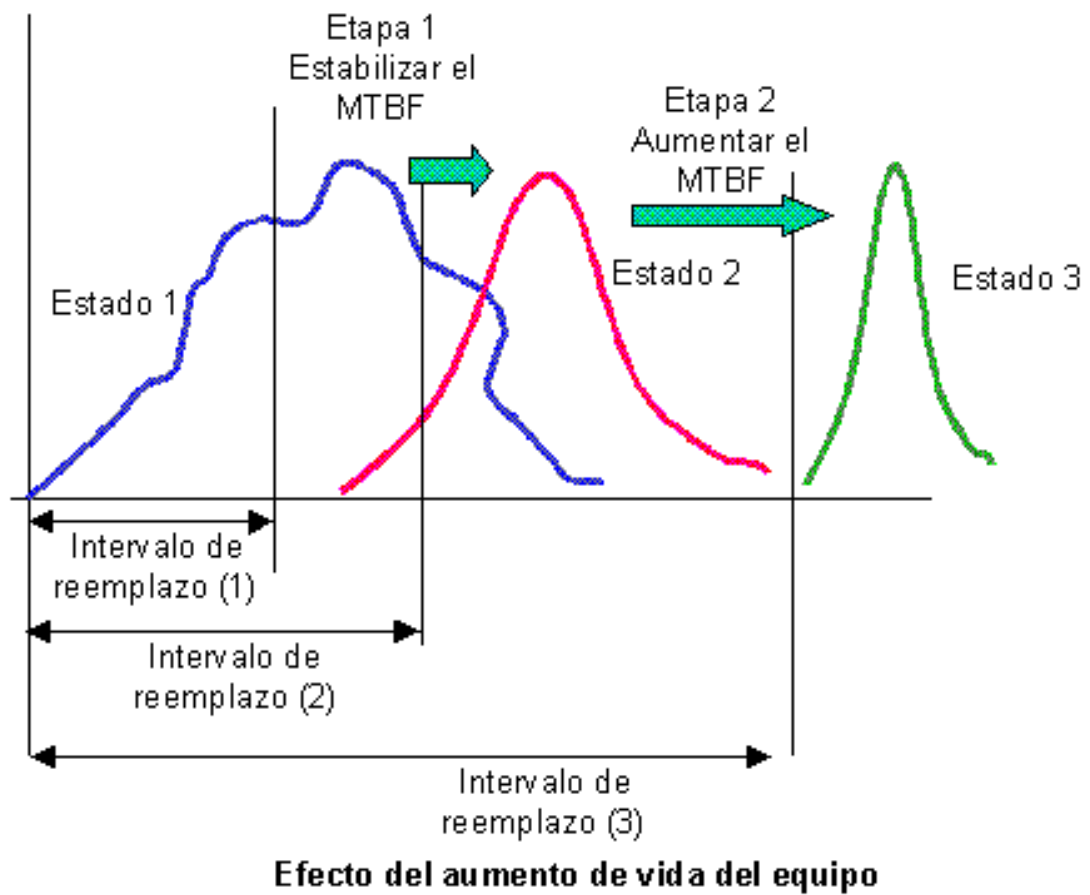


Figura 10.2 Incrementar el tiempo medio entre fallas (MTBF)

Los propósitos para incrementar el tiempo medio entre fallas son:

- Aumentar la expectativa de duración del equipo.
- Eliminar fallas esporádicas.
- Restaurar deterioro de apariencia o externo.

Las acciones que se deben realizar para que en la sección piloto se incremente el tiempo medio entre fallas son:



- Eliminar fallas por debilidades de diseño del equipo. Esto implica que la realización de proyectos de mejora continua para materiales, construcción y puesta en marcha del equipo. También de hay que eliminar posibilidades de sobrecarga de los equipos mejorando los estándares en caso de no poderse mejorar el equipo para que pueda aceptar las nuevas exigencias.
- Eliminar fallas por accidentes. Para esto es necesario realizar el entrenamiento necesario para reparar adecuadamente el equipo, realizar proyectos de mejora continua sobre métodos de intervención, y estandarizar métodos de operación e instalación de dispositivos a prueba de errores que eviten accidentes.
- Restaurar deterioros que se pueden observar con inspecciones visuales. Debiendo hacer una inspección del estado general del equipo para luego aplicar los dos pasos iniciales de Mantenimiento Autónomo.

En esta etapa de búsqueda de eliminación de fallas 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.

**CAPÍTULO X**

**MANTENIMIENTO PROGRESIVO O**

**KEIKAKU HOZEN**

## **10.1. PASO 1. IDENTIFICAR EL PUNTO DE PARTIDA DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS**

Este paso está relacionado con la necesidad de mejorar la información disponible sobre el equipo porque permite crear la base histórica necesaria para diagnosticar los problemas del equipo.

Para mejorar la información de los equipos que conforman la sección piloto es necesario responder a las siguientes preguntas para ver del grado de desarrollo:

- ¿Tenemos la información necesaria sobre equipos?
- ¿Hemos identificado los criterios para calificar los equipos?
- ¿Contamos con una lista priorizada de los equipos?
- ¿Se han definido los tipos de fallas potenciales?
- ¿Poseemos históricos de averías e intervenciones?
- ¿Contamos con registros sobre tiempo medio entre fallas (MTBF) para equipos y sistemas?
- ¿Poseemos un sistema de costos de mantenimiento?
- ¿Qué problemas tiene la función de mantenimiento?
- ¿La calidad de servicio de mantenimiento es la adecuada?

Los formatos a continuación se diseñaron para recopilar o actualizar la información de las máquinas inyectoras de la sección piloto:

Nº: 00000	<b>Catastro de Máquina</b>			<b>Doc.Cat.</b>	
Código: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Sección: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Valor de Compra: <input style="width: 100%;" type="text"/>			
Máquina: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Marca: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Modelo/Tipo: <input style="width: 100%;" type="text"/>			
Fabricante: <input style="width: 100%;" type="text"/> Contacto: <input style="width: 100%;" type="text"/>					
País: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Web: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Tel: <input style="width: 100%;" type="text"/>			
Ciudad: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Email: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Fax: <input style="width: 100%;" type="text"/>			
Proveedor: <input style="width: 100%;" type="text"/> Contacto: <input style="width: 100%;" type="text"/>					
País: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Web: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Tel: <input style="width: 100%;" type="text"/>			
Ciudad: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Email: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Fax: <input style="width: 100%;" type="text"/>			
Nº de Solicitud de Compra: <input style="width: 100%;" type="text"/>		Fecha de Solicitud de Compra: <input style="width: 100%;" type="text"/>			
Fecha de Recepción: <input style="width: 100%;" type="text"/>		Fecha de Inicio de Operación: <input style="width: 100%;" type="text"/>			
Manuales: <input style="width: 100%;" type="text"/>		Formatos: <input style="width: 100%;" type="text"/>			
Planos: <input style="width: 100%;" type="text"/>		Otros: <input style="width: 100%;" type="text"/>			
Función: <input style="width: 100%;" type="text"/>					
Largo: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Alto: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Ancho: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Peso: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Temp. Ambiente: <input style="width: 100%;" type="text"/>	
Voltaje: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Corriente: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Potencia: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Factor de Potencia: <input style="width: 100%;" type="text"/>		
	Consumo mensual	Tipo/Marca	Temperatura	Presión	
Agua					
Aire					
Aceite					
Lubricante					
<b>Componentes y Repuestos</b>					
Cant	Descripción	Código	Cant	Descripción	Código

Tabla X.II Catastro de máquina

## Inventario de Componentes

Cat. Doc.

Sección:  Máquina: 

Ítem	Descripción	Proveedor	Catálogo	Costo	Código

Tabla X.I.II Inventario de componentes

Para evaluar el estado de los equipos, primero se deben establecer los criterios de evaluación con una definición de los rangos para clasificar las fallas. Luego se analiza la situación según la frecuencia y gravedad del fallo, paros menores, coste de mantenimiento, valores de tiempo medio entre fallas (MTBF), índices de mantenimiento, etc.; para así establecer metas mensurables para mantenimiento.

Como se pudo ver en un capítulo anterior se realizó un levantamiento de datos en la sección piloto mediante el uso de las ordenes de trabajo; lo que permitió una vez determinadas las fallas sacar los siguientes resultados en el tiempo:

**ORDENES DE TRABAJO PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EN LAS MAQUINAS INYECTORAS  
POR MES Y AÑO**

	AÑO	MES												Total por Año	
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
MAQUINA	Negri Bossi	1994									1	2	1	4	
		1998							3					3	
		1999									2		1	2	5
		2000	2	2	1		1			1	1	1			9
		2001								1	1				2
	Sandretto	1994								1	1	3	3	8	16
		1998			1					3		1		1	6
		1999		2	2				2	4	2	1			13
		2000	1	1	3					1	1	1	3	2	13
		2001	1			2	2	2		2	1		1		11
	Cincinnati I	1995									1			2	3
		1997					1								1
		1998											3		3
		1999	3	2	1	3	1	1	1		3	2	1	2	20
		2000	2	1	2	1	1		4	2	2	2		5	22
		2001	4	1	1		1		6	1	2				16
	Cincinnati II	1994									1	4	3	1	9
		1995	1												1
		1998					1				1	2			4
		1999	2			2	1		1		1	2	2	2	13
2000		2	2	6	2	3	1		1	1	3	4		25	
2001		1	1	1	2	1	1	4	1				1	13	
MIR II	1994									2	11	8	2	23	
	1998							1	1	4	3	3	2	14	
	1999	3	1											4	
	2000	2	1	7	3	2	3	1	1	1	3	8	4	36	
	2001	2					1		5	2	1			11	
MIR III	1994									4	3		5	12	
	1999						1	1						2	
	2000											4	1	5	
	2001				1		1		1	1				4	
MIR I	1994										4	1	5	10	
	2001									2				2	
<b>Total por mes</b>		26	14	25	16	15	11	21	29	37	48	47	46		

Tabla X.I.III Ordenes de trabajo para el departamento de mantenimiento en las máquinas  
inyectoras por mes y año

Aquí se puede apreciar que existen meses en los cuales se dan la mayor cantidad de fallas, Octubre Noviembre y Diciembre, lo cual da una pauta para hacerle el respectivo seguimiento.

## **10.2. PASO 2. ELIMINAR DETERIORO DEL EQUIPAMIENTO Y MEJORARLO**

En el paso dos se busca eliminar los problemas del equipo y desarrollar acciones que eviten la presencia de fallas similares en otros equipos idénticos con la aplicación de la estrategia Daily Management Maintenance o mejora de equipos en forma rutinaria.

Los objetivos para eliminar el deterioro del equipo y mejorarlo son:

- Eliminar averías en forma radical aplicando métodos de Mejora continua o Kobetsu Kaizen.
- Eliminar fallas de proceso
- Mejorar el manejo de la información estadística para el diagnóstico de fallas y averías.
- Implantar acciones para evitar la recurrencia de fallas.

Para cumplir con lo deseado en este paso, en la sección piloto se deben establecer las condiciones básicas del equipo para eliminar averías crónicas o corregir debilidades de diseño, esto extiende la vida útil del equipo y evita la repetición de fallas mayores o idénticas.



### **10.3. PASO 3. MEJORAR EL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN**

El paso tres busca mejorar el sistema de información para la gestión de mantenimiento, y es frecuente entender que en este paso se debe introducir un programa informático o mejorar el actual; sin embargo, en esta etapa es fundamental crear modelos de sistemas de información de las fallas y averías para su eliminación, antes de implantar un sistema de gestión de mantenimiento de equipos.

Para alcanzar lo propuesto, en la sección piloto debe cuestionarse necesariamente lo siguiente:

- ¿El diseño de la base de datos de mantenimiento es la adecuada?
- ¿Tenemos información necesaria sobre fallas, averías, causas e intervenciones?
- ¿El conocimiento en mantenimiento se conserva?
- ¿Tenemos la información técnica del equipo?
- ¿Contamos con un sistema de información que apoye la gestión de mantenimiento?
- ¿El sistema de gestión de mantenimiento permite controlar todos los recursos de la función: piezas, planos, recambios?

Y debido a que en la sección piloto no se cuenta con una base de datos sobre fallas, averías, causas e intervenciones en las máquinas inyectoras se debe:

- Desarrollar un sistema de gestión de datos de fallas
- Desarrollar un sistema de información para mantenimiento planificación, programación, estadísticas, fichas de equipo, rutas de inspección, estándares de mantenimiento, etc.
- Implantar un sistema de gestión de presupuestos y control de costos de mantenimiento.
- Desarrollar un sistema de gestión de documentación

Una manera de crear un historial de fallas, que luego sirven para realizar análisis entorno a lo almacenado, para las maquinas inyectoras de la sección piloto es mediante el uso de una ficha que almacene cronológicamente cada trabajo o intervención de mantenimiento realizada a ese equipo. Para esto se elaboró el formato siguiente:

SECCION

TRABAJOS DE MANTENIMIENTO DE LAS MÁQUINAS DE INYECCION  
MÁQUINA

		MES																	
		Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
DIA	1																		
	2																		
	3																		
	4																		
	5																		
	6																		
	7																		
	8																		
	9																		
	10																		
	11																		
	12																		
	13																		
	14																		
	15																		
	16																		
	17																		
	18																		
	19																		
	20																		
	21																		
	22																		
	23																		
	24																		
	25																		
	26																		
	27																		
	28																		
	29																		
	30																		
	31																		

Código	Descripción del trabajo	Código	Descripción del trabajo	Código	Descripción del trabajo

Tabla X.III.I Trabajos de mantenimiento en las máquinas de inyección

Un formato estándar para la planificación del mantenimiento en cualquiera de las máquinas inyectoras de la sección piloto es el siguiente:



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.

Corresponde en esta etapa realizar las siguientes actividades en la sección piloto:

- Diseñar estrategias de mantenimiento: criticidad, frecuencia, tipo de mantenimiento, empleo de tablas tiempo medio entre fallas (MTBF), etc.
- Preparar estándares de mantenimiento: procedimientos, actividades, estándares, registro de información, etc.
- Desarrollo de un sistema de gestión de repuestos y recambios.
- Implantar un sistema de aseguramiento de la calidad en mantenimiento.
- Gestión de información del mantenimiento contratado.

Para poder determinar que tan crítico es el trabajo de mantenimiento que se debe realizar en una maquina de la sección piloto, es necesario saber que tan crítica es la falla que se ha presentado; por tanto, luego de realizar el levantamiento de datos de las fallas que se presentan en las inyectoras basándose en las ordenes de trabajo, fue necesario reunirse con el operador, supervisor de producción y jefe de producción del área para que en base a su conocimiento y experiencia determinar la criticidad de fallas. Obteniéndose así los siguientes resultados:

ANALISIS DE CRITICIDAD DE FALLAS DE LAS MAQUINAS INYECTORAS

#	DESCRIPCION DE LA FALLA	a		b		c		d		e		f		g		h			i		j							
		Detiene la Máquina	Funciona con defectos	Consecuencia Incongruente en la Máquina	Consecuencia corregible en la Máquina	Alto riesgo al operador	Bajo riesgo al operador	Repuestos en Bodega	Repuestos de Proveedores Locales	Repuestos de Proveedores Extranjeros	Mano de obra propia	Mano de obra Local	Mano de obra extranjera	Altamente Frecuente	Medianamente Frecuente	Poco frecuente	De fácil reparación	Dificultad Media	Reparación difícil	Menos de una hora	1 a 3 horas	3 a 8 horas	8 a 24 horas	1 a 3 días	3 días a 1 semana	más de 1 semana	Se afecta la calidad del producto	Disminuye el nivel de productividad
1	Molde no cierra - Alarma de seguro de molde	1								1				1	1			1									1	
2	Molde no abre	1								1				1	1			1										1
3	Baja velocidad de apertura o cierre de molde		1							1				1	1			1										1
4	Alta velocidad de apertura o cierre de molde		1				1			1				1	1			1										1
5	Golpeteo del molde		1	1			1			1				1	1			1										
6	La baja presión de prensa no se puede controlar		1							1				1	1						1							1
7	La alta presión de prensa no se puede controlar		1					1		1				1	1					1								
8	Falta de material	1						1		1				1	1			1								1	1	
9	Fuga de Aceite		1				1	1	1	1			1	1	1			1			1							
10	Calentamiento del aceite	1		1						1			1	1	1			1								1	1	
11	Nivel bajo del depósito de aceite	1		1				1		1			1	1	1			1										1
12	Aceite contaminado		1	1						1			1	1	1			1			1					1	1	
13	Seguro de Puerta abierto	1					1	1		1			1	1	1			1										1
14	Alta o baja temperatura de la unidad de inyección	1		1					1	1				1				1										1
15	Alarma de inyección	1						1		1				1	1			1			1							1
16	La unidad de inyección no se mueve	1						1		1			1	1	1			1			1							1
17	Grupo de inyección golpea y/o se abre		1	1			1	1		1			1	1	1			1			1				1			1
18	Baja presión de inyección	1						1		1			1	1	1			1			1					1	1	
19	Alta presión de inyección	1						1		1			1	1	1			1			1						1	1
20	Baja velocidad del tornillo		1					1		1			1	1	1			1			1						1	1
21	El husillo no retorna	1						1		1			1	1	1			1			1							1
22	No hay movimiento del cabezal (acercamiento o retroceso de boquilla)	1						1		1			1	1	1			1			1							1
23	Protector de boquilla abierto	1					1	1		1			1	1	1			1			1							1
24	Filtro sucio	1						1		1			1	1	1			1			1							1
25	Pieza moldeada no ha caído	1						1		1			1	1	1			1			1							1
26	Alarma de seguridad Hidráulica	1					1	1		1			1	1	1			1			1							1
27	Alarma de seguridad Mecánica	1					1	1		1			1	1	1			1			1							1
28	Baja velocidad de salida y/o entrada del extractor		1					1		1			1	1	1					1								1
29	Falta succión y/o baja velocidad de succión de la bomba		1	1					1	1			1	1	1			1			1					1	1	
30	Falta de 24 V	1							1	1			1	1	1			1			1							1
31	Motor de la bomba no arranca	1							1	1			1	1	1			1			1							1
32	Bomba Excesivamente ruidosa		1	1					1	1			1	1	1			1							1			
33	Bomba trabaja irregularmente		1						1	1			1	1	1			1			1							1
34	Bomba no suministra aceite y/o no genera presión		1						1	1			1	1	1			1			1				1			1
35	Baja presión del circuito	1							1	1			1	1	1			1			1							1
36	La máquina se para en cualquier parte del ciclo	1								1			1	1	1			1			1							1
37	Lubricación insuficiente		1		1				1	1			1	1	1			1			1							1

Tabla X.IV.I Análisis de criticidad de fallas en las máquinas inyectoras

**Tabla de Criticidad de Fallas de las maquinas inyectoras**

#	Variables	Concepto	Ponderación
<b>a</b>	Efecto en la Máquina	Para	6
		Limita	3
		No para	0
<b>b</b>	Daños Consecuenciales a la Máquina	Incorregible	10
		Corregible	4
		Ninguno	0
<b>c</b>	Riesgos para el Operador	Alto	12
		Bajo	4
		Sin Riesgo	0
<b>d</b>	Dependencia Logística y disponibilidad de repuestos	Proveedor extranjero	12
		Proveedor Local	4
		Bodega	0
<b>e</b>	Dependencia mano de Obra	Terceros Extranjeros	12
		Terceros Nacionales	4
		Propia	0
<b>f</b>	Probabilidad de Falla(Confiabilidad)	Alta	6
		Media	3
		Baja	0
<b>g</b>	Facilidad de Reparación (mantenibilidad)	Alta (Fácil)	0
		Media	3
		Baja (difícil)	6
<b>h</b>	Tiempo en ser resuelta	menos de 1 hora	0
		1 a 3 horas	2
		3 a 8 horas	4
		8 a 24 horas	6
		1 a 3 días	7
		3 días a 1 semana	8
		más de 1 semana	10
<b>i</b>	Se afecta la calidad del producto	Sí	8
		No	0
<b>j</b>	Disminuye el nivel de productividad	Sí	8
		No	0

**Suma Máxima: 90**

Tabla X.IV.II Tabla de criticidad de fallas en las máquinas inyectoras

## EVALUACION DE LA CRITICIDAD DE FALLAS DE LAS MAQUINAS INYECTORAS

#	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	Valor de cada variable de acuerdo a la Tabla de Criticidad de Fallas										Total		
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j			
1	Molde no cierra - Alarma de seguro de molde	6	0	0	0	0	0	3	2	0	8	19	I	Correctivo
2	Molde no abre	6	0	0	0	0	0	3	2	0	8	19	I	Correctivo
3	Baja velocidad de apertura o cierre de molde	3	0	0	0	0	0	0	0	0	8	11	I	Correctivo
4	Alta velocidad de apertura o cierre de molde	3	0	4	0	0	0	0	0	0	8	15	I	Correctivo
5	Golpeteo del molde	3	4	4	0	0	0	3	0	0	0	14	I	Correctivo
6	La baja presión de prensa no se puede controlar	3	0	0	0	0	0	3	6	0	8	20	I	Correctivo
7	La alta presión de prensa no se puede controlar	3	0	4	0	0	0	3	6	0	0	16	I	Correctivo
8	Falta de material	6	0	0	0	0	0	0	0	8	8	22	I	Correctivo
9	Fuga de Aceite	3	4	4	4	0	6	3	6	0	0	30	II	Preventivo Básico
10	Calentamiento del aceite	6	4	0	0	0	3	0	0	8	8	29	II	Preventivo Básico
11	Nivel bajo del depósito de aceite	6	4	0	0	0	3	0	0	0	8	21	I	Correctivo
12	Aceite contaminado	3	4	0	0	0	6	3	4	8	8	36	II	Preventivo Básico
13	Seguro de Puerta abierto	6	0	4	0	0	3	0	0	0	8	21	I	Correctivo
14	Alta o baja temperatura de la unidad de inyección	6	4	0	4	0	6	3	0	0	8	31	II	Preventivo Básico
15	Alarma de inyección	6	0	0	0	0	0	3	2	0	8	19	I	Correctivo
16	La unidad de inyección no se mueve	6	0	0	0	0	3	3	2	0	8	22	I	Correctivo
17	Grupo de inyección golpea y/o se abre	3	4	4	0	0	3	3	2	8	0	27	I	Correctivo
18	Baja presión de inyección	6	0	0	0	0	3	0	0	8	8	25	I	Correctivo
19	Alta presión de inyección	6	0	0	0	0	0	3	0	8	8	25	I	Correctivo
20	Baja velocidad del tornillo	3	0	0	0	0	0	0	0	8	8	19	I	Correctivo
21	El husillo no retorna	6	0	0	0	0	0	0	0	0	8	14	I	Correctivo
22	No hay movimiento del cabezal (acercamiento o retroceso de boquilla)	6	0	0	0	0	0	3	0	0	8	17	I	Correctivo
23	Protector de boquilla abierto	6	0	12	0	0	0	0	0	0	8	26	I	Correctivo
24	Filtro sucio	6	0	0	0	0	3	0	2	0	8	19	I	Correctivo
25	Pieza moldeada no ha caído	6	0	0	0	0	3	0	0	0	8	17	I	Correctivo
26	Alarma de seguridad Hidráulica	6	0	12	0	0	0	3	2	0	8	31	II	Preventivo Básico
27	Alarma de seguridad Mecánica	6	0	12	0	0	0	3	2	0	8	31	II	Preventivo Básico
28	Baja velocidad de salida y/o entrada del extractor	3	0	0	0	0	3	0	6	0	8	20	I	Correctivo
29	Falta succión y/o baja velocidad de succión de la bomba	3	4	0	4	0	0	3	2	8	8	32	II	Preventivo Básico
30	Falta de 24 V	6	0	0	4	0	0	0	0	0	8	18	I	Correctivo
31	Motor de la bomba no arranca	6	0	0	4	0	0	3	0	0	8	21	I	Correctivo
32	Bomba Excesivamente ruidosa	3	4	0	4	0	3	0	10	0	0	24	I	Correctivo
33	Bomba trabaja irregularmente	3	0	0	4	0	3	3	2	0	8	23	I	Correctivo
34	Bomba no suministra aceite y/o no genera presión	6	0	0	4	0	0	3	7	0	8	28	II	Preventivo Básico
35	Baja presión del circuito	6	0	0	4	0	0	3	2	0	8	23	I	Correctivo
36	La máquina se para en cualquier parte del ciclo	6	0	0	0	0	0	3	2	0	8	19	I	Correctivo
37	Lubricación insuficiente	3	4	0	0	0	0	0	0	0	8	15	I	Correctivo
38	Falla de microprocesador	6	4	0	12	0	3	6	0	0	8	39	II	Preventivo Básico
39	Escape de material por la boquilla	3	0	4	0	0	0	0	0	8	8	23	I	Correctivo
40	Problemas con el display	6	4	0	12	0	3	3	10	0	8	46	II	Preventivo Básico
41	Fallas de funcionamiento del acumulador hidráulico	6	0	4	0	0	0	0	0	0	8	18	I	Correctivo
42	Rotura de mangueras	6	4	4	4	0	6	0	7	0	8	39	II	Preventivo Básico
43	Fallas de los microswitch	6	4	4	4	0	0	0	0	8	8	34	II	Preventivo Básico

Mantenimiento	Evaluación	Puntaje	Nivel
Correctivo	No crítico	0 a 27	I
Preventivo Básico	Preocupante	28 a 54	II
Preventivo Periódico	Crítico	55 a 77	III
Predictivo	Muy Crítico	78 a 90	IV

Tabla X.IV.III Evaluación de la criticidad de fallas en las máquinas inyectoras



## **10.5. PASO 5. DESARROLLAR UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

El paso cinco busca introducir tecnologías de mantenimiento basado en la condición y predictivo. Se diseñan los flujos de trabajo, selección de tecnología, formación y aplicación en la planta.

Por tanto, como en la sección de inyección las máquinas tienen sistemas mecánicos complejos se pueden aplicar técnicas como el análisis termográfico o el análisis de vibraciones cumpliendo con los siguientes pasos:

- Introducir la tecnología para el diagnóstico de equipos.
- Formación del personal sobre esta clase de tecnologías.
- Preparar diagramas de flujo de procesos de predictivo.
- Identificar equipos y elementos iniciales para aplicar progresivamente las tecnologías de predictivo.
- Mejorar la tecnología de diagnóstico: automatizar la toma de información, tele-transmisión y proceso vía Internet.

## **10.6. PASO 6. DESARROLLO SUPERIOR DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO**

Durante el paso seis se desarrollan procesos de mejora continua para el sistema de mantenimiento periódico establecido, desde los puntos de vista técnico, humano y organizativo.

A este objetivo le corresponden para la sección piloto:

- Evaluar el progreso en el número y frecuencia de fallas, tiempo medio entre fallas (MTBF), y el impacto económico.
- Desarrollo de la tecnología de Ingeniería de Mantenimiento
- Diagnóstico de habilidades del personal y desarrollo de capacidades técnicas.
- Evaluar la mejora de las operaciones de mantenimiento
- Evaluar los costos de mantenimiento y otros índices.
- Mejorar la tecnología estadística y de diagnóstico
- Explorar el empleo de tecnologías emergentes:
  - CBR (Case-Base Reasoning)
  - Redes neurales
  - Ingeniería Estadística
  - Knowledge Management

**CAPÍTULO XI**  
**MANTENIMIENTO DE CALIDAD O**  
**HINSHITSU HOZEN**

## **XI. MANTENIMIENTO DE CALIDAD O HINSHITSU HOZEN**

Para realizar una investigación de la forma en la que se generan los defectos es necesario realizar inspecciones (fiables, objetivas, rápidas, y precisas) del mantenimiento de calidad de la máquina. Estas inspecciones pueden ser periódicas y sistemáticas ( como parte del mantenimiento preventivo), o también bajo una solicitud del departamento de producción o de control de calidad del producto. Es recomendable la verificación de la calidad de la máquina desde la perspectiva de la calidad de la producción en:

- Máquinas o instalaciones de procesos.
- Máquinas clave en la línea de producción.
- Máquinas de elevado costo horario.
- Máquinas en condiciones extremas de trabajo.
- Máquinas con elevadas especificaciones de precisión en tolerancias.

Los mejores métodos experimentados para inspecciones de mantenimiento de calidad, realizados por los propios responsables del mantenimiento preventivo de la empresa, están basados en:

- Observaciones de las funciones de la máquina.

- Verificación periódica de medidas (como cotas, paralelismos, durezas, alineaciones, espesores, carga estática y dinámica, temperatura, potencia cedida y absorbida, par, velocidad) que indican en cierto grado la calidad de la máquina, donde su corrección es simultánea y paulatina.
- Ensayos necesarios para completar el conocimiento de la calidad de la máquina (como la comprobación de algunos ajustes de uniones).

### **11.1. PASO 1. IDENTIFICACION DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL EQUIPO**

Para identificar el estado actual del equipo, el JIPM sugiere utilizar estándares de calidad como:

- Diagrama del proceso de calidad
- Carta de capacidades de proceso
- Mapas de capacidad de proceso
- Diagramas de dispersión
- Diagramas X-R del proceso

## **11.2. PASO 2. INVESTIGACION DE LA FORMA COMO SE GENERAN LOS DEFECTOS**

Para la realizar una investigación acerca de los defectos se pueden utilizar otras herramientas para tener información:

- Estadísticas de defectos
- Diagramas de Pareto
- Hojas de estándares de trabajo

Y con estos resultados se crea una matriz de análisis de calidad.

## **11.3. PASO 3. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES 3M (MATERIALES, MÁQUINAS, Y MANO DE OBRA)**

Para una identificación y análisis de las condiciones de los materiales, máquinas, mano de obra y métodos se debe preparar una tabla que relacione los procesos con cada una de las condiciones 4M.

TABLA DE ANALISIS DE CONDICIONES 4M										
Proceso principal	Subproceso	Modo de defecto	Materiales		Máquina		Métodos		Mano de obra	
Mezclado de materia prima	Dosificación	Partículas extrañas	Porcentaje máximo de cada resina	O	Malla de tamizado sin oxidación,	O	Revisión general antes de cambiar de molde.	Δ	Entrenadas previo a asumir el cargo	O
			Resina molida de buen tamaño	O	Revisión de tolva.	O				
O	De acuerdo al estándar				Δ		Estándares no empleados adecuadamente			
⊗	No hay estándar				X		Estándares imposibles de cumplir			

Tabla XI.III.I Tabla de análisis de condiciones 4m

Aquí se considera la existencia de procedimientos y estándares, y si estos son dominados por el personal.

#### 11.4. PASO 4. ESTUDIAR LAS ACCIONES CORRECTIVAS PARA ELIMINAR “FUGAS”

Para poder considerar acciones correctivas, primero se prepara una lista de todas las situaciones anormales del proceso por tipo de problema

LISTADO DE DEFECTOS O FALLAS							
Proceso	4M	Problemas	Modo de defecto	Técnica de investigación	Resultados de la investigación	Acción sugerida	Responsable
Mezclado de resinas	Materiales						
	Máquinas	Grupo inyector	No hay presión en la mezcla	Frecuente limpieza grupo inyector	No se cumple el estándar	Preparar inspección	Supervisor mecánico
	Métodos						
	Mano de obra						

Tabla XI.IV.I Listado de defectos o fallas

La investigación puede requerir que se recurra al uso de los métodos PM, AMFE, o porqué porqué.

Luego se realiza una valoración de los problemas en base a los criterios utilizados en el AMFE, para así poder priorizar el efecto de los problemas

VALORACION DE LOS PROBLEMAS							
Problemas	Modo de defecto	Gravedad	Frecuencia	Facilidad de detección	NPR	Proceso donde se detecta el defecto	Método de detección
Desgaste en tornillo	No hay presión en la mezcla	4	3	4	$(4 \times 3 \times 4) = 48$	Inyección	

Tabla XI.IV.II Valoración de los problemas



Para analizar los problemas, según su nivel de importancia, se emplean las técnicas del Método PM y Por qué Por qué.

DIAGNOSTICO DE LOS PROBLEMAS							
Fenómeno	Principios básicos	Condiciones que producen el problema	Relación con las 4m	Condiciones óptimas	Investigación	Resultados	Plan de acción
Desgaste del tornillo	La presión no es la adecuada	Exceso de fricción	Material incorrecto	Pruebas de material previamente	Cumple con el estándar.	Ok	
			Material contaminado	Imán que colecta impurezas correctamente puesto en la tolva	No está centrado el imán	Movido	Colocar rieles empennadas para inmovilizar el imán
		Mal colocados los parámetros de temperatura	Mano de obra no calificada	Personal previamente entrenado	Cumple con el estándar.	Ok	

Tabla XI.IV.III Diagnóstico de los problemas

### 11.5. PASO 5. ANALIZAR LAS CONDICIONES DEL EQUIPO PARA PRODUCTOS SIN DEFECTOS Y COMPARAR LOS RESULTADOS

Concluido el análisis del problema, se realiza una valoración del efecto de las acciones propuestas sobre las condiciones del equipo para productos sin defectos, utilizando un segundo AMFE.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS ACCIONES PROPUESTAS						
Acción que se propone	Modo de defecto	Gravedad	Frecuencia	Facilidad de detección	NPR	Acciones para implantar la mejora
Inmovilizar el imán	Desgaste en el tornillo	8	2	5	$(8 \times 2 \times 5) = 80$	

Tabla XI.V.I Evaluación del efecto de las acciones propuestas

### 11.6. PASO 6. REALIZAR ACCIONES KOBETSU KAIZEN O DE MEJORA DE LAS CONDICIONES 3M

En este paso se procede a implantar las acciones para las mejoras sugeridas, y se observa el efecto de dicha acción en la mejora de los resultados de calidad del producto

### 11.7. PASO 7. DEFINIR LAS CONDICIONES Y ESTANDARES DE LAS 3M.

Con la acción sugerida ya implantada, se revisa y actualiza la tabla de análisis con las condiciones 3M considerando los métodos, es decir 4M, para determinar si son adecuadas y correctas estas condiciones.

TABLA DE ANALISIS DE CONDICIONES 4M										
Proceso principal	Subproceso	Modo de defecto	Materiales		Máquina		Métodos		Mano de obra	
Mezclado de materia prima	Dosificación	Partículas extrañas	Porcentaje máximo de cada resina	O	Malla de tamizado sin oxidación,	O	Revisión general antes de cambiar de molde.	O	Entrenadas previo a asumir el cargo	O
			Resina molida de buen tamaño	O	Revisión de tolva.	O				
O	De acuerdo al estándar				Δ		Estándares no empleados adecuadamente			
⊗	No hay estándar				X		Estándares imposibles de cumplir			

Tabla XI.VII.I Tabla de análisis de condiciones 4m

### 11.8. PASO 8. REFORZAR EL METODO DE INSPECCIÓN.

En este paso se establecen los estándares de inspección autónoma y especializada que se deben realizar para lograr mantener la situación del equipo en las condiciones de no generar defectos de calidad

### 11.9. PASO 9. VALORAR LOS ESTANDARES UTILIZADOS.

Posterior a la creación del estándar de inspección, se crea una matriz de mantenimiento de calidad para valorar así los estándares usados. Este es un instrumento vital para realizar la gestión de mantenimiento, ya sea en el trabajo diario o en las actividades planificadas.

<b>MATRIZ DE MANTENIMIENTO DE CALIDAD</b>		
<b>ELEMENTOS A INSPECCIONAR EN LAS RUTINAS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>ACCION A REALIZAR</b>
Imán que colecta las impurezas en la tolva	En cada turno y / o en el cambio de resina	Verificar que el imán está centrado en la base de la tolva.
		Eliminar las impurezas adheridas al imán
		Observar en cada cambio de resina el estado de la malla.
		Realizar el trabajo de limpieza del imán con el motor aspersor de la tolva apagado
		Tiempo máximo de la tarea: 10 minutos
		Utilizar guantes de goma y máscara protectora

Tabla XI.IX.I Matriz de mantenimiento de calidad

## **CAPÍTULO XII**

### **GESTION DE REPUESTOS Y MATERIALES**

## **XII. GESTION DE REPUESTOS Y MATERIALES**

### **12.1. FUNCIONES GENERALES DEL ALMACEN DE MANTENIMIENTO.**

#### **12.1.1. GENERALIDADES Y RESPONSABILIDADES.**

La calidad de servicio y capacidad de respuesta del almacén de repuestos son aspectos fundamentales para la gestión de mantenimiento, es decir, hacer que el repuesto esté en el tiempo y lugar adecuados. Pero para poder cumplir con estos requerimientos es necesario saber cual debe ser el stock mínimo.

Mercados crecientemente competitivos y globalizados han llevado a que las empresas tengan que mirar hacia adentro y ser eficientes en la administración del capital interno; produciéndose una reorganización y cambios en la estructura de la empresa, impactando en materia de

stock y centralización de almacenes, y readecuándose los sistemas informáticos.

Las empresas europeas son fieles representantes de las bondades del método a raíz del mercado común, y se consideran los transportes, almacenamiento, estructura logística y sistemas informáticos. Se trata de sustituir stocks de repuestos por información actual, mantener la cantidad de repuestos necesaria y una disposición para adquirir los que sean de carácter urgente.

Dentro de PLASTLIT S.A. existe una red para las computadoras de la empresa que cuenta con el sistema de red principal AS/400, y dentro de dicho sistema se encuentra la mayor parte de información que se maneja al interior de la misma.

A su vez inmersa en dicho sistema encontramos la base de datos de la bodega de repuesto, la misma que posee las características de cada repuesto ( código, cantidad en stock, área de uso, descripción)

Cuando un repuesto no se encuentra disponible en la bodega, se realiza por parte del supervisor del área la solicitud de repuestos y/o materiales de forma escrita, (lo que es muy bueno para efectos de un

buen control) en donde se especifican las características del repuesto, la cantidad, el fabricante, maquina o sección donde va a ser usado, el lugar donde se lo va a adquirir ( si se tiene una proforma previa), y la urgencia con que se lo requiere ( normal, urgente o extra urgente). Dicho pedido según su costo es autorizado por el gerente de operaciones y/o el gerente de Mantenimiento, para luego ser enviado el pedido por el encargado de la bodega de repuestos al Departamento de compras. En el departamento de compras se considera la urgencia y valor del pedido para así dar prioridades al momento de la adquisición. Una vez adquirido el pedido, en el extranjero o el mercado local, este es ingresado al inventario existente en el sistema de computación. Se notifica al solicitante el ingreso del pedido para que sea verificada su conformidad; y posteriormente el repuesto sea retirado o se considere su existencia en el stock. Si este pedido es retirado, se lo hace llenando una solicitud de entrega de materiales con firma de responsabilidad para así sacarlo del inventario de bodega.

Durante este proceso es muy importante que se cumplan todas las formalidades, es decir, llenar los documentos necesarios con todos sus requisitos, informar de manera oportuna la necesidad del repuesto, así como informar del ingreso de los mismos. De esta manera la interacción que existe entre la bodega o almacén e repuestos con el



departamento de mantenimiento no se ve afectada por inventarios errados, costos elevados por adquisiciones bajo urgencias, desinformación, compra de repuestos que no satisfacen las necesidades, etc.

Dentro de la bodega de repuestos existen tres personas, dos de ellas encargadas del despacho y almacenamiento; y una persona encargada del control, inventario, y emisión - recepción de pedidos. La disponibilidad para atender la bodega de repuestos de estas personas está siempre en función el departamento de mantenimiento, es decir, si se planifica un trabajo de mantenimiento en feriado o fin de semana debe estar alguien de turno atendiendo.

#### **12.1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ALMACENAR**

El almacenamiento es necesario por las siguientes razones:

- Dificultad en la entrega al mismo tiempo de los diferentes repuestos y materiales de diferentes proveedores destinados para la reparación o fabricación de un determinado equipo o pieza.
- Reducción de costos y tiempo de transporte, especialmente si el repuesto es de importación.

- Economías de escala por compras en grandes volúmenes, esto se da en el caso de materiales de uso frecuente.
- Pedido mínimo o empaque estándar exigido por el proveedor y por la cantidad mayor a nuestro consumo inmediato.

De igual forma existen razones por las cuales no se debe almacenar:

- La mercancía almacenada tiene un costo de oportunidad – lucro cesante – que debe ser estudiado con otras inversiones que se hagan en la compañía.
- Tiene unos costos involucrados en cuanto al uso de ese espacio en el edificio, mantenimiento, instalaciones etc.
- La mercancía almacenada se envejece con el riesgo de pérdidas por obsolescencia, cambios de moda o vencimiento de su vida útil.

El hecho de no tener un stock de repuestos requiere de unas condiciones muy especiales en cuanto a la naturaleza del repuesto, es decir el tipo de demanda, programación del mantenimiento y principalmente de las relaciones con los proveedores y nuestra capacidad de negociación. Esto requiere de una coordinación exacta de muchas actividades y hasta de otras empresas, con el riesgo fallar en un detalle sobre abastecimiento.

De allí que la bodega de repuestos debe tenerse un stock mínimo, así es posible completar labores de mantenimiento que puedan presentarse en días feriados, fines de semana o en horas de la noche, como es para el caso la sección piloto en donde también trabaja en esos horarios.

### **12.1.3. TIPOS DE BODEGAS**

Dentro de los tipos de bodegas se encuentran:

1. **PROPIA**, es aquella que es de propiedad de la compañía y administrada por ella. Tener bodega propia tiene algunas ventajas importantes como: poderla diseñar por la naturaleza de los productos a almacenar y con la tecnología disponible, proyectando el área para posibles expansiones etc. La desventaja esta, en los costos de funcionamiento en los que se incurre.
2. **ALQUILADA**, cuando se paga por el alquiler de la edificación y es administrada por la compañía. Tiene la ventaja de la flexibilidad de la ubicación principalmente cuando se trata de bodegas satélites o sucursales.
3. **BODEGAS DE SERVICIO**, son aquellas que prestan el servicio completo de espacio y administración. Cuando se solicite este servicio de almacenaje en esta modalidad, deben de tenerse en cuenta lo siguientes:

- La forma de cotizar varía de una a otra. Unas cobran por área ocupada, otras cobran por volumen ocupado y otras cobran por un porcentaje del costo de la mercancía a almacenar.
- Las condiciones ambientales de la bodega, deben ser las adecuadas para los productos que vamos a almacenar allí.
- Deben de poseer sistemas de control que garanticen la calidad de información de los inventarios.
- El manejo de mercancías debe ser óptimo para los productos.
- Los servicios que ofrezca el operador, deben estar de acuerdo a las circunstancias del final de la cadena.

El tipo de bodega ideal para repuestos es la que se encuentra al interior de la empresa, o muy cerca del sitio en donde están las máquinas, porque permite que evitar las perdidas de tiempo por ir a retirar o solicitar un repuesto. Esto si se cumple para el caso de la sección piloto, porque la empresa cuenta con su bodega de repuestos propia y ubicada de manera céntrica para todas las secciones de PLASTLIT S.A.. Así mismo se cuenta con un cuarto que posee equipos de calentamiento para guardar motores, aisladores o que necesitan mantenerse libre de humedad; y con otro que posee la ventilación suficiente para almacenar sustancias que así lo requieren, como diluyentes o pinturas.

#### **12.1.4. CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN ALMACÉN DE REPUESTOS.**

El objetivo de un almacenamiento racional, es asegurar el máximo aprovechamiento del espacio, compatible con la buena conservación y protección de la mercancía, con una identificación fácil, segura y con ahorro de tiempo. Esto significa que las buenas prácticas de almacenamiento, están relacionadas con la productividad del manejo del espacio y de los materiales y con las conocidas 5's aplicadas al almacenamiento.

Para aprovechar el máximo espacio posible dentro de la bodega destinada al almacenamiento de repuestos de mantenimiento, debe de tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- Utilizar la mayor altura posible.
- Ese espacio debe ser medido en volumen, ya que el aprovechamiento del espacio no es del área.
- Se deben utilizar empaques estándar que permitan el mejor acomodamiento y reducción del espacio libre.

- Optimo diseño de corredores. Se deben acomodar las estanterías de tal manera que el acceso sea con el mínimo espacio de corredores sin afectar el movimiento.
- Debe constar cada repuesto con su respectivo nombre y código de parte en la estantería, en un área destinada para materiales similares características y usos.
- Debe ser fácilmente visible la cantidad total y cual es la cantidad mínima de cada material o repuesto

El manejo de materiales es una de las principales funciones logísticas dentro del almacenamiento, involucra especialmente: tiempo, espacio, automatización, movimientos y determinación de la unidad de carga.

Cada uno de estos puntos debe implementarse en la bodega de repuestos de PLASTLIT S.A., debido a que así se mejorarían los tiempos de búsqueda de los repuestos como el sistema de almacenaje, porque en la actualidad existen dos personas que por su experiencia en el rol que desempeñan ubican con facilidad el repuesto solicitado, más no porque estos estén ordenados de tal manera que sea fácil encontrarlos y poder identificar para que equipo están destinados.

## 12.2. SISTEMAS DE CODIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE MATERIALES.

Una bodega es sinónimo de productividad, por la facilidad para encontrar rápida y totalmente la mercancía solicitada por cualquier usuario. Por lo tanto, se debe implantar en la bodega de repuestos una identificación clara que facilite su búsqueda:

- *Utilizando la memoria del almacenista y de los auxiliares*, esto ocurre en los pequeños almacenes, cuando se conoce bien la mercancía y el kardex es manual. Obviamente este sistema no se el más adecuado para una empresa como PLASTLIT S.A. por la diversidad de secciones que posee y por contar con un sistema de información disponible para servir de base de datos. Además se cuentan con los siguientes problemas:

Que pasa cuando quien conoce el almacén falta?

Retraso en las entregas

No hay controles adecuados, y

Se deterioran las relaciones interpersonales

- *Localización lógica*, todas las bodegas que forman la bodega de repuestos sin importar que estén computarizadas o no, deben de tener un sistema de almacenaje con localización lógica, mediante una ubicación e identificación de cada ítem de manera única y clara, permitiendo una búsqueda rápida por cualquier usuario. Cada parte de

la bodega, debe estar identificada bajo una nomenclatura de localización exacta.

- *Si existen varias bodegas*, estas deben enumerarse o tener un nombre que las identifique.
- *Si la bodega es muy grande*,
  - Debe identificarse por áreas o sectores.
  - Deben identificarse los pasillos
  - En cada pasillo deben identificarse las posiciones
  - En cada posición deben identificarse los diferentes niveles de la estantería.

Obteniéndose la localización de un producto X en una bodega de la siguiente forma: Bodega Principal, Sector Norte, Pasillo 17, Posición 3, Nivel 2

Esta es la manera en la cual se debe de organizar la bodega de repuestos de mantenimiento para que sus funciones estén acorde con los avances y mejorar que se obtienen con la implantación del TPM.

Una manera de modernizar la bodega de repuestos de PLASTLIT S.A. es incluyendo la localización en el sistema de computación, de tal manera que se pueda consultar en forma inmediata permitiendo que cualquier persona que reemplaze a los actuales empleados o un usuario pueda ubicar lo que necesite.



Pudiéndose alcanzar una modernización tal para una bodega que exista un sistema de localización inteligente, donde los productos entren por una banda transportadora, el código de barras del producto es leído por un scanner, se verifica automáticamente cual debe ser su posición dentro de la bodega y automáticamente es dirigido por bandas transportadoras hasta el lugar donde debe ser almacenado y en dicho lugar puede ser manipulado por elevadores automáticos. Además desde el momento en que es leído por el scanner, se carga inmediatamente a los registros de inventarios.

Pero si se aplican las 5's en la bodega de repuestos, pueden obtenerse grandes beneficios sin incurrir en mayores costos.

### **12.3. MÉTODOS DE ALMACENAMIENTO.**

Dentro de la bodega de materiales y repuestos, existen áreas con objetivos diferentes de almacenamiento, las cuales deben de distinguirse claramente con avisos y demarcadas con pintura alrededor de toda el área de acuerdo con la siguiente convención internacional:

- Verde : Disponible
- Rojo : Rechazado
- Amarillo punteado: Devoluciones

## TEMPERATURA

La temperatura es un factor muy importante a considerar, porque en algunos materiales y/o productos se requieren unas condiciones especiales para garantizar la vida del producto, ya sean con una bodega refrigerada o una bodega caliente.

Esta temperatura debe entonces ser regulada o se deben adecuar áreas especiales para los ítems que lo necesitan, considerando que estas requieren de un manejo logístico especial y de unas medidas especiales de salud ocupacional.

En PLASTLIT S.A. si se cuenta con un cuarto caliente para los materiales y repuestos que lo requieran.

## HUMEDAD RELATIVA Y CALIDAD DEL MEDIO AMBIENTE

Este factor juega un papel muy parecido al de la temperatura. Algunos materiales o productos son afectados drásticamente cuando la humedad relativa no es controlada; por ejemplo: los productos granulados, como la materia prima para la producción del producto plástico, se apelmazan.

Igualmente los materiales o productos pueden ser afectados por la contaminación cruzada de otros materiales o de gases emanados de empresas vecinas. Por ejemplo el filo de las cuchillas de afeitar puede verse afectado

por los iones libres de cloro, así como se puede producir oxidación en otros repuestos.

Es por esto que la bodega de repuestos cuenta con una división que se encuentra suficientemente ventilada para almacenar sustancias que así lo requieran o que puedan afectar a otros repuestos.

#### ASEO Y CONTROL DE PLAGAS

Los almacenes y bodegas deben mantenerse limpios, coordinarse un aseo permanente para evitar la contaminación y deterioro de los productos.

Debe de diseñarse un plan de fumigación con empresas especializadas para evitar la proliferación de plagas de insectos u otros animales como murciélagos, ratones.

#### CONTROL ENTRADA - SALIDA

Este se basa en que el primero en entrar debe ser el primero en salir, lo que se vuelve fundamental para evitar la obsolescencia de los materiales como sería en el caso de pinturas o adhesivos.

Esta acción se facilita en la bodega de repuestos de PLASTLIT S.A. mediante el control que se lleva en el sistema de computación para la bodega, y marcando la fecha de ingreso de cada material o repuesto que ingrese para poderlo identificar con facilidad luego haberlo buscado en el sistema.

## **12.4. SISTEMA DE INVENTARIO.**

### **12.4.1. DETERMINACIÓN DE EXISTENCIAS.**

En una bodega de repuestos moderna, existen realmente muy pocos documentos en papel, ya que las transacciones se hacen de forma electrónica, sin embargo para la mayoría de bodegas aun es necesario tener control sobre los diferentes tipos de documentos los cuales afectan los inventarios; y en muchos casos llevar al papel información de respaldo o para conocimiento de otras personas.

Los documentos que maneja la bodega de repuestos de PLASTLIT S.A. son para que estos sirvan de respaldo tanto para el que solicito el repuesto, para quien lo compro, como para quien lo entregó. Esta acción no sería necesaria si cada uno de los usuarios tuviesen acceso al sistema de computación, pero por la gran cantidad de personas que solicitan materiales y repuestos es más complejo por requerir no solo más computadoras disponibles para hacer consultas o pedidos, sino por la capacitación que se debería impartir a cada uno de ellos.

La determinación de la existencia se la debe hacer mediante una consulta al sistema que posee la información general, para esto es necesario que a medida ingresen las nuevas adquisiciones se ingresen al stock. Y de igual manera a medida que salen las mismas deben ser retiradas del stock.

El ingreso del repuesto debe ser de manera ordenada, clara y continuando la codificación llevada hasta ese momento si el repuesto es ingresado por primera vez.

Debido a que muchas veces por cuestiones de tiempo, falta de perfeccionamiento en el sistema o por razones fortuitas no se ingresa o se libera del stock a un repuesto, deben quedar como respaldo los siguientes documentos:

- Solicitud de materiales / repuestos
- Recibo de almacén
- Traslados entre las bodegas de la división plasticos con la división sacos.
- Registros de inventarios
- Documentos de control: retenido, liberado, devolución, rechazado.
- Facturas



**BODEGA DE HERRAMIENTAS  
PLASTICOS DEL LITORAL S.A.  
GUAYAQUIL**

Vale por préstamos de herramientas a: \_\_\_\_\_

Por el plazo de : \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Cantidad	Descripción de la herramienta	Valor

Entregado por

\_\_\_\_\_

Recibido por

\_\_\_\_\_

Tabla XII.IV.I.II Solicitud de préstamo de herramientas

**ORDEN DE SALIDA**  
**PLASTICOS DEL LITORAL S.A.**  
**GUAYAQUIL**

No.  
 FECHA:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Del departamento - división: \_\_\_\_\_

Señor: \_\_\_\_\_ está autorizado para salir de la empresa con

Para \_\_\_\_\_ por concepto de :

<input type="checkbox"/> Préstamo	<input type="checkbox"/> Devolución	<input type="checkbox"/> Reparación	REGRESA
<input type="checkbox"/> Prueba	<input type="checkbox"/> Muestra	<input type="checkbox"/> Obsequio	<input type="checkbox"/> SI
<input type="checkbox"/> Venta según comprobantes No. _____			<input type="checkbox"/> NO

**AUTORIZADO POR**

**VISTO BUENO**

\_\_\_\_\_  
 Gerente de Area

\_\_\_\_\_  
 Contralor

Adjuntar esta orden cuando regresa el material.

Fecha de Regreso: \_\_\_\_\_

Seguridad (F): \_\_\_\_\_

Tabla XII.IV.I.III Orden de salida

### 12.4.2. EL INVENTARIO PERPETUO.

Para determinar que materiales son siempre necesarios y en que cantidad, lo es mejor es que se le brinde apoyo técnico a la bodega de repuestos desde el departamento de mantenimiento. Es decir, nadie



mejor que quienes conocen cuales con las frecuencias de mantenimiento, la profundidad de cada intervención.

Por esto es una vez más reiterado, que lo mejor es seguir una programación en el mantenimiento, de esta manera los repuestos, piezas, materiales e inclusive dinero listo para imprevistos puede ser destinado a dicha labor.

Si también es cierto que al realizar inspecciones no se puede en muchos casos predecir la exacta magnitud del daño debido a que cuando se abre o desarma el equipo es cuando se puede cuantificar la magnitud; el conocer sonidos, comportamientos, llevar un registro de intervenciones y planificar intervenciones, ayuda en mucho a poder predecir con mayor certeza que se requerirá para la siguiente intervención.

Por lo tanto la cantidad de cada material o repuesto que exista en bodega no se la va a determinar por una fórmula universal, más bien es muy particular, debido al tipo de compañía, el método de trabajo de mantenimiento, la cantidad tiempo que trabajen las máquinas, la forma en la que la maquinaria es operada ( los procedimientos de marcha y

paro), y hasta inclusive la calidad de repuestos y el clima en el que trabaja.

Dentro de un análisis general realizado a la sección piloto se determinó que la bodega de repuestos debe contar con los siguientes items para su stock minimo:

<b>LISTADO DE MATERIALES Y REPUESTOS PARA LA SECCIÓN DE INYECCIÓN</b>
ABRAZADERAS
ACEITE HAVOLINE FORMULA 2-20W50
ACEITE MEROPA 220 - TEXACO
ACEITE MEROPA-320
ACEITE MOBIL DELVAC 13W40.
ACEITE MOBIL-SAE-40
ACEITE RANDO HD68 TEXACO
ACEITE TEXATHERM 46
ACEITERO CAPACIDAD 1/2 LITRO
ALAMBRE ELECTRICO ¥ 12
ANILLO DE PRESION
ANILLO PLANO
BRASO LIMPIADOR DE METAL EN PASTA
CABLE D"ASBESTO ALTA TEMPERATURA
CEPILLO CERDA DE ACERO
CINTA DE TEFLON 3/4"X36YDS
CINTURON LUMBAR
DILUYENTE ACRILICO
ESCOBA DE FIBRA GRANDE
FILTRO DE ACEITE
FUSIBLE TIPO VIDRIO
GAFA TRANSPARENTE
GORRO QUIRURGICO
GRASA ALTA TEMPERATURA M-88
GRASA MOBIL PARA RULIMAN UNIVERSAL
GRASA MULTIFAK 2 TEXACO
GRASA SKF LG MT 3
GUANTE DE CUERO MANGAS CORTA
GUANTE DE CUERO Y TELA M/CORTA
GUANTE DE ORLON GRUESO CHINO (PAR)

IMAN DE REJILLA 5710K73
CABLE AISLADO DE TERMOCUPLA TIPO J
CABLE AISLADO DE TERMOCUPLA TIPO K
INSULATED T/C WIRE TT-T-20S-200
JABON DE TOCADOR.
JABON LIQUIDO
JUEGO LLAVES ALLEN MM 9 PIEZAS
JUEGO LLAVES ALLEN PULGADAS 9 PZS
LAMPARA FLUORECT.2X40W 110V COMPLET
LAMPARA FLUORESCENTE 2X40W-220V
LIJA AL AGUA
LIJA PARA HIERRO G.MEDIANO
LIMPIADOR DE CONTACTO ELECTRICOS
LIMPIADOR DE MOTORES VITHENE
LIQUIDO DE FRENO 21-B
LOCTITE 330
LOCTITE 495
MALLA DE ACERO INOXIDABLE PARA FILTRO DE MATERIA PRIMA
MANGUERA PLASTICA PARA EL SISTEMA NEUMATICO
MANGUERA PLASTICA PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO
MARCADOR NEGRO PUNTA GRUESA
MASCARILLA DESCARTABLE 3M - 8500
MASILLA EPOXICA RALLY 1008
ORING
PERNOS DE ACERO BLANCO
PERNOS ALLEN
PERNOS CABEZA AVELLANADA
PERNOS HEXAGONAL
PROTECTOR AUDITIVO CON CORDON
SILICON GRADO ALIMENTICIO
SILICON ROJO
SILICONE TRANSPARENTE (TUBO)
TEFLON ADHESIVO
TEFLON PARA TUBERIA
TERMOCONTROLES
TUERCAS
VITHENE
WAIPE

Tabla XII.IV.II.I Listado de materiales y repuestos para la sección de inyección

**CAPÍTULO XIII**

**SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA**

**MANTENIMIENTO**

### **XIII. SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA MANTENIMIENTO**

#### **13.1. EL CONCEPTO DE INFORMACIÓN**

La rápida y espectacular extensión del uso de las herramientas informáticas a todos los ámbitos de la empresa genera la necesidad de optar por uno de los muchos sistemas que existen a disposición de cada usuario, donde la situación de la organización del mantenimiento no queda fuera.

La necesidad de organizar adecuadamente el servicio de mantenimiento con la introducción de programas de mantenimiento preventivo y el control del mantenimiento correctivo nace fundamentalmente del objetivo de optimizar la disponibilidad de los equipos productores. Más considerando minimizar los costos propios de mantenimiento se acentúa la necesidad de organización con controles adecuados de costos.

De manera reciente la industria está sometida de optimizar todos sus aspectos, produciendo la necesidad de analizar sistemáticamente las mejoras que puedan ser introducidas en la gestión técnica y económica del mantenimiento, lo que implica manejar una gran cantidad de información.

Sin embargo la introducción de la informática en este ámbito se ha producido con cierto retraso en comparación con otros ámbitos de PLASTLIT S.A., en parte por la existencia de otras prioridades y en parte quizás por la lejanía del mantenimiento con respecto de los propietarios de los recursos informáticos. Pero la gran expansión de los recursos informáticos y la mayor facilidad de su uso han incrementado enormemente la presión para la informatización del mantenimiento, tanto desde los servicios informáticos como desde el propio servicio de mantenimiento.

### **13.2. TERMINOLOGÍA BÁSICA EN EL USO DE COMPUTADORES**

En el aspecto de organización de empresas, se puede definir un *sistema* como un conjunto de procesos que interactúan y se relacionan para alcanzar objetivos definidos. A su vez, los *procesos* son formados por un conjunto de tareas ejecutadas de forma ordenada.

Los *métodos* son los medios usados para el desarrollo ordenado de las tareas de un sistema, o sea, las normas, procedimientos e informaciones disponibles en la organización.

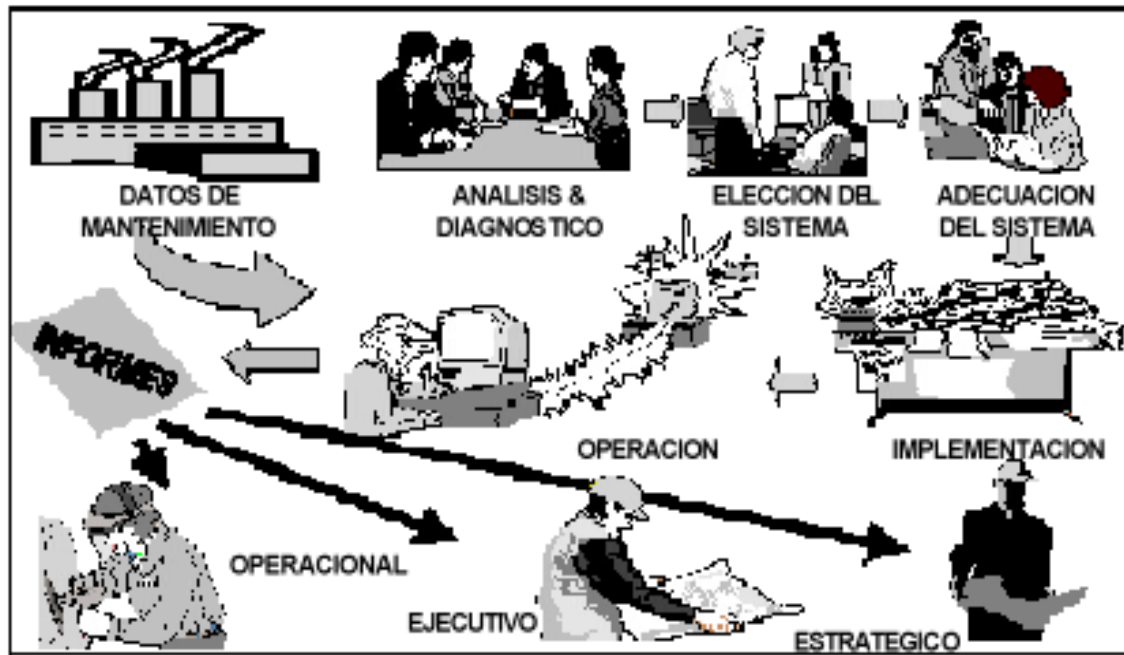


Figura 13.2.1.1 - Representación de un sistema de información aplicado al mantenimiento

### 13.3. CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA MANTENIMIENTO.

#### 13.3.1. OBJETIVOS

El diseño e implementación del sistema de mantenimiento de PLASTLIT S.A., su organización y su posterior informatización debe

siempre tener presente que está encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos:

- *Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.*
- *Disminución de los costos de mantenimiento.*
- *Optimización de los recursos humanos.*
- *Maximización de la vida útil de las máquinas.*

Cualquier sofisticación del sistema debe ser contemplada con gran prudencia para precisamente evitar que se enmascaren dichos objetivos o se dificulte su consecución.

### **13.3.2. CONSIDERACIONES**

Todo diseño organizativo para la gestión de mantenimiento en PLASTLIT S.A. así como su informatización deben constituir un sistema coherente de información que permita la toma, en el momento adecuado, de las decisiones convenientes que permitan alcanzar el objetivo pretendido.

Este condicionamiento es lógico y obvio, sin embargo es frecuentemente vulnerado a la hora de diseñar e informatizar sistemas



de información. Por tanto debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Los datos no constituyen en sí mismos información, son sólo la materia prima para una información útil.
- El exceso de información suele conducir a no prestar atención a la información realmente útil.
- En general la mayor parte de los problemas a resolver proceden de una parte muy pequeña de los hechos que se producen en la empresa y esto también es válido en mantenimiento.
- Aunque un dato sea necesario para múltiples finalidades, su captura debe ser única, en la medida posible.
- La información no está destinada en el ámbito directivo solamente.
- Cada nivel de decisión, incluidos los más bajos niveles, debe tener acceso al nivel de información compatible con su responsabilidad de decisión.
- La información útil, retrasada en aras de su perfección, queda degradada para su finalidad pretendida.

### **13.3.3. MODALIDADES DE INFORMATIZACION**

Podemos identificar las siguientes modalidades de informatización para la gestión de mantenimiento:

1. Adquisición de un paquete comercial.
2. Desarrollo de un sistema propio
  - 2.1. Con ayuda externa.
  - 2.2. Sin ayuda externa.

Adicionalmente se puede considerar la utilización de los recursos centrales de la empresa (como es el sistema AS400 usado en PLASTLIT S.A. y la red de computadoras de la empresa) o de recursos exclusivamente ubicados en el Servicio de Mantenimiento (las computadoras del departamento) y dedicados a este tema.

#### **13.3.4. CRITERIOS DE SELECCION**

La selección de la modalidad de informatización para la gestión de mantenimiento tendrá que tener en cuenta los siguientes factores:

##### **En el caso del paquete comercial**

- Compatibilidad con los recursos existentes (hardware)
- Nivel de organización preexistente
- Compatibilidad de la filosofía de paquete con la organización preexistente.
- Interfases con otros sistemas (costos, personal, etc.)
- Costo de adquisición del paquete.

- Fiabilidad del mantenimiento del paquete.
- Documentación del paquete.
- Costo de implantación.

### **En el caso del desarrollo de un sistema propio**

- Nivel de cultura informática preexistente en el servicio de mantenimiento.
- Duración y costo de la implantación propia frente a tutela o desarrollo pleno externo.
- Nivel de organización preexistente.
- Definición de los objetivos a alcanzar.
- Documentación del sistema a desarrollar.
- Costo del hardware en el caso de optar por una configuración dedicada.

En cualquiera de los dos casos es importante resaltar que la informatización de la gestión de mantenimiento no pretende tanto los ahorros inmediatos como la potenciación de la capacidad de análisis y de control.

#### **13.4. PLANEACION ESTRATÉGICA DE SISTEMAS**

La primera etapa para la implantación de un sistema de información para gerenciar la gestión de mantenimiento de PLASTLIT S.A. se constituye en la investigación de las necesidades de los usuarios y en la evaluación de criterios para la recolección de datos, en función de los tipos de informes deseados.

Esta etapa, identificada como Análisis y Diagnóstico del área de mantenimiento, debe ser desarrollada con la participación de especialistas encargados de la Planificación, Organización, Análisis de Sistemas y usuarios, debiendo todos los participantes poseer la delegación del poder de decisión en sus actividades, para que el sistema desarrollado alcance el objetivo deseado. Durante esa etapa se elige el proceso (manual o automatizado) a ser utilizado según las metas y los plazos a ser alcanzados, la confiabilidad deseada y los costos involucrados.

El análisis y diagnóstico, fue originalmente concebido como es presentado en la figura, cuando se le denominó Polígono de Productividad del Mantenimiento o Radar del Mantenimiento.

1	Auditoría del Proceso
2	Organización
3	Capacitación de la Gerencia
4	Capacitación Planeación
5	Capacitación Técnicos
6	Motivación
7	Control de Gestión
8	Ordenes de Trabajo
9	Evaluaciones
10	Herramientas
11	Repuestos
12	Mantenimiento Preventivo
13	Ingeniería de Mantenimiento
14	Medidas de Trabajo
15	Procesamiento de Datos

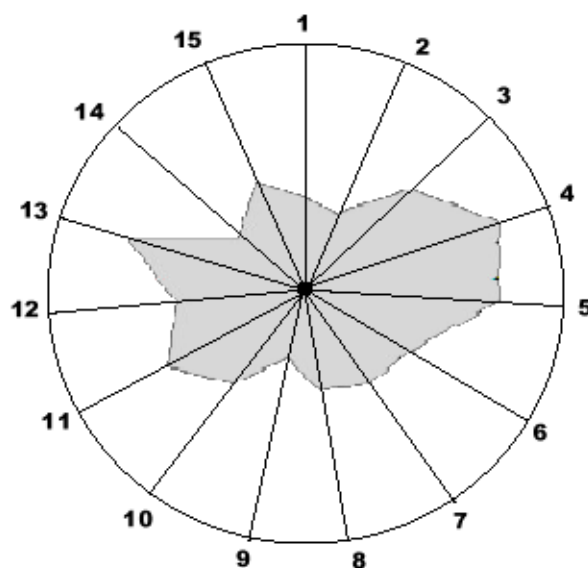


Figura 13.4.1 - Polígono de la Productividad del Mantenimiento (análisis y diagnóstico)

El método se desarrolló, en el sentido de formar un grupo de trabajo de la propia empresa que, asesorado o no por consultores externos, evalúe la situación de los distintos aspectos de la gestión del mantenimiento. Este grupo de trabajo, coordinado por el gerente de mantenimiento, deberá estar compuesto por representantes de las áreas de ejecución del mantenimiento y otras directamente e indirectamente relacionadas (operación, bodega de repuestos, personal, capacitación y desarrollo, compras, computación, proyectos, archivo/biblioteca, control patrimonial, contabilidad y seguridad industrial), algunos de los cuales tendrán su participación limitada, solamente a los temas de sus niveles de acción.

La metodología utilizada en la actualidad para el desarrollo de los trabajos de la comisión de análisis y diagnóstico está compuesta por ocho etapas:

1. Elaboración de un cuestionario que servirá como guía para desarrollo de los trabajos de análisis;
2. Visitas a las instalaciones, talleres y oficinas de las áreas de actuación del mantenimiento, para conocimiento de las actividades desarrolladas por cada una;
3. Reuniones y debates con los profesionales directa o indirectamente incluidos en el proceso de análisis;
4. Consultas a la documentación en uso y determinación del flujo de información existente;
5. Consulta a los usuarios de los servicios de mantenimiento (clientes);
6. Recolección y análisis de normas y procedimientos de informatización de la empresa;
7. Análisis de los problemas a ser administrados;
8. Reuniones con los coordinadores de cada área para la discusión de las informaciones y elaboración del informe de diagnóstico.

Los procedimientos utilizados en el desarrollo del análisis y diagnóstico pueden ser cuantitativos, cualitativos o ambos. En cualquier caso, el diagnóstico obtenido como resultado del análisis, debe contener indicaciones o alternativas para mejoras en los métodos practicados por la empresa.

Además de las tablas comparativas del método, es recomendable el montaje de gráficos ilustrativos de algunas condiciones existentes, así como, en el caso que el proceso concluya por la informatización del sistema de gestión del mantenimiento, se deberá presentar una tabla, con los elementos que compondrán los varios archivos del sistema debidamente dimensionados y correlacionados.

Durante el proceso de son evaluados:

- Tipo de estructura organizacional existente;
- Situación administrativa y financiera de la empresa y ambiente en que actúa;
- Clientela (niveles de exigencia y estándares de la calidad de los productos o servicios);
- Modernidad y obsolescencia de equipos, máquinas y herramientas;
- Participación del mantenimiento en los procesos de compra de nuevos equipos;
- Participación del mantenimiento en los proyectos de ampliación o modificaciones de las instalaciones;
- Documentación (manuales, catálogos, recomendaciones, metodología de órdenes de trabajo, flujo de documentos, tratamiento informatizado,

elaboración de informes, evaluación de los servicios, evaluación de los resultados, establecimiento de metas, acciones administrativas);

- Cálculos o estimaciones de índices tradicionales (costo de mantenimiento por facturación, porcentaje de mantenimiento preventivo, correctivo y otros servicios etc.);
- Delegación de autoridad para la solicitud de servicios de mantenimiento;
- Identificación objetiva de los servicios solicitados;
- Comunicación entre el personal de mantenimiento y los clientes de sus servicios;
- Recursos humanos y materiales disponibles;
- Relaciones entre las diversas áreas de mantenimiento con órganos externos;
- Posición del personal de mantenimiento con relación a otros órganos (responsabilidad, salarios, beneficios etc.);
- Existencia de intercambio de información entre el personal de una planta con otras de la misma empresa;
- Niveles de escolaridad del personal;
- Experiencia práctica del personal propio;
- Eficiencia y productividad del personal de mantenimiento;
- Delegación de responsabilidad en todos los niveles jerárquicos;
- Relaciones entre el personal de supervisión y subordinados;



- Existencia y eficacia de los métodos de evaluación de desempeño del personal;
- Existencia de un programa interno de transferencia de experiencia;
- Existencia de un programa continuo de capacitación del personal de mantenimiento;
- Existencia de programas de aprendizaje de los fabricantes de los equipos instalados en la empresa y entidades de enseñanza;
- Estímulos a emitir sugerencias a través de: premios, participación en eventos (congresos, simposios, seminarios, mesas redondas y cursos), visitas etc.;
- Motivación del personal propio y contratado;
- Relaciones entre servicios ejecutados por personal propio y por terceros;
- Ventajas y desventajas de la tercerización;
- Participación del mantenimiento en la elaboración de contratos de prestación de servicios;
- Problemas con prestadores de servicios (criterios de elaboración de los contratos, documentación, evaluación de los servicios);
- Nivel de utilización de horas extras;
- Criterios en el establecimiento de la previsión de presupuestos del área de mantenimiento (seguimiento, criterios de establecimiento de las cuentas y centro de costos);
- Criterios de gestión de costos en los distintos niveles de supervisión;

- Criterios de levantamiento de costos de pérdida de producción debido al mantenimiento;
- Existencia de un sistema de débitos de costos de servicios del mantenimiento a sus usuarios;
- Nivel de delegación de responsabilidades para compras de pequeño valor (material de uso continuo);
- Repuestos (niveles de "stock" y puntos de reposición adecuados, localización física del almacén, almacenes paralelos, recepción de materiales, plan de mantenimiento de repuestos, herramientas, intercambiabilidad, nacionalización);
- Estandarización de tablas para la identificación de los códigos de registro de equipo, de mantenimiento, de ocurrencias, de esperas, de reprogramaciones y de cancelamientos;
- Identificación de equipos con mismas características constructivas ("familias" de equipos);
- Concienciación de la necesidad de prevención por mantenimiento;
- Relación de tópicos para la ejecución del mantenimiento planificado y sus respectivos tiempos estándares;
- Existencia y eficacia de procesos de monitoreo por mediciones manuales o automatizadas;

- Métodos adoptados para la intervención planificada en los equipos (por tiempo - intervalos prefijados; por oportunidad - función del seguimiento del estado de los equipos; o ambas);
- Establecimiento de recomendaciones de seguridad;
- Emisión de órdenes de trabajo de actividades programadas y no programadas;
- Existencia y eficacia de un plan de inspecciones continuas;
- Existencia y eficacia de un plan de lubricación;
- Criterios de archivo de datos de actividades programadas y no-programadas;
- Criterio de almacenaje de datos de: disponibilidad de los equipos, duración de las actividades, hombres-hora empleados en cada actividad, material utilizado, costos de mano de obra, servicios contratados y facturación cesante;
- Cumplimiento de los plazos de atención de los pedidos;
- Evaluación de la calidad de los servicios;
- Existencia de una estructura de análisis de anomalías en los equipos y en las intervenciones;
- Investigación sistemática de las averías más frecuentes;
- Selección y montaje de informes gerenciales por área de producción, sistema operacional, actividad y sector, con sus respectivas definiciones respecto a la presentación (tablas, gráficos y consultas específicas);

- Estructuración del área de Ingeniería de Mantenimiento para análisis de los reportes, sugerencia de alternativas y establecimiento de metas;
- Identificación del proceso deseado de interconexión del sistema de mantenimiento con otros sistemas de la empresa, establecimiento de metas, costos y plazos;
- Identificación del interés de disponer de un sistema en red;
- Interés en automatizar e implementar programas de monitoreo de los equipos (Mantenimiento Predictivo);
- Identificación del interés en alcanzar tipos de programas de alerta de ocurrencias indeseables en el área de mantenimiento;
- Análisis de conveniencia de reajustes de tiempos estándares y desarrollo e implementación del programa de distribución homogénea de la mano de obra del servicio de mantenimiento a lo largo del tiempo.

Para tornar las reuniones del grupo de A&D más productivas, es recomendable que sea previamente elaborada una relación o cuestionario que dirigirá los debates de la comisión. Como temas más completos de esa relación/cuestionario, se sugieren: organización y perfil del mantenimiento; criterios de inventariación y registro de equipos, instalaciones, materiales (especialmente repuestos) y personal; planificación y programación del mantenimiento; métodos de recopilación de datos y metodología de archivo;

criterios de composición y análisis de los reportes gerenciales y el proceso de tratamiento de la información.

### **13.5. REQUERIMIENTOS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA MANTENIMIENTO**

La informatización de un Sistema Integral de Gestión de Mantenimiento debe contemplar en los servicios e interfaces con los usuarios los siguientes aspectos:

#### **A. Informatización de la Información Técnica de Mantenimiento**

En este punto mi criterio es que el sistema debe recoger como mínimo:

- Fichero de equipos por ubicación.
- Fichero de equipos/ máquina/ aparatos por número de matrícula.
- Fichero técnico de equipos/ máquinas/ aparatos.
- Características.
- Planos.
- Referencias.
- Repuestos.

El objetivo es poder realizar consultas a través de pantalla, usando un código para el equipo, donde se obtenga:

- Características de la máquina instalada.

- Máquinas iguales a la anterior y ubicación de las mismas
- Repuestos/ existencias en almacén.

## **B. Informatización del sistema de Mantenimiento Correctivo**

Mi criterio en este aspecto es la informatización de los documentos:

- Orden de Trabajo.
- Programa diario de Trabajo.
- Solicitud de Pedido.

Naturalmente previo a esta mecanización es necesario un adecuado estudio de la información que se recogerá en estos documentos y el establecimiento de las normas, procedimientos y circuitos de funcionamiento de la línea de ejecución.

El objetivo es permitir, a través de pantalla, conocer en cualquier momento la situación de un trabajo en cuanto a:

- Mano de Obra.
- Material.
- Datos técnicos.
- Solicitud de pedidos, etc.

## **C. Informatización del sistema de Paradas Programadas**

Este aspecto contempla la informatización de:

- Calendario de Paradas Programadas a nivel Sección con fecha y hora previstas para el paro y puesta en marcha.
- Relación de Gamas de Mantenimiento Preventivo a realizar en la parada.

Automáticamente este fichero interactúa con los trabajos pendientes a realizar en paradas programadas.

La meta es disponer en cualquier momento del programa de trabajo a realizar en una parada programada, especificando automáticamente en un diagrama de barras los períodos de intervención.

#### **D. Informatización del sistema de seguimiento y control de la gestión del Mantenimiento**

##### 1. Seguimiento y control Sistemático (Mensual)

- Controles Técnicos
  - Control de Horas x hombre
  - Control de cargas de trabajo
  - Control de ABC de trabajos más importantes
  - Control de trabajos pendientes
  - Control de Averías y causas
  - Control de equipos con averías repetitivas
- Controles Económicos

Resumen control de costos a nivel del Centro de Costo comparado con presupuesto.

Control de Centros de Costo desviados hasta nivel Petición de Trabajo.

## 2. Seguimiento y Controles a petición

- Consultas a Fichas Técnicas
- Consultas a Fichas históricas
- Listados de trabajos pendientes
- Listados de trabajos terminados
- Consulta de Repuestos
- Consulta de presupuesto a priori y proyecciones

## **E. Interfase con otras aplicaciones**

- Interfase con la Bodega:

*A través del código de la bodega de repuestos se traen al sistema de mantenimiento todos los datos de la gestión del aprovisionamiento relativo al artículo en cuestión.*

- Interfase con Compras:



*A través del número de orden de trabajo se llegará a número de datos de la Solicitud de Pedido, Orden de importación, etc. (y todos los datos asociados).*

- Interfase con Administración y Control Presupuestario:

Se realiza *a través del código del empleado* donde se pueden ver los trabajos a los que estaría asignado, horas, dinero que se le cancelará por esa obra, etc.

## **13.6. METODOLOGÍA Y PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN**

### **Selección del software de para la gestión de mantenimiento**

Tras la etapa de Análisis y Diagnóstico, se inicia el proyecto del desarrollo o selección del adecuado sistema que almacenará y procesará las informaciones del proceso de gestión del mantenimiento de PLASTLIT S.A..

Las exigencias actuales de la fiabilidad y disponibilidad son de tal orden que se impone, a los gerentes de mantenimiento, responsabilidades que pueden ser ejecutadas sólo con herramientas adecuadas de gestión. En consecuencia, las empresas buscan cada vez más, sistemas informatizados adecuados para auxiliar a esos gerentes en sus funciones.

Esta búsqueda lleva a una gran comercialización existente (inclusive con el Análisis y Diagnóstico y prácticamente todos, de forma modular e integrada), tanto en Europa como América. También existe una gran cantidad de sistemas de gestión del mantenimiento ofrecidos como la solución final a los problemas de los gerentes, pero después de su adquisición, la realidad muestra que en algunos casos adquirieron más problemas para administrar.

Existe la seguridad que más del 50% de los sistemas comercializados no llegan a satisfacer adecuadamente a las empresas. De esta forma, los gerentes se deben preocupar en la selección de un sistema que realmente satisfaga sus necesidades, basados en una investigación consciente de las consecuencias que vendrán con su adquisición.

Dependiendo de los recursos a ser invertidos, en la informatización del sistema de gestión del mantenimiento, la selección de software podrá basarse en la: experiencia del personal de la empresa, asesoría especializada y/o utilización de cuestionarios.

En los dos primeros casos, es recomendable preceder el proceso de informatización con el Análisis y Diagnóstico de la situación de la empresa que, además de definir las necesidades de cambios en la organización, servirá

como agente de estímulo y compromiso de todas las áreas de la empresa en el cambio de sus paradigmas.

En la utilización de la técnica de cuestionarios, se puede dividir la selección de software de mantenimiento en cuatro etapas: Elaboración del cuestionario de selección objetiva; Elaboración del cuestionario de selección subjetiva; Presentación de los softwares y Propuestas comerciales.

Y dependiendo de las necesidades y complejidad de la empresa, el proceso de selección se desarrollará entre uno y dos meses.

**Elaboración del cuestionario de selección objetiva:** Para garantizar una selección técnica exenta, objetiva y completa del software de mantenimiento, debe ser constituida una comisión formada por el personal del área involucrada, del área de informática y del área financiera.

Una vez constituida la comisión de evaluación, son realizadas reuniones para la preparación de los cuestionarios de evaluación objetiva y subjetiva.

La composición de dos cuestionarios, trae como ventaja la posibilidad de ratificación del proceso de evaluación o la necesidad de rever la importancia dada a algunas preguntas a partir de la comparación entre sus resultados.

El cuestionario de evaluación objetiva es más extenso (entre 200 y 300 preguntas), más simple de ser completado (respuestas "S" (si) o "N" (no)) y sus resultados multiplicados por números que dan el grado de importancia del asunto (3 o 4 niveles) para las características de la empresa. Teniéndose:

Peso 0 : Pregunta que no afecta el resultado de la selección, sin embargo, que debe ser hecha a título de información. Es común la existencia de 5 a 15 preguntas de este tipo.

Peso 1: Pregunta básica en el proceso de selección. Es aquella que aparece con más frecuencia siendo común la existencia de 150 a 200 de estas preguntas.

Peso 2: Pregunta muy importante en el proceso de selección, normalmente vinculada a aspectos de codificación, historiales del mantenimiento y reportes gerenciales. Es común la existencia de 30 a 50 interrogantes de este tipo.

Peso 5: Pregunta excluyente en el proceso de selección. Su respuesta negativa indica que el software analizado no responde a las necesidades fundamentales de la empresa, normalmente vinculada a aspectos de: procesamiento de datos, asistencia técnica, garantías y reportes de gestión (especialmente relacionado a índices de mantenimiento). Es común la existencia de 5 a 10 preguntas de este tipo. Ya que se espera que estas preguntas sean respondidas positivamente por todos los proyectistas o proveedores de software el valor del peso puede ser aumentado (pasando a 10 o a 20).

**Elaboración del cuestionario de selección subjetiva:** El cuestionario de evaluación subjetiva, normalmente es compuesto por preguntas semejantes a la de mayor peso del cuestionario de evaluación objetiva, pudiendo todavía contener preguntas de menor peso (peso 1). Regularmente su compilación es realizada a través de un breve comentario. Es común que este cuestionario tenga entre 5 y 15 preguntas y que además del comentario sean atribuidos puntos que podrán variar de 1 a 5 o de 1 a 10.

Además de las preguntas semejantes a las del cuestionario objetivo pueden ser incluidas algunas relacionadas con: asistencia técnica (sistema e ingeniería de mantenimiento); capacitación operacional (implantación del sistema y conceptos); autonomía (cambios en la base de datos, creación de archivos, alteración de campos); facilidad operacional y navegabilidad del sistema; experiencia de utilización en empresas del ramo; recursos informáticos; costos de licencia por usuario y/o funcionario; tasa de mantenimiento etc.

También pueden ser atribuidos valores para el cálculo ponderado de las preguntas subjetivas. En este caso, todavía, estos valores (pesos) se deben restringir a apenas dos o tres números (cero, uno y dos o uno, dos y tres).

Tras la preparación de los cuestionarios, es realizada la preselección del software existente en el mercado, pudiendo ser utilizada la experiencia propia del personal y/o la asesoría de consultores externos; elaborando un gráfico de presentación de los sistemas y remitiendo invitaciones a los proveedores y/o proyectistas para la presentación de sus productos. En función del porte de la empresa, pueden ser invitados de 3 a 8 proveedores y/o proyectistas, para la selección.

**Presentación de los softwares:** Las presentaciones pueden ser divididas en dos partes, en la primera los proveedores y/o proyectistas hacen la presentación de su empresa y del software y en la segunda responden a las preguntas de los cuestionarios objetivo y subjetivo.

Durante la primera parte, los miembros de la comisión ya estarán marcando en sus cuestionarios las preguntas que fuesen realmente respondidas, quedando para la segunda parte apenas aquellas que quedaron omisas. Es común que cada presentación dure de 5 a 8 horas, debiendo por lo tanto ser reservado un día para cada software.

Después de la presentación, los resultados del cuestionario objetivo son comparados y analizados por los miembros de la comisión, de manera que se logre un resultado de consenso. Este resultado de consenso es sumado para

cada software analizado, siendo sus resultados colocados en una planilla final con los valores absolutos y relativos obtenidos por cada uno.

Análogamente es realizado el levantamiento de los valores atribuidos en el cuestionario subjetivo, siendo, en este caso, común la utilización de valores promedios de los valores atribuidos por cada miembro de la comisión en cada pregunta.

**Propuestas comerciales:** La selección del software será concluida con el establecimiento de las especificaciones técnicas, para que los proveedores puedan elaborar sus propuestas comerciales. Estas especificaciones son basadas en las normas internas de la empresa, sus características operacionales, sus criterios financieros y contables y en los resultados obtenidos del Análisis y Diagnóstico y evaluaciones objetiva y subjetiva.

El objetivo final de un sistema informatizado aplicado a la gestión de mantenimiento de PLASTLIT S.A. es: proporcionar informaciones que permitan obtener un aumento de la rentabilidad de la empresa, utilización más eficiente del factor humano y material disponibles, mejora en el desempeño y fiabilidad de los equipos. Para alcanzar este objetivo, debe existir una secuencia lógica en el proyecto y en el desarrollo de cada etapa del sistema.

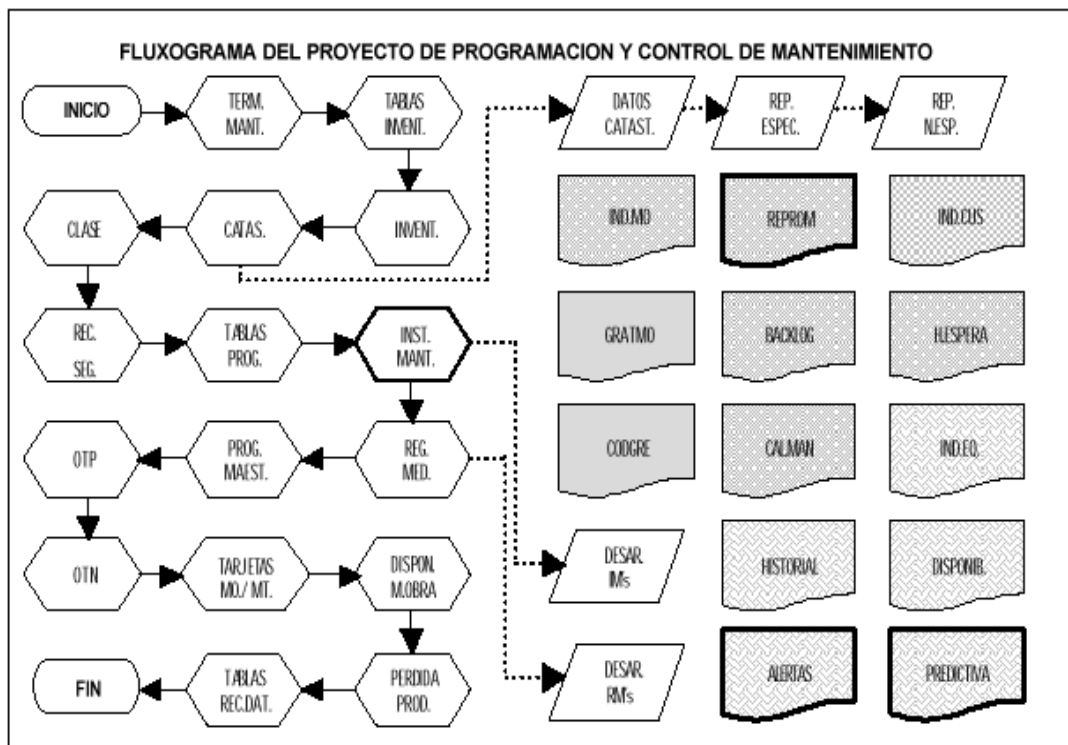


Figura 13.6.1 - Diagrama de flujo del proyecto de un sistema de gestión del mantenimiento

Analizando la secuencia recomendada para la implantación de las informaciones y la utilización de esas informaciones en los distintos reportes de gestión, se puede notar que:

- a. El módulo de Disponibilidad de los Equipos es alimentado con informaciones de las órdenes de trabajo y datos de operación.
- b. El módulo del Historial de los Equipos, filtrado a partir de las tablas implementadas durante el inventario y la programación, recibe informaciones de los datos de inventario, de las órdenes de trabajo y de las tablas de recolección de datos.



- c. El módulo de Índices de Equipos es alimentado con informaciones de las órdenes de trabajo y datos de operación.
- d. Los módulos de Alertas, son generados a partir de la comparación de parámetros predefinidos con los equivalentes de las órdenes de trabajo y registros de mediciones y es un subproducto del programa del Historial de los Equipos.
- e. El módulo de Mantenimiento Predictivo, recibe informaciones de los registros de mediciones y órdenes de trabajo de intervenciones en equipos prioritarios.
- f. Los módulos de Costos de Mantenimiento son alimentados con informaciones de inventario (repuestos generales y específicos y costo de adquisición), de las órdenes de trabajo, de los datos de operación, de las tarjetas de tiempo y de material.
- g. Los módulos de Indices de Mano de Obra, Backlog, Distribución de Servicios y Horas de Espera, son alimentados con informaciones provenientes de las órdenes de trabajo, tarjetas de tiempo y mano de obra disponible.
- h. La Reprogramación Automatizada de Mantenimiento es alimentada con datos provenientes de las órdenes de trabajo, tarjeta de tiempo y Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo.

### **Conceptos Básicos**

La primera etapa para la selección o desarrollo del sistema de información para la gestión de mantenimiento en PLASTLIT S.A. debe ser el establecimiento de una terminología estándar a ser utilizada por todos los involucrados en el proceso.

Debido a la inexistencia de un estándar universal de caracterización de algunas actuaciones es fundamental para el desarrollo del control del mantenimiento se adopte una terminología adecuada de preferencia igual a aquella en uso por la mayoría de las industrias del mismo ramo y sea enfáticamente divulgada internamente para evitar que sean hechos cambios de conceptos después de definidos.

### **Establecimiento de Prioridades**

La prioridad a ser dada en la ejecución del mantenimiento para un equipo, también es asunto polémico en su subdivisión. Siendo su concepto genérico aceptado por la mayoría de las personas que trabajan en el proceso productivo: calidad de lo que está en primer lugar o de lo que aparece primero. En el aspecto técnico, la prioridad es caracterizada como: el intervalo de tiempo que debe transcurrir entre la constatación de la necesidad de mantenimiento y el inicio de esta actividad. Entre las distintas propuestas de subdivisión utilizadas por los órganos de mantenimiento, se han seleccionado aquellas presentadas

por algunas empresas americanas que establecen cuatro niveles subsecuentes para ese intervalo de tiempo:

**Prioridad 1 - Emergencia** - Mantenimiento que debe ser realizado inmediatamente después de detectada su necesidad. Ejemplos: Falla en equipo prioritario; Acción predictiva en equipo prioritario.

**Prioridad 2 - Urgencia** - Mantenimiento que debe ser realizado lo más rápido posible, preferiblemente sin superar las 24 horas tras haber detectado su necesidad. Ejemplos: Defecto en estado próximo a la falla en equipo prioritario; Falla en equipo secundario.

**Prioridad 3 - Necesaria** - Mantenimiento que puede ser postergado por algunos días pero que su ejecución no debe superar una semana. Ejemplos: Mantenimiento Preventivo en equipo secundario, de acuerdo con la programación preestablecida; Reparación de defectos en equipos secundarios.

**Prioridad 4 - Deseable** - Mantenimiento que puede ser postergado por algunas semanas (recomendable 4 ó 5) pero no debe ser omitido. Ejemplos: Mantenimiento en equipo secundario, de acuerdo con la programación preestablecida; Falla en equipo que no interfiere en la producción.

**Prioridad 5 - Prorrogable** - Mantenimiento que puede dejar de ser ejecutado. Ejemplos: Defecto en equipo que no interfiere en el proceso productivo; Mejora estética de la instalación.

Actualmente en PLASTLIT S.A. se tiene un sistema más simple de establecimiento de prioridades con tres niveles: Extraurgente, Urgente y Normal.

El uso de varios niveles de prioridad puede generar situaciones complejas entre los órganos de operación y mantenimiento por la divergencia de opiniones respecto a la definición de estos niveles, en función del tipo de ocurrencia y de la importancia operacional del equipo, donde la seguridad industrial también participa en esas divergencias.

Para evitar que la discordancia perjudique el desarrollo del trabajo del equipo de ejecución del mantenimiento, es presentado el concepto de Prioridad Combinada donde el nivel de prioridad final es obtenido por la combinación de aquellos propuestos por los órganos involucrados, a partir de una tabla previamente ajustada y conformada por la combinación de todas las posibilidades dadas por los órganos involucrados. Para la elaboración de esta tabla, cada órgano establece sus niveles y terminologías propias de prioridad. Considerando los cinco niveles ya presentados como específicos del departamento de mantenimiento, el órgano de operación tendría, por ejemplo, otros niveles, o sea:

**Prioridad 1** - Equipo prioritario fuera de servicio con pérdida de producción.

**Prioridad 2** - Equipo prioritario en condición deficiente de operación.

**Prioridad 3** - Equipo prioritario fuera de servicio, sin pérdida de producción por período limitado.

**Prioridad 4** - Equipo no prioritario.

Análogamente, el órgano de Seguridad Industrial, también podría usar niveles y terminologías apropiados a su área de actuación como:

**Prioridad 1** - Riesgo de vida común.

**Prioridad 2** - Riesgo de vida limitada.

**Prioridad 3** - Riesgo de accidente no fatal.

**Prioridad 4** - Sin riesgo de accidente.

Una vez establecidos los niveles de prioridad de cada órgano, sus representantes se reúnen para establecer la tabla de prioridades finales, en función del resultado de la combinación de prioridades definidas por cada uno. En el sistema de control por proceso manual, esta tabla queda en poder del órgano coordinador de mantenimiento, que al tomar conocimiento de la necesidad de ejecución del servicio, consulta a los órganos involucrados para que definan los niveles de prioridad. En los sistemas que utilizan computadora, esta tabla ya forma parte de la programación y en consecuencia, la solicitud de trabajo puede ser emitida con el nivel de prioridad final.

La utilización del criterio de prioridades combinadas puede ser aplicada cuando existe rapidez en la intercomunicación de los órganos involucrados con el de control, o con la computadora pues puede ocasionar serios perjuicios a la producción en el caso de servicios de Emergencia y Urgencia.

Otro criterio para el establecimiento de prioridades, aplicado para actividades que pueden ser programadas es el "Método GUT". En este método, la letra G significa la "Gravedad" del problema, o sea, si la ocurrencia es de naturaleza que puede perjudicar el equipo o instalación o aun, colocar en riesgo vidas humanas o al medio ambiente. La letra U representa la "Urgencia", es decir, si el problema genera o puede generar perjuicios al proceso o al servicio, comprometiendo las obligaciones de la empresa de plazo, costos o calidad y la letra T simboliza la "Tendencia", o sea, como el problema puede desarrollarse o degenerar con el tiempo.

Se establece una planilla donde son colocados en las columnas, los ítems a ser evaluados debajo de cada una de las letras G, U y T y en las líneas los que efectúan la evaluación, siendo en PLASLTIT el personal de operación, mantenimiento y seguridad industrial.

	Sistema eléctrico				Sistema hidráulico				Enfriamiento			
	G	U	T	GxUxT	G	U	T	GxUxT	G	U	T	GxUxT
Rivera	4	3	2	24	4	4	4	64	2	3	3	14
Martínez	5	4	3	60	5	4	4	80	3	3	3	12
Ortega	4	4	3	48	4	5	5	100	3	2	2	27
Rodríguez	4	4	3	48	5	4	4	80	4	3	2	24
Calderón	4	3	3	36	4	4	4	61	4	3	3	36
<b>PRIORIDAD</b>	2° $\Sigma = 216$				1° $\Sigma = 388$				3° $\Sigma = 117$			

Tabla XIII.VI.1 Establecimiento de prioridades por el "Método GUT"

Cada uno atribuye un grado de 1 a 5 para cada cuestión en cada ítem evaluado.

Estos valores son multiplicados y su resultado es colocado en una cuarta columna (llamada GUT) para cada ítem.

El resultado de la suma de las columnas "GUT" de cada ítem definirá la secuencia de atención.

**CAPÍTULO XIV**  
**TERCERIZACIÓN**



#### **XIV. TERCERIZACIÓN**

El objetivo fundamental del mantenimiento es "lograr con el mínimo costo posible y la máxima seguridad para el personal, las instalaciones y el medio ambiente, el mayor tiempo posible de funcionamiento correcto y eficiente de dichas instalaciones".

Dicho objetivo lo ha logrado alcanzar PLASTLIT S.A., o por lo menos lo ha intentado, mediante el concurso de un conjunto de técnicos y operarios integrados en el Departamento de Mantenimiento, tradicionalmente dentro del organigrama propio de la empresa y con personal perteneciente a su plantilla. Incluso en estas condiciones, siempre se han utilizado, en mayor o menor grado, servicios externos de ayuda en casos puntuales y en otros en los que la acumulación de trabajos hacia imprescindible dicha ayuda; donde la contratación se hace frecuentemente por administración y la organización de las tareas, planificación y control son responsabilidad de los propios mandos del propio servicio.

Para ciertos trabajos concretos sobre equipo especializado se llegan a acuerdos ya estandarizados con los propios suministradores o con compañías autorizadas por dichos suministradores.

Pero el hecho de contratar no significa que hubiere una política de contratación, o sea, una apuesta por parte de la empresa hacia un modelo de mantenimiento que considere las amplias posibilidades de la contratación. Siendo una forma de cubrir una necesidad puntual que gestionaba el propio servicio, más desde el punto de vista técnico que económico.

Aunque este modelo está todavía vigente en PLASTLIT S.A., es necesario integrar el tema en la política y la estrategia empresariales, haciendo énfasis de que en muchos casos la contratación es una herramienta importante que puede ayudar, a mejorar la eficacia, la economía y la seguridad de las instalaciones y, en consecuencia, su rentabilidad.

#### **14.1. ¿POR QUE TERCERIZAR?**

La tercerización tiene como fundamentos desde su punto de vista teórico:

- Liberar a la empresa para dedicarse a su actividad fundamental.
- Obtener especialización (tecnología).
- Mejorar la calidad de servicios.

- Reducir los costos de operación, aumentar el desempleo en la comunidad.

Las causas que impulsan la contratación son esencialmente de tipo

- *Administrativas*
- *Estratégicas*
- *Tecnológicas*

Empujado por estas causas el análisis de qué procesos pueden llevarse a cabo mejor externamente, o en qué aspectos la empresa se siente débil, y si esto le representa un ahorro en costos lleva a fijarse en:

- *Equipos de alta tecnología*

Son aquellos equipos con un alto desarrollo tecnológico y con un componente de elementos y repuestos que requieren de herramientas, equipos e instrumentos de control muy especializado para la ejecución del mantenimiento. Entran en esta categoría también aquellos que requieren una mano de obra especializada muy costosa para que la instalación productiva la asuma, encareciendo los costos del mantenimiento.

- *Disminución de costos*

Al poseer un centro de costos y mediante un análisis detallado de los mismos, se debe evaluar la conveniencia de disminuir estos costos sin el detrimento de la calidad y confiabilidad del mantenimiento y la disponibilidad de los equipos.

Es indispensable efectuar un análisis de los costos fijos y los variables de tal forma, que le permita al empresario, comparar estos con los de compañías serias establecidas que prestan estos servicios. Sobretudo si estos se constituyen en costos variables para el empresario.

Este análisis de la contratación permite una gran flexibilidad, pues si la producción aumenta y se requieren mas recursos se aumentan o por el contrario se disminuyen, flexibilidad que no se tendría fácilmente si todo el personal fuera de la nómina de la Empresa. Esto mismo sucedería en una fábrica nueva donde requiera ampliar sus instalaciones o incrementar su producción.

➤ *Disminución de cargas laborales*

Con el fin de ser competitivos disminuyendo el costo del producto, se encuentra a menudo, que por la antigüedad del personal y la legislación legal vigente las cargas prestacionales se hacen muy onerosas, siendo necesario disminuir estos costos.

El contratista, conocedor de su oficio, mediante análisis de la nómina de la empresa, valorara cómo parte del recurso humano existente podrá pasar a su empresa, ¿cuál se puede absorber y cuál no?, Estas son condiciones, que se pueden establecer en la negociación. Esta es una fase critica porque afecta al personal, sus actividades no serán las mismas y los métodos y procedimientos de trabajo serán diferentes.

La fase de transición dura entre tres y seis meses y se inicia antes de firmar el contrato, cuando ya existe una certeza de que se llegará a un acuerdo. Se ha de planificar un programa que fije cómo hacer el cambio hacia el nuevo modelo de servicio de mantenimiento, basado en determinados indicadores que muestren la evolución en función de obtener mejores costos, mayor flexibilidad, disponibilidad y confiabilidad.

➤ ***Mejora de la calidad del servicio***

Al contratar el mantenimiento y delegar esta función total o parcialmente puede aumentar la calidad del servicio, pero no necesariamente optimizarlo, por lo tanto es necesario establecer acuerdos de niveles de servicio donde se especifiquen los índices y resultados esperados, lo mismo que el método de control, de tal forma que el contratista se involucre como parte de la compañía, para que exista un beneficio mutuo de esta mejora

➤ ***Exigencias legales***

Dependiendo del tipo de empresa y de la política estatal, se puede llegar a la exigencia de contratar muchas de las actividades del sistema productivo y el mantenimiento puede ser una de ellas.

➤ ***Dedicación a la actividad propia del negocio***

En este mundo de competencia, de restricciones económicas, se deben lograr los mejores estándares de calidad del producto o servicio, al mínimo costo; para lo cual hay que conocer y analizar muy bien el objeto de la actividad productiva para delegar por medio de contratos, aquellas actividades que no

son de la propia naturaleza de la empresa, y que la pueden desempeñar mejor empresas especializadas, pero sin perder el control de su actividad productiva, y con una estrecha relación con el contratista.

#### **14.1.1. PASOS DE LA TERCERIZACIÓN**

Para llegar a una tercerización del mantenimiento de PLASTLIT S.A. es necesario:

1. Desarrollo gerencial:

Comprometer a los gerentes en el proceso; eliminar la resistencia al cambio; desarrollar nuevas habilidades inherentes al nuevo foco gerencial.

2. Implantación

Identificación de las áreas posibles a tercerizar; formular criterios que serán exigidos a los prestadores del servicio.

3. Estrategia:

Acompañar la ejecución del contrato y verificar el cumplimiento de los estándares de calidad exigidos.

Al pasar por estos pasos se encuentran las siguientes restricciones:

- Generadas por la empresa contratante

Estructura financiera; estructura administrativa compatible con la tercerización; legislación y normas pertinentes a la

tercerización; hábitos y valores de los individuos integrados en la empresa.

- Generadas por el proyecto

Como hacer o Know-how en inglés y experiencia; recursos de personal y mano de obra especializada; tiempo o limitación de plazo; recursos financieros; recursos físicos (máquinas, instalaciones y equipos); compatibilidad/integración con otros sistemas de mantenimiento.

- Generadas por los elementos del sistema

Tiempo de respuesta; operacionalidad; capacidad para ejecutar los servicios; confianza y ética; flexibilidad; versatilidad; modularidad de las empresas contratadas; disponibilidad dentro de la rutina del mantenimiento preventivo.

- Generadas durante la implantación

Educación / cursos / capacitación; documentación; tiempo (plazo); recursos de personal; recursos de equipos y herramientas.

#### **14.1.2. EVALUACIÓN DE LAS NECESIDADES**

Antes de pensar en la contratación y de firmar algún acuerdo, es indispensable conocer que equipos se poseen, que características técnicas y operativas tienen, su estado, sus costos, su desempeño y

confiabilidad; y sobre todo que exigencias de disponibilidad, eficiencia y confiabilidad se plantean en la negociación, para la contratación del mantenimiento. Los siguientes parámetros son los principales elementos de evaluación:

➤ *Inventario de actividades*

Antes de negociar un contrato de mantenimiento se debe establecer un inventario de actividades requeridas y de equipos a intervenir, así como las cláusulas técnicas que determinen las exigencias de disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los sistemas y equipos a contratar.

El inventario físico de los equipos y los sistemas, debe estar reagrupado por grupos tecnológicos, en los cuales cada uno será codificado e identificado a partir de las características del fabricante, marca, número de serie, tipo; lo que permitirá tener un análisis muy detallado de cada equipo, así como el número de unidades y cantidades de los mismos.

Debe analizarse detalladamente el estado general de cada equipo según dicha clasificación, por ejemplo: bueno, regular o malo, si debe someterse a un mantenimiento general, si debe ser rehabilitado, o debe



ser modificado parcialmente, mediante éste análisis se puede conocer, el costo de renovación en cada uno de los sistemas generales, lo cual facilitará grandemente la evaluación económica.

➤ ***Análisis de la confiabilidad y tipos de mantenimiento***

Éste análisis histórico permite determinar, ampliar o modificar la frecuencia y el tipo de mantenimiento efectuado, se basa principalmente, en la experiencia y el conocimiento obtenido por los fabricantes y por los usuarios en equipos similares, es importante conocer todos los motivos y las causas, que implican dichas diferencias.

Se deben conocer las limitaciones y restricciones operativas de cada uno de los equipos y sistemas principales.

➤ ***Inventario de documentación técnica***

Se debe identificar, clasificar y analizar la documentación existente con el fin de verificar la relación, entre la documentación existente y las características del equipo actual; también sirve para verificar las modificaciones y cambios que se han efectuado, con el fin de actualizarla posteriormente, si es requerido.

➤ ***Inventario de repuestos y materiales existentes***

Éste inventario deberá estar codificado y clasificado para conocer los repuestos de los equipos y sistemas, los aparejos y herramientas especiales para mantenimiento, los equipos de medida y prueba, cuáles se pueden entregar al contratista, y cuáles deben ser adquiridos por éste, como condición para mantener la disponibilidad requerida y exigida.

➤ ***Análisis histórico de las principales fallas durante la vida útil de los equipos***

Éste análisis de la hoja histórica debe permitir conocer la identificación precisa de los sistemas y equipos, tales como:

- Marca, fabricante, año de fabricación, número de serie
- Vida útil estimada en horas
- Horas de servicio
- Tipos de mantenimiento principales efectuados
- Rehabilitaciones o modificaciones importantes efectuadas
- La tasa o frecuencia de falla y su incidencia en la disponibilidad.

➤ ***Análisis de disponibilidad***

Se deben evaluar las tasas de indisponibilidad y sus causas clasificadas según las características de estas. Este análisis permite calcular los

costos de indisponibilidad y el lucro cesante causado por las pérdidas de producción debido a: paradas forzosas o fallas de materiales, así como ayuda en la toma de decisiones para el cambio o renovación de los equipos; este tipo de costos es frecuentemente difícil de valorar, por lo cual debe llevarse una historia detallada y clasificada de las causas que produjeron dicha indisponibilidad, su frecuencia y los costos ocasionados por la reparación y por la pérdida de producción.

➤ *Análisis de los costos de mantenimiento*

Se deben desagregar y conocer por rubros importantes como: mano de obra, directa e indirecta, repuestos, materiales, consumibles, pólizas de seguros, subcontratos entre otros. Estos costos, directos o indirectos deben ser clasificados por tipo de mantenimiento, sea preventivo o correctivo.

➤ *Análisis de las condiciones del medio ambiente*

Es importante conocer y precisar las condiciones ambientales y de seguridad en las cuales se encuentra la empresa, clasificándola según sus características productivas, su ubicación y su impacto sobre el medio ambiente. Se deben conocer, los objetivos y políticas ambientales de la empresa, los estudios de impacto ambiental, su cumplimiento y limitaciones respecto al manejo de:

- Residuos sólidos y líquidos
- Emisiones atmosféricas
- Normatividad y legislación vigente en materia de salud, seguridad e higiene.

Es muy importante dentro de la contratación del mantenimiento valorar el impacto económico que producen, unas políticas inadecuadas de salud, seguridad, higiene y medio ambiente, y su influencia notoria en la disponibilidad.

#### **14.1.3. SELECCIÓN DE CONTRATISTAS**

El contratista debe ser un “socio” comprometido y participe dentro de la estructura interna de la empresa, debe eliminarse la típica relación cliente- proveedor, debe existir una verdadera fusión con una responsabilidad compartida. El contratista debe demostrar la experiencia suficiente, tener la solvencia económica, asumir todas las garantías, y poseer la seriedad y credibilidad suficiente para poder asumir estas responsabilidades.

##### ➤ *Registro de proponentes*

La empresa debe ser muy cuidadosa en la selección de sus contratistas, para tal efecto debe tener un registro propio de proponentes, y

proveedores de servicios de mantenimiento, este registro puede ser efectuado mediante formularios de inscripción, donde se estipule principalmente:

- Razón social
- Especialidad y dominios de competencia
- La experiencia demostrada y certificada
- El registro legal de la firma ante los entes acreditados para tal fin
- La capacidad operativa
- Equipos disponibles, especializados para mantenimiento
- Organización administrativa
- Recomendaciones administrativas y comerciales
- Solvencia económica (balances, estados de Perdidas y Ganancias)

Este registro debe actualizarse anualmente, con el fin de mantener contacto permanente con los diferentes proveedores seleccionados.

➤ ***Metodología de evaluación***

Esta selección de contratistas debe poseer una metodología de evaluación que permita medir los parámetros de calidad, solvencia económica y cumplimiento, debe ser sencilla, objetiva y establecer claramente ésta forma de medición. Se debe comunicar al contratista su aceptación o no, y el tipo de clasificación.

➤ *Certificación de personas*

Otra cuestión importante es la de asegurar que el personal que realizará el mantenimiento tenga la adecuada calificación, y que quien esté en estas condiciones pueda obtener una certificación y hacer usarla para trabajar en el sector industrial.

Siendo necesario crear un sistema para la certificación de personas en determinada especialidad, en la medida en que, el contratante de dicho personal tenga la garantía de que la persona que va a contratar tiene la cualificación requerida para poder desempeñar adecuadamente las tareas que se les va a encomendar y, sobre todo, que conoce bien las exigencias inherentes al trabajo de mantenimiento y la importancia que tiene su actuación con respecto al resultado final de la compañía a la cual presta sus servicios.

#### **14.1.4. EL CONTRATO**

Prácticamente, en una forma u otra, todos los servicios de mantenimiento utilizan a terceras empresas para la realización de diversos trabajos encomendados a los mismos, y por este solo hecho no quiere decir que exista una política de contratación porque hay que considerar otro tipo de posibilidades valoradas en estudios que nos ayuden a tomar decisiones correctas.

Si de dicho estudio se deriva la conveniencia de introducir la contratación para ejecutar una parte o todo el mantenimiento, es necesario preparar adecuadamente el programa de introducción de dicha contratación y toda la documentación que facilite y permita alcanzar rápidamente los resultados que de tal toma de decisión puedan esperarse.

### **Tipos de contrato**

Hoy se puede contratar prácticamente todo, pero según las características de la empresa contratante, o la utilización que haga del sistema, puede decidirse por un contrato Integral, Sectorial, Trabajos concretos, Equipo humano por administración, o de Servicios.

Generalmente los diversos tipos de contrato son establecidos para un período de duración determinado y frecuentemente renovable si son de continuidad, o por el tiempo de duración de la obra en caso de trabajos concretos. Si son por administración o por precios unitarios, se establecen precios por hora para las diversas categorías de personal, o por trabajo unitario, por lo que el costo está en función de la tarea que realicen los operarios de contrato. Sin embargo, en ocasiones se pacta un precio a pagar al contratista, derivado de los beneficios obtenidos sobre los costos habidos con anterioridad a la contratación. Suele ser una fórmula de mayor empleo en los períodos recesivos, en los cuales

las empresas son más remisas a contratar, pero puede haber importantes divergencias en el momento de valorar estos beneficios, ya que es difícil saber a ciencia cierta cuales de ellos son consecuencia de la actuación del contratista.

### **Proceso de la contratación**

Es conveniente preparar un pliego de condiciones, especialmente para contratos integrales, sectoriales de continuidad o para trabajos concretos importantes, para facilitar a los contratistas la confección de las ofertas y poder seleccionar con mayor facilidad las más convenientes, ya que todas se referirán al mismo tema y a las mismas cosas.

Una demanda de oferta correcta debe, esencialmente, definir su ámbito, sus límites y sus requisitos técnicos. Sobre todo en el caso de las demandas para un contrato integral, sectorial de continuidad o trabajos concretos importantes, ya que para cuestiones de menor envergadura puede utilizarse perfectamente el pedido como fórmula más adecuada.

En cuanto más definida esté la consulta y sean menos los aspectos de interpretación dudosa, con mayor propiedad podrá optarse a la misma y menos dificultades se producirán en el momento de desarrollar el contrato.



Los pasos a seguir para una adecuada contratación son:

1. Demanda de ofertas.
2. Preselección de ofertas.
3. Análisis técnico - económico de las empresas seleccionadas.
4. Negociación con las empresas finalistas.
5. Adjudicación del contrato.

### **Partes del contrato**

Es difícil que un "modelo de contrato" pueda ser utilizado de una forma general, pero sí que un modelo puede servir de base para la redacción en la que se incorpora el particular necesario a cada caso, el cual puede ser un documento anexo al principal.

Hay que dejar bien sentado el principio de la mutua confianza que debe existir entre contratante y contratista, derivada de la propia experiencia anterior, o de los informes en ambos sentidos, y que habrán convencido a unos y a otros de la conveniencia de la colaboración, antes de entrar en otras particularidades.

Un buen contrato es aquel en que las dos partes se benefician es Gana-Gana; no debe dar lugar a litigios, por lo tanto en las cláusulas del contrato deben establecerse con claridad, los deberes y derechos de las

partes contratantes, se deben definir claramente los acuerdos de los niveles de servicio, y especificar el tipo de resultado que se desea obtener. Es indispensable ejercer un claro y estricto seguimiento a tales obligaciones, y comprobar periódicamente el avance de las actividades.

El contratista al asumir esta responsabilidad debe sentirse y constituirse como parte del resultado de la compañía, de ahí la conveniencia de tener contratos de largo plazo, en periodos que van de cinco a diez años, para que se pueda ofrecer por parte del proveedor del servicio un verdadero valor agregado.

El contrato empieza siempre por identificar a las empresas que van a establecer la relación y quienes son los que, en representación de las mismas lo van a firmar. Se suele incluir una sucinta descripción de las actividades de cada una de las empresas y de su saber hacer en su ámbito de actuación.

➤ ***Contenido de la minuta de contrato***

La minuta del contrato debe ser clara, sencilla, y estipular principalmente:

- El objeto y alcance
  - Definir claramente el tipo de actividades de mantenimiento a efectuar
  - El número y tipo de equipos, sistemas o elementos a mantener con el tipo de intervención (mecánica, eléctrica, instrumentación y control, entre otros)
- Definición precisa del servicio a prestar
  - a) Según la naturaleza de los trabajos
    - según el tipo de mantenimiento
    - trabajos de modernización o rehabilitación
    - trabajos suplementarios
  - b) El alcance del suministro
    - repuestos
    - equipos
    - materiales
    - elementos consumibles
- Cronograma de actividades
- Definición del personal
  - Composición de la organización propuesta (calidad, perfil y especialidad por categoría propuesta).
- Definición y alcance de los suministros
  - a) Por el propietario

b) Por el contratista

- Responsabilidades de las partes
- El plazo de ejecución
  - a) Para los contratos a término fijo
  - b) Para los contratos de duración indeterminada
- Precio
  - Fórmula de precios propuestos
  - Condiciones y revisión de precios
  - Penalidades y bonificaciones
- Modalidad de pago
- Subcontratistas propuestos
- Garantías y seguros
  - Definición de las garantías exigidas a la empresa de mantenimiento, dentro de los cuales deben suscribirse principalmente
    - a) de responsabilidad civil extracontractual
    - b) de pago de prestaciones sociales a los trabajadores
    - c) de estabilidad
    - d) de buen manejo de anticipo (cuando exista)

➤ *Normas jurídicas*

Se debe tener especial atención en los contratos de mantenimiento, la inclusión de las normas legales y jurídicas aplicables según la naturaleza de la actividad, teniendo en cuenta las normas de higiene y seguridad existentes, las normas de protección a los trabajadores, código sustantivo del trabajo, las normas de la contratación administrativa según sea el caso.

**Modalidades de ejecución y cálculo de precios**

Existen varias modalidades de contratación por:

- Precio global fijo

Consiste en definir un precio fijo determinado por actividades establecidas en el objeto y alcance del contrato, donde el precio es independiente de las cantidades realizadas, los riesgos son asumidos totalmente por el contratista.

- Precio fijo con gastos reembolsables

En esta modalidad se establece el reconocimiento de una suma global por los costos fijos necesarios para la ejecución del mantenimiento, mas unos costos variables que serán reembolsados mediante el pago de un porcentaje por esta administración.

- Administración delegada

En esta modalidad el contratista, previa aprobación del propietario, ejerce las funciones que éste le delega, y recibe un porcentaje como utilidad por dicha administración.

### **Cláusulas técnicas**

Definido el objeto y el alcance del contrato, la naturaleza de las actividades a realizar por el contratista y la definición de los suministros, se deben fijar indicadores que permitan efectuar un control y seguimiento a las actividades de mantenimiento entre las partes, y que permitan fijar unas reglas claras que faciliten la medición de estas pueden ser:

- Por unidades de uso del equipo, ejemplo, por capacidad de producción
- Por disponibilidad, y puede ser en términos de:
  - Número de horas por año
  - Por calendario, ejemplo, por días de funcionamiento, por mes, año, etc.
  - Fijando un tiempo máximo de indisponibilidad por mantenimiento programado
  - Por tiempo de respuesta a la solicitud de mantenimiento
  - Por una combinación de todos los anteriores

- En función del estado de referencia que se desee definir, ejemplo: al estado inicial, o al estado después de la puesta en marcha inicial
  - A una eficiencia especificada para el equipo o sistema productivo
  - A un estado determinado al finalizar el contrato
- En términos de una vida útil residual esperada

### **Análisis de riesgos**

Es importante efectuar un detallado análisis de los riesgos que asume el propietario al delegar esta responsabilidad al contratista y a la vez éste al asumir esta función por lo tanto se deben evaluar conjuntamente estos riesgos con el fin de lograr minimizarlos y tomar acciones tendientes a disminuir su probabilidad de ocurrencia y al manejo del impacto, teniendo en cuenta que la responsabilidad por la operación y producción será del propietario de la instalación productiva.

#### **➤ *Generalidades de los riesgos incurridos***

Los riesgos incurridos por las dos partes, con motivo de la ejecución del contrato de mantenimiento, pueden ser clasificados según tres criterios:

- Daños a las personas por accidentes, lesiones o muerte.

Esta categoría comprende el personal del contratista, el personal propio de la empresa contratante y responsable por la producción, y por otro personal de terceros o subcontratistas.

- Daños a los bienes
  - Comprende los equipos, herramientas y materiales objeto del contrato.
  - Los bienes propios de la empresa contratante.
  - Los bienes de terceros que no son responsabilidad del contratista ni del propietario.

- Otros daños

Cubre el lucro cesante, por pérdidas en la producción.

➤ ***Eliminación de los riesgos***

Los riesgos identificados para la etapa de mantenimiento no pueden ser eliminados, pueden ser reducidos o pueden ser transferidos; la acción de retención es de por sí un hecho cierto puesto que en principio la responsabilidad sobre la planta esta en manos del propietario.

➤ ***Reducción de los riesgos***

Todos los riesgos relacionados con la naturaleza siguen siendo una amenaza y las medidas de control que pueden tomarse durante las fases



previas (diseño especificaciones, construcción/montaje) tienen como objetivo disminuir sus impactos.

En cuanto a los riesgos de tipo ambiental aparece ahora la afectación de la comunidad por el hecho de la operación de la planta (ruido, emisiones vertimientos, relaciones con la comunidad, etc.) los cuales deben ser previstos y sus planes de manejo puestos en marcha continúa durante esta etapa.

Con el fin de reducir los riesgos técnicos propios del mantenimiento de la planta, se deberá poseer personal debidamente capacitado; los manuales y procedimientos de mantenimiento deben ser claros y fáciles de interpretar; así como los manuales y procedimientos de seguridad industrial, se deben poner en práctica todos los lineamientos del plan de contingencias establecido en el Estudio de Impacto Ambiental.

➤ ***Retención de riesgos***

En principio esta figura está presente puesto que sería el responsable de la propiedad de la planta.

➤ ***Transferencia de los riesgos***

Existen dos medidas de transferencia de los riesgos durante la etapa de contratación del mantenimiento

- Cubrimiento mediante pólizas de seguros.
- Contratar el mantenimiento de la planta bajo estipulaciones claras de parámetros de desempeño y disponibilidad, estando a cargo del propietario, las labores de operación.

Dado que en general, la acción de eliminación de los riesgos no es posible, el manejo de ellos se dirige a acciones permanentes de identificación y prevención, en todas las etapas de ejecución de los proyectos.

De manera similar, los riesgos derivados del comportamiento impredecible de la naturaleza, por sus mismas características, serán un riesgo siempre latente y sus impactos deben ser minimizados tomándolos como parámetro de diseño.

Debe establecerse en la minuta del contrato especialmente, para equipos o instalaciones productivas nuevas, las garantías y responsabilidades del fabricante por el suministro efectuado y las garantías por el montaje, de tal manera que se garantice un sistema seguro y no sean transferidos estos riesgos al contratista del mantenimiento.

De vital importancia será el estudio de impacto ambiental, el cual dentro de su alcance, deberá establecer los riesgos específicos con la información precisa, y las valoraciones de campo para todos los amenazas de contaminación ambiental. De la misma manera que la

afectación de la comunidad y el personal residente en los predios de la instalación durante las etapas de construcción y montaje.

Los Pliegos de Condiciones deberán poseer un Capítulo específico que en la actualidad en la literatura se denomina HSE (siglas del inglés Health, Safety and Environment y en español Salud, Seguridad y Medio Ambiente) en adición a las exigencias que ya hoy día son normales sobre Aseguramiento de la Calidad.

➤ *Cobertura de los riesgos*

El conjunto de los riesgos incurridos dentro del contrato debe ser cubierto por pólizas de seguros a saber:

- Póliza de responsabilidad civil.

La póliza de responsabilidad civil ampara al asegurado, cuando un tercero le exige una indemnización por un acontecimiento ocurrido, durante la vigencia del seguro, el cual haya causado la muerte, lesión o perjuicios en la salud de las personas o el deterioro o destrucción de bienes

- Póliza de daños a los bienes.
- Póliza de rotura de maquinaria
- Póliza contra incendio y explosión
- Actos mal intencionados por terceros, - Terrorismo
- Sabotaje

- Póliza de lucro cesante

El seguro de lucro cesante tiene como fin colocar al asegurado durante la paralización del negocio o industria, luego de la ocurrencia de un siniestro amparado por la póliza de incendio o de rotura de maquinaria, en las mismas condiciones en que esperaba estar, de no haberse siniestrado. Es decir, que si el seguro está bien contratado, el asegurado podrá atender a todos los gastos de funcionamiento que se siguen presentando aunque el negocio esté paralizado total o parcialmente, y además recibirá la utilidad que esperaba obtener durante este período de inactividad por el siniestro.

### **Garantías**

Como todo contrato debe exigirse una serie de garantías para que el contratista pueda responder al propietario, por la calidad del servicio. El manejo de los equipos y repuestos suministrados por el propietario, como por la calidad de los materiales, elementos y repuestos suministrados por el contratista.

Las principales garantías exigidas, son las de cumplimiento, responsabilidad civil extracontractual, garantía por la calidad de los repuestos equipos y materiales suministrados, y la garantía por el anticipo recibido por el contratista cuando haya lugar a esto.

#### **14.1.5. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE CONTRATISTAS**

Parte del éxito de un buen contrato de mantenimiento, es el control y seguimiento adecuado que se efectúe por las partes; para lo cual, bajo los parámetros e índices establecidos, se determinen conjuntamente las reglas de juego para este control en función de calidad, costo y cumplimiento de los cronogramas establecidos, para los suministros y ejecución de las actividades de mantenimiento.

La organización de la supervisión por parte de la empresa contratante, depende en forma fundamental del tipo y dimensión de la empresa contratista y de la proporción en que se utilice este tipo de mantenimiento. Sin embargo, debe quedar claro que esta labor de supervisión y control es necesaria en cualquier caso y debe estructurarse atendiendo a unos requisitos determinados, según los cuales la supervisión debe ser:

- Centralizada
- Sujeta a procedimientos concretos
- Dotada de personal específico a los niveles necesarios.
- Completa, o sea que debe alcanzar todas las facetas de la relación contractual.

- Codificada, o sea expuesta documentalmente.
- Analizada para asegurar que cumple lo esperado de su aplicación.

La supervisión debe abarcar todas las facetas de la relación contractual:

- Calidad
- Costo
- Cumplimiento de plazos
- Aspectos laborales
- Seguridad
- Administración
- Normas específicas de cada contrato.

## **14.2. DISTORSIONES DE LA TERCERIZACIÓN**

Los cuidados en la contratación para no constituir el vínculo de trabajo del empleado de la prestadora de servicios son:

1. No contratar, en principio, los servicios que impliquen solamente mano de obra, cuando se encuadren en las rutinas normales y permanentes de las actividades objeto de la empresa;
2. Atribuir como responsabilidad integral de la contratada la cantidad; selección y calificación técnica, compatibles con los servicios contratados;

3. No permitir la utilización conjunta de personal de la contratada con el personal de la empresa, en la misma tarea;
4. Adoptar, preferiblemente, la forma de pago que abarque el total del servicio o retribución parcial de fácil evaluación, evitándose el pago por hombres -hora;
5. Impedir el uso, por el personal de la empresa contratada, de formularios u otros papeles que sean exclusivos de la empresa contratante;
6. Prohibir que los trabajadores de la empresa contratada, sean utilizados en servicios que no estén o no sean especificados en el contrato;
7. Evitar que la fiscalización de la empresa contratante interfiera o de órdenes a los ejecutantes del servicio. Esto debe ser hecho a través del responsable de la empresa contratada;
8. No permitir que el control de asistencia del personal de la empresa contratada sea hecho a través de los mismos medios o instrumentos usados por la empresa contratante.

La contratación, cuando está bien administrada, sólo otorga ventajas al contratante y al contratado, en el momento actual, es legal, estratégica y oportuna.

- **Legal** siempre que sean tomadas las debidas precauciones legales en las contrataciones;

- **Estratégica** por permitir la transferencia a terceros de actividades que no agregan valores a los productos o servicios de la empresa disminuyendo actividades y costos administrativos; y debilitando de la influencia de los Sindicatos
- **Oportuna** a partir de la modificación de los conceptos del derecho Judicial Laboral que pasa a atribuir prioridad a los intereses colectivos con relación a los intereses individuales.

Cuando no existe un sistema continuo de investigación y evaluación de talleres o empresas externas prestadoras de servicio normalmente se genera una actividad considerada insatisfactoria por la falta de estándares de referencia. Pudiéndose así delegar a los encargados de planificar y controlar el mantenimiento, la evaluación del costo - beneficio de mantener o tercerizar algunos servicios, elaborar proposiciones de estándares para selección y evaluación de los servicios de terceros, con el objetivo de proveer herramientas a la gerencia para la toma de decisiones.

Mas la conducción de los procesos de tercerización basados únicamente en el aspecto de costos ha obtenido como resultado en muchas empresas las siguientes distorsiones:

- Subempleo
- Improvisación
- Alta rotación



- Falta de recursos para desarrollar tecnología y capacitación
- Decepción
- Descrédito

Los servicios de mantenimiento vacilan ante la tercerización porque la realidad ha sepultado los sueños de eliminar costos y facilitar la administración propia comprando problemas en vez de soluciones, especialmente cuando el mantenimiento es una actividad - objetivo de la empresa por participar en el proceso productivo de forma directa.

Otro punto fundamental es que a pesar de conocer el procedimiento para lograr un contrato que satisfaga las expectativas previstas, muchos de estos contratos en la práctica no resultan tan satisfactorios, pese a conocer el procedimiento para lograr un contrato adecuado, la realidad es que no se aplicó con la rigurosidad requerida por causas diversas, que son excusas inaceptables.

Y el responsable de que esto suceda es la empresa contratante, porque es quien lleva el asunto y debe aplicar el procedimiento, y en el ámbito de la empresa contratante la culpa es de la persona que gestiona el tema. Se debe recalcar que “nadie que pueda pensar que la nueva situación que se presenta no le favorece, conducirá adecuadamente el tema”, porque indica que no ha

habido suficiente comunicación entre quien ha tenido la idea y quien deba ponerla en práctica.

La primera pregunta que se debe hacer es si la persona encomendada tiene los conocimientos, la experiencia, la trayectoria suficiente para pensar que pueda tener éxito en tal misión. A veces hay que cambiar el "a quien le toca" por el "quien puede hacerlo mejor".

Luego se comprueba que sistemáticamente se incumplen las normas dadas para contratar adecuadamente:

1. El estudio previo frecuentemente está mal hecho. No se ha estudiado con la profundidad necesaria. No se ha determinado con la precisión debida qué se puede contratar y a qué precios se puede hacer. Es habitual que ello derive del hecho de que no se conoce con la suficiente precisión ni lo que se hace, ni lo que cuesta actualmente el mantenimiento del área a contratar.
2. Con gran frecuencia no se ha hecho la debida calificación de los posibles contratistas que pueden cubrir las exigencias del contrato. Se trabaja frecuentemente "por administración" con los pequeños industriales de los alrededores, que no tienen los suficientes recursos para ocuparse con propiedad de trabajos de mayor porte. Y posiblemente estos contratistas tampoco estén interesados en comprometerse a ello. Los que tienen verdaderas posibilidades no se conocen, o no se consultan debido a diverso tipo de prejuicios.

3. Como no se ha resuelto con detenimiento el tema de lo que es posible contratar y sus costos, al pedir ofertas, éstas no son lo homogéneas como serían si pudieran apoyarse en una petición bien hecha. Es frecuente que las ofertas no presenten de forma separada la faceta técnica de la económica, con cual el factor precio pasa a ser fundamental y definitivo.
4. No se da la necesaria flexibilidad a las diferencias de opinión que se detectan en la fase de consulta. El que contrata piensa que siempre tiene la razón, que por esto es el que contrata. Con esta política pueden no ser aceptadas buenas ideas de los eventuales contratistas.
5. También es frecuente el hecho de que a los interesados en conseguir el contrato no se les enseñan las instalaciones en la medida que sería deseable para conocer mejor el entorno en el que el contratista deberá trabajar, el estado actual de las instalaciones, la distribución geográfica de las áreas a mantener, la organización actual, etc.
6. En el momento de tomar la decisión, y debido al cúmulo de circunstancias expresado, se acaba primando en exceso el precio sobre la oferta técnica, y con frecuencia el elegido es un amigo y conocido de toda la vida, lo que tampoco, sin despreciarlo, es una garantía suficiente.
7. Otra cuestión importante es que firmado el contrato, no se supervisa el cumplimiento de muchas de las cláusulas;
8. La información que da el contratista es insuficiente para seguir la evolución de los resultados de la contratación;

9. Muchos trabajos se consideran fuera del contrato;
10. No existe la supervisión analítica necesaria

#### **14.2.1. ASOCIACIÓN Y CUARTERIZACIÓN**

Una solución que está siendo practicada con éxito por algunas empresas, es el establecimiento de una relación de asociación con los terceros. Existen empresas que establecen, con el propio personal de ejecución de los servicios de mantenimiento, una relación de tercerización, garantizando de esta forma la continuidad de la calidad de los servicios sin grandes cambios.

El proceso de asociación, puede ser (y ha sido), una excepcional solución para que la empresa desde su creación tenga la adecuada capacitación y soporte logístico, administrativo, contable y jurídico para su funcionamiento. De ninguna forma se puede afirmar que un buen técnico va ser también un buen administrador, aun cuando trate de administrar su propio negocio.

Otro riesgo que el proceso de asociación puede producir, es la pérdida de interés de los terceros, por la consiguiente pérdida de algunos beneficios que tenían cuando eran empleados de la empresa.

En Brasil ya se practica la cuarterización, donde la administración de las empresas tercerizadas es hecha a través de una cuarta empresa, que ofrece la garantía del soporte necesario para el buen resultado de las prestadoras de los servicios objeto, reduciendo de esta manera los riesgos provenientes de la mala calificación en actividades que no se relacionan.

Esta alternativa es valida, cuando existe una relación muy clara entre las tres partes implicadas y cuando los beneficios son repartidos entre ellos.

La base del proceso de cuarterización es la transferencia para la administradora de las terceras de las siguientes atribuciones:

- Actuar como agente facilitador en el direccionamiento del cliente para su propio negocio;
- Acelerar la búsqueda de los asociados;
- Actuar en las distorsiones de la tercerización (acción correctiva);
- Obtener economía de escala en compras;
- Garantizar la homogeneización de las prácticas (estándares de procedimientos);

- Orientar e incentivar la capacitación (con la posibilidad de la capacitación cruzada e intercambio entre las terceras);
- Orientar e incentivar el desarrollo de nuevas tecnologías;
- Centralizar la gerencia, con la obtención de mayor agilidad en las decisiones y acciones.

Para evitar los mismos riesgos de los procesos indebidos de tercerización, la selección de las cuartas, debe ser realizado según un proceso de asociación siguiendo determinados criterios:

- Obtención de referencias en lo que se refiere a la experiencia de la administradora en esa actividad;
- Conocimiento de los valores y de la cultura organizacional;
- Tener el foco en el cliente (no solamente por parte del primer nivel, sino también por todos los funcionarios).

La elaboración del contrato debe ser pautada según los siguientes requisitos:

- Pago en función del resultado (contrato de riesgo);
- Ausencia de cláusula de exclusividad;
- Obligatoriedad de incentivar la competencia de las terceras;
- Previsión de cierre a cualquier momento (denuncia) según las siguientes condiciones:

- Exigencia de nivel de servicios diferentes del existente;
- Compatibilidad de precios con el mercado.
- Representar convergencia de esfuerzos y objetivos;
- Representar la posibilidad de crecimiento en todos los sentidos.

Las tendencias actualmente en uso o en proyecto para mejorar una situación actual donde se pretende que la prestación de servicios sea más satisfactoria deberán considerar aspectos siguientes:

1. Integración, por parte de las empresas, de políticas de contratación, con los consiguientes estudios específicos de necesidades, sectores y tipos de contratación más adecuados. En España el incremento de los contratos para trabajos definidos anuales y periódicos se ha incrementado en un 48% como media entre las dos últimas encuestas publicadas por la Asociación Española de Mantenimiento, En el grupo de las grandes empresas, más de 500 trabajadores, el incremento ha sido del 53%. Han descendido en un 19% los contratos específicos a precio cerrado y en un 22% los facturados por mediciones.
2. Aumento de la contratación por causas estratégicas en las grandes empresas y por causas tecnológicas en las pequeñas El incremento total de la contratación ha sido del 12%, según la anterior encuesta y en el mismo período.

3. Mejora en el proceso de contratación, sobre todo en los contratos integrales y de continuidad. Se redactan especificaciones y pliegos de condiciones cada vez en mayor medida, lo que facilita la toma de decisiones con respecto a la selección de las ofertas más idóneas a los deseos de las empresas contratantes.
4. Consideración de los aspectos técnicos, económicos y relacionales, en su conjunto, para determinar la mejor opción entre la parte de mantenimiento contratada y el que queda en manos de los servicios internos.
5. Mayor práctica del *outsourcing* integral, que va sustituyendo a diversos tipos de contratación de mano de obra, incluyendo cada vez más tareas de Organización del Servicio y de Ingeniería del Mantenimiento. Hay que tener cuidado sin embargo y considerar las consecuencias de la pérdida del *Como hacer* de mantenimiento por parte de la compañía contratante como consecuencia de la práctica abusiva de este sistema.
6. Discusión de los nuevos precios en el momento de la renovación de los contratos de continuidad. Una completa información es básica para sustentar las posiciones de contratante y contratista en este caso, y sirve también en forma importante para poder llegar a acuerdos satisfactorios por ambas partes.



7. Utilización de sistemas de calificación de contratistas, a fin de tener una relación suficiente de los mismos que permita efectuar las consultas previas a la firma de un contrato a un grupo de empresas que se estime puedan garantizar el buen fin del contrato.
8. Valoración de los contratistas que hayan obtenido una certificación de calidad como la ISO 9000 2000 o equivalente como garantía de un buen hacer y de haber trabajado para el establecimiento de una normativa y unos procedimientos operativos que facilitan un mejor conocimiento del sistema de trabajo del contratista.
9. Contratos establecidos en función de resultados
10. Aumento de las exigencias de responsabilidad del contratista ante daños diversos que se traduzcan en pérdidas. Pérdidas de las que difícilmente podía intentar resarcirse la empresa a través de imputaciones a los operarios de sus propias plantillas, ahora puede hacerlo impugnando a la empresa contratista. Ello hace necesario considerar con detenimiento todos y cada uno de los artículos de un contrato y, por parte del contratista, disponer de los convenientes seguros para las diversas responsabilidades que el contrato le exija.
11. Exigencia de utilización de cada vez mejores técnicas y equipamiento por parte del contratista, con el fin de alcanzar una mayor fiabilidad de diagnóstico antes de pasar a la realización, manteniendo la máxima disponibilidad de las instalaciones

mantenidas. Empleo de técnicas predictivas y de monitoreo para conseguir los mejores resultados.

12. Mayor exigencia con respecto al cumplimiento de las obligaciones del contratista en los aspectos laborales, sociales, de seguridad y de relación con la Administración y sus propios suministradores.

13. Mayor control del contratante con respecto a la adecuación del personal del contratista a los requerimientos del trabajo que deban gestionar o realizar. Las empresas contratantes quieren, cada vez más, participar en la selección del personal que va a prestar servicio en sus instalaciones, en forma especial a los Jefes de Obra o de Contrato y a los mandos intermedios y operarios de mayor nivel. Por ello es interesante el disponer de un sistema de certificación de personas.

14. Mejor control del trabajo de contrato. Se exigen órdenes de trabajo para las diversas tareas realizadas por el personal del contratista, con especificación del tiempo utilizado y de los materiales consumidos. Su tratamiento, con frecuencia informático por exigencia del contrato, y acceso por parte del contratante a la base de datos del contratista o, por lo menos, la entrega de información de base pormenorizada.

15. Mayor empleo de la supervisión global de los contratistas a través de auditorías consistentes en la evaluación, el análisis y la

valoración de las áreas de actividad y de sus funciones, características esenciales para una correcta gestión de la contratación. Las puntuaciones, tanto de las distintas áreas como de las funciones de cada una de ellas, se ponderan y totalizan para conocer la situación de cada área y la del conjunto de la contratación.

16. Consideración de la posibilidad de implantar el TPM como actividad de mantenimiento desempeñada por el personal de explotación. Aunque las posibilidades del TPM son mayores en áreas productivas, puede también tener éxito en otros campos de la actividad económica.

17. Tendencia, en especial en importantes corporaciones, a integrar toda la gestión del mantenimiento en el área Fácil Manejo, que tiene como objetivo el lograr que una organización alcance y mantenga un entorno de trabajo de alta calidad a costos adecuados.

### **14.3. ANALISIS DE LOS SERVICIOS A TERCERIZAR**

- Para contratar el mantenimiento es indispensable efectuar una evaluación cuidadosa que permita tomar la decisión de transferir esta responsabilidad a un contratista.
- No se puede establecer una regla general de conveniencia y cada caso debe ser analizado por el propietario.

- La acertada selección del contratista es punto vital del éxito de la contratación del mantenimiento, con el fin de lograr un gran compromiso entre socios.
- El contrato debe ser “Gana-Gana” y el contratista del mantenimiento debe ser un socio comprometido dentro de la estructura de la empresa.
- La minuta del contrato debe ser clara, sencilla y establecer los parámetros de medición de: disponibilidad, confiabilidad y eficiencia.
- Las partes deben buscar minimizar los riesgos producto de la contratación de las actividades del mantenimiento, dando la mayor cobertura y amparo mediante un buen análisis del mapa de riesgos y del programa de control de pérdidas.
- Se debe evaluar conjunta y permanentemente el desarrollo del contrato efectuando los ajustes necesarios, dentro del marco legal establecido, buscando el cumplimiento del objeto y alcance establecido por las partes.
- La contratación del mantenimiento debe buscar la disminución de los costos de producción, para que el empresario se dedique a las actividades propias de su actividad productiva, buscando ser competitivo mediante el logro de excelentes estándares de calidad al mínimo costo.

**CAPÍTULO XV**

**LA INVERSION EN MANTENIMIENTO Y**

**LOS COSTOS**

## **XV. LA INVERSIÓN EN MANTENIMIENTO Y LOS COSTOS**

Reparar o sustituir los componentes averiados puede lucir más rápido, pero es falso, pues generalmente una avería perturba la homogeneidad de los equipos donde los resultados acarrearán otras necesidades de intervención, y la suma total de tiempos de indisponibilidad es mayor a aquel que sería necesario para un examen completo del equipo en la época de la primera intervención.

En algunos casos la exigencia de confiabilidad y disponibilidad es de tal orden que se prescinde del estudio de viabilidad económica, como es el caso de los equipos cuya parada imprevista genera grandes pérdidas de materia prima o de la calidad del producto, o de equipos en los cuales una falla coloca en riesgo vidas humanas o el medio ambiente; justificándose las altas inversiones en planificación y control del mantenimiento para que la confiabilidad alcance valores cercanos a 100%.

## 15.1. EL COMPROMISO DE MANTENIMIENTO RESPECTO A LOS COSTOS.

Se debe considerar que el Costo Total de la Parada de un Equipo es la suma del Costo del Mantenimiento (costos de mano de obra, repuestos, materiales, combustibles y lubricantes), y el Costo de Disponibilidad (Costo de Pérdida de Producción por mala calidad del trabajo, falta de equipos, costo por emergencias, costos extras para reorganizar la producción, costo por repuestos de emergencia, penalidades comerciales e imagen de la empresa).

$$\text{Costo Total} = \text{Costo del Mantenimiento} + \text{Costo de Disponibilidad}$$

Pero al evaluar el Costo de Disponibilidad, este representa más de la mitad del Costo Total de la parada.

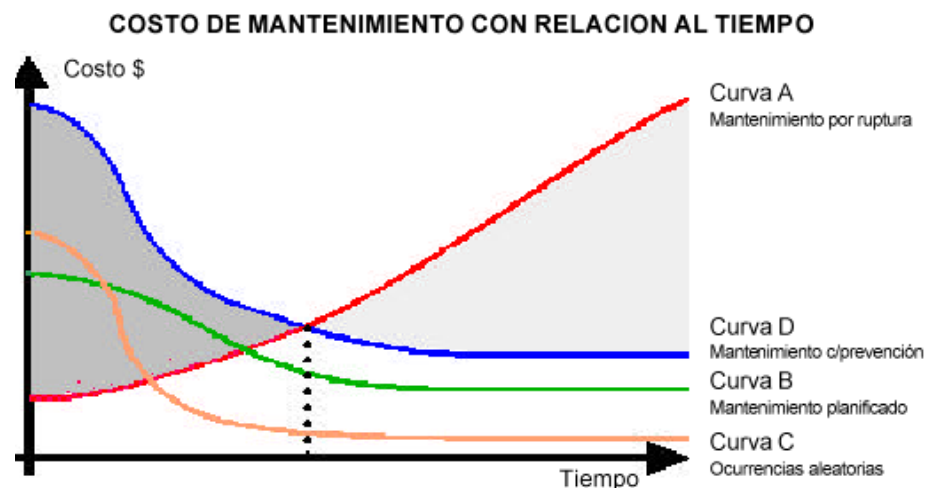


Figura 15.1.1 - Curvas de costo del mantenimiento con relación al tiempo

En el aspecto de costos, el mantenimiento correctivo a lo largo del tiempo, se presenta en la gráfica mostrada como una curva ascendente debido a:

- ❖ la reducción de la vida útil de los equipos,
- ❖ la depreciación del activo,
- ❖ pérdida de producción o calidad de los servicios,
- ❖ aumento de adquisición de repuestos,
- ❖ aumento del stock de materia prima improductiva,
- ❖ pago de horas extras del personal de ejecución del mantenimiento,
- ❖ ociosidad de mano de obra operativa,
- ❖ pérdida de mercado, y
- ❖ aumento de riesgos de accidentes.

Implantar la planificación y control, para prevenir o predecir las fallas, presenta una curva de costos invertida, con tasa negativa anual del orden de 20% y tendencia a valores estables, que pueden representar un ahorro total de 300 a 500%, donde más de la mitad de este ahorro es debido a la facturación cesante.

La inversión inicial en mantenimiento planeado es mayor que el de mantenimiento no planeado y no elimina totalmente las fallas aleatorias, por la inexperiencia del personal de mantenimiento que al actuar en el equipo



alteran su equilibrio operativo. De allí que la preparación previa del grupo ejecutor del mantenimiento preventivo reduce los costos iniciales del mantenimiento aleatorio restante, pero el aumento de la inversión para formar a ese grupo hace que poco se altere el resultado económico del período de generación de ingresos o beneficios.

Mas con el transcurrir del tiempo y al ganar experiencia, el mantenimiento aleatorio tiende a valores reducidos y estable; y la suma general de los gastos del mantenimiento preventivo pasa a ser inferior al de mantenimiento correctivo. Consecuentemente, y regresando al gráfico, los beneficios de la prevención solamente ocurrirán a partir del momento en que las áreas comprendidas entre las curvas de mantenimiento por rotura y con prevención, antes y después de ese punto sean iguales. Además, si la vida útil de los equipos de la instalación es menor que el tiempo de obtención del beneficio, el mantenimiento preventivo pasa a ser económicamente inadecuado.

## **15.2. TIPOS DE COSTOS INVOLUCRADOS EN EL MANTENIMIENTO.**

Para poder saber cuales son los tipos de costos involucrados en un mantenimiento, es necesario tener los precios actuales según el mercado en

el que se desenvuelve, costos de personal, costos de materiales, costos de contrataciones, depreciaciones y pérdidas de facturación.

La mejor manera de evaluar los costos de la gestión va a ser a través de los índices de gestión financiera, los cuales consideran cada uno estos componentes:

<b>Composición de los Costos del Mantenimiento</b>		
<b>Personal</b>	<b>Directos</b>	Salarios y comisiones
	<b>Indirectos</b>	Recargos sociales y beneficios (transporte, alimentación, seguro médico, recreación, deportes, capacitación, etc.)
	<b>Administrativos</b>	Rateo de gastos del área de recursos humanos y capacitación, en función de la cantidad de empleados del órgano de mantenimiento.
<b>Material</b>	<b>Directos</b>	Costo de reposición de material
	<b>Indirectos</b>	Capital inmovilizado por el stock, almacenaje, energía eléctrica, agua y personal del depósito.
	<b>Administrativos</b>	Rateo de gastos del área de compras y bodega de repuestos, en función del tiempo de ocupación del personal para la atención al área de mantenimiento.
<b>Contratación</b>	<b>Directos</b>	Costos de los contratos (permanentes y eventuales)
	<b>Indirectos</b>	Servicios y recursos utilizados por terceros y costeados por la empresa (transporte, alimentación, instalaciones, etc.)
	<b>Administrativos</b>	Rateo de gastos de la administración de contratos, financiera y contable, en función de la implicación con los contratos del área de mantenimiento.
<b>Depreciación</b>	<b>Directos</b>	Costo de reposición
	<b>Indirectos</b>	Capital inmovilizado

	<b>Administrativos</b>	Rateo de gastos del área de contabilidad, control de patrimonio y compra en el levantamiento, acompañamiento y adquisición de máquinas y herramientas para el área de mantenimiento.
<b>Perdida de Facturación</b>	<b>Directos</b>	Pérdida de producción
	<b>Indirectos</b>	Pérdida de materia prima, pérdida de calidad, devolución, re – procesos
	<b>Administrativos</b>	Rateo de gastos del área de control de calidad, ventas, marketing y jurídica en función de la implicación debida a mantenimiento.

Tabla XV.II.I Composición de los Costos del Mantenimiento

### 15.3. ASIGNACIÓN DE COSTOS Y PRESUPUESTOS.

#### 15.3.1. INFORMES DE GESTIÓN DE COSTOS

Para facilitar la evaluación de las actividades del mantenimiento, tomar decisiones y establecer metas, deben ser creados informes concisos y específicos que contengan resultados expresados en cifras que puedan ser comparadas. Dichas cifras son muy significativas cuando se las expone a manera de índices adecuados para cada nivel de gestión; y se facilita su visualización con el uso de gráficos con proyecciones.

Se recomienda que en la primera etapa del desarrollo de los Informes de Gestión se realice la de Gestión de Equipos, es decir, se analice el

desempeño de cada uno y su participación en la actividad objeto de la empresa, pero de manera especial en los equipos que son considerados como prioritarios de acuerdo con la evaluación de los usuarios.

Esa recomendación se basa en la simplicidad de implantación de esos informes, porque dependen básicamente de los registros de Inventario, Datos de Operación y de las Ordenes de Trabajo, (excluyendo las recolecciones de datos de material y mano de obra, pero por las reacciones naturales a los cambios, la mano de obra necesita de más tiempo para su orientación) teniendo en cuenta la importancia de obtener información confiable.

De esta manera, para la emisión de los primeros informes de ese grupo, es suficiente que los ítems bajo control estén identificados, tanto en los aspectos de adquisición, montaje y ubicación, como de cambios, y que el historial para cada uno contenga los datos del tipo y duración de cada mantenimiento, si fue ejecutado como previsto o no, su reflejo en los servicios o productos ofrecidos por la empresa y el respectivo código de ocurrencia o el registro literal de la ocurrencia y servicio ejecutado, agrupados a través de los Datos de Operación y Ordenes de Trabajo (para Actividades Programadas, No Programadas y de Ruta o Colectiva).

Si se implementa el uso de un software para mantenimiento (que interactúe con los demás departamentos), este debe usar un archivo que contenga los parámetros o límites aceptables de eventos en función de las recomendaciones de uso y a los deseados. Mas la implantación de programas que tornan al Sistema en Inteligente (emiten informes automáticamente), solamente debe ser realizada a partir del momento en que se conforme un Banco de Datos con un número razonable y consistente de registros; por la diversidad de equipos existentes en PLASTLIT S.A., es preferible sea superior a 10.000 órdenes de trabajo procesadas.

Una vez elegidos, los índices deberán ser estandarizados para todas las áreas de mantenimiento, para que sean calculados periódicamente y presentados en forma de tablas y gráficos comparativos, con el objetivo de motivar el análisis y las sugerencias respecto a las distorsiones.

Para facilitar el análisis, podrán ser determinados los valores promedios de los índices elegidos y establecidos los desvíos estándares, de forma que se obtengan intervalos aceptables de variación de cada uno. Por esta razón, las áreas afectadas deberán participar de:

- ❖ La Planificación del Sistema, cuando sean definidos los índices a ser calculados y el sistema de recolección de datos para el cálculo de esos índices;

- ❖ El Análisis de Resultados, para la evaluación del método y la presentación de las justificaciones; y
- ❖ la Búsqueda de Alternativas, con la finalidad de transformar la inversión en tiempo y dinero el desarrollo del proceso compensador.

Existiendo el consentimiento de los involucrados en el análisis, respecto al establecimiento de intervalos de tolerancia para los índices calculados; solamente los valores que los superen, serán analizados y justificados por el área afectada.

También pueden ser buscadas metas de reducción de los promedios o intervalos de tolerancia, con la participación directa de las áreas de ejecución del mantenimiento, en las reuniones que traten del establecimiento de metas, en función de su viabilidad con los recursos disponibles. En ese caso, las áreas que consiguieron los mejores valores en sus índices, deberán divulgar los mecanismos utilizados a las demás áreas, siendo ésta, una razón más para la utilización del valor básico de referencia común a todas las áreas. Sin embargo, la búsqueda de reducción de valores no debe contribuir al desgaste del equipo, la reducción del desempeño de los equipos, o la introducción de riesgos a la seguridad del trabajo.

Para la unidad de periodicidad de emisión de los informes de gestión (mensuales de preferencia), deben ser tabulados los valores obtenidos en el período, dimensionados en dólares y en porcentajes con relación al valor básico de referencia. La tabla debe contener los valores e índices relativos al período anterior, la variación entre períodos, la meta propuesta y el intervalo de tolerancia. Esta composición facilita el análisis, especialmente en el examen de la coherencia entre los valores obtenidos en el período actual, en comparación con el período anterior, además de auxiliar en el establecimiento de metas e intervalos de tolerancia.

Como anteriormente fue mencionado, es recomendable también la emisión de dichas tablas, en estándares adecuados a cada nivel de gestión a que se destina, de manera que cada uno tenga la tabulación de valores, índices y referencias en forma concisa y apropiada a sus necesidades de análisis y decisión.

Ya que los índices de los informes de gestión financiera del mantenimiento, involucran valores que son obtenidos a través del banco de datos de otras áreas de la empresa (material, personal, financiera y contable), algunos de estos datos son considerados, por la mayoría de las empresas, de acceso limitado y confidencial, por lo que, usando un sistema informatizado en red, se recomienda evitar que haya emisión de informes impresos de las áreas

involucradas, para no perder el carácter sigiloso. Por la misma razón, la manipulación de estos datos debe ser limitada a personas autorizadas ( de ser necesario, mediante un escrito) según el nivel de gestión adecuado de la empresa.

Además usando una computadora personal o sistema en red, el programa de gestión de costos deberá prever la posibilidad de que el usuario efectúe alteraciones de los índices a ser calculados, en función de la experiencia adquirida o alteraciones estructurales. Siendo la acreditación de las personas autorizadas a efectuar esas alteraciones más rigurosa y autorizadas a nivel estratégico, en virtud de la implicación con valores obtenidos del banco de datos de otras áreas.

De igual manera, las personas autorizadas a efectuar alteraciones en los programas de emisión de informes de gestión, deben evitar la alteración del valor básico de referencia, ya que su modificación acarreará la pérdida de referencia de los nuevos índices con aquellos hasta entonces calculados.



### **15.3.2. INFORME DE GESTIÓN DE COSTO PARA EL NIVEL DE GESTION ESTRATÉGICO**

En la figura se expone un modelo de tabla para el índice Costo de Mantenimiento por Facturación para el nivel estratégico, es decir el de la gerencia de mantenimiento, donde se presenta en la parte superior de la primera columna, las secciones bajo su responsabilidad, que serán discriminadas una en cada línea.

En la secuencia son presentados, el valor promedio del índice elegido en el período anterior, los valores relativos en cada mes del período analizado y por último el valor promedio del período actual. Como sugerencia, estas tablas pueden presentarse todos los meses, tomando siempre un año hacia atrás con relación al mes anterior de su emisión.

El informe es concluido con el valor que representa el total de gastos del mantenimiento de todo PLASTLIT S.A., considerando que todas las áreas de mantenimiento estarán subordinadas a la gerencia de mantenimiento.

PLASTICOS DEL LITORAL S.A														
ITEM: COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO														
NIVEL DE GESTION ESTRATEGICO - GERENCIA DE MANTENIMIENTO														
PERIODO 01/01/2012 AL 31/12/2012														
VALOR TOTAL DEL PERIODO ANTERIOR														
SECCION	FROM 2011	Jan02	Feb02	Mar02	Abr02	May02	Jun02	Jul02	Ago02	Sep02	Oct02	Nov02	Dic02	FROM 2012
EXTRUSION DE FILM														
IMPRESION														
SELLADO														
REEMBIVADO														
DESCARIBLES FOM														
PLASTICO INI - INYECCION SELLADO														
IMPRESION MOLINOS														
TUBERIAS MANIFOLDOS Y SOBRES														
REPROCESADO														
CELLMRY LAMINACION														
TINTAS														
FOTOGRAFADO														
DINAFILAST														
ARTE Y FOTOMECANICA														
ALTA DENSIDAD														
PLANTA DE SACOS														
TOTAL														

Figura 15.3.2.1 - Modelo de informe de gestión de costo para el nivel estratégico

### 15.3.3. INFORME DE GESTIÓN DE COSTOS PARA EL NIVEL DE GESTIÓN TÁCTICO O EJECUTIVO.

En el informe de costos para el nivel de gestión táctico o ejecutivo, es decir el nivel de los supervisores, puede ser procesado para cada sección, la cual deberá especificarse en el encabezado.

En la composición de la tabla, la primera columna puede referirse a los ítems de la sección, los costos de cada uno con el promedio del período anterior, los índices mensuales y los valores promedios actuales; además deberá tener también el valor de la facturación que

obtuvo en el período previo, que servirá como valor básico de referencia para los cálculos de los índices.

El informe de gestión de costo para el nivel ejecutivo es concluido con el total de gastos de la sección, lo que permitirá que el gerente tenga una idea del comportamiento de dicha sección. Ese total, es el que compondrá una de las líneas del informe del nivel gerencial estratégico, visto anteriormente.

PLASTICOS DEL TORA SA														
SECCION PLASTICOS - INYECCION POR ADIPLACION MOLDING														
ITEM COSTOS DE MANTENIMIENTO														
NIVEL DE GESTION EJECUTIVO SUPERSECCION MANTENIMIENTO														
PERIODO ANTERIOR	VALOR TOTAL DEL PERIODO ANTERIOR													
PERIODO ANTERIOR	ENE02	FEB02	MAR02	ABR02	MAY02	JUN02	JUL02	AGO02	SEP02	OCT02	NOV02	DIC02	ENE02	PERIODO ANTERIOR
SIEMPRE	ENE02	FEB02	MAR02	ABR02	MAY02	JUN02	JUL02	AGO02	SEP02	OCT02	NOV02	DIC02	ENE02	PERIODO ANTERIOR
TOTAL DE MATERIALES Y REPUESTOS														
TOTAL DE MANO DE OBRA														
AFRECCIONADO														
AGUA INDUSTRIAL														
AGUA INDUSTRIAL HELADA														
ENERGIA ELECTRICA														
SYSTEMA CONTRA INCENDIOS														
EQUIPOS DE VALER MECANICO														
EQUIPOS DE VALER ELECTRICO														
OTROS														
TOTAL														

Figura 15.3.3.1- Modelo de informe de gestión de costo para el nivel ejecutivo

#### 15.3.4. INFORME DE GESTIÓN DE COSTOS PARA EL NIVEL DE GESTIÓN OPERACIONAL

El informe de costos para el nivel de gestión operacional, es procesado por el jefe de área. Dentro del encabezamiento además de definir el

órgano para el cual el informe está siendo emitido, deberá presentar el valor de la facturación del área en el período previo, que servirá como valor básico de referencia para los cálculos de los índices.

En la composición de la tabla de la figura a continuación, la primera columna puede referirse a los equipos más importantes del área, sobre los cuales serán efectuados los cálculos de gastos de cada uno, los índices mensuales y promedios del período anterior y del periodo actual. Es recomendable que, para evitar que esta tabla sea muy extensa, solamente sean analizados ítems prioritarios del área y algunos secundarios, indicados por la experiencia del responsable del área, siendo que ésta puede ser consecuencia del desempeño de los equipos de la sección, fruto del análisis del programa de disponibilidad de los equipos, obras o instalaciones. Los ítems no discriminados deberán, sin embargo, agruparse en la línea del informe identificada como otros, para permitir el análisis de la totalidad de los equipos del área.

Una vez realizado el cálculo, el informe es totalizado para el área de responsabilidad del nivel de gestión a que se destina, siendo que este total compone una de las líneas del nivel jerárquico superior.

PLASTICOS DEL LITORAL SA														
SECCION PLASTICO II - INYECCION SOPLADO IMPRESION MOLDS							SISTEMA EQUIPOS DE TALLER MECANICO							
ITEM COSTOS DE MANTENIMIENTO														
NIVEL DE GESTION OPERACIONAL - JEFE DE AREA														
PERIODO: 01/01/2002 AL 31/12/2002														
VALOR TOTAL DEL PERIODO ANTERIOR														
SISTEMA	PROM 2001	Jan 02	Feb 02	Mar 02	Abr 02	May 02	Jun 02	Jul 02	Aug 02	Sep 02	Oct 02	Nov 02	Dec 02	PROM 2002
TORN01														
TORN02														
TORN03														
TORN04														
FRESADORA UNIVERSAL														
CEPILLADORA														
RECTIFICADORA														
MAQUINA DE SOLDAR1														
MAQUINA DE SOLDAR2														
ESMERL1														
ESMERL2														
ESMERL3														
TALADRO FRESA														
HERRAMIENTAS PORTATILES														
FRENSA HIDRAULICA														
OTROS														
TOTAL														

Figura 15.3.4.1 - Modelo de informe de gestión de costo para el nivel operacional

### 15.3.5. USO DE GRAFICOS

Para facilitar la identificación visual de la variación de valores e índices, los registros tabulados deberán ser representados en gráficos, los que podrán ser enunciados para una única unidad de periodicidad, en este caso, comparando los resultados obtenidos en una misma área.

Dichos gráficos podrán ser presentados bajo la forma de:

- ❖ *Barras*, para comparar índices correspondientes (pudiendo ser compuesto por dos o tres índices simultáneos en cada período);
- ❖ *Barras superpuestas, líneas o superficie*, cuando se desea comparar índices individualizados con la suma de alguno de ellos,
- ❖ *Sectores*, cuando se está comparando un grupo de índices cuya suma es igual a 100%, y
- ❖ *Trazado acumulativo*, cuando el valor de un mes es el total de los meses anteriores más el del mes considerado.

Dentro de las posibilidades del trazado de gráficos de costos se sugiere la utilización de

- ❖ *histograma, el gráfico de barras, de sectores y/o cilíndrico*, para los valores e índices comparativos entre áreas en una misma unidad de período; y
- ❖ *el gráfico de líneas (trazado) y/o de superficie* para valores e índices comparativos de una misma área en varios períodos.

Pudiéndose también combinar los diversos gráficos en una sola presentación, si es que los datos y su óptima visualización permiten que se realice esta mezcla.

Para permitir la comparación gráfica de gastos de similar naturaleza para varias áreas en un mismo período, se pueden utilizar los índices relativos, o sea, que cada uno sea relacionado porcentualmente al total de la suma de todos. En este caso, la suma de esos índices será siempre de 100% y cada cuota indicará en cuanto ha contribuido en el contexto total.

Los gráficos de líneas con indicación mensual que comparen el costo total con relación con los costos de una sección puede ayudar a visualizar cuanta influencia tiene esta sección para el total.

Es recomendable que además de los cálculos periódicos mensuales, sean efectuados los cálculos acumulados para períodos anuales, porque ayudan a visualizar el global del desempeño financiero del área bajo su responsabilidad, especialmente en el caso que se desee obtener valores promedios de referencia de un año para otro.

#### **15.3.6. ANALISIS DE LOS INFORMES DE INDICES DE GESTION DE COSTOS**

Como sugerencias para el análisis de los informes de índices están:

1. El informe no debe presentar conclusiones especulativas. Las variaciones para mejor o peor, deben ser encaradas como síntomas que discutidos en conjunto entre los órganos de control y ejecución, podrán indicar la necesidad de alterar los métodos de trabajo.
2. Antes de emitir comentarios sobre los resultados del análisis de los índices, el órgano de control, debe estar seguro de que los datos que les dieron origen son confiables.
3. El informe debe contener observaciones positivas y negativas, siendo que las observaciones negativas deben estar acompañadas de sugerencias para mejorar, que deben ser discutidas con los supervisores del área de ejecución del mantenimiento, antes del registro en el informe de análisis. Los informes que se limitan solamente a presentar fallas de los equipos de ejecución o de su administración, pueden acarrear insatisfacciones en esos equipos, que podrán tener consecuencias desastrosas, como por ejemplo: el suministro intencional de datos equivocados para la mejora de los resultados.
4. Para facilitar la composición del informe, algunos índices deben ser analizados en conjunto y de forma comparativa, como es el caso, de aquellos relativos a la aplicación de mano de obra en actividades programadas y reparos correctivos, para verificar si el



aumento de uno (índice de preventivos) acarrea la reducción del otro (índice de correctivos).

5. Como la empresa tiene la división de Sacos, que se encuentra separada físicamente pero es parte de la misma compañía, se recomienda que los índices sean tabulados en conjunto, para permitir el análisis comparativo de los valores de una unidad con relación a las otras y el consecuente cambio de experiencias entre las direcciones.
6. Es válida la colocación de valores comparativos, entre períodos diferentes o valores promedios obtenidos en el año anterior, para examinar los resultados de disposiciones gerenciales, tomadas en función de análisis anteriores.
7. Establecer metas para la mejora de los índices, junto con el área ejecutante.

#### **15.4. LA OT Y LOS COSTOS**

En el aspecto de disponibilidad y confiabilidad, la planeación y control disminuye las interrupciones imprevistas de producción y mejora la distribución de la ocupación de la mano de obra, reduciendo las colas de espera de los equipos que aguardan mantenimiento.

La planificación adecuada conduce a métodos de mantenimiento con establecimiento de estándares de ejecución, desarrollados a partir de recomendaciones de fabricantes, experiencia del personal interno y bibliografía de empresas similares. Dentro de esos estándares se destacan:

- ❖ las órdenes de pedidos de repuestos y materiales,
- ❖ las ordenes de trabajo,
- ❖ las instrucciones de mantenimiento o lista de verificación (check-list),
- ❖ las hojas de registro de datos o de variación de especificaciones y
- ❖ el programa maestro de mantenimiento.

La mayoría de estas formas son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, mano de obra, tipos de equipos que posee etc., como sería el caso de PLASTLIT S.A. en la que es muy importante colocar no solo el nombre de la máquina sino también su codificación. Pero las ordenes de trabajo contiene una serie de datos comunes en cualquier ramo industrial que deben estar presentes en este instrumento de información, como son:

- El número consecutivo
- El tipo de la actividad de mantenimiento
- La prioridad
- Los registros de historial
- Si los instrumentos de supervisión actuaron correctamente o no

- Si la intervención perjudicó la producción
- El período de indisponibilidad del equipo
- La duración real del mantenimiento.

Estos segmentos presentes en la orden de trabajo son los que generan información, por tanto deben de tener un seguimiento y procesamiento adecuado porque la información obtenida abarca el trabajo a realizar, tiempos, materiales y/o repuestos, personal y demás; donde son estos los parámetros que se necesitan al momento de hacer una evaluación de costos de determinada gestión.

A su vez la generación de las órdenes de trabajo ( ya sea realizada de forma automática a través de un software o de manera manual) debe considerar (además de la debida coordinación de personal, materiales, repuestos y tiempos) si dicha labor se la va a realizar un momento económicamente conveniente; y si los materiales, repuestos, equipos, personal, etc. son los realmente necesarios y corresponden a la cantidad que representa en dinero disponible a costear.

## **15.5. DETERMINACIÓN DE TARIFAS DE RECURSOS DE MANTENIMIENTO**

La determinación de tarifas de recursos de mantenimiento, no es más que la asignación del costo a cada recurso de mantenimiento. Donde los recursos abarcan a los equipos como al personal.

Esta acción está basada en la consideración de una serie de costos inmersos en cada recurso, estos costos son los mencionados en los tipos de costos involucrados en mantenimiento.

Si estas tarifas son apegadas a la realidad y periódicamente ajustadas según los cambios en el mercado, pueden en un momento sumarse para dar el costo real del trabajo realizado por la empresa y así poder comparar con el mismo trabajo pero realizado por terceros, dando criterios para determinar que es más conveniente, si hacerlo o contratarlo.

## **15.6. INDICES DE GESTIÓN DE COSTOS**

Debido a que un índice no es más que una relación entre dos o más valores, existen los llamados índices de clase mundial que son aquellos utilizados según la misma expresión en todos los países. De los seis índices de clase mundial, cuatro son los que se refieren al Análisis de la Gestión de Equipos.

❖ **TMEF:** Tiempo medio entre fallas.

- ❖ **NTMC:** Número total de fallas
- ❖ **NOIT:** Número de veces que se presenta una falla.
- ❖ **HROP:** Tiempo de operación de la Máquina.

Y dos a la Gestión de Costos.

- ❖ **CMFT:** Costo de Mantenimiento por Facturación
- ❖ **CMRP:** Costo de Mantenimiento por el Valor de Reposición

No debe de ser pasado por alto para poder tener valores reales que el costo total del mantenimiento, esta compuesto por cinco elementos (personal, material, terceros, depreciación y pérdida/reducción en la facturación), cada una de ellos sus subdivisiones. Más muchas veces por la difícil composición se tiende a considerar personal, material y eventualmente terceros; y de igual manera los costos directos y eventualmente los costos indirectos.

Otro factor que torna los índices de costos imprecisos es cuando la empresa:

- ❖ Usa valores contables pertenecientes al historial de los equipos sin corrección monetaria, por el caso de una inflación monetaria.
- ❖ Usa un valor de referencia (dólar o mix de monedas), por la imprecisión que da la variedad de los índices de corrección que se ve empeorado al no considerar la devaluación de la unidad monetaria adoptada.

Esta imprecisión no es sensible cuando se hace el seguimiento de los índices en la propia empresa, porque está cometiéndose el mismo error a lo largo del tiempo; pero puede llevar a grandes errores de interpretación, cuando estos índices son comparados con otras empresas, y mucho peor comparados con empresas de otros países.

Entre los índices de gestión financiera más utilizados por las empresas de proceso y que además recomendamos para que se calculen en la gerencia de Mantenimiento de PLASTLIT S.A. están:

1. **Costo de Mantenimiento por Facturación** - Relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en el período considerado.

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} \times 100$$

Este índice es de fácil cálculo ya que los valores, tanto del numerador como los del denominador, son procesados por el órgano de contabilidad de la empresa.

2. **Costo de Mantenimiento por el Valor de Reposición** - Relación entre el costo total acumulado en el mantenimiento de un determinado equipo y el valor de compra de ese mismo equipo nuevo (valor de reposición)

$$CMRP = \frac{\sum CTMN}{VLRP} \times 100$$

Este índice debe ser calculado para los ítems más importantes de la empresa ( los que afectan a la facturación, la calidad de los productos, la seguridad o al medio ambiente), porque debe ser calculado para cada ítem y utiliza valores acumulados, lo que torna su procesamiento más demorado que los demás, no justifica ser utilizado para ítems secundarios.

3. **Componente del Costo de Mantenimiento** - Relación entre el costo total del mantenimiento y el costo total de la producción.

$$CCMN = \frac{CTMN}{CTPR} \times 100$$

El costo total de la producción incluye: los gastos directos e indirectos de ambos órganos (operación y mantenimiento), incluso la respectiva facturación cesante.

4. **Progreso en los Esfuerzos de Reducción de Costos** - Relación entre el índice de mano de obra trabajo en mantenimiento programado y el índice de costo de mantenimiento por facturación.

$$PERC = \frac{TBMP}{CMFT}$$

Este coeficiente indica la influencia de la mejora o deterioro de las actividades de mantenimiento bajo control, con relación al costo de mantenimiento por facturación.

5. **Costo relativo con personal propio** - Relación entre los gastos con personal propio y el costo total del área de mantenimiento en el período considerado.

$$CRPP = \frac{\Sigma CMOP}{CTMN} \times 100$$

6. **Costo relativo con material** - Relación entre los gastos con material y el costo total del área de mantenimiento en el período considerado

$$CRMT = \frac{\Sigma CMAT}{CTMN} \times 100$$

7. **Costo de Mano de Obra Externa** - Relación entre los gastos totales de mano de obra contratada a otras empresas o cedidas por otras áreas de la misma empresa, y los gastos totales de mano de obra utilizada en los servicios en el período considerado.

$$CMOE = \frac{\Sigma CMOC}{\Sigma (CMOC + CMOP)} \times 100$$

Este índice puede también ser calculado como: la relación entre los gastos con mano de obra contratada y el costo total del área de mantenimiento en el período considerado.



$$CMOE = \frac{\sum CMOC}{CTMN} \times 100$$

En el cálculo de este índice pueden ser considerados todos los tipos de contratos.

8. **Costo de Mantenimiento con relación a la Producción** - Relación entre el costo total de mantenimiento y la producción total en el período considerado.

$$CMRP = \frac{CTMN}{PRTP} \times 100$$

Esta relación es dimensional, ya que el denominador es expresado en la unidad utilizada para la producción, la cual sería en Kilogramos para PLASTLIT S.A.

9. **Costo de Capacitación** - Relación entre el costo de capacitación del personal de mantenimiento y el costo total de mantenimiento.

$$CTET = \frac{CEPM}{CTMN} \times 100$$

Este índice representa la cuota de gastos de mantenimiento, invertida en el desarrollo del propio personal a través de la capacitación interna y externa. A su vez se puede extraer el índice del costo de capacitación per

capita, es decir, el costo de capacitación por la cantidad de personal capacitado.

10. **Inmovilizado en Repuestos** - Relación entre el capital inmovilizado en repuestos y el capital invertido en equipos.

$$\text{IMRP} = \frac{\sum \text{CIRP}}{\sum \text{CIEQ}} \times 100$$

Debe ser dada especial atención en el cálculo de este índice para considerar los repuestos específicos para la labor de mantenimiento y la parte correspondiente de los que no son exclusivos para esta actividad pero que son utilizados en los equipos bajo la responsabilidad del área de mantenimiento. Esta clasificación hace que sea el índice que generalmente se torna difícil de calcular.

11. **Costo de Mantenimiento por Valor de Venta** - Relación entre el costo total del mantenimiento acumulado de un ítem (equipo, obra o instalación) y el valor de reventa de dicho ítem.

$$\text{CMVD} = \frac{\sum \text{CTMN}}{\text{VLVD}} \times 100$$

12. **Costo Global** - Valor de Reposición menos la suma del Valor de Venta con el Costo de Total del Mantenimiento de un determinado equipo.

$$\text{CMVD} = \text{VLRP} - (\text{VLVD} + \text{CTMN})$$

### **15.7. USO DEL CONCEPTO DEL CICLO DE VIDA EN MANTENIMIENTO.**

Los estudios y trabajos desarrollados con relación a la confiabilidad vienen recibiendo, en los últimos años, la atención de especialistas en diversos ramos de empresas, particularmente ligados al área de mantenimiento. De ahí el Control Predictivo de Mantenimiento (aplicado a piezas, componentes, equipo o sistema operacional), en donde se determina del punto óptimo para la ejecución del mantenimiento preventivo en un equipo a partir de la probabilidad ( con valores indeseables) que el equipo falle.

La determinación del Punto Predictivo trae como resultado índices ideales de prevención de fallas, tanto en el aspecto técnico como en el económico, porque la intervención del equipo no es efectuada durante el período en que aún está en condiciones de prestar servicio, ni en el período en que sus características operativas están comprometidas.

Los métodos de determinación pueden ser realizados bajo dos formas, en función de las características de los equipos: Análisis Estadístico y Análisis de Síntomas. Pero es recomendable que este trabajo se desarrolle para

equipos prioritarios de las instalaciones, por abarcar costos adicionales de inversión de material (instrumentos de medición) y mano de obra.

*El análisis estadístico*, es aplicado cuando existe en la instalación, una cantidad apreciable de equipos o componentes con las mismas características, que puedan ser considerados como un universo, para el desarrollo de los cálculos de probabilidades y que tienen características aleatorias de fallo, o sea, a los cuales no es posible hacer acompañamiento de sus variables.

*El análisis de síntomas*, es aplicado cuando es necesario el desarrollo de estudios para la determinación del punto predictivo, en equipos con características impares, con relación a los demás equipos instalados y en los cuales es posible hacer mediciones de sus variables.

El análisis estadístico se basa en la determinación del término de vida útil, objeto del estudio en la curva de tasa de fallas con relación al tiempo, entendiéndose por tasa de fallas a la relación entre un incremento del número de fallas y el incremento correspondiente de tiempo, en cualquier instante de la vida de un equipo; y por vida útil al período de tiempo, durante el cual el equipo desempeña su función con una tasa de fallas aceptable.

Tradicionalmente, la tasa de fallas representa la medida de probabilidad que un equipo que está operando presente fallas, o sea, deje de operar, cuando se incrementa un intervalo de tiempo. Para su determinación, es necesario agrupar los datos de muestreo de las ocurrencias por períodos de tiempo, determinar la Función de Distribución Cumulativa  $F(t)$  definida como: el número de ítems del universo que fallan en un determinado intervalo de tiempo.

La Función Densidad de Probabilidad  $f(t)$ , definida como: la relación entre el número de equipos, que fallarán cuando se incrementa un lapso infinitesimal de tiempo, obtenida como la derivada de la función Distribución Cumulativa para un incremento de tiempo.

La relación de la Función de Distribución Cumulativa con el simétrico de la Función Densidad de Probabilidad, genera una función llamada Probabilidad de Supervivencia, que representa la cantidad de equipos del muestreo que sobreviven, con relación al universo inicial cuando se incrementa un infinitesimal de tiempo.

Más de manera semi-empírica Wallodi Weibull logró una curva que en función promedio del estado del equipo con respecto al tiempo puede presentar uno de los tres estándares de falla. La composición de las tres

condiciones que normalmente representan las fases de vida de una instalación, equipo o pieza es conocida como Curva del Ciclo de Vida.

Esta curva del ciclo de vida ayuda a:

- Representar fallas típicas de partida, fallas aleatorias y fallas debidas a desgaste.
- Obtener parámetros significativos de la configuración de la falla a ejemplo del tiempo mínimo probable hasta la falla,
- La representación gráfica y simple para su aplicación.

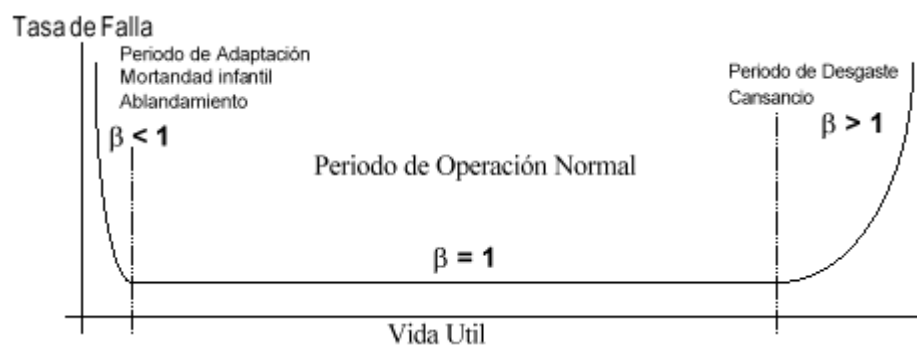


Figura 15.7.1 - Curva de la bañera o curva del ciclo de vida de un equipo

La elección apropiada de  $\beta$  en la distribución de Weibull y la experiencia ha demostrado que puede usarse para una gran mayoría de modelos de falla que incluyen las fortuitas (que se comportan según un Exponente Negativo), como las que se comportan aproximadamente según una Distribución Normal.

El valor  $\beta = 1$  (tasa de fallas constante) puede ser indicativo de modos múltiples de falla existente o que los datos de los tiempos para fallas son sospechosos, lo que sería común en PLASTLIT S.A. porque tiene sistemas que poseen diferentes componentes con diferentes edades y el tiempo individual de operación de los componentes no está disponible.

Una tasa de fallas constante, puede también indicar que las fallas son debidas a eventos externos, tales como el uso indebido del equipo o deficiencia de las intervenciones para mantenimiento.

### **Especificación de origen y degeneración**

Toda pieza es caracterizada, por valores de grandezas mensurables y por procesos específicos, establecidos en su proyecto, fabricación o instalación. Por tanto, al conjunto de valores que definen la condición inicial de la pieza, se llama Especificación de Origen.

La utilización y/o exposición de la pieza a agentes externos hace que el valor de origen cambie, lo que se puede comprobar con la comparación del valor anterior con el actual, y si hay un diferencial diferente de cero, significa la degeneración de la pieza y su valor podría determinar una condición inaceptable de utilización.

### **Determinación de la Vida útil.**

Si se toma para el cálculo apenas uno de los elementos del conjunto y la variación de la condición del elemento en función del tiempo, se puede representar la curva de degeneración. Se puede presentar esta curva en función de otras variables como toneladas, litros, KW - hora, ciclos etc.

Además, se puede plantear que la condición aceptable para usar el elemento sea cuando los valores de condición que determinan su estado sean mayores que un valor fijado por un criterio técnico-económico.

Entonces, la intersección de la curva de degeneración (obtenida por la extrapolación del conjunto de datos recopilados en monitoreos) con la línea límite de especificación que representa el valor fijado por un criterio técnico-económico determina la vida útil del elemento; y todo el concepto está basado en curvas aplicables para cada caso.

Esta forma de calcular la vida útil se la puede apreciar en la siguiente gráfica en función del tiempo, en donde:

"E(t)" es la condición del elemento en ese instante t de tiempo

"E (0)" es la condición inicial del elemento.



"E (u)" es un valor fijado por un criterio técnico-económico.

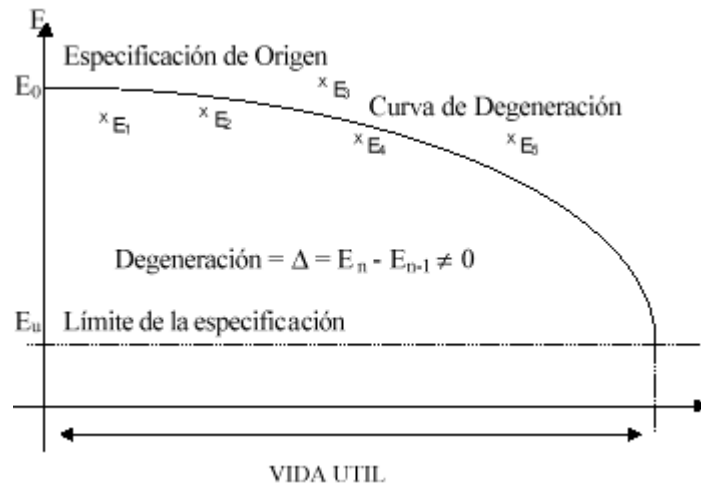


Figura 15.7.2 - Curva de degeneración con la determinación de la vida útil

En la aplicación de esta curva se puede decir que el mantenimiento preventivo convencional ejecuta acciones correspondientes a renovar la condición del elemento a un valor mayor al de ese momento, y que puede resultar igual al inicial. Lo que se podría interpretar en el gráfico así:

$$E(\text{tp1}) \rightarrow E'$$

$$E(\text{tp2}) \rightarrow E''$$

... etc.

La ocurrencia de que los valores de condición del elemento sean menores o iguales al valor fijado por la condición técnico-económica, caracteriza al Mantenimiento Correctivo y esto puede ser debido a una de las dos situaciones siguientes.

- a. Inexistencia de anomalía brusca en la curva de degeneración, sin embargo, el valor de condición del elemento en ese momento alcanza o queda menor que el valor técnico-económico fijado; y consecuentemente el tiempo en el que se ha utilizado al elemento queda igual o mayor que el valor de tiempo de la intersección de las curvas de degeneración con la línea límite de la especificación deseada.
- b. Existencia de anomalía brusca en la curva de degeneración que causa que el valor de la condición del elemento caiga a valores inferiores que el deseado en un tiempo menor que el que tomaría en llegar a la intersección de las curvas de degeneración con la línea límite de la especificación deseada.

### **Inspección predictiva y Mantenimiento predictivo**

La inspección convencional determina apenas los valores de la condición en la que se encuentra el elemento en ese instante, es decir " $E(t)$ ". Si se realizan estas inspecciones de forma sucesiva, se puede realizar una extrapolación para la determinación del tiempo de intersección de las curvas de degeneración con la línea límite de la especificación deseada.

Debido a que muchas veces el elemento no es accesible y no se desea interrumpir la producción, la inspección predictiva para dar los valores de la

condición del elemento, " $E(t)$ ", utiliza sensores adecuados para cada caso que permiten el monitoreo. Esos valores reciben tratamiento matemático, con la determinación del mecanismo de degeneración, con el objetivo de prever la ocurrencia de una anomalía en la curva de degeneración y la optimización de los tiempos de mantenimiento preventivo " $t_{pi}$ ".

La determinación de las curvas de degeneración de las diversas variables, permitirá determinar los tiempos " $t_u$ " que indicarán las mejores épocas para la intervención en el equipo.

Las intervenciones para monitoreo que caracterizan al Mantenimiento Predictivo que tiene por objetivo:

1. Aumentar los valores iniciales " $E_0$ ", y los valores de la condición del elemento posteriores a un mantenimiento preventivo " $E'$ ", " $E''$ " etc.
2. Aumentar los valores de tiempo entre mantenimientos preventivos " $t_{0i}$ " por alteración en el desarrollo de la curva " $E(t)$ ".

Ese tipo de mantenimiento empieza en las fases de especificación de condiciones, proyecto, fabricación e instalación logrando:

- La minimización de los costos de mantenimiento preventivo y correctivo;
- La maximización de la eficiencia del mantenimiento.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Mi conclusión inicial plantea la necesidad de evolucionar la concepción del mantenimiento y proyectarlo a los nuevos escenarios competitivos en donde los directivos y técnicos de mantenimiento tienen delante el reto importante de aprender un nuevo modelo de trabajo que le permita hacer frente a los nuevos desafíos futuros.
2. Puedo también concluir que cada problema que se presenta en mantenimiento puede estudiarse y diagnosticarse empleando y combinando una variedad de técnicas presentadas como estrategias para el empleo sistemático de las técnicas de solución de problemas. Existen además de las presentadas en el presente trabajo muchas otras técnicas de diagnóstico más sofisticadas que pueden aplicar, como la teoría del desgaste, tecnologías avanzadas de mantenimiento y estudios de lubricación, como también una técnica de reciente creación como el diseño de experimentos multivariable, minería de datos, redes neurales y otras tecnologías complejas.

3. Escogí para desarrollar a lo largo del presente trabajo al TPM porque es un modelo completo de dirección industrial que se implanta por departamentos e involucra a cada empleado. No trata de acciones simples de limpieza, gestionar automáticamente la información de mantenimiento o aplicar una serie de técnicas de análisis de problemas. El TPM es una estructura de mantenimiento industrial que involucra sistemas de dirección, cultura de empresa, arquitectura organizacional y dirección del talento humano. La estrategia del TPM establece un sistema completo de mantenimiento para toda la vida útil el equipo, apuntando a maximizar la efectividad del mismo.
4. Por todo lo expuesto se concluye que la implantación del TPM en una empresa que no tiene implantado el mantenimiento preventivo se vuelve extremadamente difícil considerando que es un plan que toma de 3 a 5 años para obtener beneficios significativos porque toma tiempo para lograr que la gente cambie sus actitudes.
5. El desarrollo de este proyecto se lo realizó en Plásticos del Litoral – PLASTLIT S.A. y de la misma manera como se lo explica en el desarrollo de cada uno de los capítulos de la parte de aplicación se tomó a la sección de inyección como piloto para la realización del estudio porque la empresa es grande y es mejor tomar una sección para de allí partir y a medida den los resultados se puede ir incentivando a las demás secciones a que se interesen en aplicar el TPM.

6. El trabajo realizado dentro de Plásticos del Litoral – PLASTLIT S.A. solo llegó a ser un estudio que abarca el diagnóstico, razones para efectuar el cambio al sistema TPM, elementos que favorecen su realización y una planificación secuencial de cómo implementar estas mejoras con ejemplos muy claros para seguir. Esto sucedió debido a la falta de interés por parte de los directivos para que este sistema se implementara y la decisión de la dirección general es el paso inicial para el desarrollo del mismo porque no es posible mejorar el funcionamiento integral de las plantas industriales si no se cuenta con la cooperación de todo el personal involucrado en las operaciones de la fábrica
  
7. Para poder desarrollar un proyecto como el que aquí planteo es muy importante el involucramiento de los trabajadores en las actividades de mejora e innovación y darle poder de decisión porque el involucramiento del personal puede estimular desde el mismo momento en que se formulan los objetivos, especialmente los de mejora. El principio fundamental para que exista compromiso con los objetivos de la empresa es la participación y la mejor manera es usando el poder de la conversación y el diálogo dentro de la empresa.

Es por eso que el TPM aporta en sus diferentes procesos fundamentales con una serie de instrumentos que son muy útiles para estimular la conversación innovadora y creativa, como es el caso de los tableros de gestión de información visual empleados dentro de los pilares de mejoras enfocadas y mantenimiento

autónomo porque presentan los resultados obtenidos en la planta en forma gráfica con el objeto de facilitar su interpretación e incentivar a que se den conversaciones sobre las acciones necesarias para mejorar las operaciones de la planta en forma diaria.

8. De igual manera al no tener el permiso de implantación, no fue factible distraer al personal de sus labores cotidianas para efectuar labores de capacitación general como se lo propuso en los objetivos.
9. Se recomienda en el capítulo de mejoras enfocadas cual debería ser estructura participativa del equipo interfuncional para que se de una adecuada gestión del trabajo de los equipos; esto es, un buen plan de trabajo, seguimiento y control del avance, como también, la comunicación y respaldo motivacional por parte de la dirección superior.
10. Así mismo se ha recomendado a lo largo de cada paso inmerso en los capítulos de aplicación varios formatos que están listos para que estos funcionen en PLASTLIT S.A.
11. Debido a que la decisión de informatizar la Gestión del Mantenimiento es un paso importante y sin duda imprescindible si se pretende avanzar en su optimización, y como el departamento de Mantenimiento de PLASTLIT S.A. no posee un

sistema de información, se dejan planteadas las pautas de cómo se lo puede efectuar. Pero la multitud de opciones posibles, así como la tentación de llegar a desarrollos excesivamente prolijos o complejos, hace que la selección del camino a seguir deba ser tomada con prudencia porque la elección a ciegas de un paquete al igual que aventurarse al desarrollo propio sin un análisis previo de las condiciones de contorno pueden conducir a efectos contrarios a los pretendidos.

Así mismo esta parte no se pudo implementar por no existir en la mayoría de los casos la facilidad de obtención de datos que se requerían, lo que implicaba realizar un levantamiento de información que tomaría mucho tiempo y se alejaría de los objetivos principales del tema planteado.

12. Recomiendo que la dirección de mantenimiento cree procesos muy sólidos para conservar y transferir el conocimiento, así como para estimular el aprendizaje organizativo. Esto implica desarrollar sistemas para el registro, interpretación y análisis de experiencias adquiridas en las diferentes actividades que se realizan para el cuidado y conservación de equipos, evitando la presencia de idénticos problemas en otras áreas de la fábrica o su repetición futura. Para esta tarea es muy útil recoger documentos llenos de conocimiento como informes técnicos, estudios de fallos, artículos técnicos, presentaciones, etc. y almacenarlos donde puedan ser recuperados con facilidad para su uso. Otras prácticas más habituales



son: digitalización de planos, sistematización de información técnica, elaboración de manuales de procedimientos, preparación de inventarios de conocimientos, etc.

13. La metodología existente en las 5 “s” es recomendable aunque no se implemente el TPM. Pero ambos se complementan con éxito en las primeras etapas de mantenimiento autónomo y la aplicación de mantenimiento autónomo en oficinas y áreas administrativas se podrá realizar aplicando las 5 “s”, ya que en estas áreas no es necesario realizar acciones de mantenimiento preventivo como en una planta de fabricación de un producto.

14. Además presento en este trabajo de tesis el tema de tercerización de las actividades de mantenimiento, en donde se tocan temas que independientemente de la aplicación o no del TPM se pueden implementar en PLASTLIT S.A., como son las razones por las cuales tercerizar, la manera de seleccionar a un contratista, como elaborar un contrato que contemple todos los tópicos necesarios que respalden la labor contratada y el sistema de evaluación de terceros.

15. De igual forma recomiendo que se cree un procedimiento para la contratación del nuevo personal, esto implica que deben estar descritos cuales deben ser los requerimientos mínimos que debe de cumplir cada persona que aspire a un puesto en la planta, así como el tipo de pruebas que se tomarían, la entrevista a la que esta se deba someter y las personas lo entrevistarían. Con esto se logra que la

persona que ingresa tenga un nivel de conocimientos teórico - práctico que garantice su buen desenvolvimiento en sus labores.

16. Otra recomendación, a pesar de que no se implemente el TPM en la compañía, es crear un sistema de capacitación para todo personal que labora en la planta, de forma especial al personal que forma parte del departamento de mantenimiento. Porque si bien es cierto que se los envía a cursos de capacitación, estos cursos no son parte de una capacitación planificada y sistematizada de aprendizaje continuo, de tal manera que esto también sirva para implantar un plan de ascensos y como base para la asignación de incentivos.

17. Como implementación de una forma de control y de mejorar varias funciones al interior de la gerencia de mantenimiento es recomendable el uso de índices que permitan crear una idea de cómo es el comportamiento del departamento y compararse consigo mismo para así ir mejorando y analizando que acciones hacen que estos índices varíen. Dichos índices pueden ser los que se describen en el desarrollo de la tesis, o pueden crearse otros que se apliquen de mejor manera y sirvan para extraer mayor información.

18. Recomiendo que se considere el uso de la Efectividad Global del Equipo debido a que es un índice importante en el proceso de introducción y durante el desarrollo del TPM porque responde elásticamente a las acciones realizadas tanto de

mantenimiento autónomo, como de otros pilares TPM. Se lo puede utilizar para construir índices comparativos entre plantas para equipos similares o diferentes. En aquellas líneas de producción complejas puede se debe calcular el EGE para los equipos componentes. Esta información será útil para definir en el tipo de equipo en el que hay que incidir con mayor prioridad con acciones TPM. Es también considerable que obtener un valor global EGE para una proceso complejo o una planta no es útil del todo, ya que puede combinar múltiples causas que cambian diariamente y el efecto de las acciones TPM no se logran apreciar adecuadamente en el EGE global. Por este motivo, es mejor obtener un valor de EGE por equipo, con especial atención en aquellos que han sido seleccionados como piloto o modelo. Dependiendo del tipo de pérdida, ya sea de calidad, rendimiento o disponibilidad, podremos priorizar para cada equipo la incidencia de el pilar TPM para cada caso. Esto es, si un equipo tiene pérdidas significativas de calidad y estas afectan el EGE, será necesario realizar acciones de mejora continua orientadas a eliminación de defectos, empleando técnicas tradicionales de calidad. Si un equipo es nuevo y su EGE no es el esperado, será necesario utilizar acciones de mejora continua para identificar problemas de diseño u otras acciones relacionadas con las variables de proceso. La mejora del equipo y las acciones de mantenimiento autónomo aportarán buenos beneficios en aquellos equipos que llevan varios años en producción.

19. Otra manera de control que puede implementarse sin necesidad de apegarse a una estrategia específica es realizar reuniones periódicas entre la gerencia de mantenimiento y los supervisores; en estas reuniones se expondrían los problemas que se están presentando en cada área, para que todos estén al tanto de lo acontecido en cada área, como para obtener una lluvia de ideas que permita darle una solución más viable desde el punto de vista de la interacción entre las diferentes fases que conforman a dicho trabajo de mantenimiento.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. LEZANA, E., Curso Superior de Mantenimiento Industrial Volumen I, II y III, Editor T.M.I. s.I., Pamplona – España, 1998
2. MOYA, M., Estadísticas para Mantenimiento, Producción y Calidad, CLAPAM, 1997
3. GALAN, M., Organización y Gestión del Mantenimiento, Tipos de Mantenimiento.
4. VILLEGAS, G., Mantenimiento Productivo Total TPM, CLAPAM, 2002
5. TAVARES, L., Administración Moderna de Mantenimiento, Novo Polo Publicaciones - Brasil
6. Revista Mantenimiento No 1, AÑO 1990 - ISS 0716-8616
7. [www.ceroaverias.com](http://www.ceroaverias.com)
8. [www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com)
9. [www.mantencion.com](http://www.mantencion.com)

## **ANEXOS**

**ANEXO A**

**BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO**

**PREDICTIVO: A-Z**

- A.- Minimizar o eliminar las costosas paradas improductivas y elevar los beneficios del tiempo productivo.
  
- B.- Minimizar o eliminar las catastróficas fallas de máquinas, que usualmente son mucho más grandes que cualquier otra.
  
- C.- Reduce el costo de mantenimiento.
  
- D.- Reduce el mantenimiento no programado, ya que todas las reparaciones pueden realizarse en el momento de menor incidencia en la producción.
  
- E.- Reduce la cantidad de repuestos en stock - Muchas partes pueden comprarse justo a tiempo para las reparaciones a realizarse durante las paradas programadas.
  
- F.- Optimiza el desempeño de la maquinaria; los equipos siempre trabajan dentro de las especificaciones.

- G.- Reduce el consumo excesivo de energía eléctrica debido al no eficiente desempeño Ahorra dinero en los requerimientos de energía.
- H.- Reduce la necesidad de equipos Stand by o espacio adicional en depósitos para cubrir las excesivas paradas – Menos capital e inversión requerida en equipos y en infraestructura.
- I.- Incrementa la capacidad de la planta.
- J.- Reduce la depreciación del capital causado por un pobre mantenimiento – Un buen mantenimiento incrementa la vida útil y desempeño de las maquinarias.
- K.- Reduce la reparación innecesaria de equipos – Solo debe repararse aquellos en los cuales disminuye su desempeño óptimo.
- L.- Minimiza o elimina las reparaciones erróneas – Se repara lo que esta dañado.
- M.- Reduce el número de clientes insatisfechos o pérdida de los mismos por mala calidad de producto – Con menor desempeño que el óptimo la calidad disminuye, La calidad lo siempre sufre las consecuencias.



- N.- Reduce el re-trabajo o re-proceso causado por operación de la maquinaria con pobre desempeño.
- O.- Reduce el descarte causado por operar la maquinaria con un menor desempeño que el óptimo.
- P.- Reduce horas extras generadas para recuperar la pérdida de producción debido a fallas inesperadas o pobre desempeño en los equipos.
- Q.- Reduce penalidades o multas que resultan de entregas fuera de término debida a fallas en equipos o un pobre desempeño de los mismos.
- R.- Reduce reclamos debido a baja calidad del producto causado por el mal desempeño de las maquinarias.
- S.- Reduce la posibilidad de aceptación de equipos usados adquiridos con defectos
  - El pago no se realiza a menos que se corrijan las fallas.
- T.- Incrementa los chances de compra de equipos nuevos o usados dentro de las necesidades específicas.

- U.- Incrementa la seguridad intrínseca de los equipos – Las lesiones se producen a menudo por el mal funcionamiento de los equipos.
- V.- Reduce las multas impuestas contra la empresa por equipos inseguros – Aumento del costo del seguro de incendio.
- W.- Reduce los costos de seguro de los equipos porque un buen mantenimiento incrementa la seguridad de la maquinaria.
- X.- Reduce el tiempo de reparación de la maquinaria – El conocimiento exacto de la falla permite una organización más eficiente del proceso de reparación.
- Y.- Incrementa la velocidad de operación de máquina si fuera deseable.
- Z.- Aumenta la facilidad de operación de los equipos.

## ANEXO B

### TÉCNICAS DE VERIFICACIÓN MECÁNICA

<b>TÉCNICAS DE VERIFICACIÓN MECÁNICA</b>			
<b>Técnicas Directas</b>			
<p>Intentan medir directamente los deterioros sufridos por los elementos. Algunas sólo tratan de comprobar la existencia o no de un defecto y intentar cuantificar la magnitud del deterioro.</p> <p>Por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Métodos de detección de las grietas aparecidas en los fenómenos de fatiga,</li> <li>▪ La corrosión y oxidación,</li> <li>▪ La modificación de características físicas (acabado superficial, variaciones de sección, etc.).</li> </ul>	Inspección visual	Es la más simple. Resulta de una gran incertidumbre y baja fiabilidad, jugando a su favor el bajo coste.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inspección con lupa o microscopio</li> <li>▪ Sistemas de monitorización por televisión</li> </ul>
	Inspección por líquidos penetrantes	Aplica la detección de discontinuidades abiertas a la superficie de los materiales férricos y no férricos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grietas</li> <li>▪ Poros</li> <li>▪ Pliegues</li> <li>▪ Laminaciones</li> </ul>
	Inspección por partículas magnéticas	Aplica la detección de discontinuidades e siempre que estén en la superficie ó próximas a ésta. Está limitada solamente a materiales ferromagnéticos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grietas</li> <li>▪ Poros</li> <li>▪ Pliegues</li> <li>▪ Laminaciones</li> </ul>
	Inspección por ultrasonidos	Detecta grietas y otras discontinuidades del material en cualquier parte de la pieza y hace posible una ponderación de su tamaño	<p>De fácil aplicación en</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aceros</li> <li>▪ Materiales de fundición</li> </ul> <p>Impracticable en otro materiales por a los altos índices de atenuación de ondas en los mismos.</p>
	Inspección radiográfica	De aplicación muy común en las uniones soldadas. Ayuda a comprobar y constatar el alcance de defectos no aceptables.	

## TÉCNICAS DE VERIFICACIÓN MECÁNICA

### Técnicas Indirectas

<p>Intentan detectar los defectos a través de la medida de algún parámetro de funcionamiento, representando así a las tecnologías predictivas.</p> <p>Por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El comportamiento vibratorio de los sistemas,</li> <li>▪ El aumento de temperatura,</li> <li>▪ El nivel de ruido, el estado del lubricante, etc.</li> <li>▪ También se pueden subclasificar en técnicas que sólo detectan el fallo y las que además intentan medirlo.</li> </ul>	<p>Análisis de vibraciones</p>	<p>Consiste en recoger señales vibratorias sobre las partes externas de la máquina que provienen de anomalías internas y que conducen a informaciones sobre los procesos lentos de degradación en el funcionamiento.</p>	<p>Defectos comunes son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desequilibrio.</li> <li>▪ Desalineación.</li> <li>▪ Ejes doblados.</li> <li>▪ Engranajes gastados, excéntricos o dañados.</li> <li>▪ Rodamientos en mal estado.</li> <li>▪ Holguras.</li> <li>▪ Rozamientos.</li> <li>▪ Excentricidades.</li> <li>▪ Defectos de lubricación en cojinetes de fricción.</li> </ul>
	<p>Estudio del lubricante</p>	<p>Durante su paso por las diferentes partes de los equipos se cargan de finas partículas de origen metálico, fibroso, plástico, características de la degradación del equipo; la forma, tamaño, color y composición de estas partículas indican con claridad el origen de los desgastes y en consecuencia las posibles fuentes de problemas, incluso antes de que se modifiquen las vibraciones de la maquinaria.</p>	<p>Los aceites lubricantes permiten el control, entre otros, de los siguientes equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Motores térmicos.</li> <li>▪ Turbinas.</li> <li>▪ Reductoros.</li> <li>▪ Compresores.</li> <li>▪ Transformadores.</li> <li>▪ Sistemas hidráulicos.</li> </ul>

	Análisis del espectro de corrientes	Usa las señales de corriente del motor para proporcionar una gran cantidad de información sobre la condición electromecánica de un motor.	<p>Por ejemplo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Barras de rotor rotas,</li> <li>▪ Excentricidad del rotor,</li> <li>▪ Bobinados con cortocircuitos, etc.;</li> <li>▪ Resulta muy útil para los motores de inducción de corriente alterna funcionando en condiciones de carga</li> </ul>
	Termografías	Utiliza la fotografía infrarroja para identificar y controlar defectos, de forma continua o periódica, en los dispositivos eléctricos y electromecánicos, el estado de calentamiento de un material, comparándolo a un estado normal o a un valor preestablecido.	Es importante recordar que sólo permite visualizar el nivel calórico de una superficie mediante la radiación térmica; que tiene una potencia y una longitud de onda que según su objetivo es la temperatura considerada en la medición.
	Ultrasonidos	El análisis de ultrasonidos es una técnica predictiva todavía bastante inexplorado desde el punto de vista de las aplicaciones.	Recientemente existe un interés en su aplicación a la predicción de fallos en cojinetes

# ANEXO C

## SISTEMAS DE GESTIÓN INTEGRADOS Y SU APLICACIÓN AL MANTENIMIENTO

Podemos estar adoptando medidas de prevención (procedimientos seguros, protecciones personales, etc.), de calidad (control de suministros, ratios de funcionamiento, etc.), de medio ambiente (eliminación de residuos, fichas toxicológicas, etc.), y no por ello se puede decir que tengamos implantado un sistema de gestión.

Un sistema de gestión será aquel conjunto de medidas organizativas, debidamente implementadas, que nos permitan de modo sistemático y con poco margen para el error, descuido o imprecisión, identificar lo que hay que hacer (mercado, clientes internos, legislación, estándares), procedimentar las actuaciones, identificar las desviaciones, problemas, impactos, etc., su priorización, cómo, cuándo y de qué manera hay que introducir cambios, establecer retroalimentaciones y programas de mejora, objetivos y metas, detección y tratamiento de no conformidades, definición de funciones y responsabilidades, participación de la dirección en los puntos clave del proceso y revisión periódica de la marcha del sistema, auditorías internas y externas, registro y control documental, certificación externa, etc.

Se podría definir también con menos palabras y de una manera más llana, como un cambio de cultura empresarial con relación a determinado aspecto lleva a una

nueva manera de hacer las cosas bien a la primera, según lo debido, previsto y concretado en documentos, registros, etc., todo bien llevado y controlado, contemplando los distintos aspectos debidos, evitando la variabilidad, aunque contemplando la evolución.

Frente a terceros, la administración, etc., podemos intentar explicar lo mucho que hacemos, por ejemplo, en medio ambiente, pero si tienen la certificación ISO 14001, no hará falta, ya que enseguida se puede tener una idea clara del tratamiento que recibe la materia certificada.

Ello requerirá un pequeño esfuerzo al principio, pero está unánimemente admitido que con un sistema de gestión bien implantado conseguiremos:

- Mejorar las relaciones con los clientes y la administración.
- Optimizar los recursos destinados a la materia.
- Reducir posibles sanciones, costes, reclamaciones, etcétera.
- Asegurar la identificación de la legislación que aplica así como su cumplimiento.
- Crear una cultura de anticipación de ir por delante de los acontecimientos.
- Mejorar la calidad en el área que se esté implantando el sistema.
- Consolidar el tema de que se trate de manera que cale y quede como una capa técnica más, en lugar de ir llevando a cabo actuaciones dispersas e inconexas.

- Conocer exactamente nuestra situación, poder planificar y escalonar una mejora, tomar las riendas, tener el tema bajo control y poder apretar según lo que se pueda o convenga.
- Pasar de la gestión de la calidad a la calidad de la gestión.
- Aproximarnos a la calidad total, a lo que en un tiempo se dio en llamar excelencia empresarial. En definitiva, aumentar la eficiencia y competitividad.

Un sistema de gestión, ni empieza ni acaba en la certificación, tampoco será una gran herramienta si sólo se va buscando esta última, pero si se hacen las cosas como es debido, aparecerá pronto el valor añadido, y la certificación caerá por sí sola.

### **C.1. FACTORES QUE ACONSEJAN LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN**

En los últimos años, la inclusión de criterios medioambientales y de calidad en las decisiones empresariales se ha convertido en una exigencia de mercado, que puede condicionar la competitividad empresarial.

La aparición de la nueva ISO 9000, la generalización de la ISO 14001 obliga a las empresas a replantearse su posición respecto a los respectivos sistemas de gestión. Asimismo se puede hablar de influencias externas en la implantación:

- Necesidades de los clientes.



- Legislación.
- Actualización de normas.
- Compromiso de progreso.
- Competitividad global.

Y también se puede hablar de influencias internas como:

- Valores fundamentales.
- Objetivos.
- Metas.
- Gestores internos.

## **C.2. SISTEMA DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL**

Este sistema relativamente nuevo, regulado por la ISO 14001, su adopción por parte de las empresas está siguiendo un crecimiento exponencial, impulsado por el crecimiento de la sensibilidad social al respecto, el desarrollo legislativo y el aumento de los medios de gestión y control por parte de las administraciones con competencias.

Este giro hacia el medio ambiente se considera a nivel gerencial, como estratégico, inevitable e irreversible. A pesar de que aún se podría ir tirando sin hacer planteamientos medioambientales, las siguientes razones aconsejan hacerlo cuanto antes:

- Una cultura medioambiental no se improvisa, y cuanto más pausada y laminadamente pueda irse estableciendo, mayor será la calidad y menor el costo.
- Las actuaciones quedan, y fácil imaginar con que criterios pueden ser juzgadas dentro de poco. Es posible estar dejando pasivos medioambientales. Corregir en un futuro será mas caro que corregir en la actualidad.
- No dar ahora el giro medioambiental significará aumentar cada vez más la resistencia ante el entorno (sociedad y organismos), con lo que ello conllevará de dificultad y pérdida de imagen.
- Por tratarse de un tema relativamente novedoso, llevar una buena gestión en él no se da por descontado, sino que aún vende.
- Dado el nivel de presión por parte de los organismos con competencias, así como la presión social creciente, el tener descontrolada esta área puede ser riesgoso.

La ISO 14001 permitirá a la organización demostrar, garantizar, la capacidad para llevar a cabo las actividades de una manera respetuosa con el medio ambiente, asegurar el cumplimiento legislativo y sistematizar un camino que permita la actualización y mejora continua.

### **C.3. SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD**

La ISO 9000 se aplica siempre que la organización quiera demostrar, garantizar, la capacidad para diseñar y suministrar un producto o servicio conforme, de cara al exterior, así como alcanzar y mantener la calidad de los productos o servicios puertas adentro.

En la actualidad están implantando sistema y certificando sectores muy dispersos (formación, sanidad, etc.) y es precisamente en los sectores atípicos donde se ha notado más cantidad de certificaciones.

### **C.4. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

La prevención de riesgos laborales tiene una vertiente, social, económica, legislativa, y si bien no repercute tan directamente en la imagen, es obvio que no se puede prescindir de ella. Y ya que se tiene, vale la pena tenerla bien implantada, con un conjunto de medidas organizativas que respalden la gestión en este campo.

## **C.5. EVOLUCIÓN HACIA UN SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN: CALIDAD MEDIO AMBIENTE Y PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

Desde un plano teórico, parece que sería aconsejable que la empresa que se plantea la integración de sistemas cumpliera como mínimo algunos de los siguientes requisitos:

- Compromiso cultural.
- Compromiso de la alta dirección.
- Una cierta disciplina organizativa.
- Orientación a resultados.
- Deseo del cambio.

Lógicamente, es muy posible que existan desigualdades de nivel de implantación de los sistemas a integrar, las cuales configurarían un perfil previo que habrá que tener en cuenta a la hora de abordar el estudio de la posible integración.

Para llevar a cabo una integración de sistemas, deberíamos en primer lugar tener presentes las experiencias habidas en la implantación de algunos de los sistemas a integrar, ya que ahora sería la ocasión de corregir viejos errores, insistir en los aciertos, y en cualquier caso, extraer consecuencias.

Sobre la base de la experiencia, si hubiera que resumir un proyecto de futuro en un lema este sería: a la efectividad desde la simplificación. Hay que mejorar la eficacia en la implantación de nuestros sistemas.

Al poner en práctica los sistemas, la excesiva carga de papel, la superación de lo razonable, la falta de realismo y ponderación han podido generar en los receptores-usuarios, el rechazo, la desmotivación, el cumplimiento formal sobre el papel y, en consecuencia, la ineficacia.

Para intentar romper el círculo sistema engorroso – rechazo – escepticismo, es necesario tender a la simplificación (sin perder eficacia), a lo que puede contribuir de manera importante un sistema integrado de gestión, replanteando al mismo tiempo los viejos modelos con las nuevas normas aparecidas.

No debería hablarse de un modelo o de un único camino hacia un modelo integrado. Cada situación previa, cultura empresarial, etc., perfilará un proyecto de integración. Por ello, más que empezar definiéndolo, podríamos ver diferencias y similitudes entre sistemas, ventajas e inconvenientes, etc., para acabar esbozando posibles modelos.

Entre las diferencias de los sistemas integrantes están: Origen, Orientación, Certificación, Objetivo, Marco legal.

Y entre sus similitudes se aplican las siguientes consideraciones básicas:

- Empiezan por la dirección.
- Son proyectos permanentes.
- Se basan en una actuación preventiva.
- Han de aplicarse en todas las fases del ciclo de vida de los productos, procesos y servicios.
- Deben ser medibles.
- Son tarea de todos.
- Se logran mediante la formación, la comunicación, la participación y la motivación.

Incluyen requisitos de la misma naturaleza:

- Política, estructura y responsabilidades, formación, gestión de la documentación.
- Requisitos (clientes / legislación).
- Identificación y evaluación de riesgo.
- Control procesos / operacional.
- Acciones correctoras / preventivas.
- Objetivos, metas (programas de mejora).
- Auditorías.

- Revisión por la dirección.

Estos requisitos de la misma naturaleza, pueden ser integrables.

La gestión integrada de sistemas podría aportar las siguientes ventajas con relación a una gestión no integrada:

- Simplificación de la documentación de los sistemas (manuales, procedimientos, instrucciones, registros, controles, etc.) así como eliminación de información redundante.
- Facilitar los procesos de evaluación y auditorías.
- Unificación de la metodología de comunicación en la empresa.
- Unificación de la metodología de formación en la empresa.
- Unificación del control.
- Establecimiento de programas comunes.
- Reducción del tiempo de realización de las auditorías (del orden de un 40% según estimaciones efectuadas en sistemas ya integrados).
- Reducción de costos de certificación y mantenimiento de los sistemas (35%).
- Incorporación de nuevos sistemas, mayor facilidad.
- Sinergias entre los tres sistemas, de manera que uno de ellos pueda abrir vía, arrastrar a los otros, o entre los tres, potenciarse.

- Simplificación en general, ahorro de tiempo, en definitiva, mejora de gestión y reducción de costes, así como mejora de la aceptación de los sistemas por parte de los usuarios.

- Visión global de la gestión y alineación de los sistemas integrados con la estrategia empresarial:

- Mayor facilidad para el establecimiento, seguimiento y logro de objetivos de gestión.
- Mayor información para la toma de decisiones.
- Aseguramiento de la identificación y cumplimiento de los requisitos legales.
- Programas combinados (auditorías, formación, etc.).
- Mayor implicación del personal, y rotura de la dinámica negativa, de rechazo ya comentado, por exceso de burocracia, etc.
- Posibilitar enormemente la prevención y la mejora continua.
- Posibilitar la optimización de recursos y procesos.
- Consolidación de las mejores prácticas.
- Orientación hacia la calidad total.
- Aportación de mayor valor a los negocios, mediante un aumento de la productividad por parte de las personas más directamente relacionadas con la gestión.



- Globalización de la gestión de la empresa a todos los niveles, y en cierta manera modificación y modernización de la estructura de la empresa.

Dentro de sus inconvenientes se encuentran:

- Ausencia de norma guía para la integración.
- Ausencia de certificación en seguridad.
- Largo período de tiempo de implantación (sobre todo en los aspectos de formación, comunicación, cambio de mentalidad, etc.).
- Posible pérdida de precisión en los sistemas más críticos.

## **C.6. POSIBLES DIFICULTADES EN LA IMPLANTACIÓN**

Evidentemente se contará, con mayor motivo, con dificultades en el proceso de consolidación e integración de tres sistemas, muchas de ellas del mismo tipo pero en mayor grado. Citaremos las más relevantes:

- Dificultad de lograr la sensibilización de los directivos en línea de explotación (no la alta dirección), así como la cadena de mando estratégica. El tema puede sonar a filosofía pero sirve para estorbar.
- Recelo de los departamentos a integrar, o dificultades de sincronización en caso de que no se integren.

- Dificultad de trabajar con un sistema de información cuando no se ha hecho nunca, y más con un sistema de gestión. Se requiere adquirir un hábito y ello lleva un tiempo.
- Dificultad de interiorizar las buenas prácticas integradas. Es una capa más, que tiene que irse formando poco a poco.
- Es más fácil que se asuma todo aquello requerido por el marco legislativo que aquello que no está claramente exigido por la ley. En cualquier caso, no se interioriza la conducta.

En función de la situación de partida se pueden tener distintos procesos de integración pero es posible enunciar una serie de principios generales que deben tenerse presentes, ya que la práctica ha sancionado que determinados enfoques, omisiones, etc. pueden dar al traste con el proceso o viciarlo ya en origen, con lo que nunca alcanzara la plenitud:

- La alta dirección debe estar involucrada, así como el mayor número de unidades de la empresa.
- El sistema integrado debe ajustarse a la estructura y circunstancias de la empresa, no a la inversa.
- La implantación debe ser gradual, progresiva.
- Debe considerarse el sistema como un elemento vivo, totalmente abierto a revisiones y a adaptaciones.

- Hay que involucrar a proveedores y contratistas, que podrían resultar el eslabón débil de la cadena.
- La formación y comunicación deben estar bien estudiadas. Una formación insuficiente, excesiva o inadecuada, o para pocas personas de poco servirá. Hay que tener en cuenta que no sólo deben transmitirse conocimientos, sino cambiar actitudes.
- Hay que empezar conociendo y valorando bien la situación de partida.
- Deben establecerse prioridades.
- Hay que marcar objetivos intermedios, realistas y alcanzables.
- Fijar responsables y fechas de ejecución
- Crear documentos concretos, sencillos, suficientes, y a poder ser en soporte informático y en red.
- Incorporar de manera organizada todas las actividades y requerimientos descritos en las normas de referencia.
- Orientar el proyecto a la prevención, no en la corrección.

No se trata, de salida, de hacerlo todo bien, sino de saber como lo hacer exactamente, hacia donde se quiere ir, tener bien identificadas y definidas las necesidades y requerimientos de nuestros clientes internos y externos, tener identificada la normativa reguladora, las no conformidades, los puntos de mejora continua, objetivos y metas, etcétera.

No se debe intentar arrancar con un gran montaje porque causa pánico a los afectados por la cantidad de trabajo que se suma. Lo ideal será ir de menos a más, haciendo todo lo que hay que hacer, pero sin precipitarnos en el programa de implantación. No se debe subvalorar la carga de trabajo y los objetivos tienen que ser realistas, aspirar a un sistema de gestión básico, que podrá irse perfeccionando poco a poco.

Los aspectos que podrían integrarse en primer lugar son:

- Formación
- Gestión y calibración de instrumentos
- Medios humanos
- Planificación conjunta

Y los aspectos en segunda fase:

- Comité común
- Auditorías y certificaciones
- Manual y documentación
- Un comité único corporativo.
- Un comité único para centro de trabajo.
- Auditores internos polivalentes para los tres sistemas.
- Coordinador único en cada centro de trabajo.

Más adelante, y en función de la marcha de estas integraciones, podría pensarse en la integración completa, con las salvedades aconsejables en cada caso. Tampoco es descartable, una etapa de homogeneización y después una integración directa y completa.

## **C.7. PARTICULARIZACIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

Dentro de la industria el Departamento de Mantenimiento reúne unas características diferenciales que lo hacen especial por toda la problemática y la habitual escasez de recursos, los cambios de programación por combinación de preventivo con correctivo, etc., por eso la carga burocrática que conlleva todo sistema de gestión debe reducirse al máximo, poniéndonos en el camino a la efectividad desde la simplificación.

Se trata de un departamento que va a sacar trabajo y que es poco permeable a novedades organizativas que no vayan directamente encaminadas a ello. Tradicionalmente se ha mantenido un poco al margen de la implantación estricta de sistemas de gestión como podría hacerlo el departamento de producción. Si en el ámbito general de la Empresa se han adoptado medidas y / o sistemas, posiblemente han arraigado menos y sólo determinados aspectos que puedan considerarse muy necesarios.

La realización de la actividad de mantenimiento, de especiales características tal como se ha dicho, con actividades diversas y poco sistematizadas, precisa de la gestión de las diferentes variables, como calidad, seguridad, medio ambiente, etc., mediante la aplicación reiterada de una serie de procesos más o menos universales, agrupados en las diferentes fases secuenciales y cíclicas de desarrollo, planificación, ejecución, control y mejora, etc.

Cada uno de los procesos debería tratar, con una visión global, todas y cada una de las mencionadas variables. La gestión se realizaría, para cada una de estas variables, con un único procedimiento específico director, que interactuase con el resto, haciendo el desarrollo en horizontal, evitando así la desvinculación que se produce entre las diferentes variables cuando cada una de éstas se gestiona en vertical. De aquí a la gestión integrada hay un paso, que puede darse poniéndose a trabajar en el tema, junto con los departamentos respectivos.

Podría pensarse por las especiales características del departamento, en una integración de sistemas sólo para el ámbito concreto de mantenimiento, aunque no se llevase a cabo de manera general en la empresa porque el sistema se tiene que adaptar a la organización y no al revés. Esto impulsaría una gestión moderna y de alto nivel, y que entraría en perfecta sintonía con su idiosincrasia personal y requerimientos organizativos.