

## **INTRODUCCION**

En la actualidad las industrias modernas buscan lograr la mayor disponibilidad operativa de sus equipos y una permanente mejora de las performances de las herramientas de producción dentro de una gestión de calidad total.

La Gestión Total Productive Management / Maintenance (TPM ), es una tecnología de gestión desarrollada en Japón que a través de actividades de grupo, el desarrollo de habilidades y conocimientos, y la participación de todos, maximiza la eficiencia del sistema productivo. Su objetivo fundamental consiste en optimizar al máximo la disponibilidad de los equipamientos de producción con la participación e involucramiento de todos los integrantes de producción. La TPM se basa en considerar que no existe nadie mejor que el operario para conocer el funcionamiento del equipo que le fuera confiado.

La Gestión Productiva Total TPM crea y desarrolla los sistemas que previenen la posibilidad de todo tipo de pérdidas. Esto incluye sistemas para lograr “ cero accidentes, cero defectos y cero fallas “ en el ciclo completo de las operaciones industriales y abarca a todos los sectores de la organización.

TPM ofrece una extraordinaria contribución para el aumento de la productividad y flexibilidad del proceso productivo y la reducción de costos. Esta tecnología está ampliamente difundida en Japón por el Japan Institute of Plant Maintenance y recientemente en EEUU, Europa y América Latina, especialmente en Brasil.

Implementar TPM en una planta industrial trae excelentes beneficios en aumento de productividad, reducción de costos de fabricación, aumento del rendimiento operativo, reducción de inventarios, reducción de paradas no planeadas, reducción de defectos, creación de grupos autónomos de trabajo, y el establecimiento de un proceso de mejora continua indispensable en la actualidad para asegurar competitividad permanentemente.

### **LA GESTION TPM TOTAL PRODUCTIVE MANAGEMENT / MAINTENANCE**

#### **CONCEPTOS BASICOS**

El Mantenimiento Productivo Total (TPM), consiste en realizar el mantenimiento de los equipos de producción de una manera global, con la participación del personal de producción, y dentro de una gestión de calidad total. Es mantener la producción conservando los equipos e instalaciones productivas en perfecto estado “siempre”, o dicho de otro modo conservar su integridad. En el TPM , se considera que no existe nadie mejor que el operario para conocer el funcionamiento del equipo que le fuera confiado. El técnico de mantenimiento puede conocer muy bien las especificaciones del equipo, haber estudiado sus partes constitutivas, pero el operario trabaja y convive diariamente con la maquinaria, y llega a conocerla muy profundamente.

La TPM involucra a todos los departamentos de la empresa y tiene como objetivo mejorar la disponibilidad real de los equipos reduciendo el conjunto de fuentes de pérdidas

de productividad (fallas, cambio de herramientas, desvíos de rendimiento, paradas imprevistas, etc.)

Para su realización tenemos que adaptar nuestras tareas de mantenimiento, dado que un operario no puede realizar, por ej., una intervención en los circuitos electrónicos, ni de automatismos, pero sin embargo, todo lo que constituye el mantenimiento de primer nivel, muchas veces los operarios lo realizan mucho mejor que el propio técnico, dado que conocen sus máquinas y los síntomas. Esta es la filosofía de la TPM.

Cuando se implementa este tipo de mantenimiento en una empresa, es un complemento a la gestión de calidad, dado que todo el personal se involucra en esta filosofía de mantenimiento participando activamente para mejorar el rendimiento del sistema de una manera global.

Japón fue el primero que desarrolló el concepto de mantenimiento. También existen tratados de mantenimiento del año 1700, sobre los distintos mecanismos de las fortalezas que se construían como medio de defensa. Posteriormente en USA comenzaron a desarrollarse las primeras teorías a partir del año 1950.

Realizando una cronología sintética vemos que :

A partir de 1950 : se aplica el **mantenimiento correctivo**, pero ya con ideas de gestión.

de 1950 a 1960 : comienza a desarrollarse el **mantenimiento preventivo**, junto con el correctivo.

de 1960 a 1970 : comienza a emplearse el **mantenimiento productivo**, donde ya en la ingeniería y concepción de los equipos se incluyen los conceptos de mantenibilidad, fiabilidad y rentabilidad. Esto significa tener en cuenta durante el diseño y fabricación de los equipos las necesidades de mantenimiento.

Por ejemplo, que no tengamos que desmontar toda la máquina para realizar el mantenimiento, o reemplazar una pieza desgastada.

Este mantenimiento incluye el preventivo y correctivo.

de 1970 a 1980 : aparece el concepto del **mantenimiento productivo total (TPM)**. Esto implica que al mantenimiento productivo ( preventivo y correctivo)

se le incorpora la participación de todo el personal relacionado con el equipo dentro de una gestión de calidad total.

a partir de 1980 : Comienzan a aplicarse los conceptos del **mantenimiento condicional** ( ó según condición ). Este aparece junto con el desarrollo de los sensores, captos y dispositivos que permiten detectar permanentemente el estado ó condición de las distintas partes sujetas a mantenimiento de un equipo.

Para demostrar la importancia del mantenimiento en la vida de una empresa, merece destacarse la creación a partir de 1964 en Japón, del **Premio Anual al Plan de**

**Mantenimiento** , que se otorga a una empresa del medio siendo signo de orgullo y eficiencia en su gestión, porque premia el trabajo desarrollado por todo el personal durante el año de labor en la búsqueda de la calidad total.

En 1984 la empresa Nachi Fujikoshi Corporation, uno de las mas importantes fabricantes de maquinas y equipos de precisión incluidos robots industriales, obtuvo el premio, y la exitosa e innovadora experiencia fue seleccionada por el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) para la edición del libro “Training for TPM : Success story at Nachi Fujikoshi”, extendiendo luego está técnica a europa y USA.

En resumen, podemos expresar que la TPM consiste en :

- ✓ Constituir una organización empresarial que busque la *máxima eficiencia y rentabilidad del sistema productivo*.
- ✓ Promover el desarrollo de mecanismos para *prevenir los distintos tipos de pérdidas en el lugar de trabajo*, logrando “cero averías, cero defectos, cero accidentes” durante toda la vida útil del sistema productivo.
- ✓ *Involucrar* a todas las áreas de la empresa, comenzando por Producción y Mantenimiento, y extendiéndolo a todos los sectores de la empresa. Para ello se requieren algunos “ *cambios ingeniosos* “ en la organización.
- ✓ Contar con la *participación entusiasta* de todo el personal, desde el mas alto nivel hasta los operarios de la planta industrial.
- ✓ *Promover el logro de la “ cero pérdida “* mediante actividades de mejora continua (Kaizen) por parte de pequeños grupos a través de actividades autónomas.

## CARACTERISTICAS DE LA TPM

La TPM tiene las siguientes características :

- Busca permanentemente obtener el rendimiento máximo de los equipos e instalaciones de producción.
- Es un sistema global de mantenimiento productivo que busca aumentar la esperanza de vida total de las instalaciones y equipamientos.
- Implica la participación activa de la máxima Dirección de la empresa.
- Participan todas las áreas de la empresa, en particular las de ingeniería, producción y mantenimiento.
- Promueve el mejoramiento continuo para la mayor rentabilidad de los equipos e instalaciones.
- Utiliza grupos de mejora continua.

- Evita fallas y averías, y la producción de mala calidad (productos no conformes).
- El personal trabaja con mayor seguridad y comodidad.

Para poder implementar correctamente el TPM resulta indispensable que las actividades sean desarrolladas en toda la empresa, desde el mas alto nivel directivo hasta el último operario de la línea de producción.

Los roles a asumir por cada nivel son :

**Máximo nivel directivo :**

- ✓ Establecer objetivos y directrices del TPM
- ✓ Elaborar un plan maestro para el desarrollo de las actividades
- ✓ Elaborar un diagnóstico
- ✓ Realizar el seguimiento y control de las acciones.

**Areas y/o departamentos :**

- ✓ Establecer directrices y objetivos por área
- ✓ Verificar resultados.
- ✓ Cumplir objetivos para optimizar la rentabilidad.
- ✓ Solucionar problemas a nivel de área.

**Líderes de grupos :**

- ✓ Desarrollar temas y objetivos.
- ✓ Cumplimentar plan de acción.

La filosofía del TPM implica fundamentalmente :

**a).- Cambiar nuestra visión y forma de pensar en los equipos e instalaciones de producción**, pensando que existen muchas pérdidas de eficiencia productiva en el puesto de trabajo, que nosotros podemos evitar por estar a nuestro alcance, tales como : averías, fallas, cambio de serie de fabricación, paradas menores, defectos de producción, funcionamiento a menor velocidad, etc.

El origen etimológico de la palabra “ avería “ en japonés implica “ crear obstáculos intencionalmente - deterioro progresivo - falta de visión - deficiencias “.

**b) Establecer una filosofía de la prevención en forma permanente** con el objetivo de poder alcanzar el “ cero averías “ - “ cero accidentes “— “ cero contaminación “.

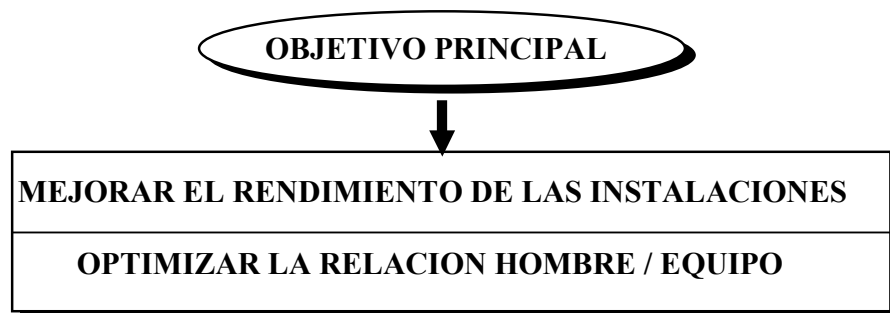
El concepto de “ prevención “ implica :

- ✓ Conservar el estado específico del equipo y/o instalación productiva.
- ✓ Detección anticipada de problemas y/o irregularidades.
- ✓ Tomar las medidas apropiadas para evitar el deterioro.

- ✓ Aumentar el nivel de calidad de los métodos operativos e inspecciones.
- ✓ Controlar las causas en lugar de los resultados. No puede ser una gestión de atención de las consecuencias de las fallas y/o averías.

El TPM se desarrolla dentro del puesto de trabajo y en cada sector a través de actividades realizadas por los operadores y pequeños grupos de trabajo constituidos con el objeto de optimizar las funciones al máximo. Solo así pueden obtenerse “ cero pérdidas “.

Los líderes de cada grupo de trabajo serán los responsables de transmitir los objetivos y las políticas de los niveles directivos hasta los operadores de línea. Por otra parte, transmiten las opiniones e ideas del personal de línea productiva hacia los máximos niveles asegurando y mejorando así la comunicación vertical dentro de la empresa.



Podríamos realizar la siguiente grafica :

<b>REPORTE DE ENTRADAS Y SALIDAS DE PRODUCCIÓN</b>				
<b>ENTRADA</b>	<b>HOMBRE</b>	<b>MÁQUINA</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>MÉTODOS</b>
<b>SALIDA</b>				
Producción Calidad Costos Fechas de entrega Seguridad Motivación				Control de la Producción Control de la Calidad Control de Costos Control de Entregas  Seguridad-Salud-Medio ambiente Relaciones humanas
<b>MÉTODOS</b>	<b>GESTIÓN DEL PERSONAL</b>	<b>CONCEPCIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	<b>GESTIÓN DE MATERIALES</b>	<b>SALIDA / ENTRADA = PRODUCTIVIDAD</b>

## **PILARES BASICOS PARA EL DESARROLLO DE LA TPM**

A continuación detallaremos cuales son los pilares básicos para el desarrollo de la TPM en una empresa que posibilite la mejoría del proceso productivo y la optimización al máximo de la relación hombre/equipo.

### **I.- APLICACIÓN DEL KOBETSU KAIZEN ( mejora enfocada ) para posibilitar optimizar la producción eliminando las pérdidas productivas.**

**Objetivo :** lograr el “ cero defecto “ en todo tipo de pérdidas como fallas y defectos, y la optimización de la producción al máximo posible.

**Personal involucrado :** staff de ingenieros, jefes de producción y mantenimiento.

**Acciones a desarrollar :**

- ✓ Detección de las 16 grandes pérdidas que afectan la producción.
- ✓ Cálculo unitario y establecimiento de metas para optimizar la productividad.
- ✓ Análisis de casos y revisión de elementos relacionados.
- ✓ Búsqueda permanente del estado ideal de los equipos y la producción.

### **II.- ESTABLECIMIENTO DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO**

**Objetivo :** Formación de operadores para que conozcan bien los equipos y promover la filosofía de que cada operador es responsable por su equipo y su cuidado.

**Personal involucrado :** operadores y jefes de línea de producción.

**Acciones a desarrollar :**

- ✓ Implementación de un plan básico para eliminar pérdidas a través de 7 etapas :
  - a).- Limpieza inicial.
  - b).- Eliminación de las fuentes de suciedad y contaminación.
  - c).- Elaboración de normas de Mantenimiento Autónomo.
  - d).- Aplicar técnicas de inspección general.
  - e).- Aplicar técnicas de autoinspección.
  - f).- Estandarizar procedimientos.
  - g).- Control de los objetivos establecidos.

### **III.- CONSOLIDACION DEL MANTENIMIENTO PROGRAMADO**

**Objetivo :** Confirmar y optimizar el plan de mantenimiento programado para evitar paradas innecesarias..

**Personal involucrado :** jefes y personal de mantenimiento.

**Acciones a desarrollar :**

- ✓ Establecer contramedidas diarias.
- ✓ Confirmar planes y acciones de mantenimiento programado.
- ✓ Mejorar la vida útil de los equipos e instalaciones.
- ✓ Control de repuestos y stocks.
- ✓ Perfeccionar el análisis, la capacidad de diagnóstico y prevención de averías.
- ✓ Confirmar planes de lubricación.

#### **IV.- FORMACION DEL PERSONAL DE PRODUCCION Y MANTENIMIENTO**

**Objetivo :** Mejorar el nivel de competencias y habilidades del personal de producción y mantenimiento.

**Personal involucrado :** operadores de producción y mantenimiento.

**Acciones a desarrollar :**

- ✓ Cursos de mantenimiento de equipos en general.
- ✓ Cursos sobre planificación y control de equipos.
- ✓ Formación para realizar ajustes de equipos en general.
- ✓ Mantenimiento predictivo o basado en monitoreo.
- ✓ Como impedir fugas y pérdidas.
- ✓ Mantenimiento de sistemas hidráulicos, neumáticos y lubricación.
- ✓ Mantenimiento de sistemas de control y automatización industrial.
- ✓ Mantenimiento autónomo

#### **V.- CONSOLIDAR EL SISTEMA INICIAL DE CONTROL DE EQUIPOS Y PRODUCTOS.**

**Objetivo :** Disminuir el tiempo de fabricación de productos, mejorar el diseño y los procesos de fabricación, y optimizar la gestión de producción en general.

**Personal involucrado :** personal de ingeniería de producción, mantenimiento y de investigación y desarrollo de productos.

**Acciones a desarrollar :**

- ✓ Establecer metas para el desarrollo y diseño de productos.
- ✓ Facilitar el proceso productivo.
- ✓ Facilitar el aseguramiento de la calidad
- ✓ Facilitar las acciones de mantenimiento
- ✓ Mejorar la confiabilidad de los equipos.
- ✓ Detección de problemas en la etapa inicial del proceso productivo.

#### **VI.- CONSOLIDAR EL SISTEMA INTEGRAL DE MANTENIMIENTO**

**Objetivo :** Buscar el “ cero defecto “ mediante el mantenimiento sostenido de las condiciones alcanzadas en los equipos e instalaciones de

producción, realizando un mantenimiento de calidad dentro de un proceso de mejora continua.

**Personal involucrado** : personal de aseguramiento de la calidad, ingeniería de producción, jefes de línea de producción y jefes de mantenimiento.

**Acciones a desarrollar :**

- ✓ Confirmar estándares de calidad.
- ✓ Comprensión de fallas y averías.
- ✓ Investigar las condiciones de los procesos productivos, equipos, métodos de producción y materia prima.
- ✓ Investigar, analizar y mejorar condiciones de los equipos.
- ✓ Establecimiento de estándares.
- ✓ Control de tendencias.

**VII.- ESTABLECER UN SISTEMA DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO Y DE CONTROL AMBIENTAL**

**Objetivo** : Lograr alcanzar y mantener el “ cero accidentes “ - “ cero contaminación “, con la creación de ambientes de trabajo sanos, limpios y motivantes.

**Personal involucrado** : especialistas en seguridad, higiene y medio ambiente.

**Acciones a desarrollar :**

- ✓ Establecer medidas de seguridad del equipo / instalación.
- ✓ Lograr condiciones laborales mas seguras.
- ✓ Mejorar el medio ambiente laboral (ruidos, vibraciones, suciedad, etc.)
- ✓ Evitar la contaminación ambiental.
- ✓ Cuidar la salud de los trabajadores.
- ✓ Promover acciones de limpieza e higiene.

**GRANDES PERDIDAS QUE AFECTAN LA PRODUCCION**

La TPM debe afrontar pérdidas que obstaculizan la optimización total de los equipos instalados.

Se considera como una falla toda situación que ocasiona o multiplica la posibilidad de detenciones del equipo. La definición de falla es mucho mas amplia que la parada de un equipo e incluye su funcionamiento defectuoso y/o fallando. Podemos tener :

- ✓ Fallas con parada de función
  - ✓ Falla con degradación de función
- 
- Parada de la instalación
  - Funcionamiento con menor

—————> capacidad de producción

La función mantenimiento tiene que descubrir las deficiencias latentes y corregirlas.

A partir del sistema de fabricación utilizado por la empresa TOYOTA, y sobre la base de las pérdidas de eficiencia, los japoneses definieron 16 grandes pérdidas que afectan la producción. Esta clasificación se la conoce como el sistema TOYOTA.

Estas pérdidas, a su vez pueden clasificarse del siguiente modo :

### **7 grandes pérdidas de eficiencia en los equipos**

- ✓ Pérdidas por averías o fallas.
- ✓ Pérdidas por preparativos y ajustes previos a la puesta en producción ( ajustes, calibraciones, configuración, etc.)
- ✓ Pérdidas por cambio de herramientas
- ✓ Pérdidas por arranque o caída de rendimiento ( espera de personal, materia prima, revisiones, controles, espera confirmación calidad, etc.)
- ✓ Pérdidas por paros menores, tiempos muertos y operación del equipo en vacío.
- ✓ Pérdidas por reducción de velocidad de producción.
- ✓ Pérdidas por fallas y defectos en el proceso productivo y repetición de trabajos.

### **5 grandes pérdidas que impiden la eficiencia del trabajador**

- ✓ Pérdidas por controles innecesarios ( espera de indicaciones, control administrativo, etc.)
- ✓ Pérdidas por movimientos ( pérdida secuencial y métodos de trabajo, habilidad del operador, etc.)
- ✓ Pérdidas por problemas de organización.
- ✓ Pérdidas por problemas en el flujo de materiales.
- ✓ Pérdidas por mediciones y ajustes.

### **4 grandes pérdidas que impiden que el equipo sea eficiente**

- ✓ Pérdidas de energía eléctrica ( arranque inicial, sobrecarga, fugas de calor, factor de potencia, etc.).
- ✓ Pérdidas por problemas en moldes y herramientas.
- ✓ Pérdidas por problemas de rendimiento
- ✓ Pérdidas por detenciones en el plan original de producción

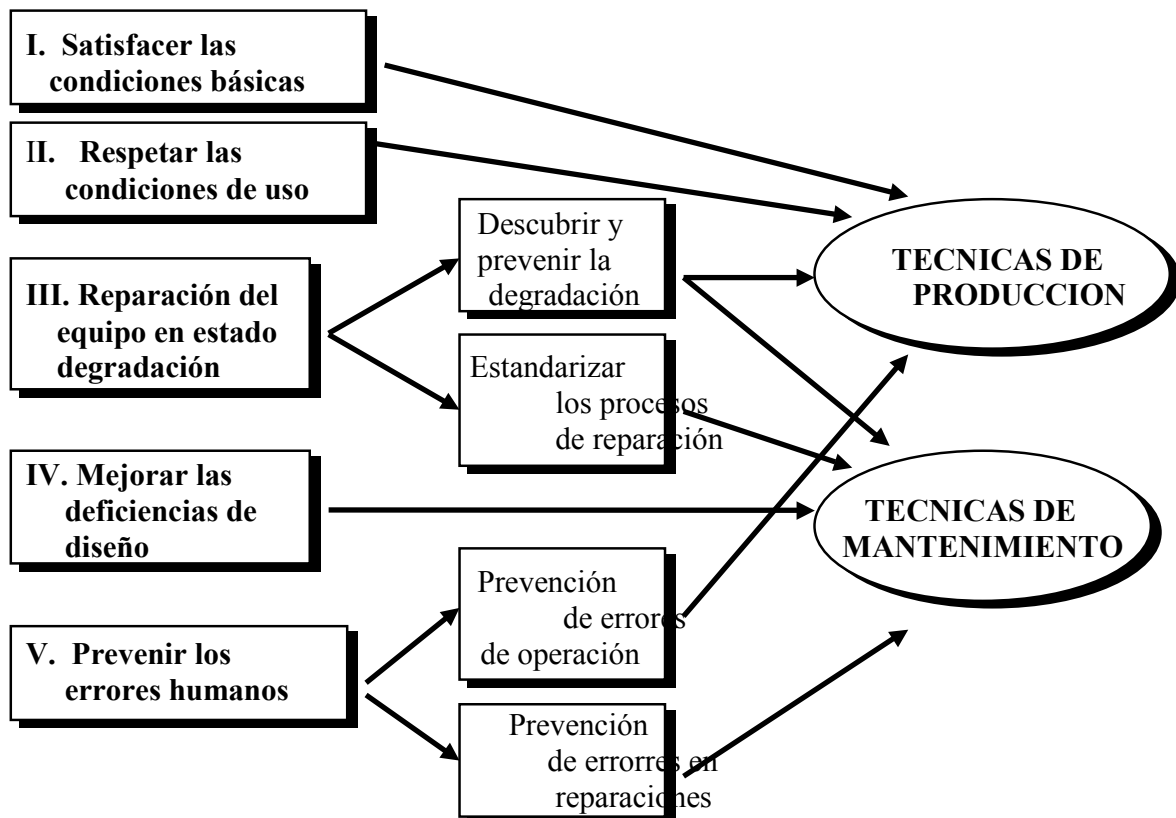
Esta clasificación surgió a partir de que los proveedores de autopartes de Toyota se dieron cuenta que la única forma de responder al proceso de fabricación “ justo a tiempo “ implementado en la empresa, era disminuir y/o erradicar las pérdidas por fallas y/o averías a través del TPM. Este movimiento comenzó en 1970.

## MEDIDAS BASICAS PARA ELIMINAR FALLAS

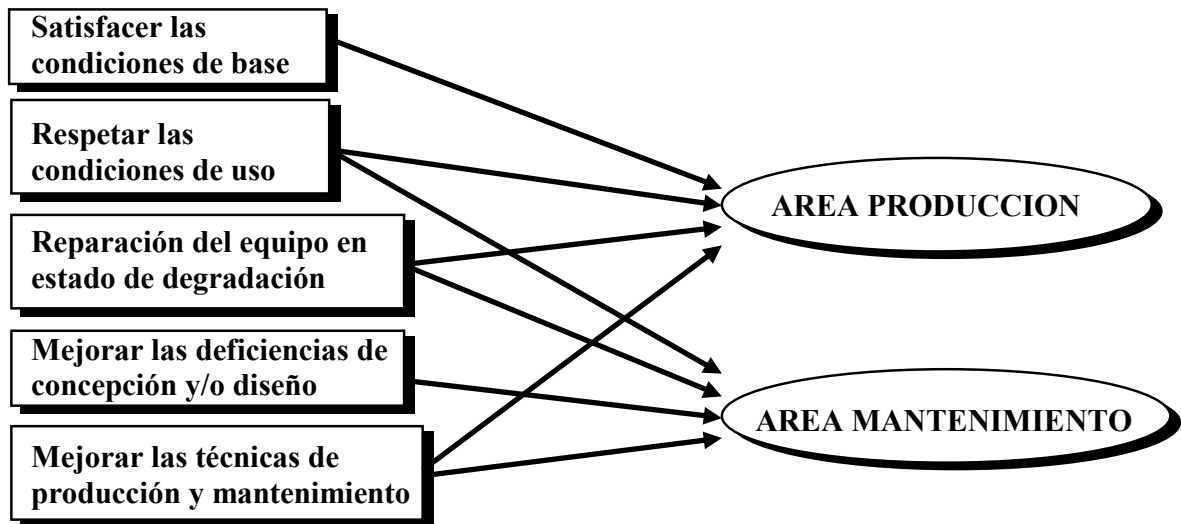
Podríamos expresar que las 5 medidas básicas para eliminar las fallas son :

- 1.-Satisfacer las condiciones básicas del equipo (limpieza, engrase, ajustar partes sueltas)
- 2.- Respetar las condiciones de utilización especificadas en el manual de operación.
- 3.- Remediar todas las causas de degradación del equipo tomando medidas a tiempo para evitarlo.
- 4.- Remediar o mejorar las deficiencias de concepción y/o diseño.
- 5.- Mejorar las funciones operativas/de mantenimiento, buscando prevenir errores humanos.

Esto podríamos representarlo gráficamente del siguiente modo :



También podríamos definir gráficamente los roles de las áreas producción y mantenimiento



**ETAPAS DE UN PROGRAMA PARA IMPLEMENTAR TPM**

FASES	ETAPAS	PUNTOS CLAVES
<b>PREPARACION (INTRODUCCION)</b>  ( Aprox. 6 meses)	1. Declaración de la decisión de aplicar la TPM por parte del máximo nivel directivo de la empresa	Reunión informativa general sobre la intención de aplicar la TPM con publicación en boletines existentes
	2. Formación básica del personal en TPM y campaña de promoción y divulgación.	<b>Mandos superiores:</b> realizar cursillos informativos para estar convencidos de los beneficios de la TPM para la empresa. <b>Personal :</b> realizar cursos formativos con proyección de diapositivas.
	3. Organización de una estructura para implantación de TPM	Formación de comisiones y grupos de trabajo para el seguimiento de las acciones a desarrollar
	4. Definición de principios y objetivos perseguidos ( política básica TPM )	Nivel factible (realista) de alcanzar y pronóstico de resultados
	5. Elaboración de un proyecto de TPM a aplicar en la empresa por parte de los directivos ( <b>PLAN</b>	Elaborar un informe justificando la aplicación de la TPM y presentarlo ante un jurado de especialistas

	<b>MAESTRO )</b>	
<b>INICIO</b>	6. Inicio del programa TPM (darla a conocer a todos los intervinientes en el proceso de producción)	Informar a todos los clientes y subcontratistas sobre la implementación de la TPM en la empresa, invitándolos a trabajar con estas nuevas pautas de calidad
<b>PUESTA EN PRACTICA ( EJECUCIÓN )</b>  ( Aprox. 3 a 4 años)	7. Formar un sistema productivo eficiente ( trabajar con los 7 pilares para el desarrollo del TPM )	Promover mejoras en los equipos e instalaciones del proceso productivo
	7.1. Aplicación del Kobatsu Kaizen ( mejoras enfocadas )	Formar equipos de proyectos y grupos de mejoras por funciones
	7.2. Organizar y aplicar el Mantenimiento Autónomo ( automantenimiento )	Establecer métodos de trabajo y diagnóstico para el personal de producción
	7.3. Optimizar el Mantenimiento Programado	Eficientar operaciones e incluir mantenimiento de mejora y predictivo.
	7.4. Formación técnica del personal de producción y mantenimiento	Elevar las competencias y habilidades del personal
	8. Establecer un sistema de control para productos y equipos nuevos	Buscar productos fáciles de producir y equipos fáciles de utilizar
	9. Establecer un sistema integral de mantenimiento de calidad total	Establecer condiciones para no producir defectos
	10. Optimizar el sistema administrativo e indirecto de producción.	Eficientar los departamentos de apoyo a la producción.
	11. Establecer un sistema de seguridad e higiene industrial	Buscar “cero accidentes” y “cero contaminación”.
<b>CONFIRMACIÓN DEL PROGRAMA</b>	12. Aplicación completa de la TPM y mejora del nivel de calidad de la empresa	Presentación de logros obtenidos a un jurado de especialistas. Definición de objetivos mas elevados.

A continuación detallaremos algunas recomendaciones sobre las principales etapas de un programa para implementación de TPM :

<b>ETAPA 1 : DECLARACION DE LA DECISION DE APLICAR TPM POR PARTE DEL MAXIMO NIVEL DIRECTIVO DE LA EMPRESA.</b>
--

**Objetivo :** Preparar psicológicamente a todos los trabajadores para cooperar en el cumplimiento de las expectativas y metas del programa TPM.

**Sugerencias :**

- ✓ Las máximas autoridades de la empresa deben declarar oficialmente la decisión de aplicar TPM en la organización.
- ✓ Organizar seminarios, eventos y reuniones informativas sobre TPM para todos los niveles de la empresa.
- ✓ Publicación de la declaración oficial en boletines internos de la empresa y en folletos.
- ✓ Es importante que el TPM sea visualizado como un todo en la empresa.
- ✓ Cuando la empresa es grande conviene implementar TPM en sectores y/o áreas piloto y luego ampliarla a toda la planta.
- ✓ Una vez decidida la aplicación de un programa TPM, los directivos deberán exponer al presidente o director general los beneficios y las metas que se pretenden alcanzar.
- ✓ El presidente o director general debe presentar la decisión de aplicar TPM en un acto especialmente organizado. Esto no debe delegarlo a ningún subordinado.

<b>ETAPA 2 : FORMACION BASICA DEL PERSONAL EN TPM Y CAMPAÑA DE PROMOCION / DIVULGACION</b>
--

**Objetivo :** Introducir a todos los niveles jerárquicos en la TPM para lograr una mayor comprensión de los detalles del programa y un lenguaje común para aumentar la eficiencia de la empresa a partir del perfeccionamiento de las personas y los equipos.

**Sugerencias :**

- ✓ Debe implementarse un programa de formación siguiendo la escala jerárquica :
  - a).- *Directivos* : deberán participar en seminarios y charlas diseñadas especialmente para ellos, para convencerse de los beneficios.
  - b).- *Mandos medios* : cursos enfocados de acuerdo a su nivel de responsabilidad.
  - c).- *Personal técnico y líderes de grupos* : participan en cursos de formación de líderes de planta.
  - d).- *Trabajadores en general* : entrenamiento por medios audiovisuales y también por instrucción en el lugar de trabajo ( on the job training )
- ✓ La Dirección debe garantizar los recursos necesarios para los cursos de introducción en TPM.
- ✓ El personal directivo será el primero en completar su formación debiendo verificarse el progreso de estos cursos.

<b>ETAPA 3 : ORGANIZACIÓN DE UNA ESTRUCTURA PARA IMPLANTACION DE TPM</b>
--

**Objetivo :** Crear una estructura que vincule la estructura horizontal formada por las comisiones y grupos de mejoras con la estructura formal, jerárquica y vertical, dando amplia participación a todos los grupos multifuncionales.

**Sugerencias :**

- ✓ Debe formarse una comisión de TPM que incluya a todos los niveles y departamentos con el objetivo de promover la implementación del programa en forma global.
- ✓ Conviene crear una oficina administrativa de promoción de TPM y nombrar un responsable del programa.
- ✓ De acuerdo a la necesidad pueden establecerse grupos de estudio o de proyectos para obtener mejoras en las áreas de divulgación, formación y mantenimiento.
- ✓ Debe considerarse que el tiempo de implantación del TPM demanda 3 a 4 años, por lo que resulta indispensable crear una estructura fija de organización y promoción.
- ✓ Los responsables de cada área deberán ser miembros de la comisión de implantación de TPM.
- ✓ El éxito o fracaso del programa dependerá en gran medida de la persona elegida para presidir la comisión de implantación.
- ✓ Una de las atribuciones mas importantes de los directivos es seleccionar los responsables para la implantación del TPM.
- ✓ Los directivos deben asistir a las reuniones de la comisión y liderarlas.

<p><b>ETAPA 4 : DEFINICION DE PRINCIPIOS Y OBJETIVOS PERSEGUIDOS ( POLITICA BASICA TPM )</b></p>
--

**Objetivo :** El TPM debe ser parte integrante de las metas de la empresa en sus planes de mediano y/o largo plazo, y su promoción debe ser llevada a cabo de acuerdo con las metas generales de la empresa

**Sugerencias :**

- ✓ Deben definirse claramente las actitudes que se desean alcanzar para cada nivel de la empresa, una vez transcurridos 3/5 años después de introducir TPM.
- ✓ Deben planificarse tiempos realistas para alcanzar las distintas metas propuestas , y también metas parciales, tales como relativas a la reducción de averías en equipos, aumento de rendimiento, etc..
- ✓ Realizar una comparación entre la situación actual y las metas establecidas, haciendo una previsión de resultados, y asignando recursos adecuados.
- ✓ Deben proponerse metas ambiciosas como la reducción en el índice de defectos de 10 a 1, o un incremento en la productividad del 50%.
- ✓ Conviene crear lemas que eleven la moral de los trabajadores y que sean fáciles de comprender, incluso por personas ajenas a la empresa.
- ✓ Debe verificarse que las directivas y metas del programa TPM sean comprendidas y desarrolladas hasta el último nivel jerárquico.

## ETAPA 5 : ELABORACION DE UN PROYECTO DE TPM o PLAN MAESTRO PARA SU IMPLANTACION

**Objetivo :** Elaboración de un plan de acción o plan maestro que incluya desde los preparativos para introducir TPM hasta la etapa de evaluación.

**Sugerencias :**

- ✓ Elaborar un plan inicial sobre la base de los pilares básicos del TPM, indicando claramente lo que debe realizarse y cuando. El plan establecido a nivel empresa se denomina *Plan Maestro*.
  
- ✓ Cada área o departamento de la empresa deberá elaborar su propio plan tomando como base este plan maestro.
- ✓ Anualmente se comparará el programa previsto con el avance real introduciendo las correcciones que resulten necesarias.
- ✓ Se estima que la etapa de preparación para introducción del TPM es de 3/6 meses, y para su efectiva implantación de 3 a 4 años.
- ✓ Como el TPM busca el perfeccionamiento de las personas y los equipos, debe darse el tiempo necesario para su implantación.
- ✓ Debe elaborarse un manual para el desarrollo de cada uno de los pilares básicos del TPM que posibilite la comprensión y desarrollo del programa.
- ✓ Conviene verificar el progreso y evaluar el programa mensualmente a través de una reunión de la comisión responsable.
- ✓ La Dirección debe verificar la existencia y cumplimiento del Plan Maestro en cada área, sección y/o grupo de mejoras.

## ETAPA 6 : INICIO DEL PROGRAMA TPM

**Objetivo :** Luego de la fase preparatoria, debe implementarse el programa haciendo frente al desafío de eliminar las grandes pérdidas en los equipos, buscando que cada trabajador alcance las metas establecidas.

**Sugerencias :**

- ✓ Debe lanzarse el desafío de eliminar las grandes pérdidas con fuerza y disposición, consiguiendo el apoyo de todos los trabajadores.
- ✓ Explicar bien todas las directrices básicas del programa, sus metas y el Plan Maestro.
- ✓ Se invita a todos los clientes, proveedores y contratistas a trabajar con altas pautas de calidad.
- ✓ Previo al inicio del programa debe concluirse la formación básica de todos los empleados de la empresa.
- ✓ El máximo nivel directivo de la empresa debe participar personalmente en la reunión inicial.
- ✓ Los directivos deben visitar la planta industrial y preguntar a los trabajadores si el TPM está siendo comprendido por todos.

## ETAPA 7 : FORMAR UN SISTEMA PRODUCTIVO EFICIENTE

En esta etapa se incluyen 4 pasos fundamentales :

### 7.1.- APLICACIÓN DEL KOBATSU KAISEN ( *mejoras enfocadas* ) en los equipos para obtener el mayor rendimiento operativo.

**Objetivo :** Constituir grupos de mejoras con personal de producción y mantenimiento para aplicar TPM en un sector y/o línea piloto. Proponer mejoras enfocadas para elevar el rendimiento de los equipos y comprobar los beneficios del TPM.

#### **Sugerencias :**

- ✓ Elegir como equipo piloto aquel que sea el más crítico / estratégico o cuello de botella de la producción, o aquel donde existan pérdidas crónicas en los últimos 3 meses. Proponer mejoras enfocadas y verificar los resultados luego de implementadas.
  
- ✓ Analizar inicialmente las 7 grandes pérdidas que afectan la eficiencia total de los equipos ( averías, preparación, cambio de herramientas, arranque, paros menores y operación en vacío, reducción de velocidad y defectos / repetición de trabajos ).
- ✓ Para realizar las mejoras enfocadas deben usarse todos los métodos conocidos.
- ✓ Cada sección debe seleccionar un único equipo piloto, pues no resulta conveniente actuar sobre muchos equipos al mismo tiempo.
- ✓ Los directivos deberán orientar los grupos en los temas en estudio.
- ✓ Los resultados de mejoras enfocadas deben divulgarse en las reuniones de Comisión de TPM.
- ✓ Resulta indispensable formarse en la aplicación de los métodos de mejoras.

### 7.2.- APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO

**Objetivo :** Implementar la realización de actividades de mantenimiento autónomo ( automantenimiento ) por parte del personal de producción logrando que cada operario se encargue de cuidar efectivamente el equipo que tiene confiado.

#### **Sugerencias :**

- ✓ Debemos lograr que cada trabajador adopte la actitud de ejecutar el mantenimiento autónomo del equipo.
- ✓ Debe proporcionarse una formación adecuada para ejecutar este mantenimiento y los supervisores deben evaluar los resultados.
- ✓ Se establecerán 7 etapas a cumplir :

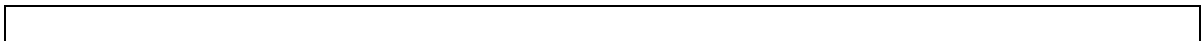
- a).- **Limpieza inicial** : consiste en realizar la limpieza completa de los equipos identificando los puntos donde existan defectos y reparando los mismos. Aprender a “ *realizar la limpieza efectuando inspección* “.
  - b).- **Eliminar fuentes de contaminación** : consiste en erradicar las fuentes de suciedad / contaminación y los lugares de difícil acceso para poder reducir los tiempos de limpieza y lubricación.
  - c).- **Elaborar normas de limpieza, lubricación y ajustes** : deben ser elaboradas por el mismo operador de producción.
  - d).- **Inspección general** : consiste en una inspección general realizando el ajuste de tornillos y partes sueltas, y buscando detectar pequeños defectos en los equipos para su inmediata reparación.
  - e).- **Autoinspección** : con la finalidad de mantener las condiciones de “ *performance* “ originales del equipo.
  - f).- **Estandarizar procedimientos (orden)** : consiste en estandarizar las acciones necesarias para el control y mantenimiento de los equipos.
  - g).- **Autocontrol - Perfeccionamiento en el comportamiento participativo** : buscando afianzar las habilidades y competencias adquiridas en las etapas previas, para desarrollar el mantenimiento preventivo.
- ✓ Las primeras cuatro etapas ( a/b/c/d ) se refieren al perfeccionamiento de las personas y los equipos. Al realizarlas con paciencia y perseverancia permiten alcanzar los resultados esperados.
  - ✓ Debe evitarse pintar los equipos sin que antes se elimine el óxido, residuos, grasas, aceites, etc.
  - ✓ Los directivos deben cerciorarse que estas medidas sean efectivamente cumplidas. Deben identificar las buenas ideas y elogiar cada mejora implantada.
  - ✓ Periódicamente debe evaluarse el plan de mantenimiento autónomo.

### 7.3.- OPTIMIZAR EL MANTENIMIENTO PROGRAMADO

**Objetivo** : Confirmar y optimizar al máximo las actividades de mantenimiento programado preventivo realizadas a los equipos e instalaciones de producción.

**Sugerencias :**

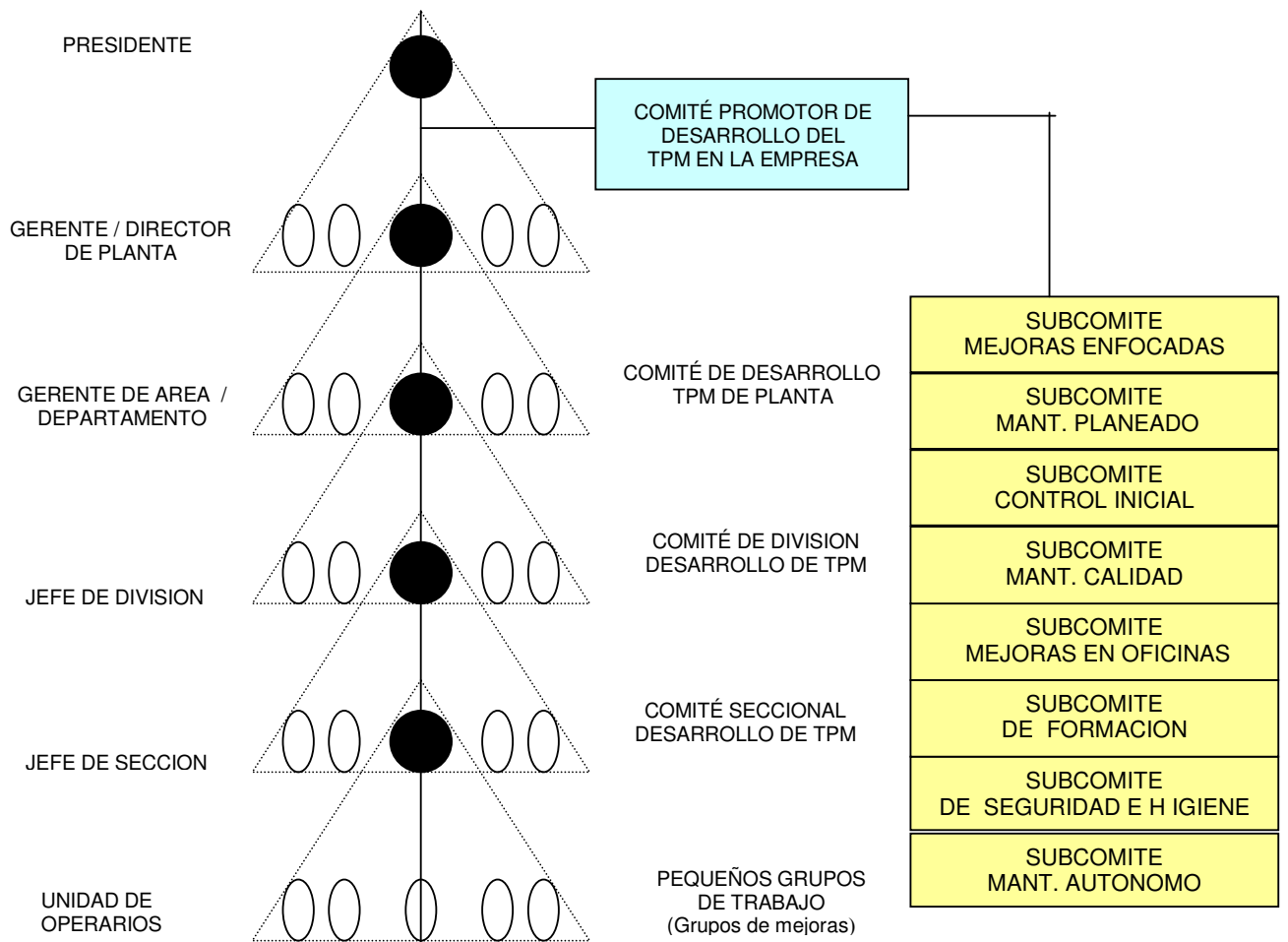
- ✓ Confirmar procedimientos e instrucciones de mantenimiento.
- ✓ Optimizar la planificación y control.
- ✓ Establecer distintas técnicas de mantenimiento, incluyendo el predictivo, y realizar diagnósticos para la prevención de fallas.
- ✓ Entrenar al personal de mantenimiento para el análisis y diagnóstico, y la utilización de instrumental de avanzada tecnología.
- ✓ Confirmar planes de mantenimiento en general.
- ✓ Reducir stocks de repuestos y mejorar el flujo de materiales.



**EJEMPLOS DE BENEFICIOS OBTENIDOS POR LA TPM EN EMPRESAS QUE OBTUVIERON EL PREMIO ANUAL DE MANTENIMIENTO**

<b>RUBROS</b>	<b>LOGROS OBTENIDOS</b>
<b>Productividad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Aumento de productividad por persona entre el 40 y 50%</li> <li>* Valor añadido por persona aumentado entre el 17 y 47%</li> <li>* Nivel de funcionamiento de instalaciones aumentado entre el 17 y 26% (pasó del 68% al 85% para la firma "T" y del 55% al 81% para la firma "C")</li> <li>* Disminución de fallas : 1/50 para la empresa "TK" ( pasó de 1000 a 20 fallas por mes)</li> </ul>
<b>Calidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nivel de defectos atribuibles al proceso ó metodo de producción disminuidos en un 10% (1% al 0,1% para la empresa "AS").</li> <li>* Nivel de desechos disminuido en un 33% (0,23% al 0,08% ).</li> <li>* Nivel de reclamos disminuido en un:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 50% para la empresa "MS"</li> <li>- 50% para la empresa "F"</li> <li>- 25% para la empresa "NZ"</li> </ul> </li> </ul>
<b>Costos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Cantidad de operaciones disminuida en un:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 30% para la empresa "TS"</li> <li>- 30% para la empresa "C"</li> </ul> </li> <li>* Costos de mantenimiento disminuidos en un 15% para la empresa "TK"</li> <li>* Ahorros de energía del 30% para la empresa "C".</li> </ul>
<b>Fecha de entrega</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Cantidad de días de productos en stock reducido en un 50% (pasó de 11 días a 5 días para la empresa "T")</li> <li>* Periodo de rotación de stocks duplicado : ( de 3 veces por mes pasa a 6 veces por mes para la empresa "C" )</li> </ul>
<b>Seguridad y Medio ambiente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Incidentes causados por paradas (0 para la empresa "M")</li> <li>* Contaminación ambiental cero para todas las empresas.</li> </ul>
<b>Motivación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Cantidad de sugerencias de mejoras por persona multiplicada por 2,3 ( 33,8 a 83,6 ideas / año para la empresa "N").</li> <li>* Duplicación de la cantidad de reuniones de grupos para mejora de calidad ( pasó de 2 a 4 reuniones mensuales para la empresa "C")</li> </ul>

## ORGANIZACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA TPM





### **Paso 1. Selección del tema de estudio.**

El tema de estudio puede seleccionarse empleando diferentes criterios:

- Objetivos superiores de la dirección industrial.
- Problemas de calidad y entregas al cliente.
- Criterios organizativos.
- Posibilidades de replicación en otras áreas de la planta.
- Relación con otros procesos de mejora continua
- Mejoras significativas para construir capacidades competitivas desde la planta.
- factores innovadores y otros.

### **Paso 2. Crear la estructura para el proyecto**

La estructura frecuentemente utilizada es la del equipo interfuncional. En esta clase de equipos intervienen trabajadores de las diferentes áreas involucradas en el proceso productivo como supervisores, operadores, personal técnico de mantenimiento, compras o almacenes, proyectos, ingeniería de proceso y control de calidad. Es necesario recordar que uno de los grandes Propósitos del TPM es la creación de fuertes estructuras interfuncionales participativas.

Consideramos que un alto factor en el éxito de los proyectos de Mejora Enfocada radica en 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.

En las empresas japonesas es frecuente encontrar un tablero de control visual donde se registran los diferentes equipos, su avance y estado actual. Esta clase de tableros visuales producen un efecto motivacional, especialmente cuando algunos de los equipos se encuentran avanzados en su trabajo o de presión cuando se encuentran detenidos durante un largo período de tiempo sin actuar.

### **Paso 3. Identificar la situación actual y formular objetivos**

En este paso es necesario un análisis del problema en forma general y se identifican las pérdidas principales asociadas con el problema seleccionado. En esta fase se debe recoger o procesar la información sobre averías, fallos, reparaciones y otras estadísticas sobre las pérdidas por problemas de calidad, energía, análisis de capacidad de proceso y de los tiempos de operación para identificar los cuellos de botella, paradas, etc. Esta información se debe presentar en forma gráfica y estratificada para facilitar su interpretación y el diagnóstico del problema.

Una vez establecidos los temas de estudio es necesario formular objetivos que orienten el esfuerzo de mejora. Los objetivos deben contener los valores numéricos que se pretenden alcanzar con la realización del proyecto. En una cierta compañía líder en productos comestibles se establecieron objetivos generales relacionados con el aumento de la Efectividad Global de Planta en 8 % en un año. Sus objetivos específicos estaban

relacionados con el aumento del Tiempo Medio entre Fallos en 15 % y una reducción de 50 % del coste de mantenimiento en la sección de empaque para el primer año.

#### **Paso 4: Diagnóstico del problema**

Antes de utilizar técnicas analíticas para estudiar y solucionar el problema, 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 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 del equipamiento provienen del campo de la calidad. Debido a 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 Why & Why conocida como técnica de *conocer porqué*.
- Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFES)
- 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 SMED o cambio rápido de herramientas.

Es necesario atender las recomendaciones de los expertos del Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) Shirose, Kimura y Kaneda sobre las limitaciones de los métodos tradicionales de calidad para abordar problemas de averías de equipos. Estos expertos 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.

#### **Paso 5: Formular plan de acción**

Una vez 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 estas propuestas 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.

#### **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.

Un supervisor de la empresa Chaparral Steel, el fabricante de acero con el más alto nivel de productividad en el mundo comentaba "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".

#### **Paso 7: Evaluar los resultados**

Es muy importante que los resultados obtenidos en una mejora sean publicados en una cartelera o paneles, en toda la empresa lo cual 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 el la cual se controlen todos los proyectos, y garantizar que todos los beneficios y mejoras se mantengan en el tiempo.

## **MANTENIMIENTO AUTONOMO**

### **Introducción**

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.

### **Visión tradicional de la división del trabajo en plantas industriales**

Una de las principales características del TPM es el involucramiento y participación directa de la función de producción en actividades de mantenimiento. En un anterior estudio que realizamos en varias del sector de consumo (envasado, empaçado, embotellado de productos para el cuidado personal y alimentación) encontrado que el 65 % de las solicitudes de servicio de mantenimiento (órdenes de trabajo) se debían a problemas ocasionados por deficiente operación de los equipos, produciéndose "estrelladas de máquina", desajustes, pérdidas de rendimiento o problemas de mala calidad por deficientes montajes de herramientas y materiales. El 35 % restante de las solicitudes se debían a problemas de desgaste natural del equipo. Estas cifras nos confirman la importancia de revisar la forma como el personal de producción en especial los operarios, deben intervenir directamente y contribuir a la mejora del desempeño de los equipos.

En numerosas fábricas es muy marcada la separación existente entre el personal de mantenimiento y producción. El departamento de mantenimiento se encarga de reparar y entregar el equipo para que la función productiva cumpla con su Propósito exclusiva de fabricar. Esta clase de organización industrial conduce a pérdidas de Efectividad Global de Producción, un pobre clima de trabajo, desmotivación y frecuentes enfrentamientos entre esta dos funciones.

La visión moderna del mantenimiento busca que exista un compromiso compartido entre las diferentes funciones industriales para la mejora de la productividad de la planta. En la medida en que se incorpora nueva tecnología en la construcción de los equipos productivos, los operarios de estos equipos deben tener un nivel técnico mayor, ya que deben conocer en profundidad su funcionamiento y colaborar en su mantenimiento. Son numerosas tareas que pueden realizarlas el operario, como limpiar, lubricar cuidar los aprietes, purgar las unidades neumáticas, verificar el estado de tensión de cadenas, observar el buen estado de sensores y fotocélulas, mantener el sitio de trabajo libre de elementos innecesarios, etc. Con esta contribución, el personal de mantenimiento podrá dedicar un mayor tiempo a mejorar las rutinas del mantenimiento preventivo y realizar verdaderos estudios de ingeniería de mantenimiento para mejorar el funcionamiento del equipo.

Otro problema frecuente es la categorización del personal de producción y mantenimiento. En una cierta empresa industrial es posible encontrar tantos grados de especialización que se requiere la intervención de tres o cuatro personas para retirar un conjunto motor-bomba del lugar de operación. El electricista desconecta el motor, el mecánico desmonta el conjunto y un tercero lo transporta al taller para su reparación. En esta organización, el aseo no es asumido por el operario de la sección, ya que este es un trabajo que debe ser realizado por personal con menor experiencia, preferiblemente del área de aseo que depende de servicios generales. Este tipo de situaciones hace que esta empresa no esté preparada

adecuadamente para construir capacidades competitivas en su planta. No existe la posibilidad de mejorar el conocimiento sobre el comportamiento de los equipos, ya que la función de limpieza es transferida a operarios independientes de la operación y poco capacitados, creando riesgos, pérdida de conocimiento e ineficiencia.

En varias plantas productivas existe otro problema que tiene que ver con los "celos" entre el personal de mantenimiento en relación con el posible aprendizaje que pueda alcanzar el operario. Se ha considerado que el operario solamente debe operar el equipo y en cualquier intervención menor debe ser realizada por el personal de mantenimiento. Cuando el operario de producción pretende acercarse y conocer un poco más el equipo durante la intervención del mecánico, este lo invita a retirarse o no existe el interés de enseñarle, ya que considera que este debe ser un trabajo exclusivo del técnico en mantenimiento.

En una cierta planta un joven operario le pregunta a un mecánico experto: "como lograste repararlo?", el mecánico le responde "es...un secreto profesional..." Este tipo de actitudes no permiten lograr un mayor conocimiento sobre el equipo. Como resultado final el operario no intervendrá en futuras reparaciones, este se retirará del sitio de trabajo para realizar actividades personales no relacionadas con el trabajo.

Otro comportamiento que debemos corregir es el que se observa con el personal operario que no le interesa participar en los trabajos de mantenimiento y adquirir conocimiento profundo sobre el funcionamiento del equipamiento. Cuando la intervención toma cierto tiempo, la supervisión asigna el personal a otras líneas o equipos no dejando un número reducido de operarios para que cooperen en la puesta en marcha del equipo y aprendan más sobre la maquinaria. Este comportamiento se ve reforzado por la creencia existente que no es posible que el operario cuente con una herramienta para realizar intervenciones menores. Estas solo son posibles con la intervención de los mecánicos.

Existen actitudes del personal de mantenimiento dentro de las plantas de atribuir los problemas a las prácticas deficientes de los operarios y el personal de producción a los deficientes métodos empleados por mantenimiento. Finalmente, ninguna de las funciones es responsable del problema.

Estos comportamiento han llevado a que dentro de las plantas industriales no se promueva la necesidad de que el operario pueda conocer profundamente la maquinaria. Sin este conocimiento difícilmente podrán contribuir a identificar los problemas potenciales de los equipos. Esta situación se ve agravada con la falta de inducción y entrenamiento del personal cuando llega a la empresa.

En estas circunstancias el Mantenimiento Autónomo es un pilar del TPM urgente de implantar en esta clase de empresas para transformar radicalmente la forma de actuar de las funciones industriales. Cada persona debe contribuir a la realización del mantenimiento del equipo que opera. Las actividades de mantenimiento liviano o de cuidado básico deben asumirse como tareas de producción.

### **Desarrollo de trabajadores competentes en el manejo de los equipos**

Cuando el operario ha recibido entrenamiento en aspectos técnicos de planta y conoce perfectamente el funcionamiento del equipo, este podrá realizar algunas reparaciones menores y corregir pequeñas deficiencias de los equipos. Esta capacitación le permitirá desarrollar habilidades para identificar rápidamente anomalías en el funcionamiento, evitando que en el futuro se transformen en averías importantes si no se les da un tratamiento oportuno. Los operarios deben estar formados para detectar tempranamente esta clase de anomalías y evitar la presencia de fallos en el equipo y problemas de calidad. Un operario competente puede detectar prontamente esta clase de causas y corregirlas

oportunamente. Esta debe ser la clase de operarios que las empresas deben desarrollar a través del Mantenimiento Autónomo.

El Mantenimiento Autónomo implica un cambio cultural en la empresa, especialmente en el concepto: "yo fabrico y tu conservas el equipo", en lugar de "yo cuido mi equipo". Para lograrlo es necesario incrementar el conocimiento que poseen los operarios para lograr un total dominio de los equipos. Esto implica desarrollar las siguientes capacidades en los operarios:

*1. Capacidades para descubrir anormalidades.*

Se crea una visión exacta para descubrir las anormalidades. No se pretende que el operario solamente detecte paradas del equipo o problemas con la calidad del producto. Es necesario desarrollar verdaderas competencias para descubrir tempranamente las posibles causas de un problema en el proceso. Se trata de crear una capacidad para prevenir anormalidades futuras.

*2. Capacidades para la corrección inmediata en relación con las causas identificadas.*

Con estas correcciones 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*

Saber definir cuantitativamente el criterio para juzgar una situación normal de una anormal. Cuando se desarrolla la capacidad para descubrir anormalidades, estas dependen de las condiciones y situaciones específicas, por lo tanto, el operario debe tener la capacidad o contar con criterios para juzgar el equipo para poder considerar si hay algo anormal o normal. 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.

**Creación de un lugar de trabajo grato y estimulante**

El Mantenimiento Autónomo permite que el trabajo se realice en ambientes seguros, libres de ruido, contaminación y con los elementos de trabajo necesarios. El orden en el área, 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. El Mantenimiento Autónomo estimula el empleo de estándares, hojas de verificación y evaluaciones permanentes sobre el estado del sitio de trabajo. Estas prácticas de trabajo crean en el personal operativo una actitud de respeto hacia los procedimientos, ya que ellos comprenden su utilidad y la necesidad de utilizarlos y mejorarlos. Estos beneficios son apreciados por el operario y estos deben hacer un esfuerzo para su conservación.

El contenido humano del Mantenimiento Autónomo lo convierte en una estrategia poderosa de transformación continua de empresa. Sirve para adaptar permanentemente a la organización hacia las nuevas exigencias del mercado y para crear capacidades competitivas centradas en el conocimiento que las personas poseen sobre sus procesos. Otro aspecto a destacar es la creación de un trabajo disciplinado y respetuoso de las normas y

procedimientos. El TPM desarrollado por el JIPM estimula la creación de metodologías que sin ser inflexible o limiten la creatividad del individuo, hacen del trabajo diario en algo técnicamente bien elaborado y que se puede mejorar con la experiencia diaria.

### **Limpieza como medio de verificación del funcionamiento del equipo.**

La falta de limpieza es una de las causas centrales de las averías de los equipos. La abrasión causada por la fricción de los componentes deterioran el estado funcional de las partes de las máquinas. 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. Por lo tanto, cobra importancia el trabajo de mantenimiento que debe realizar el operario en la conservación de la limpieza y aseo en el mantenimiento autónomo.

Cuando se realizan actividades de Mantenimiento Autónomo el operario en un principio buscará dejar limpio el equipo y en orden. En un segundo nivel de pensamiento, el operario se preocupa no solamente por mantenerlo limpio, sino que tratará en identificar las causas de la suciedad, ya que esto implica un trabajo en algunas veces tedioso y que en lo posible se debe evitar identificando la causa profunda del polvo, contaminación o suciedad. De esta forma el trabajador podrá contribuir en la identificación de las causas de la suciedad y el mal estado del equipo. Cuando el operario "toca" el equipo 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.

### **Empleo de controles visuales**

Una de las formas de facilitar el trabajo de los operarios en las actividades de Mantenimiento Autónomo es mediante el empleo de controles visuales y estándares de fácil comprensión. Por ejemplo, la identificación de los puntos de lubricación de equipo con códigos de colores, facilitará al operario el empleo de las aceiteras del mismo color, evitando la aplicación de otro tipo de lubricante al requerido. Los sentidos de giro de los motores, brazos de máquinas, válvulas, sentido de flujo de tuberías, etc., se deben marcar con colores de fácil visualización, evitando deficientes montajes y accidentes en el momento de la puesta en marcha de un equipo. Otra clase de información visual útil para los operarios son los estándares de trabajo, aseo y lubricación. Estos estándares en las empresas practicantes del TPM son elaborados en gran tamaño y ubicados muy cerca de los sitios de trabajo para facilitar su lectura y utilización

## **Etapas del Mantenimiento Autónomo**

### **DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO**

El desarrollo del Mantenimiento Autónomo sigue una serie de etapas o pasos, los cuales pretenden crear progresivamente una cultura de cuidado permanente del sitio de trabajo.

Las etapas sugeridas por los líderes del JIPM para aplicar el Mantenimiento Autónomo se muestran en la figura siguiente:

### **Pasos del Mantenimiento Autónomo sugeridas por el JIPM.**

<b>Etapas</b>	<b>Nombre</b>	<b>Actividades a realizar</b>
---------------	---------------	-------------------------------

- |    |   |  |
|----|---|--|
| 1  | <b>Limpieza e inspección</b>  | <b>Eliminación de suciedad, escapes, polvo, identificación de "Fuguai"</b>   |
| 2  | <b>Acciones correctivas para eliminar las causas que producen deterioro acumulado en los equipos. Facilitar el acceso a los sitios difíciles para facilitar la inspección</b> | <b>Evitar que nuevamente se ensucie el equipo, facilitar su inspección al mejorar el acceso a los sitios que requieren limpieza y control, reducción el tiempo empleado para la limpieza</b>                         |
| 3  | <b>Preparación de estándares experimentales de inspección autónoma</b>  | <b>Se diseñan y aplican estándares provisionales para mantener los procesos de limpieza, lubricación y apriete. Una vez validados se establecerán en forma definitiva</b>  |
| 4. | <b>Inspección general</b>   | <b>Entrenamiento para la inspección haciendo uso de manuales, eliminación de pequeñas averías y mayor conocimiento del equipo a través de la inspección.</b>   |
| 5  | <b>Inspección autónoma</b>  | <b>Formulación e implantación de procedimientos de control autónomo</b>  |
| 6  | <b>Estandarización</b>  | <b>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</b> |
| 7  | <b>Control autónomo pleno</b>   | <b>Aplicación de políticas establecidas por la dirección de la empresa. Empleo de tableros de gestión visual, tablas MTBF y tableros Kaizen</b>  |

### **Propósitos de los siete pasos de Mantenimiento Autónomo**

La implantación del Mantenimiento Autónomo en pasos ha sido diseñada por el JIPM para cumplir Propósitos específicos en la mejora industrial. 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 y "empowerment".

### **Etapas 0. Preparación del Mantenimiento Autónomo.**

Esta es una etapa muy importante en la que se reconoce la necesidad de implantar el 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.

En esta etapa de preparación se establecen los objetivos del mantenimiento autónomo, se selecciona el área o equipo piloto en el que se realizará la primera experiencia y se desarrolla el programa de entrenamiento necesario para el inicio de las primeras etapas. Los operarios deben conocer la estructura interna de los equipos, el funcionamiento de las máquinas y los problemas que se pueden presentar en su operación, y perjuicios causados

por el depósito de polvo y mala limpieza, falta de aprietes en tornillos y pernos, como también, los problemas que se presentan con la falta de conservación de la lubricación. Como resultado final de este entrenamiento, los operarios deben conocer 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.

### **Etapas 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. 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 FUGUAI o cualquier tipo de situación anormal en el equipo y las áreas próximas de trabajo.
- Los FUGUAI deben corregirse inmediatamente para establecer las condiciones básicas del equipo.

Para descubrir FUGUAI el proceso de limpieza es muy importante, ya que en esta fase se debe cumplir el principio de "limpieza es inspección". No se debe pretender solamente asignar un tiempo para la limpieza al finalizar el turno. Se debe buscar un nivel de pensamiento superior, en el que el operador tome contacto con el equipo para realizar inspección mediante el aseo del equipo. El TPM ofrece una metodología específica de auditoría para realizar la identificación de falta de limpieza, generando un plan de acción de mejora el cual es controlado mediante sistemas visuales y de fácil manejo por parte del operador y directivos de la planta. Es frecuente introducir en esta primera etapa las tres primeras "S" o pilares de la fábrica visual, esto es aplicar Seiri, Seiton y Seiso que se estudiarán con detalle más adelante.

### **Etapas 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 su presencia. Se busca mejorar el acceso a sitios difíciles para la limpieza, eliminación de zonas donde se deposita con facilidad la suciedad y se mejora la observación de los instrumentos de control. Esta etapa es importante para el desarrollo de las actividades Kaizen o de mejora continua y son desarrolladas por los propios trabajadores que enfrentan las dificultades en la limpieza o el manejo de los procesos asignados. 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.

Las actividades más frecuentes que se realizan en planta en esta segunda etapa tienen que ver con la eliminación de escapes, fuentes de contaminación, excesos de lubricación y engrase en sitios de la máquina, derrames y contaminación. Conviene empezar observando cuidadosamente el área de trabajo para determinar qué piezas se ensucian, qué es lo que las ensucia y cuándo, cómo y por qué se ensucian. Es necesario dibujar esquemas que muestren

la localización de la contaminación, escapes, partículas, humos, nube de aceite, polvo, vapor y otros.

### **Etapas 3. Preparación de estándares para la limpieza e inspección.**

Con base en la experiencia adquirida en las etapas anteriores, se preparan los estándares de inspección con el Propósito de mantener y establecer las condiciones óptimas del estado del equipo. Es frecuente emplear las dos últimas "S" de la **estrategia de las 5S** con el objeto de garantizar disciplina y respeto de los estándares.

Esta etapa es un refuerzo de "aseguramiento" de las actividades emprendidas en las etapas 1 y 2. Se busca crear el hábito para el 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 de esta etapa, el trabajador 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.

### **Etapas 4. Inspección general orientada**

En las etapas 1,2 y 3 se han implantado actividades orientadas a la *prevención* del deterioro a través de la mejora de las condiciones básicas de la planta. En las etapas 4 y 5 se pretende identificar tempranamente el deterioro que puede sufrir el equipo con la participación activa del operador. Estas etapas requieren 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. Las inspecciones iniciales las realiza el operador siguiendo las instrucciones de un tutor especialista. La tabla siguiente presenta un ejemplo de un procedimiento para detección de inconvenientes empleado en esta etapa. En esta clase de inspecciones deben producirse acciones de mejora que eviten la reincidencia de los problemas identificados mediante las acciones de inspección general.

#### **Ejemplo de listado para la detección de inconvenientes**

<b>Inconvenientes</b>	<b>Detalle del inconveniente</b>
1. Fallas pequeñas	
1.1 por suciedad	<b>Polvo, basura, aceite, óxido, manchas</b>
1.2 por trepidación	<b>Corrosión, desgaste, deformación, etc.</b>
1.3 por anormalidad	<b>Ruido anormal, calentamiento, vibración, olor extraño, alteración del color, presión, corriente eléctrica</b>
1.4 por adherencia	<b>Obstrucción, fijación, acumulación, despegado,</b>
<b>problemas en el movimiento</b>	
1.5 por daño	<b>Ralladura, aplastado, deformación alta</b>
2. Condiciones básicas	

2.1 de lubricación	<b>Falta de aceite, aceite sucio, no se conoce el tipo de aceite, aceite inapropiado</b>
2.2 de suministro de lubricante	<b>Daños por deformación de la boquilla, tapada debido al mugre,</b>
2.3 medidor de nivel	<b>Suciedad, daños, no posee indicador, no se aprecia la marca de mínimos y máximos</b>
2.4 ajustes y aprietes tapa de sitio de suministro	<b>Mala colocación de tapa, excesivo apriete, corrosión, falta arandela, desgaste</b>
3. Lugar difícil de acceder	
3.1 para limpieza	<b>Estructura de la máquina, protecciones, posiciones, espacio</b>
3.2 para inspección	<b>Estructura, posicionamiento, ubicación de aparatos de medida, falta de indicaciones adecuadas</b>
3.3 para lubricación	<b>Posición de la boca de lubricación, altura, orificio de salida de aceite descartado, espacio</b>
3.4 para apriete de tuercas y otros	<b>Protecciones, tamaño, apoyo, espacio</b>
3.5 para operación	<b>Posición de la máquina, controles, válvulas, interruptores</b>
3.6 para regulación	<b>Mal ubicado el manómetro, medidor sin escalas y tolerancias permitidas, no se marcan condiciones críticas y de seguridad en los instrumentos</b>

Para la implantación de la etapa cuatro se deben tener en cuenta los siguientes puntos.

1. Preparar el programa de formación para operarios dirigido a lograr un alto conocimiento sobre métodos de inspección.
2. Desarrollar el programa de formación empleando la metodología "aprender haciendo"
3. Desarrollo de las primeras inspecciones con tutor. En esta oportunidad los expertos de mantenimiento podrán apoyar esta clase de tareas.
4. Realizar reparaciones e intervenciones livianas con la ayuda del tutor.
5. Planificar las acciones de reparación y de nuevas revisiones o inspecciones del equipo. Es necesario contar con plan de inspecciones rutinario. El Ciclo Deming será de gran ayuda para impulsar esta clase de acciones en forma rutinaria.

En varias empresas se han construido pequeños laboratorios de entrenamiento para operarios para que estos tengan la oportunidad de desarrollar sus habilidades de desmontaje y montaje de equipos. En otras compañías han desarrollado 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 y tribología elemental
- Introducción a la electricidad
- Electrónica básica
- Seguridad en el trabajo
- Estandarización de operaciones
- Lectura de planos mecánicos y eléctricos
- Métodos de inspección

Esta etapa es la de mayor contenido de formación. Dependiendo del nivel inicial de los trabajadores puede considerarse la de mayor tiempo necesario para su implantación. Es frecuente en las empresas encontrar personal con poco conocimiento técnico, lo cual puede ser un impedimento para que esta fase se logre en pocos meses.

A tener en cuenta:

La etapa cuatro del mantenimiento Autónomo implica implantar un proceso concreto de mejora que contiene tres etapas:

1. Entrenamiento y adquisición de nuevo conocimiento para obtener recursos para inspeccionar profundamente el equipo.
2. Realizar el trabajo de inspección en forma rutinaria, en forma similar como lo realiza el experto de mantenimiento a través de rutinas de inspección periódica.
3. Evaluación de resultados, desarrollo de intervenciones y mejora del equipo.

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.
- Auditoria 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.
- Auditoria de la etapa.

---

### **Etapas 5. Inspección autónoma**

En esta etapa cumple una primera función de conservar los logros alcanzados en las etapas anteriores o el equivalente de "asegurar" en el Ciclo Deming; posteriormente, la etapa cinco debe conducir a mejorar los estándares y la forma de realizar el trabajo autónomo que se viene realizando.

Se evalúan los estándares de limpieza, lubricación y apriete establecidas en las etapas previas, se mejoran sus métodos y tiempos en base a la experiencia acumulada por el operador. Las principales actividades de esta etapa están relacionadas con el control de los equipos 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, al mejorar métodos de trabajo y los estándares utilizados.

El desarrollo de la etapa cinco incluye los siguientes trabajos prácticos:

1. Evaluar los procedimientos utilizados hasta el momento en las actividades autónomas. Por ejemplo, los estándares de limpieza, lubricación y apriete. Las preguntas más frecuentes 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. Se analizan los estándares para identificar si se pueden eliminar algunos puntos de inspección de alta fiabilidad, realizar trabajos en paralelo para reducir los tiempos de inspección, ¿podremos transferir algunas de estas actividades de inspección al trabajo de limpieza?.
3. Se evalúan los controles visuales que hemos utilizado. ¿Son adecuados? ¿han ayudado a mejorar la inspección? ¿faltan puntos? ¿Se pueden introducir nuevos elementos transparentes para facilitar la inspección visual? ¿Los códigos de colores que hemos utilizado para facilitar las operaciones realmente han aportado mejoras, o se deben realizar modificaciones para detectar con facilidad los problemas?

---

### **Etapas 6. Estandarización**

En las etapas anteriores se han realizado actividades de cuidado de las condiciones básicas de los equipos a través de inspecciones de rutina. Esta etapa cumple la tarea de realizar procesos Kaizen a los métodos de trabajo. Esta etapa ya no está tan directamente relacionada con los equipos, sino con los métodos de actuación del personal operativo. Una vez se han logrado las mejoras de los métodos de inspección para los equipos propuestos en la etapa cinco, es 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.

Se pueden resumir los siguientes puntos como los objetivos esperados en esta etapa de Mantenimiento Autónomo:

- 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.
- Desarrollo de acciones Kaizen para mejorar las acciones de trabajo e inspección y control de los equipos.
- Asegurar que la unidad de criterio entre los diferentes operarios que actúan sobre un mismo equipo en diferentes turnos.

En esta etapa se busca que el equipo humano opere en forma armónica y que no existan desviaciones en su actuación. La etapa seis se debe orientar a eliminar aquellas causas que conducen a la pérdida de eficiencia de mano de obra. El proceso Kaizen 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.

En esta etapa se analizan las auditorías generales de fábrica empleadas hasta el momento, con el objeto de introducir mejoras al modelo. Dentro de la estandarización se puede incluir acciones para certificar al personal de producción y reconocer que han cumplido un ciclo formativo estandarizado, haciéndolo merecedor de un certificado de educación.

---

### **Etapa 7. Control autónomo total**

En las etapas 1 a 6 se logran resultados de mejora tanto en el control de los equipos, y cumplimiento de estándares mejorados de los métodos de trabajo. En la etapa 7 se integra plenamente el proceso de Mantenimiento Autónomo al proceso de dirección general de la compañía o Dirección por Políticas. 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 Kaizen 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 en la pabras de un directivo de Chaparral Steel "un verdadero laboratorio de aprendizaje".

Reflexión:

En esta etapa se debe incluir el proceso de Mantenimiento Autónomo como parte de los macroprocesos de Dirección por Políticas. La DP es el instrumento que mantiene "vivo" esta clase de procesos de mejora, evitando que entren en rutina y se pierda la capacidad de autocontrol existentes en la planta, cuando las acciones se vuelven rutina.

La DP emplea un proceso de comunicación conocido como "catch ball" y que permite comunicar nuevos retos anuales de mejora a los niveles operativos. El "catch ball" debe servir para establecer objetivos retadores y orientados a crear nuevas capacidades

competitivas de la empresa. Cuando una planta mejora significativamente su funcionamiento operativo, es posible que entre en una etapa de complacencia y no sea cada vez más difícil encontrar proyectos Kaizen. Es en esta etapa cuando se debe emplear esta capacidad creativa y personal preparado para iniciar acciones, ya no de "mejora operativa" como las llama el experto en estrategia Michael Porter, sino mejoras progresivas de las estrategias competitivas de la empresa, apoyadas desde los niveles operativos.

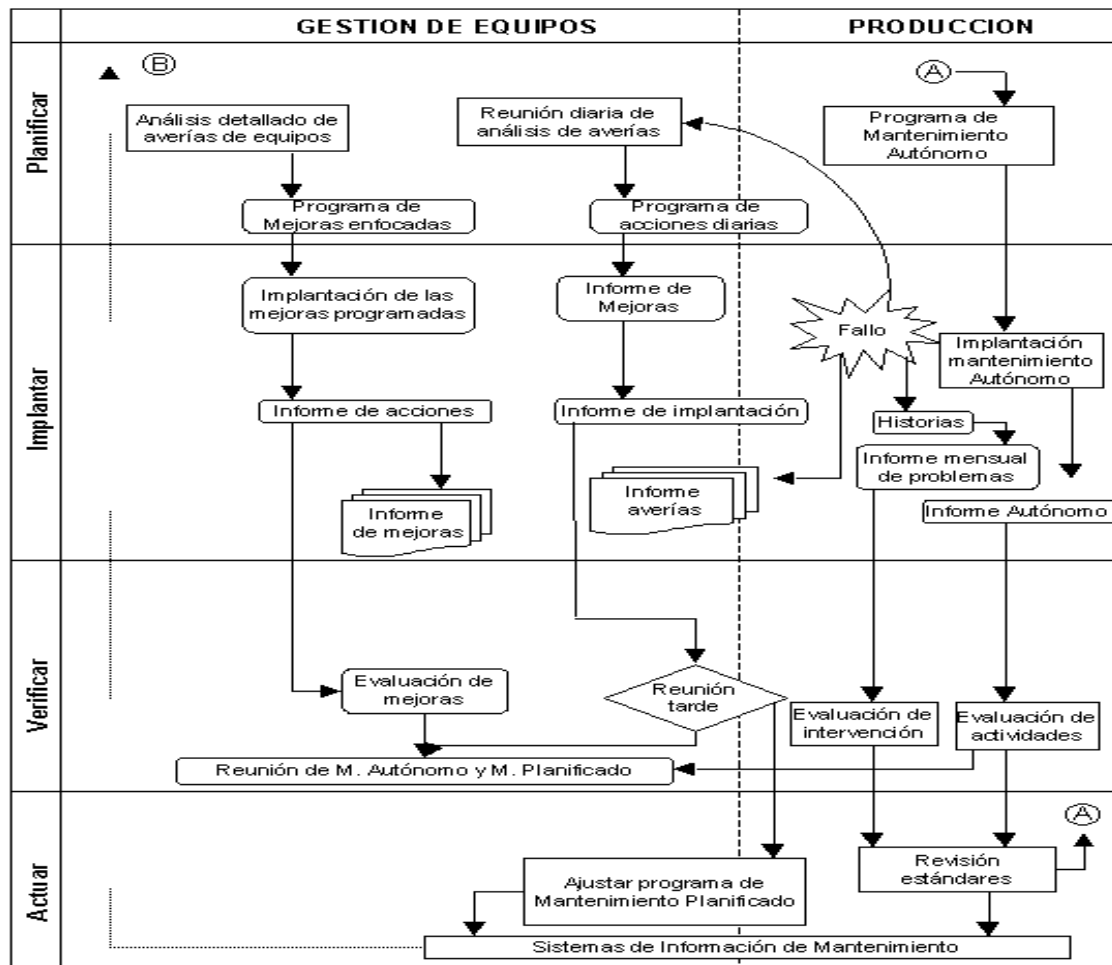
**Reflexión:**

La aplicación del Mantenimiento Autónomo exige una cuidadosa planificación para puesta en marcha de elementos de dirección, poco analizados por los creadores del TPM, ya que en el modelo nipón de dirección estos factores hacen parte de la rutina de dirección. Estos detalles hacen que realmente el trabajo con las personas sea ordenado y diseñado para realizar intervenciones exitosas en la organización. 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

**MANTENIMIENTO PROGRESIVO O PLANIFICADO**

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

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



② Mantenimiento planificado y otros pilares TPM.

### 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 la tenemos disponible. ¿Será necesario un tiempo similar de intervención para todos los elementos y sistemas de un equipo? ¿Será esto económico?
- Se aplican planes de mantenimiento preventivo a equipos que poseen un alto deterioro acumulado. Este deterioro 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 importan su criticidad, riesgo, efecto en la calidad, grado de dificultad para conseguir el recambio o 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 Kaizen para la mejora de 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.

### **Aportes del TPM a la mejora de mantenimiento planificado**

El TPM posee una mayor óptica o visión de los 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 Kaizen orientadas a mejorar las características de los equipos o "Mantenimiento por Mejora" y Kaizen para eliminar acciones de mantenimiento.
3. Actividades 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, observamos 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. (Daily Management Maintenance)

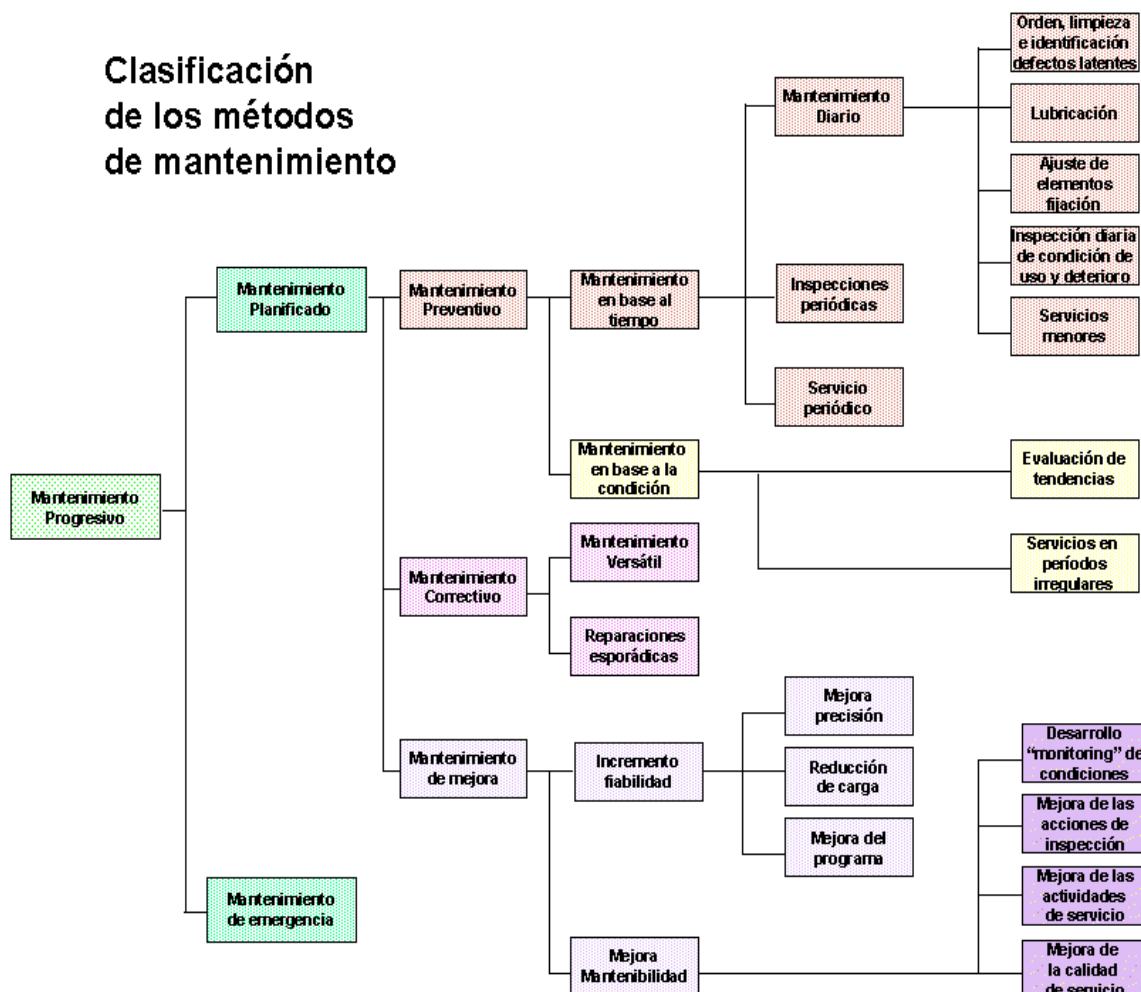
- Utilización de información para el establecimiento de mejores tiempos de mantenimiento preventivo.
- Implantar acciones Kaizen para practicar Mantenimiento por Mejora.
- Implantar acciones de prevención de mantenimiento.
- Implantar acciones para mejorar la competencia técnica de la función de mantenimiento.
- Desarrollo de conceptos 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.

#### **Actividades generales del mantenimiento progresivo**

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

## Clasificación de los métodos de mantenimiento



### Pasos preliminares para implantar un modelos de Mantenimiento Planificado.

Hemos comentado previamente sobre la necesidad de lograr que los equipos posean un comportamiento regular desde el punto de vista estadístico para poder establecer un plan de mantenimiento. El comportamiento de los fallos 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 y en concreto el Dr. Nakajima sugiere realizar dos actividades previas antes de iniciar un programa de mantenimiento planificado en un equipo para que este sea económico y eficaz.

Estas actividades son:

#### **Etapas 1. Hacer "predecible" el MTBF Propósitos**

- Reducir la variabilidad de los intervalos de fallo.

- Eliminar deterioro acumulado.
- Hacer más predecible los tiempos potenciales en que se pueden presentar los fallos.

#### **Acciones**

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

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

#### **Etapa 2. Incrementar el MTBF**

##### **Propósito**

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

##### **Acciones**

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

En esta etapa de búsqueda de eliminación de fallos en equipos, se pretende eliminar las causas de deterioro acelerado ya sea por causas debidas a mala operación del equipo, debilidades del diseño original de este, o mala conservación.

Las anteriores dos etapas se deben considerar como parte de las acciones de un mantenimiento preventivo efectivo. Nakajima comenta "Cuando el mantenimiento periódico se realiza antes de que la duración de la vida del equipo sea estable, los costes de mantenimiento son mayores y el proceso no es eficaz".

## **ETAPAS DEL MANTENIMIENTO PROGRESIVO.**

### **Visión general de los pasos**

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.

#### **.Paso 1. Identificar el punto de partida del estado de los equipos**

El paso uno está relacionado con la necesidad de mejorar la información disponible sobre el equipo. Esta información permite crear la base histórica necesaria para diagnosticar los problemas del equipo. Algunas preguntas que nos podemos hacer para ver del grado de desarrollo son:

- ¿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 fallos potenciales?
- ¿Poseemos históricos de averías e intervenciones?
- ¿Contamos con registros sobre MTBF para equipos y sistemas?
- ¿Poseemos un sistema de costes de mantenimiento?
- ¿Qué problemas tiene la función de mantenimiento?
- ¿La calidad de servicio de mantenimiento es la adecuada?

#### **Paso 2. Eliminar deterioro del equipamiento y mejorarlo**

El paso dos busca eliminar los problemas del equipo y desarrollar acciones que eviten la presencia de fallos similares en otros equipos idénticos. En esta etapa se aplica la estrategia Daily Management Maintenance o mejora de equipos en forma rutinaria.

- Eliminar averías en forma radical aplicando métodos de
- Mejora continua o Kobetsu Kaizen.
- Eliminar fallos de proceso
- Mejorar el manejo de la información estadística para el diagnóstico de fallos y averías.
- Implantar acciones para evitar la recurrencia de fallos.
- Aplicación del ciclo DMM (Daily Management Maintenance)

### **Paso 3. Mejorar el sistema de información para la gestión**

El paso tres busca que se mejore el sistema de información para la gestión de mantenimiento. 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 los fallos y averías para su eliminación, antes de implantar un sistema de gestión de mantenimiento de equipos.

- ¿El diseño de la base de datos de mantenimiento es la adecuada?
- ¿Tenemos información necesaria sobre fallos, 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

### **Paso 4. Mejorar el sistema de mantenimiento periódico**

El paso cuatro está relacionado con el establecimiento de estándares de mantenimiento, realizar un trabajo de preparación para el mantenimiento periódico, crear flujos de trabajo, identificar equipos, piezas, elementos, definir estrategias de mantenimiento y desarrollo de un sistema de gestión para las acciones de mantenimiento contratado.

- Diseñar estrategias de mantenimiento: criticidad, frecuencia, tipo de mantenimiento, empleo de tablas MTBF, 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.

### **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.

- Introducir 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 información, tele-transPropósito y proceso vía Internet.

### **Paso 6. Desarrollo superior del sistema de mantenimiento**

El paso seis desarrolla procesos Kaizen para la mejora del sistema de mantenimiento periódico establecido, desde los puntos de vista técnico, humano y organizativo.

- Evaluar el progreso en el MTBF, MTTR, EGE y otros índices.
- Desarrollo de la tecnología de Ingeniería de Mantenimiento
- Evaluar económicamente sus beneficios
- Mejorar la tecnología estadística y de diagnóstico
- Explorar el empleo de tecnologías emergentes:
  - CBR (Case-Base Reasoning)
  - Redes neuronales
  - Ingeniería Estadística
  - Knowledge Management

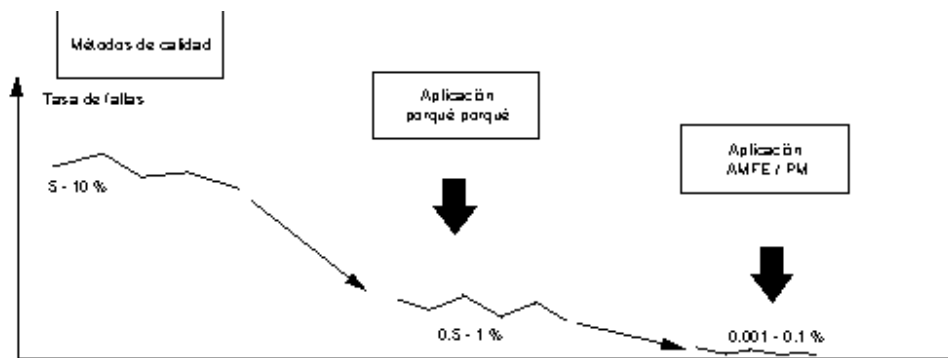
### **Daily Management Maintenance**

#### **¿Qué es?**

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

#### **Estructura de la mejora continua en mantenimiento.**

El siguiente gráfico pretende realizar una comparación entre las actividades del TQC para la mejora continua y las prevista en el TPM.



Las mejoras de la dirección tienen que ver con las acciones de carácter estratégico que la dirección de la empresa asume y sobre las que se formulan políticas y objetivos de mejora a medio plazo. Las acciones de mejora diaria se realizan a nivel operativo y su horizonte de realización es el corto plazo, que en este caso es la actuación diaria. Las mejoras funcionales son las que realizan cada una de los departamentos con un horizonte de planificación semestral o anual. En este tipo de acciones se encuentran los trabajos de Mantenimiento Autónomo y Progresivo. Las mejoras interfuncionales están relacionadas con mejoras que se deben realizar con la cooperación de los diferentes departamentos. Nuevamente el mantenimiento autónomo, el progresivo y las mejoras enfocadas realizan actividades de este tipo.

Las mejoras diarias que hemos llamado en nuestro *site* como Daily Management Maintenance, están relacionadas con las mejoras a corto plazo, pero están alineadas al logro de los objetivos de la dirección o mejoras estratégicas.

#### **Características del DMM.**

- Se orienta a eliminar averías de muy corta duración y repetitivas. Algunas empresas japonesas han definido esta duración como máximo 30 minutos. Otras corporaciones consideran han asumido como 10 minutos el tiempo máximo para considerarlas de corta duración.
- Emplean la metodología Kaizen y técnicas de mantenimiento para su análisis.
- Activa participación de todo el personal de planta, especialmente a nivel operativo.
- Se documentan las mejoras para facilitar su aplicación en equipos similares, evitando de esta forma la repetición de estos fallos en la planta.

## **FORMACION DEL PERSONAL DE PRODUCCION Y MANTENIMIENTO**

### **¿Por qué es importante la formación y adiestramiento del operario de producción en un proyecto TPM?**

La formación continua es uno de los pilares del TPM. Aún y así muchas organizaciones pretenden

implantar un sistema TPM sin una clara conciencia de dicha necesidad.

Es por ello que creemos interesante encontrar una serie de justificaciones a la misma.

Existen

diferentes motivos siempre desde la óptica del operario de producción. Podemos clasificarlos en

negativos y positivos, a saber:

- Hay una resistencia generalizada a asumir nuevas funciones.
- Existe escepticismo ante proyectos de cambio.
- Existe desconfianza ante planteamientos de la empresa.
- Existe temor a la propia incapacidad y a la toma de decisiones.
- Predominan los hábitos de trabajo reactivos.
- Existe la creencia de que a partir de determinada época de la vida: "ya no tengo nada que aprender".
- Existe una falta de capacitación técnica generalizada.
- No hay un conocimiento profundo de las propias máquinas y equipos.
- Falta información sobre resultados y cuando se tiene no se sabe interpretar.
- No existen hábitos de trabajar en equipo.
- Falta flexibilidad y polivalencia.
- Predomina la creencia de que la limpieza: "no es mi trabajo".
- Existe desconocimiento sobre estándares, defectos y parámetros de calidad del producto.
- Predomina el: "yo fabrico tu (mantenimiento) arreglas".

Sin embargo, también ocurre que:

- Puede existir exceso de entusiasmo y grandes expectativas ante la posibilidad de asumir nuevas funciones.
- Pueden existir exceso de recursos preparados.
- Todas las personas sienten curiosidad por naturaleza.
- Todas las personas reaccionan positivamente cuando se facilita el contexto para ello.
- Todos "limpiamos nuestra propia casa".

Y, en definitiva, todos los puntos negativos anteriores pueden ser tratados y mejorados.

### **¿Cómo establecer el plan de formación continua y adiestramiento en un proyecto TPM?**

Establecer el orden de la Formación y Adiestramiento a realizar pasa por detectar los puntos

débiles que la empresa tiene en relación a todos los factores enumerados en el punto anterior. Es

decir, detectar las necesidades sobre determinados colectivos de operarios en base a los parámetros que persigue el TPM. Ello es así, porque los objetivos que persigue el TPM en relación

al operario de producción son invariablemente:

- Mejora y adquisición de *actitudes* de adaptación a la situación competitiva actual, flexibilidad y receptividad al cambio.
- Mejora y adquisición de *conocimientos* y *habilidades* para desarrollar las tareas que el TPM exige.

Estos dos objetivos determinan el *perfil formativo* del personal.

Veamos cómo llegamos al diseño de la Formación y Adiestramiento necesario. Es evidente que dicho proceso debe repetirse en distintos momentos del tiempo y a medida que el proyecto avanza.

### ***Detección de necesidades***

1. Concreción de las *zonas, secciones, departamentos o áreas* de la organización que entrarán en el proyecto.
2. Conocimiento de los niveles actuales de *disponibilidad, rendimiento y calidad* (es decir, de *eficiencia*) que poseen dichas áreas.
3. Determinación de la *oportunidad de mejora*. Niveles de mejora deseables en cada parámetro.
4. Concreción de los colectivos de *personal diana* sobre los que se trabajará.
5. Determinación de los perfiles formativos actuales de dichos colectivos diana.
6. Fijación de las *tipologías de formación* utilizables: formación individual, formación grupal, formación interna, formación externa.
7. Determinación de la necesidad de *herramientas didácticas* previsibles. Documentación del Proyecto.
8. Definición de *objetivos en el tiempo*. Objetivos de mejora cuantitativa y cualitativa.

### ***Diseño del plan formativo***

Es importante tener en cuenta que siempre partimos de uno o varios colectivo/s concreto/s en una o varias zonas concreta/s y que su formación debe estar, necesariamente, vinculada a la oportunidad de mejora.

Una vez determinados los puntos anteriores se define el itinerario formativo que puede adoptar muchas formas distintas siempre en función de los objetivos a conseguir en el tiempo.

En base a nuestra experiencia, podemos afirmar que es interesante equilibrar las distintas *tipologías formativas* posibles (formación interna, externa, individual y grupal) en función de varios factores (contenidos de la formación, duración, objetivos que se persiguen...), aunque en esto cada empresa es individual y depende de distintas variables.

También es fundamental generar las *herramientas didácticas* necesarias que después facilitarán las implantaciones y adiestramientos prácticos requeridos por el TPM. El diseño del itinerario formativo, que realizaremos a continuación, aclarará a qué tipo de herramientas nos referimos.

No podemos olvidar tampoco que dicho Plan Formativo y de Adiestramiento se orienta a perfeccionar (y muchas veces a generar) el perfil formativo (actitudes, conocimientos y habilidades) del personal para conseguir un cambio de conducta y un crecimiento de su nivel funcional.

La duración, concreción, profundidad o detalle de contenidos de cada acción formativa iniciada dependerá de los objetivos a los que responda, aunque invariablemente en un proyecto de TPM siempre encontraremos el siguiente itinerario formativo para el operario de Producción:

1. Comunicación significado y objetivos del proyecto TPM.
2. Organización de la empresa.
3. Mejora continua. Técnicas y herramientas.
4. Comunicación y trabajo en equipo. Técnicas y herramientas.
5. Principios y conceptos técnicos básicos y su aplicación: mecánica, electricidad, neumática, hidráulica, robótica, automatismos...
6. Técnicas de localización y resolución de averías.
7. Implantación-adiestramiento en:
  - Funcionamiento de máquinas y equipos.
  - Conducción de las máquinas y equipos.
  - Conocimiento del producto y sus parámetros de calidad.
  - Identificación-resolución de averías de las máquinas y equipos.
  - Mantenimiento autónomo de las máquinas y equipos.

Las herramientas didácticas son todos aquellos documentos de soporte que deben permitir implantación-adiestramiento de aquellos aspectos específicos de los puestos de trabajo, la maquinaria y los equipos.

El contar con una información visual, simple, sintética, metódica y rigurosa, y en cuya elaboración haya participado el mismo operario de producción en la medida de lo posible, es esencial para que el Plan Formativo y de Adiestramiento avance en el tiempo.

Obviamente dicha documentación debe ser actualizada de forma continua, a medida que los procesos cambian.

Dicha documentación es sólo una parte de la información visual que debe configurar el entorno del puesto de trabajo en cualquier proyecto TPM. El resto de información visual deben configurarla los indicadores de avance del proyecto, de los que hablaremos en la última parte del discurso.

### ***Implantación y medición del Plan Formativo***

No vamos a entrar aquí en la implantación, pues ya hemos determinado en el punto anterior que ésta debe de ser a medida para cada organización, si bien sea posible, como hemos visto, establecer unos parámetros e incluso acciones formativas determinadas para llevar a cabo un proyecto de TPM.

Por otro lado, la medición y evaluación de la formación en general, es un tema sobre el que existe variedad y cantidad de literatura.

Sin embargo, en el punto siguiente vamos a hablar de los parámetros que creemos deben regir la medición de la formación en un proyecto TPM y a mostrar alguna herramienta simple que hemos desarrollado para efectuar dicha evaluación.

### **¿Cómo medir y evaluar la formación y adiestramiento continuo en un proyecto TPM?**

Dentro de la dificultad de medir la formación y el adiestramiento existe claridad en cuanto a que deben producirse cambios significativos de conducta generados por la mejora de los

perfiles formativos del operario. Ya hemos establecido que dicho perfil formativo está compuesto por actitudes, habilidades y conocimientos.

Existen, por tanto, una serie de consecuencias genéricas cualitativas que deben de ser claramente observables en el personal. Dichas consecuencias pasan por mejorar y modificar los motivos que inicialmente nos servían para justificar planes de formación continua. Ahora bien, dentro de la filosofía continua de vincular las mejoras organizativas (y por tanto, de productividad, rendimiento, calidad, etc...) con la formación, podemos establecer algunas herramientas de seguimiento y medición que nos permitan cualificar y cuantificar la eficacia de dicha formación.

1. Tablas de polivalencia.
2. Tablas de asignación de tareas TPM.
3. Tabla de mejora de las 6 grandes pérdidas-progreso formativo.
4. Tabla de mejora de eficiencia-progreso formativo.

Cualquiera de estas herramientas permite, con ciertas limitaciones, vincular los progresos de un proyecto TPM con el desarrollo formativo de unos colectivos determinados pertenecientes a unas zonas o áreas determinadas.

Evidentemente, estas herramientas están dentro de la filosofía de gestión participativa y de organización horizontal en la que se contextualiza el TPM.

Además, son y deben ser compatibles y combinables con sistemas de gestión y dirección como la dirección por objetivos, la gestión participativa de los planes de mejora o despliegue de políticas (Hoshin Kanri), etc.

En síntesis, un proyecto TPM persigue, sobre todo, optimizar la organización; por tanto la mejor manera de medir los resultados de la formación continua del proyecto, es comprobando que dicha mejora, efectivamente, existe.

### **Entrenando a los operarios a entender su equipo**

El mantenimiento autónomo requiere que los operarios conozcan su equipo. La experiencia en el trabajo, no sólo debe estar relacionada con hacer funcionar el equipo, también debe incluir muchas tareas que son vistas como trabajo del departamento de mantenimiento. La necesidad de este planteamiento se está convirtiendo en obvia a medida que las empresas introducen rebote y sistemas automatizados. Por encima de todo, los operarios necesitan aprender a detectar anomalías. Esto significa desarrollar la habilidad de mirar la calidad de los productos y el funcionamiento del equipo y darse cuenta cuando ocurre algo anormal.

Para ello se requieren las siguientes aptitudes:

1. Entender claramente los criterios y ser capaz de juzgar si algo está normal o anormal (capacidad para determinar las condiciones en las que trabaja el del equipo).
2. Cumplimiento estricto de las reglas de funcionamiento (capacidad de mantener el equipo en condiciones).
3. Una respuesta rápida a las anomalías (capacidad de reparar y restablecer las condiciones del equipo).

Cuando un operario ha dominado las tres aptitudes, conocerá el equipo lo suficientemente bien como para reconocer las causas de futuros problemas y darse cuenta de que "esta máquina va a producir defectos", o "esta máquina está a punto de averiarse".

Desarrollando nuevas habilidades:

1. Capacidad de detectar anomalías y realizar mejoras.

2. Capacidad de entender las funciones del equipo y sus mecanismos, así como habilidad para detectar las causas de las anomalías.
3. Capacidad para entender las relaciones entre el equipo y la calidad, y capacidad para predecir problemas de calidad y detectar sus causas.
4. Habilidad para realizar reparaciones.

Obviamente, nadie que domine todos estos conocimientos lo hace a un alto nivel, y no se espera que nadie lo haga rápidamente. En realidad, cada conocimiento debe estudiarse y practicarse durante todo el tiempo que sea necesario para conseguir maestría.

### **Clasificación y asignación de tareas de mantenimiento**

Las actividades pensadas para lograr las condiciones óptimas en el equipo y maximizar su eficacia global se refieren bien a *mantener* el equipo o a mejorarlo. Las actividades de mantenimiento se dirigen a mantener el equipo en un estado deseado, evitando y corrigiendo fallos. Algunas técnicas y actividades de mantenimiento son:

- *Operación normal*: Operación, ajustes y montajes correctos (prevención de errores humanos)
- *Mantenimiento preventivo*: Mantenimiento diario (condiciones básicas del equipo, revisiones, pequeño servicio). Mantenimiento periódico (revisiones periódicas, y revisión general periódicas, servicio periódico).
- *Mantenimiento predictivo*: Verificación de condiciones, servicio a intervalos medios largos.
- *Mantenimiento de averías*: Detección pronta de anomalías, reparaciones de emergencia, prevención de repeticiones (reparación de averías).

### **Actividades del departamento de producción**

El departamento de producción debe centrarse en la prevención del deterioro. Debe construir su programa de mantenimiento autónomo alrededor de las siguientes tres clases de actividades:

1. Evitar el deterioro
2. Medir el deterioro
3. Predecir y restaurar el deterioro

Todas estas actividades son importantes, pero es esencial establecer las condiciones básicas del equipo (limpiar, lubricar y apretar pernos) para evitar el deterioro acelerado.

Conjuntamente con la revisión diaria hecha con los cinco sentidos, esta es una de las responsabilidades más básicas del departamento de producción.

### **Actividades del departamento de mantenimiento**

El departamento de mantenimiento es el jugador clave en el mantenimiento del equipo. Principalmente, debe poner sus esfuerzos en el mantenimiento planificado, en el predictivo y en el correctivo, concentrándose en medir y restaurar el deterioro. Debe reconocer que no es un taller de reparaciones, restaurando el equipo averiado dejándolo en su condición previa a la avería. Como organización de especialistas, su verdadera tarea es elevar la mantenibilidad, operabilidad y seguridad a través de actividades perfiladas para identificar y lograr condiciones óptimas en el equipo. Esto requiere avanzadas capacidades de mantenimiento y tecnología, de modo que los departamentos de mantenimiento deben esforzarse constantemente en aumentar su acervo técnico.

### ***Apoyo al mantenimiento autónomo***

La guía y apoyo apropiados del departamento de mantenimiento son indispensables para establecer el mantenimiento autónomo y hacerlo una parte eficaz del programa de mantenimiento.

Las tareas más importantes son:

- Facilitar instrucciones en técnicas de inspección y ayudar a los operarios a preparar estándares de inspección (puntos a revisar, intervalos de revisión, etc.)
- Facilitar formación en técnicas de lubricación, estandarizar tipos de lubricantes, y ayudar a los operarios a formular estándares de lubricación (puntos de lubricación, tipos de lubricantes, intervalos, etc.)
- Tratar rápidamente el deterioro, las pequeñas deficiencias, y las deficiencias en las condiciones básicas del equipo (por ejemplo, realizar prontamente el trabajo de mantenimiento identificado por los operarios)
- Dar asistencia técnica en las actividades de mejora tales como eliminar las fuentes de contaminación, hacer más accesibles las áreas difíciles para la limpieza, lubricación, e inspección y mejorar la eficiencia del equipo.
- Organizar las actividades de rutina (reuniones de mañana, rondas para recibir órdenes de tareas de mantenimiento, etc.)

Sobre todo, el departamento de mantenimiento debe siempre pensar, planificar y actuar concertadamente con el departamento de producción en todo lo que concierne al mantenimiento del equipo. Algunas otras actividades del departamento de mantenimiento son:

- Investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de mantenimiento.
- Crear sistemas de registros de mantenimiento, datos para mantenimiento y resultados de mediciones.
- Desarrollar y utilizar técnicas de análisis de fallos e implantar medidas para evitar la repetición de fallos serios.
- Aconsejar a los departamentos de diseño y desarrollo de equipos (participar en el diseño MP y en las acciones de gestión temprana del equipo). Control de repuestos, plantillas, herramientas y datos técnicos.

# Inventario

## ***Objetivos***

- ✓ Mantener un nivel aceptable de repuestos con una mínima inversión en existencias.
- ✓ Mantener el nivel de existencias para que no se sufran demoras por faltantes.
- ✓ Descubrir a tiempo los repuestos faltantes, o que no tengan movimiento, y los que se han deteriorado o sufran obsolescencias.
- ✓ Establecer una buena custodia para evitar fugas, despilfarros o maltratos por descuido.

## ***Políticas***

Se debe definir la política de niveles de existencias de acuerdo con los consumos del año.

- ✓ Determinar la forma del almacenaje en el almacén.
- ✓ De acuerdo con las posibilidades económicas de la empresa, deben definirse políticas para compras por escasez o futuras alzas en los precios.
- ✓ Se deben establecer políticas de abastecimientos por consumo.

## ***Desarrollo de planes y normas.***

- ✓ Determinación de planes por períodos estacionales.
- ✓ Planes de ocupación de personal y de utilización de maquinarias en lapsos de baja producción.
- ✓ Establecimiento de niveles de existencias de acuerdo a los presupuestos.
- ✓ Adopción de normas para la periodicidad de las compras para cada producto.
- ✓ Determinación de normas para los *lotes óptimos de compra*.

## ***Establecimientos de sistemas y procedimientos.***

- ✓ El sistema de máximo y mínimos.
- ✓ Sistema para nivelar las cantidades de reserva y seguridad.
- ✓ Un sistema para el control de materiales de alto valor.
- ✓ Un sistema para el control de materiales de poco valor.
- ✓ Sistema de control de calidad en la recepción de materiales.
- ✓ Registros estadísticos.
- ✓ Procedimientos para lotes óptimos de compra.
- ✓ Procedimientos para determinar costos de abastecimientos, de mantenimiento de existencias y fallas por faltantes.

## ***Pasos necesarios para un planeamiento de niveles óptimos de existencias de materiales.***

Es necesario un plan logístico para establecer las políticas que determinen cuanto y cuando reabastecer los almacenes de repuestos.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Hacer un análisis de los inventarios.
2. Obtener de contabilidad los datos necesarios para calcular el costo de abastecimiento de repuestos.
3. Obtener de contabilidad los datos necesarios para calcular el costo de mantenimiento de existencias en almacén.
4. Calcular el *lote óptimo de compra*.
5. Fijar políticas de *punto de reorden*.

6. Determinar las cantidades optimas de reserva.
7. Establecer políticas de seguridad y prever riesgos de faltantes.
8. Determinar un equilibrio entre costos de faltantes y costos de excedentes en las existencias.

### ***Sistema de selectividad***

Tiene como finalidad reducir el tiempo, el esfuerzo y el costo en el control de inventarios. Se encontrará la forma para llegar a un inventario de fácil mantenimiento y fácil clasificación que permita llevarlo al día y poder determinar rápidamente la falta o exceso de existencias.

### ***Filosofía del sistema***

La filosofía fundamental del sistema dice: "Muchas veces cuesta mas el control, que lo que vale lo controlado". De ahí parte el principio de separar las partidas, o sea los renglones de un inventario, según su valor de importancia, en tres clases.

**A** :Incluye los artículos que por su alto costo de adquisición, por su alto valor en el inventario, por su utilización como material crítico o debido a su aportación directa a las utilidades, merecen un alto control.

**B** :Comprende aquellos artículos que por ser de menor valor e importancia requieren de menor esfuerzo y mas bajo costo administrativo

**C** : Integrada por los artículos de bajo costo, y poca importancia para los repuestos y solo requieren una simple supervisión sobre los niveles de su existencia para satisfacer las necesidades de reemplazo.

El sistema elegido para desarrollar el inventario será el denominado por utilización y valor. Esta clasificación se basa en el valor que tiene cada artículo según el resultado de multiplicar el precio unitario de cada artículo por su consumo promedio o esperado, o sea por su utilización. Este sistema no depende de los valores registrados en el inventario.

Este es un sistema laborioso, pero es el mas real y confiable para el establecimiento de las políticas y toma de decisiones. Una de las razones principales para preferir este sistema es el siguiente: aunque el inventario contenga datos verídicos acerca de las existencias en el momento de verificarlo, ello no refleja las necesidades reales de cada artículo. Puede ocurrir que al momento de realizar el inventario, una existencia esté agotada o en su mínimo; o bien que está se encuentre excedida en números de unidades. En cambio, la clasificación por utilización se basa en la realidad pasada, presente y hasta futura de los valores invertidos.

### ***Procedimientos para la clasificación por utilización y valor.***

1. Se obtiene de los registros de existencias el promedio de consumo mensual de cada artículo que entrará en el estudio de la clasificación en A, B, C, y se anota en el margen del inventario, en su renglón correspondiente.
2. Se elabora una tarjeta para cada renglón del inventario, anotando el número clave (un número interno que se dará el taller), el nombre del artículo, el precio unitario, la cantidad promedio de consumo mensual y el valor de utilización, el cual se obtiene al multiplicar el precio unitario por la cantidad de consumo.
3. Se colocan las tarjetas en un tarjetero de acuerdo con el orden de valor es decir, de mayor a menor valor. La primera tarjeta se pone al final de la pila, siendo la de mayor valor.
4. Con una cinta métrica o una regla se mide el largo total de las tarjetas apliladas en la caja o tarjetero.

5. Se multiplica la medida del largo total por el porcentaje deseado (que sale de la práctica) para la clasificación A. Ejemplo 40 cm (largo total) x 0,15 (15%) = 6cm.
6. Se miden los centímetros obtenidos en el paso anterior, desde la primera tarjeta, o sea la de valor mas alto, hasta la tarjeta a la cual llegue la medida. Ahí se coloca la tarjeta divisoria con la letra A.
7. Se efectúa el mismo procedimiento de mediciones para las divisiones B y C, colocando un separador en cada división.
8. Se suman los valores de utilización (VU) anotados en las tarjetas separadas en la clasificación A, y se divide el resultado entre el VU total del inventario, o bien, de la suma total de los VU de todas las tarjetas en la caja.
9. Se divide la suma de VU de la clasificación A entre el valor total de todas las tarjetas, y se obtiene así el porcentaje del valor de esta clasificación.
10. No es necesario contar las tarjetas de cada división, pues el dato de porcentaje de artículos de cada clasificación se obtuvo anticipadamente con la medición en el tarjetero.
11. A continuación se procede a obtener los porcentajes de valor de las divisiones B y C.

A título ilustrativo se incluye un posible modelo de tarjeta de control.

NOMBRE				CLAVE
Fecha	Precio	Consumo	Valor utilización	

### ***Políticas de clasificación por utilización y valor.***

#### **Clase A**

1. Se llevan registros de inventario perpetuo.
2. Se calculan lotes económicos, punto de reorden y niveles de seguridad.
3. Hay que procurar que los pedidos sean lo mas frecuente posibles y por las cantidades mínimas que acusen los estudios del punto anterior.
4. Es necesario revisar y supervisar las existencias con inventarios selectivos, efectuando una rotación, diaria, semanal o mensual en los anaqueles.
5. Los pedidos de compra deben ser revisados y aprobados por el jefe de compras, quien asignará una persona para el control de los inventarios.
6. Se hace un reporte mensual para la dirección.

#### **Clase B**

1. Se establecen ciclos fijos de reorden o por contrato de entrega de proveedores con fechas o períodos fijos al año.
2. Se mantienen existencias de reservas programadas de repuestos en cantidades limitadas con base en cálculos estadísticos de consumo de períodos anteriores.
3. No es necesario recurrir a tarjetas de registros de inventario permanente.
4. Se calcula el punto de reorden de acuerdo a máximos y mínimos de existencias.

5. Se establece un método de doble depósito para ordenar cuando se llegue a la cantidad mínima.
6. Los pedidos deben ser autorizados únicamente por el jefe de departamento de compras.

#### Clase C

1. No es necesario llevar registros de inventario perpetuo.
2. Se calcula el punto de reorden.
3. Se establece un método de doble depósito.
4. Para compras de poco valor no se elabora pedido.

#### ***Lote óptimo de compra***

El lote económico de compra constituye un método determinístico que sirve de base para la toma de decisiones en lo que respecta a cuanto y como reabastecer.

Debe cubrir tres objetivos.

1. Reducir al mínimo posible el nivel del valor total del inventario.
2. Reducir al mínimo la incidencia de faltantes.
3. Reducir los gastos de adquisición y de almacenamiento.

La realización de estos objetivos ha constituido siempre un problema para decidir cuanto comprar. Si se ordenan grandes compras, el tamaño de los lotes es mayor y mayor el costo de almacenamiento, por la inversión, por emplear mas espacio y por necesitar mas personal en recepción y control. Sin embargo, se reduce el costo de las ordenes de compra (k). Los pequeños lotes reducen los costos de almacenamiento, pero aumentan los costos de las ordenes de compra; en el cual ingresa el valor del flete que es el mas importante.

Con todos estos datos definimos el lote optimo de compra como sigue.

$$q = \sqrt{\frac{2.D.k}{P.t}}$$

donde

q = lote optimo de compra en unidades.

D = demanda anual en unidades, esto es para un período de un año.

k = costo de la orden en \$

P = precio unitario del producto en \$/unidad

t = costo de almacenamiento en %

donde t es

$$t = \sum i.P$$

e i son lo porcentajes (%) que se estimarán sobre el inventario valorizado.

#### ***Punto de reorden***

El punto de reorden resuelve el cuándo ordenar o reabastecer, mediante sistemas probabilísticos. El punto de reorden es el nivel precalculado de existencias de repuestos, que indica que la cantidad almacenada se consumirá durante el *período de reabastecimiento*. El punto de reorden puede considerarse como la señal que indica la necesidad de hacer un pedido por la cantidad necesaria para recuperar el nivel del tope fijado como máximo de existencias.<sup>1</sup>

### ***Cálculo del punto del reorden***

$$Sp = c \cdot d + H\sqrt{c \cdot d}$$

donde

Sp = es el punto de reorden o stock de protección en unidades.

H = es una constante de probabilidad.

c = es el consumo diario de repuestos en unidades y viene dada por  $c = D/365$  (Ver página 25)

d = es la demora en días de reponer el stock original desde que se detecto la falta hasta que ingresa nuevamente en el inventario. También se conoce como período de reabastecimiento.

H se calcula con el nivel de confianza para mantener el stock sin que hay períodos de desabastecimiento. Para un nivel de confianza de 95% el valor de  $H = 1,96$ .

Dada la baja demanda anual estimada para la fábrica objeto de nuestro análisis, no se estima necesario hacer este cálculo ya que dará un valor muy bajo.

Para ello se establece que cuando las existencias lleguen a 1 unidad de cualquier repuesto, de cualquier denominación, se hará el pedido correspondiente.

## Herramientas para el análisis de la implementación del TPM

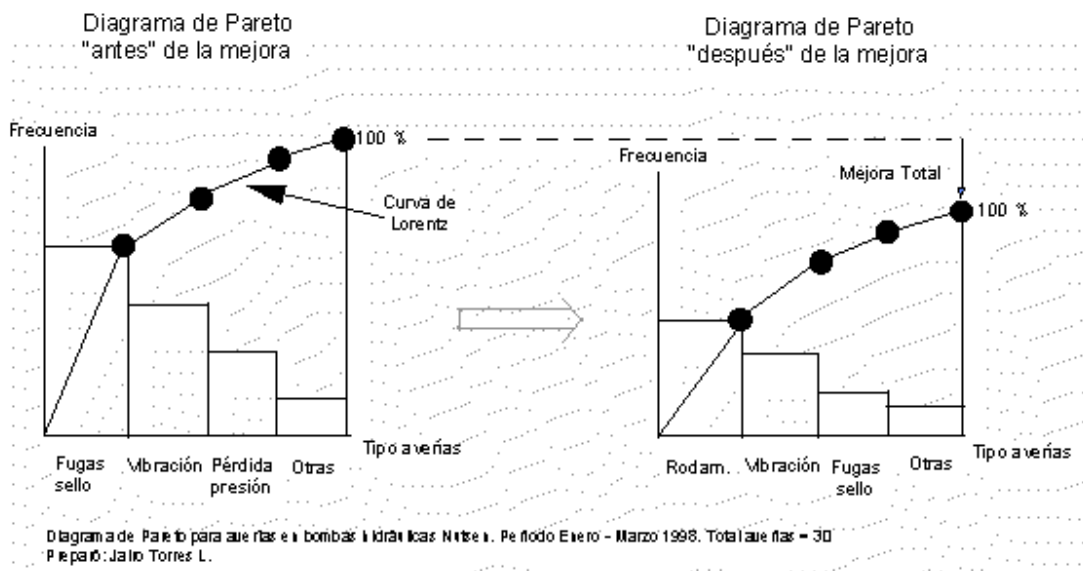
### Principio de Pareto

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

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

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

El Diagrama de Pareto es un instrumento que permite graficar por orden de importancia, el grado de contribución de las causas que estamos analizando o el conjunto de problemas que queremos estudiar. Se trata de clasificar los problemas y/o causas en vitales y triviales. Para construir el diagrama de Pareto se pueden seguir los siguientes pasos:



### 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.

(1) Eje vertical.

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

(2) Eje horizontal.

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

#### *Paso 5*

Construir el diagrama de barras.

#### *Paso 6*

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

#### *Paso 7*

Escribir notas de información del diagrama como título, unidades, nombre de la persona que elaboró el diagrama, período comprendido y número total del datos. Un diagrama de Pareto es el primer paso para eliminar las averías importantes del equipo. En todo estudio los siguientes aspectos se deben tener en cuenta:

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

Con la cooperación de todos se podrán obtener excelentes resultados. Uno de los objetivos del Diagrama de Pareto es el de mostrar a todas las personas las áreas prioritarias en que se deben concentrar todas las actividades y el esfuerzo del equipo. El Diagrama de Pareto presenta claramente la magnitud relativa de los problemas y suministra a los técnicos una base de conocimiento común sobre la cual trabajar. Una sola mirada vasta para detectar cuales son las barras del diagrama que componen el mayor porcentaje de los problemas. La experiencia demuestra que es más fácil reducir a la mitad una barra alta que reducir una barra de reducida altura a cero.

## **Diagrama de Causa Efecto (Ishikawa)**

### **Diagrama de Causa y Efecto**

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

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

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

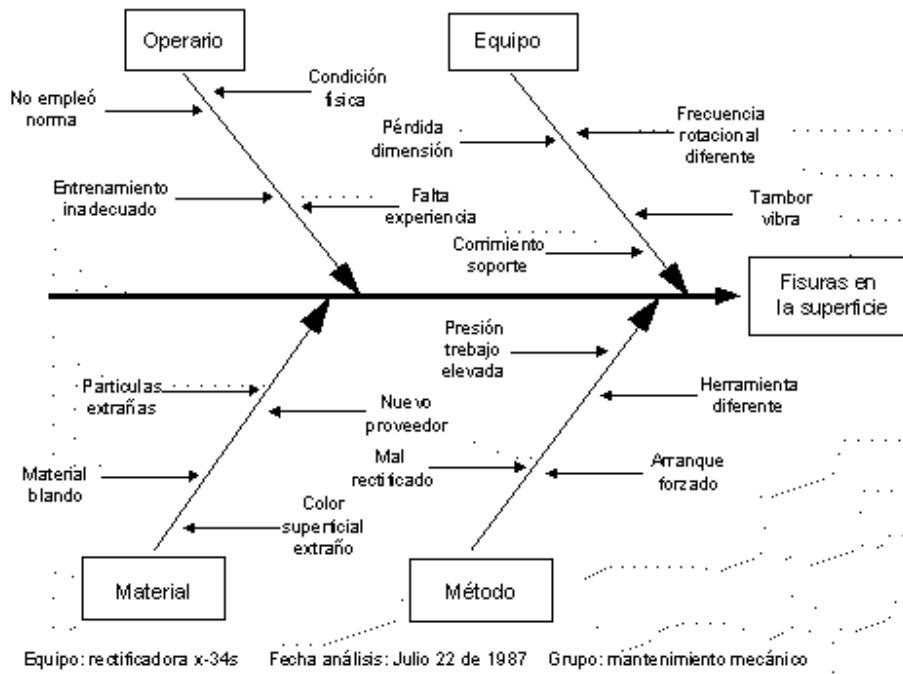
### **Construcción del diagrama de Causa y Efecto.**

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

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

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

- El Diagrama de Causa y Efecto debe llevar información complementaria que lo identifique. La información que se registra con mayor frecuencia es la siguiente: título, fecha de realización, área de la empresa, integrantes del equipo de estudio, etc.



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

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

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

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

#### Causas debidas a la materia prima

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

#### Causas debidas a los equipos

En esta clase de causas se agrupan aquellas relacionadas con el proceso de transformación de las materias primas como las máquinas y herramientas empleadas,

efecto de las acciones de mantenimiento, obsolescencia de los equipos, cantidad de herramientas, distribución física de estos, problemas de operación, eficiencia, etc.

#### Causas debidas al método

Se registran en esta espina las causas relacionadas con la forma de operar el equipo y el método de trabajo. Son numerosas las averías producidas por 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.

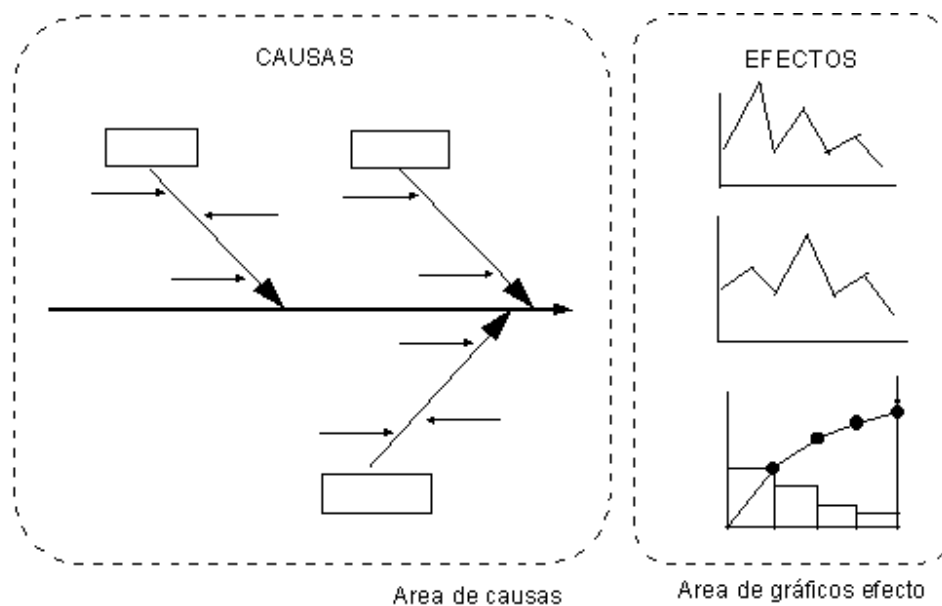
Frecuentemente en los procesos industriales los problemas de los sistemas de medición pueden ocasionar pérdidas importantes en la eficiencia de una planta. Es recomendable crear un nuevo grupo de causas primarias para poder recoger las causas relacionadas con este campo de la técnica. Por ejemplo: descalibraciones 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.

El animador de la reunión es el encargado de registrar las ideas aportadas por los participantes. Es importante que el equipo defina la espina primaria en que se debe registrar la idea aportada. Si se presenta discusión, es necesario llegar a un acuerdo sobre donde registrar la idea. En situaciones en las que es difícil llegar a un acuerdo y para mejorar la comprensión del problema, se pueden registrar una misma idea en dos espinas principales. Sin embargo, se debe dejar esta posibilidad solamente para casos extremos.

### **Diagrama CEDAC. (Causa Efecto con adición de cartas)**

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 a el 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:

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



### 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 sabemos y no sabemos 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 las 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:

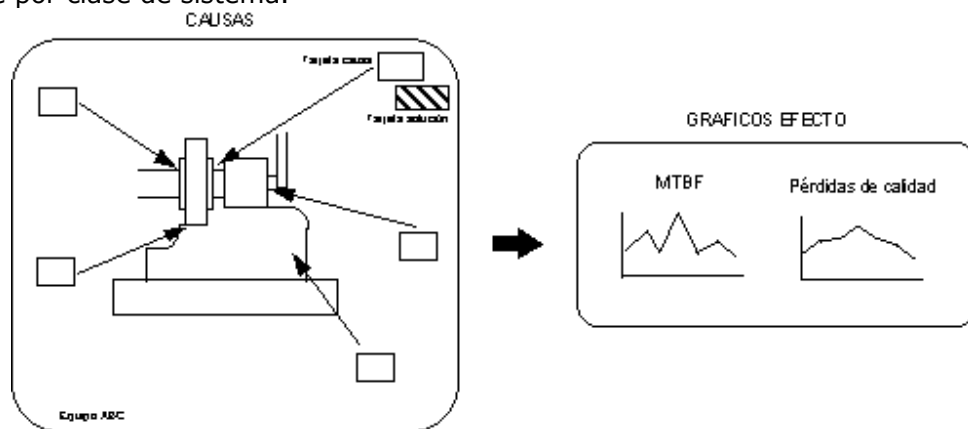
**Paso 1. Definir el tema que se va a diagnosticar**

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

**Paso 2. Preparar el tablero CEDAC**

Escribir "todo" el conocimiento posible que tenemos 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.



**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.

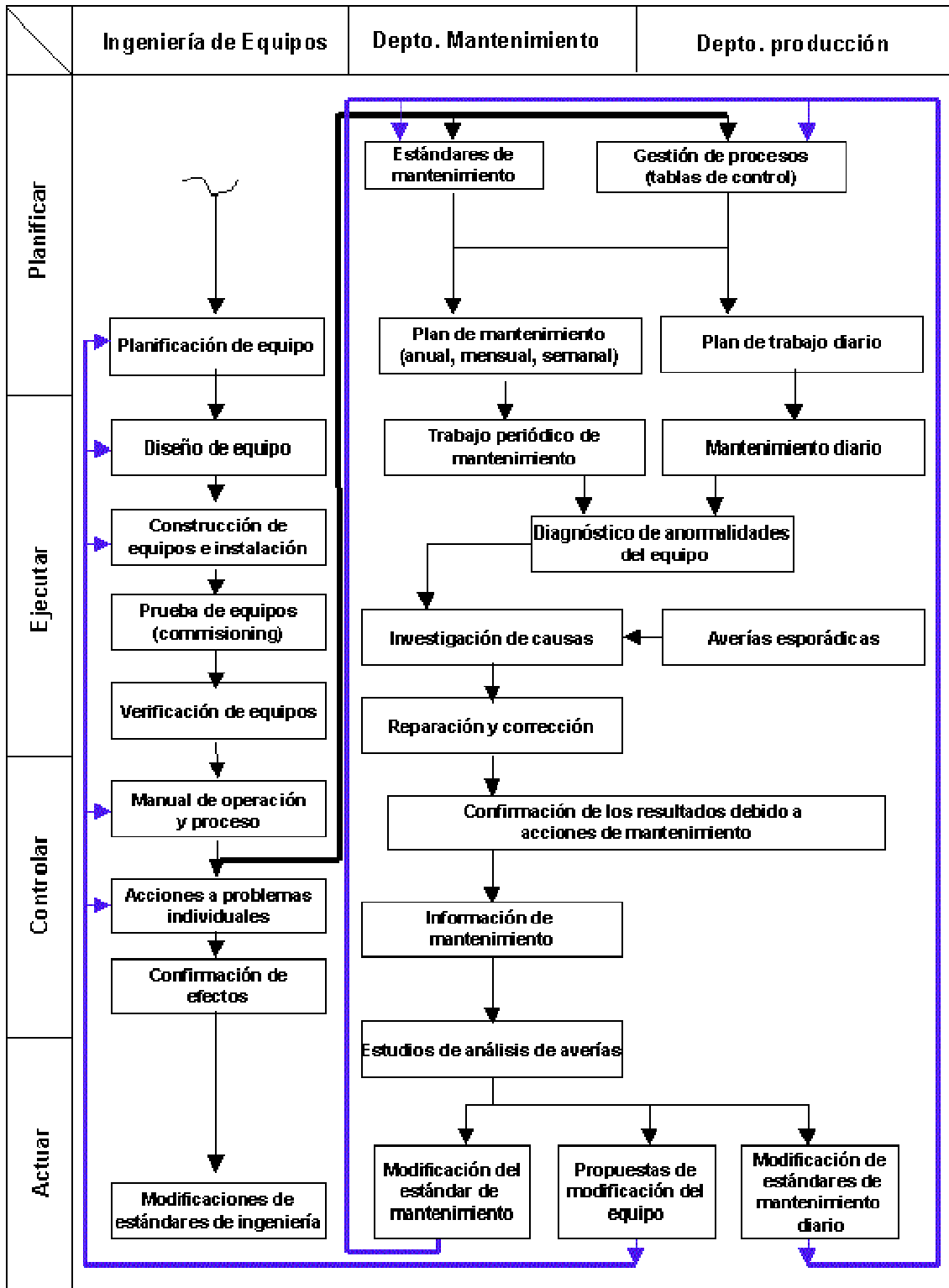
Al participar un mayor número de personas y con el método de registro de información, Fukuda considera que es más fácil descubrir aquellas causas que desconocemos y se eliminan sobre la base de mejoras paso a paso y progresivas.

#### **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 se 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, pueden brindarle muy buenos resultados, tanto en la mejora del conocimiento, como de en el incremento de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

## CICLO DEMING EN LA DIRECCION DE MANTENIMIENTO



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

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

- Análisis PM (Physical Method). Esta técnica se concentra en el análisis de los principios físicos del problema en estudio.
- Análisis Porqué-Porqué. Esta técnica emplea un proceso de diagnóstico riguroso.
- Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)

## **Método Porqué-Porqué**

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

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

Para evitar caer durante el análisis de averías en temas con los siguientes: "es un problema de políticas de la compañía", "debido a la falta de personal...", "falta de capacitación del personal" "no hay repuestos", el método Porqué-Porqué busca a través de la inspección y el análisis físico identificar todos los posibles factores causales para lograr reconstruir el deterioro acumulado del equipo. Esta técnica es una buena compañera del método PM si se emplea previamente. En casos con alto grado de deterioro se recomienda este procedimiento.

### **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 en igual forma como se efectuó en el método PM. De este análisis se identifican posibles factores causales, los cuales se someterán a inspección para verificar la validez de la siguiente manera:

Este proceso se continua hasta el momento en que se identifican acciones correctivas para la causa. Las acciones correctivas se registran en un plan de mejora o plan Kaizen. Se espera que el diagnóstico no requiera de más de cinco rondas. Una vez

finalizado este proceso se pueden seleccionar otras causas en las diferentes rondas y se repite el procedimiento. De esta forma se analizan la totalidad de posibles factores causales, obteniendo un plan general de mejora para el equipo.

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

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

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

El AMFE se ha introducido en las actividades de mantenimiento industrial gracias al desarrollo del Mantenimiento Centrado en la 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 AMFE se utiliza en numerosos sectores industriales y se ha asumido como una herramienta clave en varios de los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Los Propósitos del AMFE son:

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

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

*Dentro de un grupo de problemas, es posible*

### *realizar una priorización de ellos*

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

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

La ocurrencia es la frecuencia de la avería. La severidad es el grado de efecto o impacto de la avería. Detección es la grado de facilidad para su identificación. Existen diferentes formas de evaluar estos componentes. La forma más usual es el empleo de escalas numéricas llamadas *criterios de riesgo*. Los criterios pueden ser cuantitativos y/o cualitativos. Sin embargo, los más específicos y utilizados son los cuantitativos. El valor más común en las empresas es la escala de 1 a 10. Esta escala es fácil de interpretar y precisa para evaluar los criterios. El valor inferior de la escala se asigna a la menor probabilidad de ocurrencia, menos grave o severo y más fácil de identificar la avería cuando esta se presente. En igual forma un valor de 10 de asignará a las averías de mayor frecuencia de aparición, muy grave donde de por medio está la vida de una persona y existe una gran dificultad para su identificación. La prioridad del problema o avería para nuestro caso, se obtiene a través del índice conocido como Número Prioritario de Riesgo (NPR). Este número es el producto de los valores de ocurrencia, severidad y detección. El valor NPR no tiene ningún sentido (Ford 1992) Simplemente sirve para clasificar en un orden cada unos de los modos de falla que existen en un sistema. Una vez el NPR se ha determinado, se inicia la evaluación sobre la base de definición de riesgo. Usualmente este riesgo es definido por el equipo que realiza el estudio, teniendo como referencia criterios como: menor, moderado, alto y crítico. En el mundo del automóvil (Ford 1992) se ha interpretado de la siguiente forma el criterio de riesgo:

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

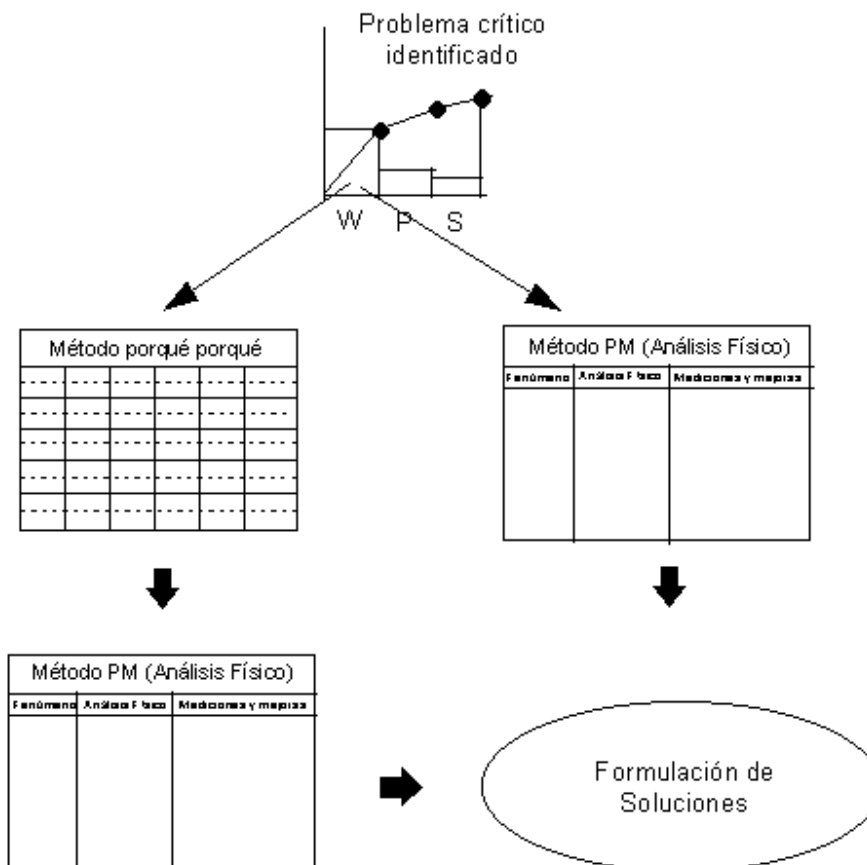
## **Estrategia de Mejora con Métodos de Mantenimiento**

### **Diagnóstico del problema**

Técnicas: Porqué-Porqué y método PM

La estrategia de Mantenimiento Productivo Total para el diagnóstico de averías se inicia con la utilización de la técnica Porqué-Porqué. 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.

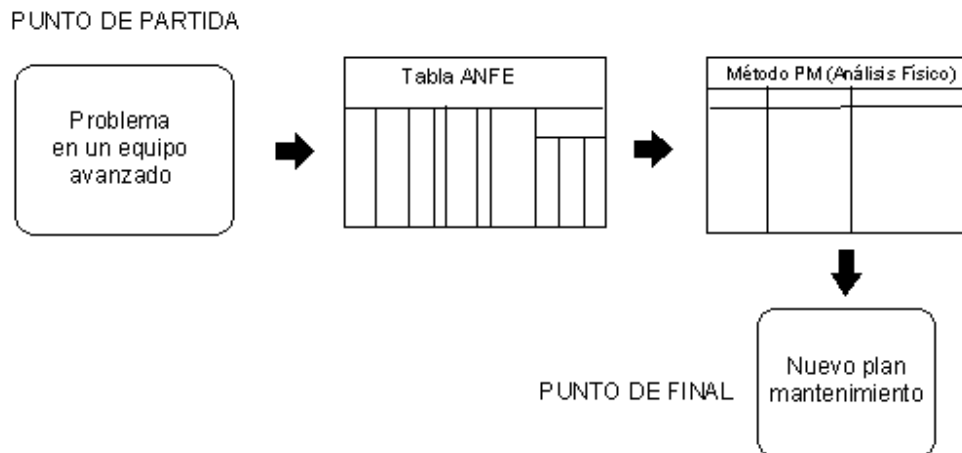
Cuando un equipo se encuentra bien mantenido y presenta una avería, se puede realizar su diagnóstico aplicando un análisis PM. Pero si el equipo se encuentra deteriorado y sus condiciones básicas están descuidadas, se considera que es más apropiado iniciar un estudio con la técnica Porqué-Porqué, antes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



### Estrategias de Mantenimiento Productivo Total

#### 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 AMFE 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.



### El problema crítico de liderazgo en TPM y 5S

Son numerosos los directivos de empresa que se hacen la siguiente pregunta: ¿Porqué en nuestra empresa, donde hemos realizado inversiones importantes en formación sobre temas de mejora continua, no avanza el proceso con la velocidad que deseamos, en especial, cuando esperamos resolver problemas de productividad y calidad significativos para mantener la capacidad competitiva? Este es un reflejo del desánimo de numerosos responsables de áreas industriales que han emprendido programas de 5S, TPM, SMED, Lean, etc y no han logrado los resultados esperados o no son suficientes para responder a los cambios que exige hoy el entorno económico. Vale la pena explorar este tema para identificar causas soluciones para este tipo de situaciones en la empresa. Las causas más frecuentes de la pérdida de eficacia de los programas de mejora son entre otras, las siguientes:

1. Los programas se han implantado con una fuerte concentración en métodos técnicos, con poca atención, a los procesos de cambio del comportamiento humano.
2. Los programas no cuentan con una estructura organizativa que respalde el proceso de mejora en toda la organización. Se trata de una iniciativa exclusiva de un equipo reducido de técnicos. La alta dirección no se ha comprometido con el proceso de cambio y ha delegado en un responsable el proceso de cambio.
3. En los procesos prácticos de mejora, la dirección media (supervisores, encargados o jefes de turno) no participan activamente en el proceso de implantación, ya que están concentrados en "administrar" la rutina diaria, en lugar de "guiar" el cambio.
4. Los procesos de mejora no poseen sistemas de dirección poderosos que permitan sostener por largo plazo las iniciativas de mejora. Las acciones de mejora están desarticuladas con los objetivos estratégicos de la compañía o no se disponen de mecanismos específicos para controlar y promover su logro.
5. Falta de visión y misión en toda la organización. Programas de mejora continua son desarrollados como programas técnicos y no cuentan con una visión que anime e inspire a los participantes a lograr altas metas, tanto personales como corporativas.
6. Estrategia de formación deficiente. En numerosas iniciativas de formación se cree que las presentaciones en Powerpoint y proyectores excelentes serán suficientes para lograr cambios en el personal. Estas reuniones son cortas y unidireccionales; esto es,

el personal no es actor del proceso de formación; se transforman en observadores y con curiosidad atienden las explicaciones. Sin embargo, al salir de las clases, la información comunicada no se transforma en acción verdadera de cambio.

7. Falta de programas de refuerzo y reconocimiento de los logros alcanzados. Numerosas empresas emplean sistemas de sugerencias individuales y grupales para reconocer la creatividad e innovación del personal. Sin embargo, estos programas no están articulados con programas de mejora continua o simplemente premian una idea y no la productividad continua de ideas a lo largo del tiempo.

8. Falta de espacio para el diálogo y conversación. Las empresas han utilizado como mecanismos de trabajo, largas sesiones grupales y reuniones. Estas reuniones no han dado los resultados esperados. Primero que todo, por la dificultad de convocarlas, reunir al personal de los diferentes turnos, pérdida de tiempo en las reuniones por la falta de desarrollo de habilidades de trabajo en equipo, disciplina y liderazgo deficiente. Existe la creencia que para mejorar continuamente, es necesario crear sistemas de trabajo en salas de reuniones alejados de los sitios de trabajo. Las empresas emplean pocas formas de trabajo como la gestión diaria de 5 o 10 minutos, modelos de formación "justo a tiempo" o en "tiempo real", sistema CEDAC para el análisis de problemas en el puesto de trabajo y otros mecanismos útiles para hacer de las acciones de mejora, una actividad dinámica que se realiza en cada momento en el puesto de trabajo.

9. Falta de fuertes relaciones interfuncionales. Cuando las iniciativas de mejora en el pasado, han sido responsabilidad de un departamento y este no ha actuado en el pasado en forma dinámica, es frecuente que este departamento impida el progreso de las mejoras, especialmente las que nacen de los niveles operativos. Es frecuente escuchar los siguientes comentarios de algunos directivos de departamentos de mantenimiento, calidad, ingeniería de proceso y otros donde se aprecia la existencia de este *freno* a los procesos de mejora: "ellos no saben como funciona el sistema", "no tienen la capacidad para entender el tema", "en lugar de mejorar van a deteriorar el equipo", "nosotros somos los responsables de este asunto, que ellos se dediquen a su labor", etc. La falta de esta clase de relaciones de cooperación entre áreas funcionales de la empresa, implica una pérdida de agilidad en la respuesta a las acciones sugeridas por el personal operativo. Al no ofrecer soluciones concretas en corto tiempo, el personal operativo pierde la ilusión e interés para continuar aportando sugerencias de mejora.

10. Falta de datos y metodología de trabajo. Para mejorar es necesario contar con información. Es frecuente la falta de métodos de recogida de datos, proceso y análisis de estos. Numerosas iniciativas de mejora se logran practicando los principios de prueba y error. Este sistema es lento, poco seguro e ineficaz para lograr resultados concretos. En los procesos de mejora no es suficiente aplicar como instrumento de trabajo, técnicas como la tormenta de ideas. Estas no son suficientes y no aplican para todo tipo de problemas. La falta de tecnología "suave" para la búsqueda de oportunidades es una causa frecuente de la baja productividad de los procesos de mejora continua.

He presentado un decálogo de las principales causas que hemos encontrado, sobre la falta de eficacia de los sistemas de mejora. No están ordenados por frecuencia o por impacto. Un estudio cuantitativo posterior, nos podrá orientar en esta dirección. Este estudio, es el producto de la aplicación del método Delphi, en los que participan directivos, personal operativo y consultores. Permite identificar los puntos clave para la

actuación directiva, en empresas que pretenden desarrollar acciones de mejora e intervención profunda en sus organizaciones.

Los programas se han implantado con una fuerte concentración en métodos técnicos, con poca atención, a los procesos de cambio del comportamiento humano.

La creación de hábitos es fundamental para lograr sostener los procesos TPM, 5S, y otras estrategias. Los coordinadores de esta clase de proyectos deben conocer los principios y metodologías para intervenir los comportamientos de las personas (cambio organizacional). Desde Pitágoras (Versos Dorados), hasta nuestros días (7 hábitos de las personas altamente eficaces - S- Cobey) se han publicado numerosos recursos bibliográficos, útiles para el desarrollo de hábitos y nuevos comportamientos de las organizaciones y de sus integrantes. Creo que estos temas son asignaturas obligatorias para cualquier coordinador, directivo o consultor en estos procesos de mejora. Las organizaciones las hacen y las forman las personas; tanto el TPM, como las 5S y otras estrategias de mejora, pretenden que los "recursos internos", como el conocimiento, experiencia y capacidad de análisis, se pongan al servicio de la mejora de la productividad y capacidad competitiva de las empresas.

---

Los programas no cuentan con una estructura organizativa que respalde el proceso de mejora en toda la organización. Se trata de una iniciativa exclusiva de un equipo reducido de técnicos. La alta dirección no se ha comprometido con el proceso de cambio y ha delegado en un responsable el proceso de cambio.

La creación del Comité TPM o 5S a alto nivel de la compañía es fundamental para liderar este proceso. La formulación de objetivos y el diseño de mecanismos de control al nivel superior de la compañía, debe garantizar la supervivencia a largo plazo de este tipo de proceso de mejora. La promoción, soporte, motivación y asignación de recursos, son responsabilidades del equipo superior de la empresa y no se pueden delegar a la coordinación de proceso de mejora.

---

En los procesos prácticos de mejora, la dirección media (supervisores, encargados o jefes de turno) no participan activamente en el proceso de implantación, ya que están concentrados en "administrar" la rutina diaria, en lugar de "guiar" el cambio.

La estructura funcional es la que debe implantar en cada área las actividades TPM y 5S. ¿Porqué esta dirección no asume el liderazgo? ¿donde están los fallos organizacionales?. Una de las principales causas del fracaso de los procesos TPM y 5S es la existencia de la creencia que es el facilitador o coordinador TPM o 5S, quien debe implantar el proceso, aspecto este muy alejado de la realidad. Para resolver este asunto, se deben establecer los medios de gestión y desarrollar el entrenamiento para la supervisión (no de conceptos TPM y/o 5S), sino de gestión y liderazgo del TPM y 5S. La producción de buenos principios de gestión TPM y 5S ayudará a mostrar la metodología y responsabilidad de la supervisión en estos procesos. Nuevamente, todo esto se trata de un modelo de creación de hábitos, que para el caso de la dirección media, son hábitos de buena gestión.

---

Los procesos de mejora no poseen sistemas de dirección poderosos que permitan sostener por largo plazo las iniciativas de mejora. Las acciones de mejora están desarticuladas con los objetivos estratégicos de la compañía o no se disponen de mecanismos específicos para controlar y promover su logro.

Existe un excelente modelo de gestión que permite la integración de los objetivos estratégicos de la compañía y las acciones de mejora en los diferentes niveles de la empresa. Este sistema es conocido en Japón con el nombre de Hoshin Kanri o Dirección por Políticas. Hoy empleamos un nuevo modelo de dirección de empresa conocido como Productividad Total, procedente del Hoshin Kanri, más universal que el TPM, que permite articular las estrategias Lean TPM, TQM, Mass Customization y otras estrategias de mejora, en un solo modelo de gestión corporativo. La Productividad Total es la solución japonesa al desarrollo del pensamiento estratégico de una corporación hacia la productividad en todas las unidades estratégicas de la empresa. Este es un tema muy desconocido en occidente, ya que se trata de estrategias corporativas, muy protegidas por la industria japonesa. Podríamos decir, es la siguiente etapa del TPM, pero con visión de alta política de empresa.

Estrategia de formación deficiente. En numerosas iniciativas de formación se cree que las presentaciones en Powerpoint y proyectores excelentes serán suficientes para lograr cambios en el personal. Estas reuniones son cortas y unidireccionales; esto es, el personal no es actor del proceso de formación; se transforman en observadores y con curiosidad atienden a las explicaciones. Sin embargo, al salir de las clases, la información comunicada no se transforma en acción verdadera de cambio.

El sistema de formación "JIT" tiene como propósito enseñar justo lo que necesita el operario y en el momento oportuno. El mejor instrumento para realizar este tipo de formación son las Lecciones de Un Punto (OPL`s). Esto exige que el supervisor o responsable del área, sea un gestor de la educación del personal y actuar como formador. El sistema debe ser diseñado con la posibilidad de ser auditado y valorado en el campo, esto es, el desarrollo de las habilidades y competencias. Una buena metodología que se puede aplicar en estos casos procede de la "evaluación por competencias".

Falta de programas de refuerzo y reconocimiento de los logros alcanzados. Numerosas empresas emplean sistemas de sugerencias individuales y grupales para reconocer la creatividad e innovación del personal. Sin embargo, estos programas no están articulados con programas de mejora continua o simplemente premian una idea y no la productividad continua de ideas a lo largo del tiempo.

Los sistemas de sugerencias sugeridos por el JIPM están relacionados con la productividad permanente de ideas. Para esto es necesario estructurar un modelo de gestión de ideas, donde prima el aporte de todos los trabajadores del área, generación continua y ámbito de responsabilidad de la idea. La producción de las ideas no es suficiente, es necesario valorar el método seguido de análisis, reconocer el empleo de métodos de solución de problemas, la participación en la implantación, y en algunas compañías se valora hasta el estilo y calidad de la presentación que realizan los operarios ante el personal directivo.

Falta de espacio para el diálogo y conversación. Las empresas han utilizado como mecanismos de trabajo, largas sesiones grupales y reuniones. Estas reuniones no han dado los resultados esperados.

Es necesario diseñar un sistema de "Acciones TPM" o "5 minutos TPM", que son sesiones cortas de trabajo y diálogo. En estas sesiones cortas se pueden estudiar numerosos problemas, analizar reclamaciones, fallos en el proceso o simplemente, realizar acciones 5S. Es importante reconocer que el buena parte del progreso y

transformación hacia una cultura de alta productividad se logra con estas pequeñas reuniones sistemáticas de trabajo. Que mejor durante el cambio de turno, donde existe la posibilidad de juntar los dos grupos de trabajadores para mantener unidad de criterios y visión común del trabajo.

Falta de fuertes relaciones interfuncionales.

El 65 % de los problemas de las empresas se debe a la falta de cooperación entre áreas. Son numerosos los problemas de pérdida de calidad, productividad y competitividad que son producidos por la falta de comunicación, errores de interpretación, falta de alineamiento estratégico o de unidad de criterio entre áreas de la empresa. En TPM sucede exactamente lo mismo, especialmente en la falta de integración para la acción entre los departamentos de producción y mantenimiento. Se toma un gran tiempo lograr romper las barreras existentes y construir una nueva forma de trabajo de alta cooperación, pero los frutos son sorprendentes cuando esta integración se logra. Para crear estas relaciones fuertes entre áreas se requiere de un liderazgo fuerte de la dirección de fábrica o industrial. Son estos directivos los verdaderos integradores de estas funciones y no existe otra alternativa más poderosa, que la creación de sistemas de trabajo conjunto, de planificación y control de resultados conjuntos para fortalecer las relaciones transversales de la organización de fábrica.

Falta de datos y metodología de trabajo.

Lo que no se mide no se puede mejorar y menos controlar. Los métodos científicos de trabajo exigen validar con hechos y datos el aporte de cada causa o fenómeno al efecto final que se estudia. "¿Es alto el porcentaje de defectos de este proceso? ...si es elevado, algunas veces es muy alto...¿cuanto afecta la velocidad de esta banda transportadora al porcentaje de defectos del producto final?. Si afecta y mucho....¿si modificamos el control del servomotor mejoraría la calidad?.....si..naturalmente..¿cuanto?...un montón...hay que hacerlo. En el fondo existe el mismo problema no se emplean datos y no se le presta atención la información. Los técnicos preferimos la máquina, los tornillos y la acción, pero poco nos gusta apuntar y escribir toda la información que genera la incidencia o la avería. Sin datos no podremos mejorar y realizar un trabajo más científico en TPM.

## **Mantenimiento Predictivo**

- 1. Introducción**
- 2. Definición del mantenimiento Predictivo**
- 3. Organización para el mantenimiento predictivo**
- 4. Metodología de las inspecciones.**
- 5. Técnicas aplicadas al mantenimiento predictivo**
- 6. Análisis de vibraciones**
- 7. Análisis de lubricantes**
- 8. Análisis por ultrasonido**
- 9. Termografía**
- 10. Análisis por árbol de fallas**
- 11. Análisis FMECA**

## 12. Conclusión

## 13. Bibliografía

### **INTRODUCCIÓN.**

Sin dudas, el desarrollo de nuevas tecnologías ha marcado sensiblemente la actualidad industrial mundial. En los últimos años, la industria mecánica se ha visto bajo la influencia determinante de la electrónica, la automática y las telecomunicaciones, exigiendo mayor preparación en el personal, no sólo desde el punto de vista de la operación de la maquinaria, sino desde el punto de vista del mantenimiento industrial.

La realidad industrial, matizada por la enorme necesidad de explotar eficaz y eficientemente la maquinaria instalada y elevar a niveles superiores la actividad del mantenimiento. No remediamos nada con grandes soluciones que presuponen diseños, innovaciones, y tecnologías de recuperación, si no mantenemos con una alta disponibilidad nuestra industria.

Es decir, la Industria tiene que distinguirse por una correcta explotación y un mantenimiento eficaz. En otras palabras, la operación correcta y el mantenimiento oportuno constituyen vías decisivas para cuidar lo que se tiene.

### **DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.**

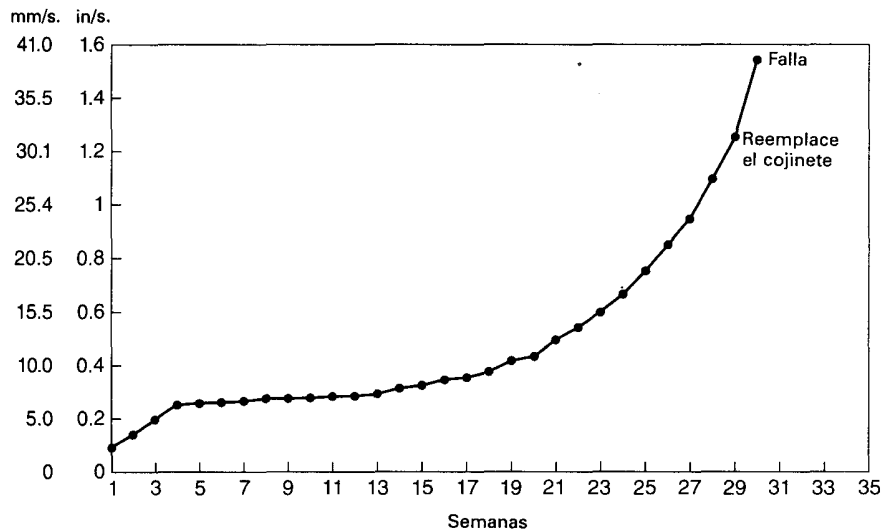
El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se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

### **ORGANIZACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.**

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

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

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



curva típica que resulta de graficar la variable (vibración) contra el tiempo. Como la curva lo sugiere, deberán reemplazarse los cojinetes subsiguientes cuando la vibración alcance 1,25 in/seg (31,75 mm/seg). Los fabricantes de instrumentos y software para el mantenimiento predictivo pueden recomendar rangos y valores para reemplazar los componentes de la mayoría de los equipos, esto hace que el análisis histórico sea innecesario en la mayoría de las aplicaciones.

### **METODOLOGÍA DE LAS INSPECCIONES.**

Una vez determinada la factibilidad y conveniencia de realizar un mantenimiento predictivo a una máquina o unidad, el paso siguiente es determinar la o las variables físicas a controlar que sean indicativas de la condición de la máquina. El objetivo de esta parte es revisar en forma detallada las técnicas comúnmente usadas en el monitoreo según condición, de manera que sirvan de guía para su selección general. La finalidad del monitoreo es obtener una indicación de la condición (mecánica) o estado de salud de la máquina, de manera que pueda ser operada y mantenida con seguridad y economía.

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

- **Vigilancia de máquinas.** Su objetivo es indicar cuándo existe un problema. Debe distinguir entre condición buena y mala, y si es mala indicar cuán mala es.
- **Protección de máquinas.** Su objetivo es evitar fallas catastróficas. Una máquina está protegida, si cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos, la máquina se detiene automáticamente.

- Diagnóstico de fallas. Su objetivo es definir cuál es el problema específico.  
Pronóstico de vida la esperanza a. Su objetivo es estimar cuánto tiempo más Podría funcionar la máquina sin riesgo de una falla catastrófica.

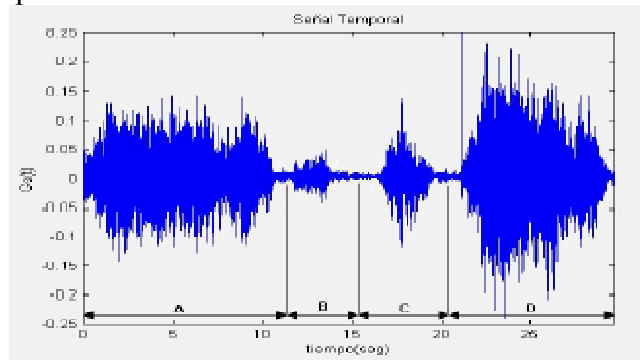
En el último tiempo se ha dado la tendencia a aplicar mantenimiento predictivo o sintomático, sea, esto mediante vibroanálisis, análisis de aceite usado, control de desgastes, etc.

### **TÉCNICAS APLICADAS AL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.**

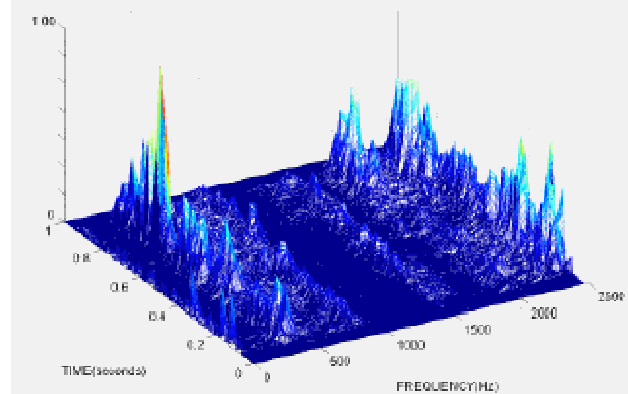
Existen varias técnicas aplicadas para el mantenimiento preventivo entre las cuales tenemos las siguientes:

#### **1. Análisis de vibraciones.**

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



Registro de vibraciones en un ciclo de trabajo de la pala



Transformada Tiempo-Frecuencia.

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

Parámetros de las vibraciones.

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

Tipos de vibraciones.

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

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

A continuación detallamos las razones más habituales por las que una máquina o elemento de la misma puede llegar a vibrar.

Vibración debida al Desequilibrado (maquinaria rotativa).

Vibración debida a la Falta de Alineamiento (maquinaria rotativa)

Vibración debida a la Excentricidad (maquinaria rotativa).

Vibración debida a la Falla de Rodamientos y cojinetes.

Vibración debida a problemas de engranajes y correas de Transmisión (holguras, falta de lubricación, roces, etc.)

## **2. Análisis de lubricantes.**

Estos se ejecutan dependiendo de la necesidad, según:

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

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

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

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

Equipos

- Bombas de extracción
- Envases para muestras
- Etiquetas de identificación
- Formatos

Para ver el gráfico seleccione la opción "Bajar trabajo" del menú superior

Este método asegura que tendremos:

Máxima reducción de los costos operativos.

Máxima vida útil de los componentes con mínimo desgaste.

Máximo aprovechamiento del lubricante utilizado.

Mínima generación de efluentes.

En cada muestra podemos conseguir o estudiar los siguientes factores que afectan a nuestra maquina:

Elementos de desgaste: Hierro, Cromo, Molibdeno, Aluminio, Cobre, Estaño, Plomo.

Conteo de partículas: Determinación de la limpieza, ferrografía.

Contaminantes: Silicio, Sodio, Agua, Combustible, Hollín, Oxidación, Nitración, Sulfatos, Nitratos.

Aditivos y condiciones del lubricante: Magnesio, Calcio, Zinc, Fósforo, Boro, Azufre, Viscosidad.

Gráficos e historial: Para la evaluación de las tendencias a lo largo del tiempo.

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

Tiempo perdido en producción en razón de desperfectos mecánicos.

Desgaste de las máquinas y sus componentes.

Horas hombre dedicadas al mantenimiento.

Consumo general de lubricantes

### **3. Análisis por ultrasonido.**

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

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

Para ver el gráfico seleccione la opción "Bajar trabajo" del menú superior

El Ultrasonido permite:

Detección de fricción en maquinas rotativas.

Detección de fallas y/o fugas en válvulas.

Detección de fugas de fluidos.

Pérdidas de vacío.

Detección de "arco eléctrico".

Verificación de la integridad de juntas de recintos estancos.

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

El sonido cuya frecuencia está por encima del rango de captación del oído humano (20-a-20.000 Hertz) se considera ultrasonido. Casi todas las fricciones mecánicas, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío producen ultrasonido en un rango aproximado a los 40 Khz

Frecuencia con características muy aprovechables en el Mantenimiento Predictivo, puesto que las ondas sonoras son de corta longitud atenuándose rápidamente sin producir rebotes.

Por esta razón, el ruido ambiental por más intenso que sea, no interfiere en la detección del ultrasonido. Además, la alta direccionalidad del ultrasonido en 40 Khz. permite con rapidez y precisión la ubicación de la falla.

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

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

Al igual que en el resto del mundo industrializado, la actividad industrial en nuestro País tiene la imperiosa necesidad de lograr el perfil competitivo que le permita insertarse en la economía globalizada. En consecuencia, toda tecnología orientada al ahorro de energía y/o mano de obra es de especial interés para cualquier Empresa.

#### **4. Termografía.**

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

Para ver el gráfico seleccione la opción "Bajar trabajo" del menú superior

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

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

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

El análisis mediante Cámaras Termográficas Infrarrojas, está recomendado para:

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

Las ventajas que ofrece el Mantenimiento Preventivo por Termovisión son:

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

### **5. Análisis por árbol de fallas.**

El Análisis por Árboles de Fallos (AAF), es una técnica deductiva que se centra en un suceso accidental particular (accidente) y proporciona un método para determinar las causas que han producido dicho accidente. Nació en la década de los años 60 para la verificación de la fiabilidad de diseño del cohete Minuteman y ha sido ampliamente utilizado en el campo nuclear y químico. El hecho de su gran utilización se basa en que puede proporcionar resultados tanto cualitativos mediante la búsqueda de caminos críticos, como cuantitativos, en términos de probabilidad de fallos de componentes.

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

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

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

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

### **6. Análisis FMECA.**

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

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

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

La técnica consiste en evaluar tres aspectos del sistema y su operación:  
Condiciones anticipadas de operación, y el fallo más probable.

Efecto de fallo en el rendimiento.

Severidad del fallo en el mecanismo.

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

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

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

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

## **CONCLUSIÓN.**

Es importante considerar que la productividad de una industria aumentará en la medida que las fallas en las máquinas disminuyan de una forma sustentable en el tiempo. Para lograr lo anterior, resulta indispensable contar con la estrategia de mantenimiento más apropiada y con personal capacitado tanto en el uso de las técnicas de análisis y diagnóstico de fallas implementadas como también con conocimiento suficiente sobre las características de diseño y funcionamiento de las máquinas.

En el presente trabajo se mencionaron varias de las técnicas de análisis utilizadas hoy en día, entre las que se destaca el análisis de vibraciones mecánicas, ilustrando con un gráfico su alcance así como la necesidad de usar diferentes indicadores con el fin de llegar a un diagnóstico acertado. Diagnosticado y solucionado los problemas, la vida de las máquinas y su producción aumentará y por tanto, los costos de mantenimiento disminuirán.

---

<sup>i</sup>**Alfonso Garcia Santu**

Enfoques Prácticos para la Planeación y Control de Inventarios

Editorial Trillas

Bibliotecas de las Ciencias de la Administración.

Año 1998

**Norberto J. Mounoir**

Manual de Stock

---

Editorial Astrea  
Año 1979

**James H. Green**  
Production and Inventory Control Handbook.  
Editorial Mc Graw Hill.  
1987 2<sup>da</sup> Edición.

---

## METODO PARA CALCULAR EL RENDIMIENTO GLOBAL DE LOS EQUIPOS Y PROCESOS PRODUCTIVOS

### TASA DE RENDIMIENTO GLOBAL DE UNA INSTALACION

Tiempo de trabajo = Tiempo pagado al operador

Tiempo de apertura  
(ó de carga de trabajo) = Tiempo de trabajo -- Tiempo de parada programado

Tiempo de parada programado = \* Puesta en marcha programada  
+ Mantenimiento programado  
+ Reuniones programadas

Tiempo bruto de funcionamiento = Tiempo de apertura -- \* Fallas  
\* Puesta en marcha  
\* Ajustes y calibraciones

Tiempo neto de funcionamiento = Tiempo bruto de funcionamiento -- \* Nivel de fallas  
\* Nivel de averías  
\* Pequeñas paradas

= Cantidad producida x Tiempo del ciclo real

Tiempo real de utilización  
(ó Tiempo de performance) = Tiempo neto de funcionamiento x Nivel de utilización  
= Cantidad producida x Tiempo del ciclo teórico

Nivel de utilización =  $\frac{\text{Tiempo del ciclo teórico}}{\text{Tiempo del ciclo real}}$

Tiempo útil = Tiempo real de utilización -- Tiempo de pérdidas por falta de calidad en el proceso

Nivel bruto de funcionamiento =  $\frac{\text{Tiempo bruto de funcionamiento}}{\text{Tiempo de apertura}}$

Nivel neto de funcionamiento =  $\frac{\text{Tiempo neto de funcionamiento}}{\text{Tiempo bruto de funcionamiento}}$

=  $\frac{\text{Cantidad producida} \times \text{Tiempo del ciclo real}}{\text{Tiempo bruto de funcionamiento}}$

Nivel real de utilización  
(ó Nivel de Performance) =  $\frac{\text{Tiempo real de utilización}}{\text{Tiempo bruto de funcionamiento}}$

=  $\frac{\text{Cantidad producida} \times \text{Tiempo del ciclo teórico}}{\text{Tiempo bruto de funcionamiento}}$

= Nivel neto de funcionamiento x Nivel de utilización

---

$$\text{Nivel de calidad} = \frac{\text{Tiempo útil}}{\text{Tiempo real de utilización}}$$

$$\text{Tasa de rendimiento global (T.R.G.)} = \frac{\text{Tiempo útil}}{\text{Tiempo de apertura}}$$

**T.R.G. en % = es la relación entre tiempo útil y el tiempo de apertura e indica el nivel de TPM de la instalación**

## ANALISIS GRAFICO DEL RENDIMIENTO GLOBAL DE UNA INSTALACION

### TIEMPO DE TRABAJO ( ó tiempo real pagado al operador del equipo )

Determinadas y aceptadas por la empresa

### TIEMPO DE APERTURA (ó de carga de trabajo)

PARADAS PROGRAMADAS

Pérdidas por paros de equipo como : Fallas, ajustes, configuración, cambio de herramientas

### TIEMPO BRUTO DE FUNCIONAMIENTO

PARADAS DE MAQUINA IDENTIFICADAS

### TIEMPO NETO DE FUNCIONAMIENTO (Cantidad de piezas producidas x tiempo del ciclo real )

DESVIACION DE RENDIMIENTO (PEQUEÑAS PARADAS)

### TIEMPO REAL DE UTILIZACION ( Cantidad piezas producidas por tiempo del ciclo teórico)

MENOR NIVEL DE USO

Pérdidas debido a velocidad inadecuada, tiempos muertos, paros menores, etc.

### TIEMPO UTIL ( piezas aceptadas por control calidad )

PERDIDAS POR DEFECTOS DE CALIDAD

Paros debido a productos defectuosos, mal rendimiento, etc.

$\text{RENDIMIENTO GLOBAL} = \frac{\text{TIEMPO UTIL}}{\text{TIEMPO DE APERTURA}} \left( \frac{\text{Tpo. Real de producción útil}}{\text{Tpo. de carga de producción}} \right)$
--

## TASA DE RENDIMIENTO GLOBAL - DEFINICIONES

A continuación detallaremos sintéticamente las definiciones fundamentales de la TPM, incluyendo la realización de un ejemplo práctico que permita su visualización.

---

## TIEMPO DE APERTURA

es el tiempo teórico durante el cual la máquina podría funcionar.

### Ejemplo de aplicación práctica :

Dos equipos

1 equipo = 8 horas

Tiempo de apertura = 2 equipos x 8 horas = 16 horas

## TIEMPO BRUTO DE FUNCIONAMIENTO

es el tiempo de apertura menos los tiempos de parada de la máquina identificados

### Ejemplo de aplicación práctica :

Falla ..... 1 hora

Cambio de serie de fabricación..... 3 horas

Espera para control..... 1 hora

Total de paradas ..... 5 horas

Tiempo Bruto de Funcionamiento = Tiempo de apertura -- Tiempo de parada  
= 16 horas -- 5 horas  
= 11 horas

## TIEMPO NETO DE FUNCIONAMIENTO

es el tiempo que hubiera sido necesario para fabricar las piezas, si se hubiera podido respetar el ritmo normal

### Ejemplo de aplicación práctica :

PRODUCTO	CANTIDAD	TIEMPO NORMAL UNITARIO	TIEMPO TOTAL
A-1	240	1 min.	$\frac{240 A \times 1 \text{ min.}}{60 \text{ min.}} = 4 \text{ horas}$
A-2	36	10 min.	$\frac{36 A \times 10 \text{ min.}}{60 \text{ min.}} = 6 \text{ horas}$
Tiempo Neto de Funcionamiento			10 horas

DESVIACION DE RENDIMIENTO = Tiempo Bruto -- Tiempo Neto =  
= 11 horas -- 10 horas = 1 hora

## TIEMPO UTIL

es el tiempo durante el cual la máquina fabricó piezas buenas al ritmo normal

**Ejemplo de aplicación práctica :** 12 productos A2 defectuosos. Tiempo unitario : 10 min.

**TIEMPO PERDIDO DEBIDO A LOS PRODUCTOS DEFECTUOSOS:**

CANTIDAD x TIEMPO UNITARIO = 12 x 10 min. = 120 min. = 2 horas  
 Tiempo útil = Tiempo Neto de Funcionamiento -- Tiempo perdido debido a productos defectuosos

**TIEMPO UTIL = 10 horas -- 2 horas = 8 horas**

En definitiva :

**TASA DE RENDIMIENTO GLOBAL**

**Es la relación entre el tiempo útil y el tiempo de apertura.**

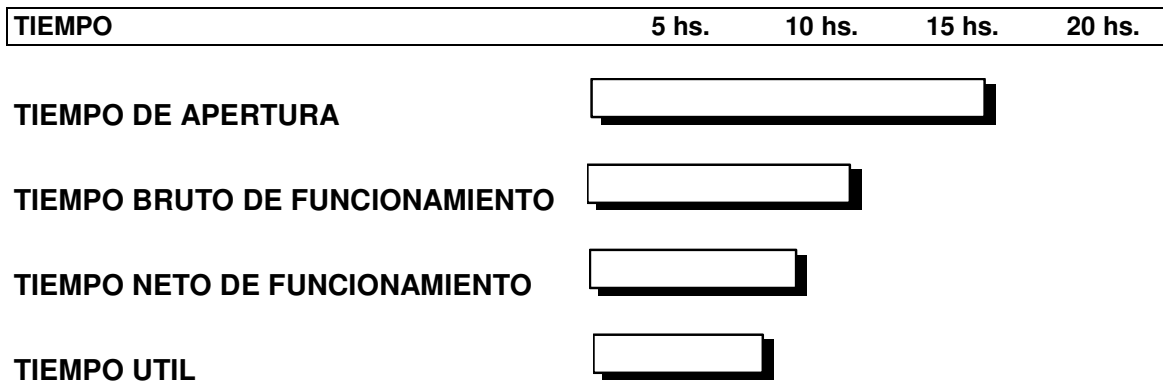
**Ejemplo de aplicación práctica :**

TIEMPO DE APERTURA = 16 hs.  
 TIEMPO BRUTO DE FUNC. = 11 hs.  
 TIEMPO NETO DE FUNC. = 10 hs.  
 TIEMPO UTIL = 8 hs.

Tasa de rendimiento global = Tiempo útil/ Tpo Apertura = 8/16 hs. = 50 %

Por lo tanto, podemos expresar que la TRG = 50 %

Esto implica que cada 2 máquinas, una no se utiliza para producir. En consecuencia debe buscarse la forma de mejorar la Tasa de Rendimiento Global.



**EJEMPLO DE CASO APLICADO**

**a) Tiempo de apertura :**

Tres equipos

1 equipo = 8 horas

Tiempo de apèrtura = 3 equipos x 8 horas = 24 horas

**b) Tiempo de paradas :**

Fallas..... 1 hora

Recepción de ordenes..... 1 hora

Cambio de serie..... 4 horas

---

Espera de material..... 1 hora  
Total paradas.....7 horas

**c) Tiempo Bruto de Funcionamiento:**

Tiempo de apertura -- Tiempo de parada = 24 horas -- 7 horas = 17 horas

**d) Tiempo Neto de Funcionamiento: 15 horas**

Desviación de rendimiento:

Tiempo Bruto -- Tiempo Neto = 17 horas -- 15 horas = 2 horas

**e) Tiempo Util:**

Cálculo del tiempo perdido debido a los productos defectuosos:

Cantidad x Tiempo unitario

10 x 6 min. = 60 min.

60 x 1 min. = 60 min.

Total = 120 min. = 2 horas

Tiempo útil = Tiempo Neto Funcionamiento --  $\frac{\text{Tiempo perdido debido a productos defectuosos}}{\text{productos defectuosos}}$

Tiempo útil = 15 horas -- 2 horas = 13 horas

**f) Tasa de rendimiento global:**

Tiempo útil / Tiempo de apertura de la máquina =  $\frac{13}{24} = 54\%$

En consecuencia, la TRG = 54 %

## MEDIDA DE LA FIABILIDAD

Para poder medir la fiabilidad de un equipamiento y/o instalación, necesitamos primero definir

### MEDIA DE LOS TIEMPOS DE BUEN FUNCIONAMIENTO ( M.T.B.F. = MEAN TIME BETWEEN FAILURE )

**La M.T.B.F es el valor medio de los tiempos entre las fallas consecutivas para un período dado de vida de un dispositivo.**

La M.T.B.F. es igual a la sumatoria de los tiempos de buen funcionamiento sobre el número total de fallas para un periodo dado de vida de una maquina. Por ello podemos también expresar que la M.T.B.F. es el tiempo medio entre fallas, o la Media de los Tiempos de Buen Funcionamiento.

*Ejemplo de aplicación :*

- Número total de las fallas ..... 5
- Tiempo total de buen funcionamiento ..... 350 horas

**M.T.B.F =  $\frac{\text{TOTAL DE LOS TIEMPOS DE BUEN FUNCIONAMIENTO}}{\text{NUMERO TOTAL DE TAREAS DE REPARACION}}$  =  $\frac{350 \text{ hs}}{5}$  = 70**

NUMERO TOTAL DE TAREAS DE REPARACION 5

---

En consecuencia, podemos expresar que *la FIABILIDAD de un equipamiento y/o una instalación es el tiempo medio de buen funcionamiento entre percances.*

### **MEDIDA DE LA MANTENIBILIDAD**

Para poder medir la mantenibilidad de un equipamiento y/o instalación, necesitamos primero definir la

#### **MEDIA DE LOS TIEMPOS DE LAS TAREAS DE REPARACION ( M.T.T.R. = MEAN TIME TO REPAIR )**

**La M.T.T.R. es el valor medio de los tiempos de las tareas de reparación.**

*Ejemplo de aplicación :*

- Número total de tareas de reparación..... 5
- Tiempo total de las tareas de reparación..... 15 horas

$$\text{M.T.T.R.} = \frac{\text{TOTAL DE LOS TIEMPOS DE LAS TAREAS DE REPARACION}}{\text{NUMERO TOTAL DE TAREAS DE REPARACION}} = \frac{15 \text{ hs}}{5} = 3 \text{ hs}$$

En consecuencia, podemos expresar que *la MANTENIBILIDAD de un equipamiento y/o una instalación es el tiempo medio técnico de reparación.*