

Parte 2 de 2

Total Productive Maintenance -T.P.M.-

Implementando el T.P.M.



Álvaro Palacio P.

3ª edición

Álvaro Palacio Posada

TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE - TPM

Implementando el TPM

Parte 2 de 2

3ª Edición

apalacioposada@gmail.com

Capítulo 17

Mantenimiento autónomo

Paso 6: Estandarización

Introducción

En este paso realizaremos una revisión del papel de los operadores, para mejorar la eficiencia, mediante el trabajo relacionado con la estandarización. Mantendremos así un sistema de inspección autónoma efectivo e integrado con el mantenimiento de la calidad, detectando las anomalías que afectan la calidad y comprendiendo la relación entre el equipo y la calidad.

Objetivo

El paso seis de mantenimiento autónomo pretende mantener un sistema efectivo de inspección autónoma, a través de:

- Mantenimiento y control de las actividades de inspección y mantenimiento de las condiciones básicas
- Extender la actuación de los operadores a los trabajos sobre la propia máquina y las áreas de su entorno
- Profundizar y mantener las reducciones de pérdidas ya obtenidas

Es recomendable este paso dividirlo en sub-pasos, que describan más a detalle las acciones a tomar; por tanto, se deben estandarizar las operaciones rutinarias para mantener el equipo en condiciones adecuadas y prevenir pérdidas en producción, en los aspectos relativos a:

- Calidad
- Cambios Formato RFT
- Operaciones Repetitivas
- Seguridad y Medio Ambiente



En los pasos anteriores, las actividades se han realizado con énfasis en mantener las condiciones básicas y la inspección diaria, primordialmente en los equipos. La estandarización pretende asegurar el mantenimiento y gestión de estas actividades y ampliar las áreas de responsabilidad del operario frente al trabajo relacionado con sus equipos y áreas alrededor de ellos. Reduciendo drásticamente las pérdidas, se da un toque de acabado a la gestión autónoma.

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 HoshinKanri.

Implementación de las actividades

El flujo de las actividades desarrolladas en los pasos 1 a 6 de “mantenimiento autónomo”, muestra una secuencia del modo de proceder; en primer lugar con el equipo, seguido por la calidad y el movimiento del trabajo. Las actividades relacionadas con el movimiento del trabajador, trata de “crear procesos suaves para los hombres”, prestando atención a su esfuerzo físico, lo cual es fundamental para el perfeccionamiento de la gestión autónoma.

Se pretende que todos los operadores alcancen un nivel determinado en el desempeño de su función. Se considera que un operario ha alcanzado el

nivel para realizar la gestión autónoma, solamente después de desempeñar su función al mismo nivel que el resto de operadores.

Clarificación de los conceptos controlables

Existe una serie de conceptos que debemos tener claros al realizar las actividades, como son:

- Criterios de distribución en línea
- Criterios para los estándares de trabajo
- Normas de registro de datos
- Criterios para manejo de moldes, útiles, herramientas e instrumentos de medición
- Criterios de gestión de piezas de repuesto
- Criterios de garantía de calidad del proceso

Consideraciones para la implementación

Lo que se necesita es ampliar la misión del operador, hacia el trabajo relacionado con los lugares alrededor de la máquina, analizar para qué fines está ejecutando el trabajo, clasificarlo en rutinario y no rutinario, comprobar si se han fijado normas para las actividades repetitivas (rutinarias) y sistematizar el trabajo y las normas.

Al considerar la eficacia de la mano de obra y de la máquina, observamos que en el trabajo habitual se realizan operaciones sin sentido, produciendo despilfarro y poca fiabilidad. Este es el objetivo a mejorar, mediante la observación del trabajo y la normalización.

Objetivos respecto a calidad

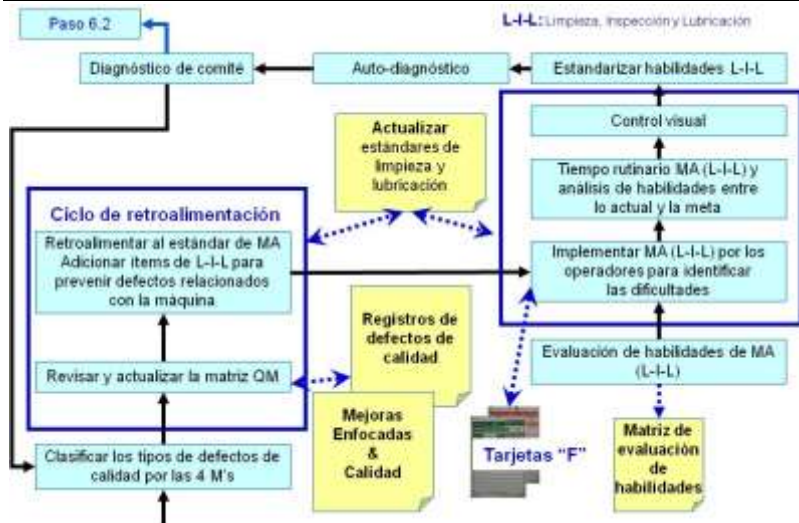
En este aspecto, se pretende desarrollar en los operadores la habilidad para entender la correlación entre las condiciones de la máquina y los defectos de calidad y prevenirlos a través de la limpieza, inspección y lubricación rutinarias. Desde el punto de vista de **habilidades**, los operadores adquieren la habilidad para entender la correlación entre las condiciones de la maquinaria y los defectos de calidad.

Actividades respecto a calidad

Las actividades a desarrollar en los operadores, para la estandarización en lo relativo a la calidad, son:

1. Identificar las **máquinas críticas** con el apoyo del Pilar de Mantenimiento de la Calidad.
2. Revisar y actualizar la **matriz de mantenimiento de la calidad - QM** (que muestra la correlación entre las condiciones de la maquina y los defectos de calidad)
3. Retroalimentar el **estándar de mantenimiento autónomo y mantenimiento planeado**. Actividades para prevenir defectos relacionados con la maquina.
4. Mejorar el tiempo de aplicación de los estándares. Identificar dificultades de aplicación
5. Actualizar los **controles visuales** para monitorear el deterioro en las máquinas
6. Elaborar las LUP's y los procedimientos necesarios para la aplicación del estándar.
7. Actualizar y homologar los estándares de **mantenimiento autónomo y mantenimiento planeado**.
8. Realizar el diagnostico de paso.

El siguiente diagrama, nos muestra de manera gráfica las actividades a desarrollar, relacionadas con la calidad:



DIAGNÓSTICO DE PASO 6 - "Estandarización - Calidad"				
Máquina:		Elaboró:		Fecha:
				Grupo:
Sec	Rubros	Revisar lo siguiente	Evaluación	¿Qué falta para obtener el máximo puntaje?
1	Identificar las máquinas críticas por calidad	Listado de máquinas del equipo Se tienen elaborados los listados de las máquinas por equipo	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
2		Criticidad de máquinas por calidad Se tienen definidas las máquinas críticas por calidad del equipo	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
3	Revisar y actualizar la matriz QM	Actualizar matriz QA Se tienen definidas las matrices QA para cada una de las máquinas críticas del equipo y se sabe la relación entre los defectos de calidad y las máquinas	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
4		Actualizar matriz QM Está realizado el 100% de las matrices QM para las máquinas críticas	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
5		Se actualizaron los tiempos de aplicación del estándar de la actividad 3 en el paso 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
6		Se elaboraron los listados de actividades a transferir de la matriz QM al estándar	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
7		Se definieron las frecuencias y los tiempos de aplicación de los nuevos estándares	1 - 2 - 3 - 4 - 5	

M.A. - Paso 6 – Estandarización

Implementando el T.P.M.

8	Retroalimentar estándares MA y MP	Se transfirieron las actividades de la matriz QM a los estándares MA y MP	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
9		Se calculó el tiempo adicional de aplicación del estándar	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
10	Mejoras y actualizaciones de los controles visuales	Se elaboraron los controles visuales para el control de los puntos "Q" que fueron transferidos al estándar de MA y MP	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
11		Se elaboraron los registros PM para las mejoras propuestas y los controles visuales	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
12	Elaborar las LUP's y procedimientos de operación estándar para la aplicación del estándar	Se actualizaron adecuadamente los estándares MA y MP	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
13		Se elaboraron los procedimientos de operación estándar necesarios para la aplicación de los estándares	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
14		Se realizaron las LUP's para explicar la aplicación de los estándares	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
15	Homologar los estándares	Se realizó el seguimiento a la aplicación de los estándares	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
16		Se tienen los seguimientos al desarrollo de cada persona a través del ILUO	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
Sume los puntajes de la evaluación de cada pregunta, el valor resultante debe dividirlo por 80 que es el puntaje máximo y así obtiene el porcentaje del diagnóstico. Este debe ser mayor al 80% para APROBAR.			Σ puntos	PASA ()
			Σ %	NO PASA ()

Objetivos respecto a cambios de formato

En este aspecto, se pretende desarrollar en los operadores la habilidad para aplicar la limpieza, inspección y la lubricación rutinarias durante las operaciones de cambio de formato (en operaciones externas) y prevenir de esta manera defectos de calidad, paros menores y ajustes, después del cambio, así como también mantener los cambios de referencia RFT (bien a la primera)

Desde el punto de vista de habilidades, los operadores adquieren habilidades para entender la correlación entre las condiciones de la maquinaria y las condiciones de RFT del equipo.

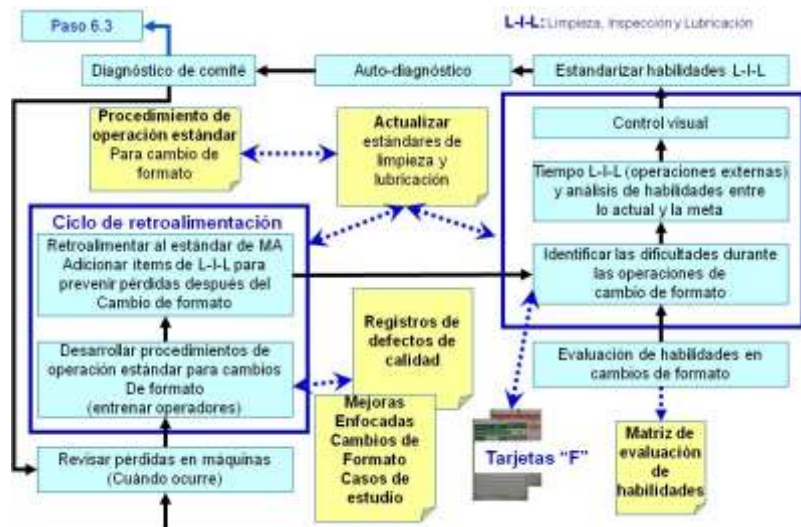
Actividades respecto a cambios de formato

Las actividades a desarrollar en los operadores, para la estandarización en lo relativo a los cambios de formato son:

1. Identificar las **máquinas críticas** con el apoyo del pilar de mantenimiento de la calidad.
2. Estandarizar el procedimiento de operación estándar (P.O.E.) para cambio de formato y clarificar en qué condiciones deberá ser

- mantenida (chequeada) la máquina para prevenir defectos, paros menores y ajustes.
3. Retroalimentar el **estándar de mantenimiento autónomo** a partir del cambio de formato RFT.
4. Mejorar el tiempo de aplicación de los estándares. Identificar dificultades de aplicación
5. Actualizar los **controles visuales** para monitorear el deterioro en las máquinas
6. Elaborar las LUP's y los procedimientos necesarios para la aplicación del estándar.
7. Actualizar y homologar los estándares de MA y MP.
8. Realizar el diagnóstico de Paso 6.2

El siguiente diagrama, nos muestra de manera gráfica las actividades a desarrollar, relacionadas con la calidad:



Capítulo 18

Mantenimiento Autónomo

Paso 7: Administración autónoma

Objetivo del paso 7: Administración autónoma

Los pasos 1 al 6 han conseguido los resultados de concentrar todas las actividades en cambiar el equipo, en cambiar a los hombres y en cambiar los puestos de trabajo. En el paso 7 se reconoce la propia capacidad y se disfruta de la emoción de la participación, de la solidaridad y de la creatividad con el desafío permanente de “las mejoras nunca acabar”.

El paso 7 se dirige a la formación de hombres que actúen como un tren eléctrico con energía propia en vez de, como la locomotora eléctrica, y que puedan cumplir las políticas y retos de la compañía.

Implementación de las actividades

Estas actividades deben implementarse enfocándolas en dos aspectos:

- **Formando una región de gestión que no se derrumbe**
Es formar una fisonomía de gestión que no se derrumbe. El sistema de mantenimiento autónomo en muchas compañías se derrumba en 2 o 3 años, una vez reciben el premio. Es razonable decir que estos

problemas son causados por los altos cargos o directivos. Los subordinados actúan mirando las espaldas de sus directores. La firme determinación y el poder de actuación de los directores son muy importantes en la continuidad de la gestión autónoma

- **Entrenamiento del poder subjetivo de actuación de los mismos operarios**

Se enseña siempre mediante el entrenamiento práctico y en gran parte por directores y supervisores. El poder de gestión autónoma de los operarios se obtiene seleccionando los temas adecuados de las políticas y de sus superiores, proporcionando apoyo a sus actividades. Una buena comunicación entre los superiores y sus subordinados es lo mejor para propagar las políticas a los operadores.

Se debe comprender que hay que seguir ciertas reglas para la implementación de tareas cuando se considera una plena demostración de la capacidad de la mano de obra:

- Participación total
- El historial y cumplimiento de las actividades son claramente visibles
- Disfrutar de los logros

Capítulo 19

Mejoras Enfocadas

- KobetsuKaizen -

Conceptos y definiciones

Las mejoras enfocadas son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto maximizar la efectividad global de equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos funcionales e interfuncionales, empleando metodología específica y concentrando su atención en la eliminación de los despilfarros que se presentan en las plantas industriales.

Se trata de desarrollar el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos de Control Total de Calidad aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento. Si una organización cuenta con actividades de mejora similares, simplemente podrá incorporar dentro de su proceso, Kaizen o mejora, nuevas herramientas desarrolladas en el entorno TPM.

Las técnicas TPM ayudan a eliminar dramáticamente las averías de los equipos. El procedimiento seguido para realizar acciones de mejoras enfocadas sigue los pasos del conocido Ciclo Deming o PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).

Debemos tener en cuenta que:

- Un paro de 100 horas lo debe atacar el pilar de mantenimiento autónomo
- 100 paros de 1 hora, debe ser atacado por el pilar de mejoras enfocadas.

En resumen, podemos decir que las mejoras enfocadas se necesitan:

- Para enfocarse en las pérdidas específicas e incrementar la productividad, la facilidad de operación y estandarizar los métodos que son fáciles de seguir.
- Para asegurar los métodos para identificar las pérdidas, análisis de pérdidas e implementación de medidas y mejorar así la eficiencia del trabajo humano.
- Para elevar la facilidad de detección/corrección de deterioro en el equipo, involucrando a todo el personal.

Propósito y características del pilar

El propósito fundamental del pilar es maximizar la eficiencia de la red de valor mediante la eliminación de pérdidas y con actividades como:

- Identificación de las pérdidas financieras
- Definir prioridades, implementando las mejoras
- Tener una metodología de eliminación
- Realizar el seguimiento a las mejoras

La táctica para su implementación, es a través de actividades desarrolladas en los recortes, en la energía térmica, el sobrepeso de los productos, en los cambios de referencia (SMED) y en pequeñas mejoras.

Las mejoras las podemos realizar en equipos directivos, equipos funcionales, equipos interfuncionales o de manera individual. Es así como debemos evitar el uso del método de mantenimiento por “bomberazos”, o en otras palabras, por manera de pensar reactiva. TPM nos enseña a planear a futuro y prevenir los problemas.

Los sistemas que utiliza el pilar para su desarrollo son:

- Sistema de evaluación
- Sistema de solución de problemas
- Sistema de capacitación

Herramientas efectivas para las mejoras enfocadas

Las herramientas de las cuales nos valemos para el desarrollo de las mejoras enfocadas, son:

- Lecciones de un punto: Para entender cómo opera un equipo y aprender el principio del proceso y de la operación.
- Datos: Se debe preparar lo siguiente para resolver el problema: Rastreo de indicadores TPM, bitácora de averías y partes y productos (físicos) rotos.
- Ciclo CAP-Do - Ciclo de gestión: Ciclo de mejora orientada a cero
- Resumen del proyecto TPM: Cada proyecto puede ser resumido para compartir los procesos claves para resolución de problemas
- 5W 1H – Estratificación del problema: Comprender el estado y los fenómenos
- Análisis Por qué Por qué – Análisis de causa raíz: Esta forma puede ser organizada para resolver el proceso paso por paso.
- Análisis PM: Análisis lógico para problemas crónicos.

Pérdidas esporádicas

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

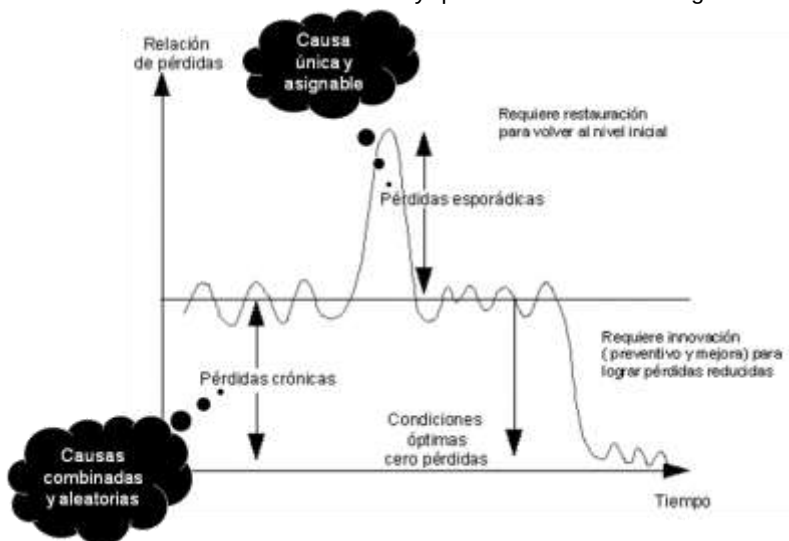
- Es poco frecuente su ocurrencia.
- Por lo general resultan de una causa simple.
- Es relativamente fácil identificar su causa y las medidas correctivas son simples y rápidas de aplicar.
- Su aporte es importante y producen grandes desviaciones en el proceso y por este motivo duran poco tiempo.

Pérdidas crónicas

Este tipo de pérdidas están ocultas y permanecen en el tiempo. Su efecto es relativamente bajo, pero al sumarlo durante todo el tiempo que permanece puede llegar a ser muy importante para los resultados de la empresa.

Esta clase de pérdidas se vuelven habituales para el personal de la empresa y en muchos casos ya no se aprecian porque *"hemos aprendido a vivir con ellas"*, por ejemplo, en una línea de empaque de productos de consumo sale aproximadamente cada media hora una caja sin pegar debido a una falla del equipo.

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



Papel del sub-comité de Mejoras Enfocadas

El sub-comité de Mejoras Enfocadas debe contar con un equipo de hasta 7-8 miembros en una gran empresa, representados en los jefes de los distintos departamentos y el líder suele ser el Jefe de Planta.

El pilar tiene la función de:

- categorizar y analizar las 16 pérdidas (excepto averías y pérdida por defectos) por máquina, departamento, unidad y empresa.
- calcular y analizar los objetivos y la OEE, para minimizar o eliminar cada pérdida. En algunos casos, las empresas también incluyen pérdidas específicas que afectan el negocio. En otras palabras, la fórmula para el OEE puede ser diferente en diferentes etapas de TPM en una empresa y específicas de acuerdo a las restricciones que el negocio pueda tener.
- Basado en la necesidad de negocio, establecer prioridades sobre las pérdidas y los proyectos, según las limitaciones de recursos.

- Seleccionar los temas de mejora basado en las pérdidas, el establecimiento de objetivos y la asignación de equipos responsable de cada proyecto identificado.
- identificar áreas de cuello de botella, fijar objetivos y establecer prioridades
- Puesta en marcha de equipos de proyectos con proyectos piloto
- Ayudar y apoyar para construir la matriz de pérdida vs costo y los indicadores P, Q, C, D, S, M.
- Identificar el objetivo y el alcance de Mejoras Enfocadas, requerimientos de capacitación y guía a los facilitadores para focalizar las pérdidas en el desempeño de la empresa.
- Intercambiar conocimientos a través de actividades de despliegue horizontal
- Desarrollar el Plan Maestro de Mejoras Enfocadas y hacer seguimiento al avance de mejoras y OEE.
- Motivar a la gente a hacer mejoras.
- Generar los insumos para desarrollar la matriz del pilar de educación y la formación.
- Trabajar en estrecha coordinación con otros subcomités para el logro de los objetivos P-Q-C-D-S-M.

Este comité se reunirá al menos una vez a la semana o al mes para los puntos antes mencionados.

Papel de los operadores en Mejoras Enfocadas

El papel que desarrollan los operadores en el pilar de Mejoras Enfocadas, se puede definir como:

- Ser miembro en los pequeños equipos y participar en sus reuniones.
- Mejorar y mantener la 1ª y 2ª 's' para eliminar las pérdidas de tiempo de búsqueda.
- Identificar las pérdidas mediante la identificación de anormalidades.
- Reducir el tiempo SET-UP: Los operadores participan en el estudio de los videos tomados durante la actividad de puesta a punto. Discuten, dan ideas y contribuyen para la evolución de mejoras en la fijación, la eliminación y la reducción de los elementos de ajuste.
- Reducir los tiempos de cambio de herramienta. Los operadores detectan e informan sobre el desgaste prematuro de las herramientas, y contribuyen a la extensión de la vida útil de la herramienta.

- Proveer insumos para cuantificar la gestión de las pérdidas.
- Mantener los resultados a través de los estándares construidos por los pilares de Mantenimiento Planeado y Mantenimiento Autónomo, lo cual incluye la generación de LUP's.
- Ayudar al equipo de Mejoras Enfocadas en la realización de pruebas y aplicar mejoras cuando son propuestas por todos los pilares.

Entrenamiento requerido para Mejoras Enfocadas

La formación y el entrenamiento deben cubrir:

- Formación en 16 pérdidas
- Cálculo de los costos
- Análisis Por qué-por qué
- análisis PM (fenómeno físico)
- Estructura de la máquina / Principio de funcionamiento
- Formación en SMED y reducción de tiempo de puesta a punto
- Herramienta de tecnología
- 3M's (Muri, Mura, Muda): "Muri" se traduce como requerimientos o solicitudes poco razonables en una planta, "mura" podría traducirse como inconsistencia en procesos y actividades y "muda" que es el más conocido de todos, se traduce como desperdicio.
- AMFE y otras técnicas analíticas
- OJT (Onthe Job Training), LUP's
- Ingeniería industrial y los conceptos JIT
- PokaYoke / no-seguro
- Herramientas de control de calidad y tablero
- Capacitar a los operadores en la recopilación de datos.

Kaizen: Despliegue en 10 pasos

- **Paso 1 - Seleccionar la líneaModelo/equipo/proceso:** Se deben identificar las líneas, procesos y equipos en planes de KobetsuKaizen que producen muchas pérdidas y que tengan enormes posibilidades de replicación horizontal. 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 - Organizar el grupo de proyecto:** El gerente del departamento es el líder y el personal de ingeniería, ingeniería de producción, diseño y producción se juntan y se asignan responsabilidades para cada pérdida. Los equipos de proyecto se registran en la oficina de promoción y se emiten tareas oficiales.

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 - Pérdidas actuales:** Acá se deben comprender y confirmar las pérdidas. Se valida si existen suficientes datos. Si no, se recopilan.

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.

- **Paso 4 - Establecer temas de Kaizen y metas:** Establecer los temas de Kaizen basado en los resultados de la investigación actual, determinando metas desafiantes y períodos bajo el concepto “cero”. Asignar staff para cada tipo de pérdida.

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 Eficiencia 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 5 - Hacer plan de Kaizen:** Se planea el análisis y se toman medidas; se preparan los procedimientos para implantar Kaizen y el plan de terminación del programa. Un alto ejecutivo debe hacer un diagnóstico.

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 - Mapeo y evaluación de análisis y medidas:** Hacer el mapa de los planes de Kaizen utilizando las técnicas y tecnologías inherentes como el análisis, investigación y experimentos para el Kaizen y evaluar. Insistir hasta lograr las metas y fortalecer el Kaizen mediante el diagnóstico del alto ejecutivo.

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 7 - Implementación del Kaizen:** Asignar el presupuesto necesario e implementar el mejoramiento, mediante una correcta planificación de las acciones.

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.

- **Paso 8 - Confirmar efectos:** Confirmar los efectos para cada tipo de pérdidas, después de implantar los Kaizen.

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.

- **Paso 9 - Tomar medidas para prevenir reincidencias:** Implementar la estandarización y las medidas necesarias para prevenir la reincidencia, como producción, compras

y estándares de mantenimiento. Preparar el manual de replicación horizontal y elaborar los diagnósticos por parte de la alta gerencia.

- **Paso 10 - Replicación horizontal:** Replicar horizontalmente en otras líneas, procesos y equipo del mismo tipo, así como iniciar las siguientes actividades modelo.

Observación: Los miembros del equipo del proyecto deben mostrar liderazgo con relación a las pérdidas por las cuales no sean directamente responsables, a través de análisis técnicos, además de proveer apoyo, estudios y perfeccionamiento de la mejora.

Pérdidas que se abordan en Mejoras Enfocadas

El pilar de Mejoras Enfocadas sólo trabaja las pérdidas que no pueden ser manejadas por otro pilar. Las 16 pérdidas tienen que ser considerados por el comité de Mejoras Enfocadas y ubicarlas en el árbol de pérdidas de la empresa. (Las pérdidas debidas a defectos/retrabajos a través de Mantenimiento de la Calidad; averías a través de Mantenimiento Planeado).

A continuación, el subcomité de Mejoras Enfocadas identifica las prioridades y asigna los equipos de proyecto para trabajar en las pérdidas específicas en las diferentes máquinas y áreas. Las pérdidas restantes tendrán que ser abordados por el sub-comité de Mejoras Enfocadas. Por lo general, se abordan las siguientes pérdidas:

Cada empresa tiene que realizar su lista y recolectar los datos. Las mayores pérdidas serán la prioridad para el pilar de Mejoras Enfocadas. En algunas empresas, esta lista puede ser diferente. Esto es sólo un ejemplo:

La pérdida no. 2: Pérdidas por preparación y ajuste

La pérdida no. 3: Pérdidas por cambio de herramienta

La pérdida no. 4: Pérdidas por puesta en marcha o arranque

La pérdida no. 5: Pérdidas por paros menores (Operación en vacío)

La pérdida no. 6: Pérdidas por velocidad reducida

La pérdida no. 9: Pérdidas por administración - Control

La pérdida no. 10: Pérdida de movimiento

La pérdida no. 11: Pérdida de organización de línea

La pérdida no. 13: Pérdidas por medición y ajuste

La pérdida no. 15: Pérdidas por herramientas, plantillas y consumibles

La pérdida no. 16: Pérdida de rendimiento.

Las tres mayores pérdidas pueden ser priorizadas en cada área para iniciar el trabajo.

Reducción de pérdidas por averías de equipo (Eficiencia del equipo)

Las etapas que debemos desarrollar en cada uno de los pasos de mantenimiento autónomo son:

- **Paso 1 de MA:** El área de producción debe entender y emplear acciones sobre responsabilidades de fabricación, como por ejemplo errores operacionales (capacitación) y estudiar fallas que pueden ser trabajadas por “Mantenimiento Autónomo” (planificar y preparar locales para chequeo y entrenamiento de habilidades)

Entretanto, el área de mantenimiento debe identificar fallas que vuelven a ocurrir, basándose en registros de mantenimiento y adoptar medidas permanentes hacia fallas sobre las cuales se tomaron medidas temporales. (Las causas se conocen, pero las acciones no se han empleado debido al tiempo, tecnología o presupuesto.

En resumen, debemos clasificar y reorganizar fallas anteriores: mediante:

- Clasificar por línea y equipo
 - Clasificar por local de falla
 - Clasificar por modo de falla
 - Clasificar por causa
 - Clasificar por tipo – Falla esporádica o crónica
 - Clasificar por grado de facilidad (si se puede prevenir)
- **Paso 2 de MA:** El área de producción debe analizar las fallas como si fueran problemas individuales, repetir el análisis “por qué – por qué” y verificar el equipo y los locales semejantes; corregir las anomalías (fugai)

Entretanto, el área de mantenimiento debe a través de análisis y orientación, verificar y reparar errores (capacitación de habilidades)

En resumen, debemos realizar análisis de fallas y chequeos generales:

- Analizar las fallas que son recurrentes
- Análisis eficiente de nuevas fallas

- **Paso 3 de MA:**El área de producción debe descubrir y restaurar “fuguai” por limpieza,proporcionar condiciones básicas y aprender y observar condiciones operacionales.

Entretanto, el área de mantenimiento debe corregir, capacitar y orientar “fuguai”, consolidar y orientar condiciones operacionales y eliminar el deterioro grave de repuestos invisibles.

En resumen, debemos eliminar el deterioro grave y restaurar el deterioro dejado de lado o ignorado.

- **Paso 4 de MA:**El área de producción debe promover y mantener condiciones básicas (medidas preventivas sobre fuentes y áreas difíciles de verificar, limpieza y aceite), imponer los controles visuales yproponer la revisión general del equipo.

Entretanto, el área de mantenimiento debe analizar y corregir debilidades del equipo, estudiar medidas para prolongar la vida útil y perfeccionar los mecanismos.

En resumen, debemos evaluar y mejorar debilidades (Mantenimiento correctivo)

- **Paso 5 de MA:**El área de producción debe preparar el manual “Mantenimiento Autónomo”,verificando a través de listas de chequeo y restaurar el deterioro

Entretanto, el área de mantenimiento debe preparar el manual de mantenimiento periódico, determinar la vida de equipos y piezas compuestas,determinar el estándar de deterioro y analizar la relación entre eficacia del equipo y características de calidad

En resumen, debemos preparar y consolidar estándares (incluyendo fallas e involucrando defectos)

- **Paso 6 de MA:**El área de producción debe tener un control visual ampliado.

Entretanto, el área de mantenimiento debe ampliar la conservación y el mantenimiento (investigar, preparar trabajo, etc.), ampliar el gerenciamiento de repuestos sobresalientes y el archivo de borradores y otros documentos.

En resumen, debemos demostrar una eficiencia de mantenimiento.

- **Paso 7 de MA**: El área de producción debe monitorear el status y control de tendencia a través del simple monitoreo del equipo.

Entretanto, el área de mantenimiento debe determinar el deterioro y la vida útil a través del diagnóstico preciso del equipo.

En resumen, debemos implantar el mantenimiento preventivo.

Reducción de pérdidas por preparación y ajuste (Eficiencia del equipo)

Las etapas que debemos desarrollar en cada uno de los pasos de mantenimiento autónomo son:

- **Paso 1 de MA**: Se debe entender la situación actual, a través de:
 - Analizar datos relativos a modificaciones durante la preparación
 - Estudiar características del equipo
 - Evaluación del trabajo

Para esto, tendríamos las tendencias relativas al tiempo perdido con modificaciones durante la preparación, elementos variables y puntos que requieran mejora, así como el conocimiento de los mecanismos, sistemas, características, escala de estándares de modificaciones durante las preparaciones, correlación con el equipo auxiliar, forma y eficacia de los moldes, tablas de control y herramientas

- **Paso 2 de MA**: Puesta en marcha de la meta “Kaizen”, a través de:
 - Metas que tengan en cuenta las restricciones del equipo
 - Metas que tengan en cuenta el “Kaizen” en el equipo
- **Paso 3 de MA**: Corte de desperdicios, a través de:
 - Eliminar desperdicios
 - Estudio de ítems de preparación

De esta manera, no será necesario localizar y mover herramientas y repuestos o no hay necesidad de usarlos; igualmente, las herramientas (tipos, especies y cantidades), tendrán su forma de localizarlas y se tendrán los procedimientos de trabajo establecidos.

- **Paso 4 de MA**: Tendremos acá la clasificación de las tarea de ajuste (Set-up) por parada de la máquina, así como los procedimientos para

trabajos de preparación con y sin parada de máquina e implantar totalmente los procedimientos;.

Esto lo logramos a través de chequeo de formas, tablas de control y herramientas, precalentamiento, preajuste y agrupamiento en bloques, así como metodología, ajuste de tiempos, repuestos, herramientas.

- **Paso 5 de MA:**Acá tendremos un set-up eficiente de parada de máquina, a través de:

- Unificar el trabajo de preparación que exija parada de máquina
- Estabilizar el tiempo para preparación que exija parada de máquina
- Tiempo corto para máquinas que exijan trabajo de preparación

Esto lo logramos a través de un nivel de satisfacción de la meta de tiempo, gasto de tiempo, problemas de calidad, estabilidad en la puesta en marcha, consolidación de problemas (mecanismos, hombres, metodologías) e integración de puntos “Kaizen”, así como con el trabajo (unificar métodos, división de roles, eficacia del trabajo, simplificación, facilidad de ajuste, combinación, integración, eliminación, trabajo paralelo, hombres), formatos y tablas de control (métodos de fijación, menos aparatos de fijación, estudiar mecanismos y formatos, uso de tablas de control intermedias, uso común, intercambio, peso), tornar variables en operaciones constantes (posicionamiento, dimensiones, desmontaje y nuevo montaje inmediato eliminando tornillos y fijación automática)

- **Paso 6 de MA:**Acá logramos eliminar ajustes, produciendo productos sin defectos en el primer intento y chequeando efectos, a través de:

- Evaluar eficacia de ajuste y eliminar ajuste
- Productos sin defectos obtenidos en primer intento

Tendremos entonces el propósito y la necesidad de buscar las causas de los ajustes, chequear si es factible la eliminación del ajuste y ejecutar “kaizen” de cómo evitar esos ajustes con el fin de no desempeñar pruebas de procesamiento y maquinado

- **Paso 7 de MA:**Acá se logra estandarizar y controlar las modificaciones de set-up y ponerlas en el trabajo.

Tendremos entonces un manual de modificación en el Set-Up y práctica (reloj, música, etc.).

Reducción de pérdidas por herramienta (Eficiencia del equipo)

Las etapas que debemos desarrollar en cada uno de los pasos de mantenimiento autónomo son:

- **Paso 1 de MA**: Se debe entender el status actual a través de:
 - Criterios actuales para cambios y pérdidas
 - Análisis sobre el índice de gastos con herramientas de corte (Piezas cortadas vs total de gastos)
 - Verificar si las herramientas se arruinaron y en caso positivo, con qué frecuencia
 - Metodología de montaje de la herramienta de corte y eficacia del sujetador
 - Total de gasto de la herramienta de corte y rugosidad de la superficie
- **Paso 2 de MA**: Analizar sobre las condiciones de corte actuales:
 - Criterio de corte vs estado actual
 - Velocidad de corte, ajuste de profundidad y velocidades de avance
 - Herramienta de corte, forma y tamaño de las virutas
 - Forma de quiebre de la viruta
- **Paso 3 de MA**: Análisis sobre la eficiencia del equipo y tablas de control:
 - Método de anclaje (par de fijación y superficie de contacto)
 - Análisis sobre la eficacia dinámica y estática
 - Rigidez dinámica del sujetador de pieza
- **Paso 4 de MA**: Alcance usando tecnología desarrollada en la organización:
 - Materiales y formas de las herramientas de corte
 - Aspersión refrigerante y disposición
 - Estudio sobre la quiebra de viruta
 - Secuencia del proceso de cambio
 - Prueba de las condiciones de corte
- **Paso 5 de MA**: Alcance de ingeniería de control (análisis de vibración):
 - Contorno de onda bruto

- Análisis de frecuencia
 - Fuente de vibraciones del equipo periférico
 - Cálculo y valor culminante de la frecuencia de rotación
 - Otras piezas y elementos rotativos (frecuencia y valores culminantes del motor y modificador de velocidad)
 - Verificar variaciones del valor de vibración, modificando las condiciones de corte
 - Medir frecuencia característica
 - Análisis y estudio sobre frecuencia rotacional y características bajo las presentes condiciones de corte y resonancia con otras partes y elementos rotativos
- **Paso 6 de MA:** Alcance por tecnologías de control (Tecnología actual):
 - Tasa de carga del motor
 - Número de piezas cortadas versus energía eléctrica efectiva
 - **Paso 7 de MA:** Implantación de medidas preventivas:
 - Entendimiento de la vida útil por pruebas
 - Si ocurre o no el desparrame de viruta
 - Número de piezas cortadas versus desgaste total y aspereza de la superficie
 - Correlación entre los valores de vibración y características de calidad

Reducción de pérdidas por arranque (Eficiencia del equipo)

Las etapas que debemos desarrollar en cada uno de los pasos de mantenimiento autónomo son:

- **Paso 1 de MA:** Entender el status presente (datos de series de tiempos de arranque):
 - Variaciones dimensionales de los repuestos
 - Tiempo hasta que el ciclo de tiempo se regularice
 - Tiempo ocioso
 - Número y cantidad de ajustes y correcciones dimensionales
 - Si las herramientas se dañan o no
 - Valor Cp
- **Paso 2 de MA:** Establecimiento de metas “Kaizen”:

- Metas teniendo en cuenta las restricciones del equipo
 - Metas teniendo en cuenta el equipo “Kaizen”
- **Paso 3 de MA:** Investigación sobre fluidos y aceites lubricantes usados:
 - Tipos de aceite
 - Presión y temperatura del aceite lubricante
 - Pureza
 - Temperatura del aceite, versus el tiempo de ciclo
- **Paso 4 de MA:** Investigación sobre repuestos y locales relacionados al equipo:
 - Repuestos y materiales compuestos
 - Sistema de alimentación de aceite (superficies deslizantes)
 - Investigar sobre eficiencia de repuestos
- **Paso 5 de MA:** Encuesta sobre repuestos técnicamente inadecuados y medición del total de variación:
 - Repuestos y locales térmicamente inadecuados
 - Estudio sobre método de medición (tipo sensor y posición de medidor)
 - Ajustar una galga con muestras al concluir el trabajo (para verificar variaciones dimensionales desde el inicio en la mañana)
 - Modificaciones de temperatura del fluido operacional y aceite lubricante
 - Determinar las curvas de desvío térmico
- **Paso 6 de MA:** Chequeo de “Kaizen” y efectos:
 - Estandarizar el tiempo ocioso adecuado para la regularización de la variación térmica total
 - Programación automática para correcciones
 - Medidas preventivas para restauración
 - Repetir pruebas de intentos y errores (presión de lubricación y control de la temperatura, tipo y viscosidad del fluido operacional)
 - Mejorar métodos para disminuir la variación térmica
- **Paso 7 de MA:** Administración de la estandarización y mantenimiento:
 - Elaborar el manual de inicio
 - Practicar con procedimientos operacionales

- Utilizar plantillas de medición y entrenar la operación de los mismos

Reducción de pérdidas por operación en vacío – Parada menor (Eficiencia del equipo)

Las etapas que debemos desarrollar en cada uno de los pasos de mantenimiento autónomo son:

- **Paso 1 de MA**:Comprensión de la situación actual:
 - Investigación sobre la situación real del fenómeno
 - Área de ocurrencia
 - Frecuencia con que ocurre
 - Cantidad de veces
 - Época de ocurrencia
 - Productos con que ocurre el fenómeno
 - Situación de la ocurrencia (incluyendo lo ocurrido durante el programa)
- **Paso 2 de MA**:Análisis del fenómeno:
 - Estratificación del fenómeno
 - Análisis P-M
 - Listado de posibles inconvenientes
- **Paso 3 de MA**:Detección de fallas menores e inconvenientes. Restauración y mejoras:
 - Limpieza con máximo rigor
 - Tarjeteo, retirada de tarjetas
 - Siempre que ocurra, desempeñar este trabajo en el área involucrada
 - Confirmar por ocasión de la actividad de mantenimiento autónomo
- **Paso 4 de MA**:Confirmación de los resultados:
 - Confirmación de los efectos
 - Reflexión en las normas de mantenimiento autónomo
 - Organización de los temas que llevan a cero por ciento de pequeños paros
- **Paso 5 de MA**:Estudio sobre las óptimas condiciones:
 - Comparación con las condiciones del proyecto

- Mejora de los puntos débiles del proyecto
 - ✓ Timming
 - ✓ Vibración
 - ✓ Inicio
 - ✓ Aire comprimido
 - ✓ Remontaje
 - ✓ Ángulo de instalación
 - ✓ Presión de vacío
 - ✓ Ajuste de sensores
 - ✓ Formato de las canaletas
 - ✓ Precisión de cada unidad de repuesto
 - ✓ Timming del aumento o reducción de velocidad
 - ✓ Estado de instalación de sensores
 - ✓ Situación del líquido refrigerante
 - ✓ Estado de la viruta
 - ✓ Mecanismo para definir posiciones
- **Paso 6 de MA**:Prolongación del tiempo medio entre fallas (MBTF):
 - Mejora de áreas o respuesta con vida corta
 - Mejoras de partes más sucias (artificios que dispensan la limpieza)
- **Paso 7 de MA**:Desafío de la operación sin presencia de mano de obra (sin pequeñas paradas):
 - Búsqueda del cero por ciento de pequeños paros
 - Fijación de los factores variables
 - Predicción de los cambios
 - Reactivación automática de áreas sometidas a cambios

Reducción de pérdidas por velocidad reducida (Eficiencia del equipo)

Las etapas que debemos desarrollar en cada uno de los pasos de mantenimiento autónomo son:

- **Paso 1 de MA**:Entender el equilibrio de capacidad de cada uno de los procesos:
 - Comparación del tiempo de ciclo de cada proceso en línea

- Comparación de tiempo de ciclo (intensidad del tiempo de maquinado del proceso), cuando se consideran las 7 pérdidas principales
$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Tiempo de ciclo estándar}}{\text{eficiencia global del equipo}}$$
- Definir los cuellos de botella en los procesos
- **Paso 2 de MA**:Preparando un diagrama de ciclo a través de la medición de tiempo de ciclo:
 - Medir el tiempo de ciclo para cada operación en unidades individuales de equipo
 - Medir alimentación rápida y lenta
 - Preparar gráficos de ciclo
 - Comparar y estudiar gráficos de ciclo durante el proyecto, gráficos de ciclo por alcance teórico y gráficos de ciclo preparados por medición.
- **Paso 3 de MA**:Consolidación de problemas en el aumento de velocidad:
 - Consolidar problemas encontrados durante aumentos de velocidad en el pasado (paradas menores, defectos, valor Cp, vida útil de la herramienta de corte, vibración del equipo y otros ítems)
 - Medidas preventivas tomadas sobre dichos problemas y sus resultados
- **Paso 4 de MA**:Corto tiempo de ciclo:
 - Estudio sobre reducción de tiempo ocioso
 - Menor tiempo de corte en vacío
 - Eficiencia de la operación
 - Ejecutar operación paralela, a través del aumento de tiempo de operación
 - Estudiar herramientas compuestas
 - Medir la carga de trabajo a través de un video y analizar la factibilidad de reducir tiempos
 - Estudiar la posibilidad de reducir tiempos a través de medición y vibración
 - Análisis de valor de Cp
 - Estudio de la vida útil de las puntas
 - Reestudio de la secuencia de maquinado y corte
 - Reestudio de las condiciones de corte y maquinado
 - Estudio de la capacidad térmica y comparación con valor teórico
 - Estudio de las condiciones perfectas

- **Paso 5 de MA**: Consolidación de problemas encontrados cuando la velocidad es aumentada (prueba de excitación):
 - Consolidar problemas esperados cuando el ciclo se reduzca y las RPM se aumenten (valor de Cp, fenómenos de defectos, vida útil de la herramienta de corte, vibración, vida de las piezas, etc.)
 - Repetición de pruebas por ensayo y error
- **Paso 6 de MA**: Chequear eficiencia de equipo y prolongación de vida útil de piezas:
 - Medición y chequeo de eficiencia estática de equipo y restauración
 - Estudio de medidas para aumentar la vida útil de las piezas
- **Paso 7 de MA**: Medidas para problemas restantes:
 - Implantación de análisis P-M

Reducción de pérdidas por defectos de calidad y reproceso (Eficiencia del equipo)

Las etapas que debemos desarrollar en cada uno de los pasos de mantenimiento autónomo son:

- **Paso 1 de MA**: Estratificación de los fenómenos de defectos:
 - Aclarar estándares de calidad y valores característicos de calidad
 - Estratificación sistemática de modo de defecto
 - Análisis ABC, datos de series de tiempo, valor Cp, datos de serie de tiempos no ajustado
- **Paso 2 de MA**: Investigación sobre procesos y locales de defectos:
 - Proceso y local donde el defecto es generado
 - Relaciones entre eficiencia de equipo, método, condiciones y calidad
 - Estudio comparativo (sin defectos, defectuosos y otras máquinas)
 - Estudio del mecanismo
 - Condiciones del mecanismo, plantillas, herramientas, prevención y maquinado
- **Paso 3 de MA**: Análisis 4M de borrador de medidas:

- Relacionar factores a través de diagramas de causa y efecto y gráficos analíticos
- Relacionar factores importantes y preparar borrador con medidas preventivas
- **Paso 4 de MA**: Implantación de medidas preventivas y chequeo de resultados:
 - Preparar un plan para implantación de un “Kaizen”
 - Implantar “Kaizen” y definir condiciones
 - Chequear resultados
 - Estratificación de fenómenos de defectos restantes
- **Paso 5 de MA**: Implantación de análisis P-M:
 - Análisis físico de fenómenos
 - Condiciones de contribución
 - Verificar correlaciones con 4M
 - Estudio sobre cuáles deben ser las condiciones de recursos humanos y equipos
 - Estudiar condiciones de las máquinas
- **Paso 6 de MA**: Identificación de defectos e implementación de medidas:
 - Estudio de métodos de medición
 - Investigar sobre eficiencia
 - Restaurar y mejorar “fugui” (anormalidades)
- **Paso 7 de MA**: Chequeo de resultados y prevención de recurrencias
 - Chequear resultados
 - Estudiar grado de eficiencia a mantener
 - Definir y ejecutar criterios de control

Establecer los objetivos de P-Q-C-D-S-M para Mejoras Enfocadas

El comité de Mejoras Enfocadas recopila datos por lo menos de un año antes del Kick-Off y examina P-Q-C-D-S-M a nivel de empresa para seleccionar áreas bajo cada categoría.

(Por ejemplo)

P - Productividad / incrementar la producción por:

Mejora de la OEE de las máquinas

Mejora en el logro efectivo de horas-hombre

Mejora de la productividad laboral

Q - Para tener cero defectos, mediante el análisis de:

- Las quejas del cliente y garantía
- Rechazos en el proceso
- Retrabajo en el proceso
- Rechazos de materiales entrantes

C - Reducción de costos a través de

- Aumento de la OEE
- Reducción del tiempo de ciclo en las máquinas "cuello de botella"
- Reducción del inventario en las herramientas de corte
- Reducción del consumo de aceites de corte
- Mejorar la vida de la herramienta

D - Para mantener el rendimiento a través de la entrega

- Aumento de la OEE
- Mejorar el cuello de botella de la máquina/proceso

S - Para conseguir el nivel cero accidentes

- Proporcionar formación sobre la operación de la máquina
- Identificar actos y condiciones inseguras y tomar acciones correctivas para evitar accidentes.
- Motivar al personal operativo a través del involucramiento y la participación
- Analizar los accidentes e incidentes ocurridos en el pasado, a través del análisis Por qué-por qué y mejorar las condiciones de trabajo.

M - Para mejorar la moral de los operadores a través de:

- Involucramiento y participación en las actividades del pequeño equipo
- Incentivar y reconocer las sugerencias / mejoras realizadas.

Usualmente, se fija como un objetivo de la empresa una reducción al menos un 5% del costo (variable).

Establecer objetivos para OEE y de P, Q, C, y D.

En algunos casos, los objetivos de P se establecen mediante el cálculo del Takt-time o lograr 1,5 veces la producción actual en un tiempo de 3 años.

Los objetivos Q se establecen en el rango de PPM y garantía, basado en la tendencia de los tres últimos años. (Q)

El objetivo D se fija por la entrega misma a los clientes y también para el desempeño del proveedor.

El objetivo de la seguridad es de cero accidentes. Eliminar los actos y condiciones inseguras, y hacer cero las heridas en la mano herida en el primer año.

El objetivo de M está en línea con el plan de sugerencias y cualquier otro programa que la organización tenga.

Los objetivos a nivel de empresa se despliegan hacia abajo a todos los productos y de ahí a líneas y máquinas específicas.

Priorización de las pérdidas de Mejoras Enfocadas

La priorización de las pérdidas está basada en:

1. Analizar las pérdidas que afectan la OEE.
2. N° de ocurrencia y tiempo de las pérdidas
3. Tipo de pérdidas (esporádica o crónica)

Pérdidas de calidad y averías no son cubiertas acá.

La prioridad de las pérdidas por cada máquina, se calcula por el valor más grande de la misma.

Plan maestro de Mejoras Enfocadas

Después de recolectar las pérdidas y priorizarlas, un plan de acción es elaborado por área y por máquina. Con base en la situación actual como punto de partida o referencia (bench-mark) son establecidas las metas:

1. Para la mejora del OEE en:
 - Máquinas piloto
 - Máquina de criticidad "A"
 - Las demás máquinas
2. Mejora de la Productividad
 - Reducción del tiempo de ciclo
 - Horas-Hombre de utilización

Con los equipos de proyecto que se seleccionan, se acuerdan objetivos sobre los resultados y el marco de tiempo.

El plan maestro de Mejoras Enfocadas está alineado con el plan maestro general.

Conformación de los equipos de proyecto para las pérdidas

Los equipos deben ser interfuncionales con personal de alto conocimiento.

La estructura de los equipos debe ser de manera que el despliegue en cascada u horizontal pueda ser tan rápido como sea posible.

Las partes con intereses adquiridos o que sean afectados, son puestos en equipos de MEJORAS ENFOCADAS o equipos de proyecto.

1. Las pérdidas deben ser tomadas con base en las prioridades
2. Proceso o máquina en particular, se selecciona por un estudio para reducir las pérdidas.
3. El líder debe ser el jefe de la Unidad o Departamento donde es tomada la máquina o proceso en particular para el estudio, y los miembros deben venir de la producción, del taller, de diseño, de ingeniería, de calidad, etc., dependiendo de los requisitos.
4. Una vez que el equipo del proyecto está conformado, debe recolectar todos los datos pertinentes sobre las pérdidas que tienen por objeto reducir y/o eliminar.
5. El plan de acción se debe elaborar con las actividades, el tiempo objetivo, las personas responsables para llevar a cabo la tarea, el soporte de ayudas e instalaciones necesarias para llevar a cabo la tarea, etc.
6. Se deben monitorear la frecuencia de las reuniones programadas en el piso. La ayuda que sea necesaria se puede obtener en otras unidades o departamentos e incluso de una fuente externa.
7. El equipo debe preparar el plan y convocar a los funcionarios de la administración y niveles superiores. Una vez que el objetivo y los resultados se logran esto se puede extender a otros departamentos o unidades.
8. Al finalizar con éxito el proyecto, varios equipos pueden diseminarse a lo largo de la empresa para la eliminación de las diferentes pérdidas.

Cubrimiento de las pérdidas mediante la participación de todas las personas

1. Una vez que las pérdidas son identificadas, pueden ser priorizadas en función de la ocurrencia y la pérdida de tiempo.
2. Las pérdidas pueden ser clasificadas y asignadas por unidad, máquina o proceso.
3. El seguimiento debe ser realizado hacerse por los líderes y los miembros de cada pilar conjuntamente con el director de producción en cuestión y el supervisor o superintendente, dependiendo de su importancia, el tiempo objetivo, la tecnología y el costo involucrado.
4. Deben realizarse reuniones periódicas para revisar las mejoras realizadas, las que deben ejecutarse y la evidencia de la reducción de pérdidas.

Sostenimiento de los cambios de diseño en Mejoras Enfocadas

El sub-comité de Mejoras Enfocadas debe involucrarse en la introducción de nuevos productos o cambios en los productos existentes. Lo siguiente debe ser considerado como un ejemplo:

- Diseñar accesorios y herramientas para minimizar el tiempo de configuración y cambios de referencia
- Minimizar el tiempo de cambio de las herramientas de corte
- Minimizar las pérdidas de movimiento
- Realizar el balance en los tiempos de ciclo, para evitar pérdidas por organización de la línea.

Los cambios de diseño serán más fácilmente adoptados mientras más corto sea el Lead-Time.

El diseño del producto debe tener en cuenta:

- El uso de herramientas existentes
- Arranque y puesta a punto con producto similar.
- Actualización en los registros de diseño
- Retroalimentación a la gestión del desarrollo
- Retroalimentación a la manufactura
- El entrenamiento en Poka-Yoke, y las ayudas visuales o de audio en las máquinas
- Los estándares tentativos del paso 3 de Mantenimiento Autónomo.
- Los estándares de Mantenimiento Planeado.

(Para que los estándares sean utilizados, es fundamental establecerlos de manera tal que involucre a los operadores, los cuales deben ser entrenados en el Procedimiento de operación Estándar [Standard Operation Process – SOP] y debe realizarse el seguimiento de su aplicación.)

Capítulo 20

Mejoras Enfocadas

Resolución lógica de problemas

Herramienta: 5W – 1H

Significado de 5W – 1H

Las 5W-1H es una técnica desarrollada en USA pero aplicada principalmente en Japón.

Su nombre proviene de varias preguntas que se hacen con las palabras en inglés que comienzan por dichas letras; son las preguntas lógicas que debe contener todo procedimiento e instructivo de trabajo para desempeñar correctamente cierta actividad.

- ¿**What?**:.....¿Qué?
- ¿**When?**:..... ¿Cuándo?
- ¿**Where?**:.... ¿Dónde?
- ¿**Who?**:..... ¿Quién?
- ¿**Which?**:.... ¿Cuál?
- ¿**How?**:..... ¿Cómo?

La información de cada respuesta debe estar respaldada con datos.



El fenómeno

El fenómeno es la combinación de hechos que llevan a la ocurrencia del problema y se logra definir el fenómeno integrando las seis respuestas de las 5W-1H en un texto concreto, coherente, cierto, claro y fluido.

Una forma de redactar fácilmente el texto y que ayuda a la redacción, sería ordenar las respuestas de la siguiente manera:

“Qué + Cómo + Cuándo + Dónde +Cuál + Quién”

¿What?: ¿Qué?

La respuesta que debemos buscar acá es ¿en *qué* cosa (o producto) observó el problema?; se escribe una breve descripción del problema.

¿When?: ¿Cuándo?

La respuesta que debemos buscar acá es ¿*cuándo* está Ud. viendo o sucedió el problema?; ¿En qué momento o etapa del ciclo productivo o de funcionamiento del proceso?

¿Where?: ¿Dónde?

La respuesta que debemos buscar acá es ¿*dónde* observó el problema? (*Línea / Máquina / Ubicación*); ¿en *dónde* (qué parte) del trabajo, proceso o material lo observó?

¿Who?: ¿Quién?

La respuesta que debemos buscar acá es si el problema tiene que ver con *la habilidad de la persona* que llevó a cabo la operación (¿depende o es independiente de la habilidad?).

¿Which?: ¿Cuál?

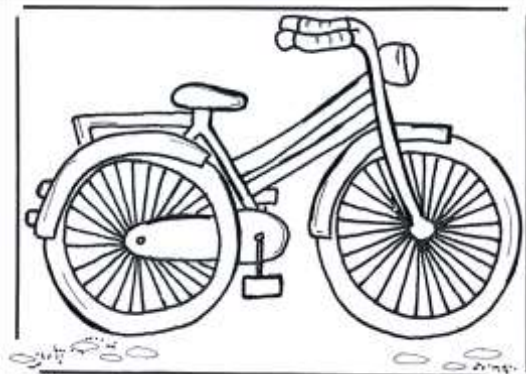
La respuesta que debemos buscar acá es ¿Existe una tendencia ó patrón?, ¿Cuál es la tendencia o patrón de recurrencia del problema? o ¿es al azar?

¿How?: ¿Cómo?

La respuesta que debemos buscar acá es ¿cómo difiere al estado normal (óptimo)?

Ejemplo de 5W – 1H

Tomemos como ejemplo, una bicicleta que no frena bien. Para determinar el fenómeno, nos respondemos cada una de las preguntas:



- **Qué: (What)**
La bicicleta
- **Cuándo: (When)**
Cuando se accionan los frenos delanteros.
- **Dónde: (Where)**
En el mecanismo de la rueda delantera.
- **Quién: (Who)**

Depende de la habilidad de la persona.

- **Cuál: (Which)**
Especialmente en pendientes y a alta velocidad.
- **Cómo: (How)**

Organizando estas respuestas, podemos redactar el fenómeno:

“La bicicleta disminuye muy lentamente la velocidad cuando se accionan el mecanismo de la rueda delantera especialmente en pendientes y a alta velocidad y depende de la habilidad de la persona”

Capítulo 21

Mejoras Enfocadas

Resolución lógica de problemas

Herramienta: Análisis “Por qué – Por qué”

Qué es el “análisis Por qué – Por qué”

La técnica del “análisis Por qué-Por qué” es un método basado en realizar preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular. El objetivo final de los 5 Por qué es determinar la causa raíz de un defecto o problema.

Esta técnica se utilizó por primera vez en Toyota durante la evolución de sus metodologías de fabricación, que luego culminarían en el Toyota ProductionSystem (TPS). Esta técnica se usa actualmente en muchos ámbitos, y también se utiliza dentro de Six Sigma

El “análisis Por qué-Por qué” consiste en una observación detallada para identificar las causas de raíz de los problemas, así como para considerar las acciones necesarias para prevenir la recurrencia del mismo. También se le conoce como “*los 5 Por qués*”. Este es el mismo método utilizado por los niños, ya que¿cómo aprenden los niños y cómo buscan la información que necesitan?:

- ¿Por qué?
- ¿Por qué?
- ¿Por qué?
- ¿Por qué?
- ¿Por qué?



Una causa raíz es la causa inicial de una cadena de causas que llevan a un efecto de interés. Generalmente, la causa raíz se usa para describir el lugar en la cadena de causas en donde se podría implementar una intervención para prevenir resultados no deseados.

El “análisis *Por qué–Por qué*” es efectivo, ya que:

- Nos hace lidiar con los hechos!
- Ataca las causas de raíz
- Se basa en la observación
- No está basado en opiniones

Reglas a seguir

Antes de preguntarse “Por qué?....., vaya a la línea y observe el problema actual; observe las condiciones actuales e identifique el fenómeno. Luego, ...tome una acción realista: **¡No brinque a las conclusiones!**

En los “análisis *Por qué–Por qué*” debo realizar verificaciones, para validar si lo que digo si tiene que ver con el problema.

Si tengo más de 5 “Por qué”, necesariamente fue que los 5W-1H (el fenómeno) ha quedado mal planteado

¿Dónde utilizar el “análisis *Por qué–Por qué*”?

El “análisis *Por qué–Por qué*”, debe ser usado en los pilares y situaciones mostradas a continuación:

- Mantenimiento autónomo – Paso 2
 - Medidas para defectos repetidos
 - Enfocar la devolución de materia extraña
- Mantenimiento planeado – Paso 1
 - Comprender el estado actual del equipo

- Macro-análisis para identificar puntos débiles
- 5W – 1H
- Proceso de mejoras enfocadas
 - Paso 4: Definir estados de proyecto y proyectos
 - Paso 6: Análisis y evaluación
- Seguridad y ambiente
 - Investigación de accidentes

¿Cómo utilizar el “análisis Por qué–Por qué”?

Para utilizar el “análisis Por qué–Por qué”, debemos seguir la siguiente secuencia de actividades:

- Declarar y comprender el problema al que nos estamos enfrentando, determinar la desviación entre nuestras expectativas y lo que en realidad está sucediendo.
- Identificar el fenómeno a través de la metodología de los 5W-1H.
- Analizar el fenómeno para encontrar la causa raíz, a través del “análisis Por qué–Por qué”.

A través del “análisis Por qué–Por qué” encontramos la causa raíz basados en la observación; por tanto, debemos VER lo que está sucediendo, ya que la causa raíz es la causa de fondo de lo que está sucediendo, así que al actuar contra la causa raíz, no debe volver a repetirse más el problema tratado.

En el “análisis Por qué–Por qué” no debemos trabajar la tormenta de ideas, ni hablar por intuición, sentimiento o bajo supuestos sin ver los hechos reales.

Ejemplo

El siguiente ejemplo sencillo nos muestra el uso de este método. Partimos de un postulado, que es el fenómeno encontrado a través del análisis 5W-1H:

“La bicicleta disminuye muy lentamente la velocidad cuando se accionan el mecanismo de la rueda delantera especialmente en

pendientes y a alta velocidad y depende de la habilidad de la persona”

1. **¿Por qué** *la bicicleta disminuye muy lentamente la velocidad cuando se accionan el mecanismo de la rueda delantera especialmente en pendientes y a alta velocidad y depende de la habilidad de la persona?*
 - Porque la palanca no da para accionar más fuerza
2. **¿Por qué** *la palanca no da para accionar más fuerza?*
 - Porque ya la tensión del cable está en su límite
3. **¿Por qué** *la tensión del cable está en su límite?*
 - Porque los cauchos están desgastados
4. **¿Por qué** *los cauchos están desgastados?*
 - Porque no fueron reemplazados
5. **¿Por qué** *no fueron reemplazados?*
 - Porque no estoy manteniendo la bicicleta de acuerdo a las recomendaciones del fabricante no fueron reemplazados

Evidentemente, este ejemplo podría seguirse más aún, con más preguntas. Esto podría ser, pero no sería correcto, ya que el "cinco" en la técnica de los "Cinco Por qué" debería, encontrar la causa raíz en máximo cinco preguntas, pues de lo contrario podría decirse que el fenómeno está mal analizado.

Análisis “5W-1H” y “Por qué-Por qué”		
Equipo:	Elaboró:	
Grupo:		
Análisis N°:		
Fecha ocurrida:	Problema:	
Fecha de mantenimiento:		
Tiempo en que se completó mto. (min.):		
Total tiempo paro máquina (min.):		
Categoría: Esporádica ☐ Crónica ☐		
Hechos observados		
5W - 1H	Qué	
	Cuando	
	Donde	
	Quién	
	Cual	
	Cómo	
Resumen del fenómeno:		
	¿Por qué?(Búsqueda de hechos)	Respuesta
Porqué-1		
Porqué-2		
Porqué-3		
Porqué-4		
Porqué-5		
Acción tomada		Fecha de terminación:
		Fecha de terminación:

En ocasiones, podríamos encontrar problemas multicausales; esto es, que al realizar el “análisis Por qué-Por qué”, no existe una única causa raíz del problema, sino que pueden ser varias. Este tipo de análisis debemos tratar de evitarlos, planteando los problemas de la manera más concreta posible; sin embargo, si nos encontramos con esta situación, podemos utilizar una plantilla como la mostrada a continuación:

Máquina:			Elaboró:		
	Primera ronda	Segunda ronda	Tercera ronda	Cuarta ronda	Quinta ronda
A	¿Por qué...	¿Por qué...	¿Por qué...	¿Por qué...	¿Por qué...
	Porque...				
B	¿Por qué...	¿Por qué...	¿Por qué...	¿Por qué...	¿Por qué...
	Porque...				
C	¿Por qué...	¿Por qué...	¿Por qué...	¿Por qué...	¿Por qué...
	Porque...				
A	¿Por qué...	¿Por qué...	¿Por qué...	¿Por qué...	¿Por qué...
	Porque...				
E	¿Por qué...	¿Por qué...	¿Por qué...	¿Por qué...	¿Por qué...
	Porque...				

○ - Debido al buen resultado verificado en la inspección, el análisis está concluido.
● - Debido al mal resultado verificado en la inspección, el análisis debe continuar (Marcar el cuadro correspondiente□)

Capítulo 22

Mejoras Enfocadas

Resolución lógica de problemas

Herramienta: Ciclo CAP-Do

Qué es el “análisis CAP – Do”

La técnica del “ciclo CAP-Do” es una metodología que ordena el pensamiento para la solución de problemas que generan pérdidas crónicas. Los ciclos CAP-Do tienen la forma para hacernos pensar de una manera racional



A través de los ciclos CAP-Do, podemos:

- Restaurar y extraer conocimiento de las máquinas, por medio del material didáctico.
- Reeducar y hacer proactivas a las personas, por medio de las acciones de prevención
- Estabilizar y dar confiabilidad a los procesos, mediante la obtención de una mejor capacidad.
- Garantizar la calidad de los productos a precios competitivos, para tener clientes satisfechos.

Previo a los ciclos CAP-Do

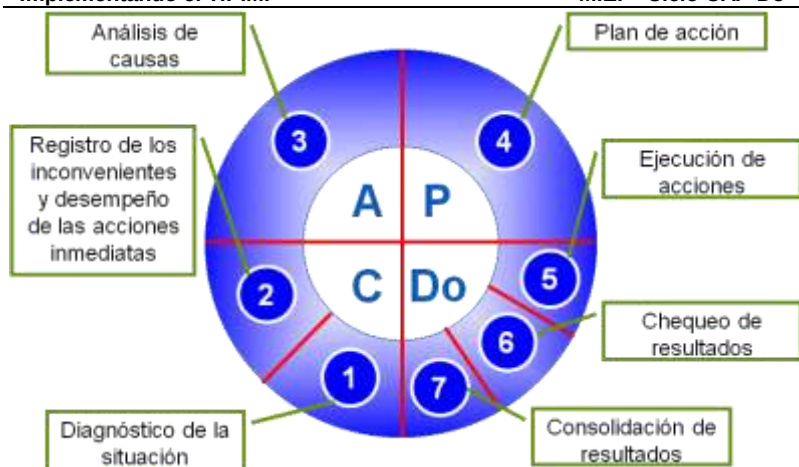
Antes de utilizar técnicas analíticas para estudiar y solucionar el problema, se deben establecer y mantener las condiciones básicas que aseguren el funcionamiento apropiado de la máquina o proceso, tales como:

- Limpieza (actividades desarrolladas desde paso 1 de autónomo)
- Lubricación (actividades desarrolladas desde paso 2 de autónomo)
- Chequeos de rutina (actividades desarrolladas desde paso 1 de autónomo)
- Apriete de tuercas (actividades desarrolladas desde paso 3 de autónomo)

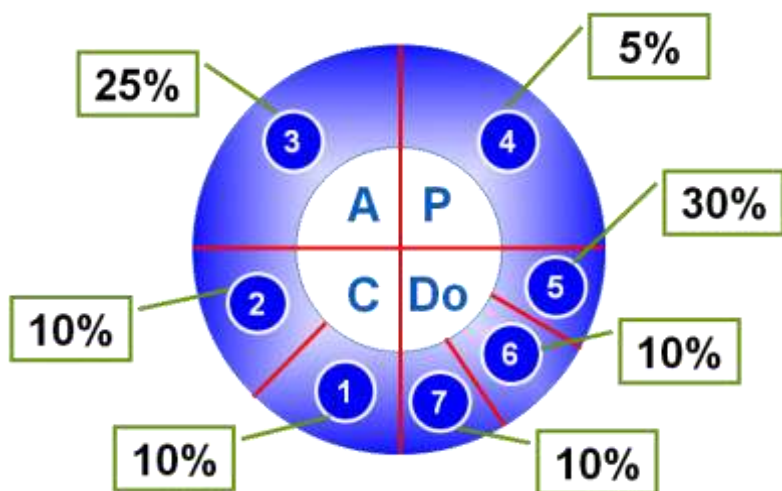
También es importante la eliminación completa de todas aquellas deficiencias y las causas del deterioro forzado debido a fugas, escapes, contaminación, polvo, etc. Esto implica realizar actividades de mantenimiento autónomo en las áreas seleccionadas como piloto para la realización de las mejoras enfocadas.

Etapas del ciclo CAP-Do

Podemos decir que el ciclo CAP-Do se divide en siete etapas, tal como se muestra en la siguiente figura:



El tiempo requerido en cada una de estas etapas, expresado sobre el porcentaje del tiempo total, se observa en la siguiente gráfica:



Inicio del ciclo CAP-Do

Para comenzar a realizar el ciclo CAP-Do, se debe definir un equipo de trabajo en el cual participan personas con conocimientos, experiencia y habilidades para solucionar el problema.

Una vez definido el equipo de trabajo, se efectúa la definición del problema, que consiste en realizar una definición breve de la situación observada en

el momento en que se presenta el defecto, avería, paro menor, anomalía, como por ejemplo:

- Tubería del lavaplatos no evacua el agua rápidamente
- Desalineación de la transmisión del molino
- Lanta desinflada de la bicicleta

Chequear del ciclo CAP-Do

El propósito de esta etapa es identificar el **estado actual y la tendencia** del problema, pasando de lo general a lo particular y con base en esta información definir un **objetivo**. Incluye varias actividades:

- **Estratificación:**

Para esto se deben elaborar gráficas en cascadeo que muestren el impacto del problema, por ejemplo:

- # de averías por planta
- # de averías por área
- # de averías por máquina
- # de averías por componente, etc.

- **Identificar la situación actual y formular los objetivos**

En este paso es necesario un análisis del problema en forma general y se identifican las pérdidas principales asociadas con el problema seleccionado, el cual puede ser: averías, paros menores, reparaciones, pérdidas por problemas de calidad, pérdidas de energía, pérdidas de materiales, pérdida de capacidad de proceso y cuellos de botella. Esta información se debe presentar en forma gráfica y estratificada para facilitar su interpretación y el diagnóstico del problema.

Una vez establecido el problema, 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.

- **Resumen de la ubicación de la falla**

Consiste en la descripción de la diferencia con el estado normal del componente o pieza, que afecta el funcionamiento. Por ejemplo:

- Obstruido
- Perforada

- Golpeado
- flojo
- Fuga de aceite

Esto debe realizarse mediante un dibujo o representación en una LUP.

Analizar del ciclo CAP-Do

El propósito de esta etapa es conocer el problema y lograr determinar en cual etapa del proceso se presenta.

- **Ciclo de funcionamiento o productivo**

Acá se explica en forma organizada las etapas del proceso (máquina + operario) para fabricar el producto. Debe hacerse en forma gráfica y puede ser en una LUP.

- **Resumen del fenómeno: 5W-1H**

Busca encontrar el fenómeno, mediante la definición del dónde, en qué momento, cuándo y cómo sucede la falla o defecto, apoyándose en las gráficas de tendencia:

- **Qué:** En cuál componente o producto se observó el problema?
- **Cuando:** ¿En qué momento sucede el problema?
- **Dónde:** ¿En qué parte del componente o producto observó el problema?
- **Quién:** El problema tiene que ver con la habilidad de la persona que llevó a cabo la operación (depende o es independiente de la habilidad)
- **Cuál:** ¿Existe una tendencia o sucedió de repente?
- **Cómo:** ¿Cómo difiere el componente o producto a su estado normal (óptimo)?

Para esto, se deben mostrar datos numéricos. Observe los hechos con sus propios ojos; vaya, vea y estudie el problema, no suponga nada, comprenda el problema.

Hacer lo anterior de manera efectiva, esto es, entender el fenómeno crítico y su relación con el problema para formular un diagnóstico acertado, requiere disciplina, observación en la planta y estudio de la información del día a día.

El objetivo es expresar el problema en términos de un fenómeno físico, químico o fisicoquímico: presión, temperatura, flujo de energía, flujo de masa, fricción, corrosión, evaporación, contaminación, etc,

- **Descripción del movimiento**

Explica en forma secuencial el movimiento de los componentes de la máquina y el producto, para garantizar su correcto funcionamiento, en el lugar donde se presenta el problema

El ciclo de movimiento debe estar orientado a entender el fenómeno por el cual se presenta la pérdida. Debe hacerse en forma gráfica y puede ser en una LUP.

- **Condiciones operantes**

Describe las especificaciones técnicas que se conocen de cada etapa del proceso. Puede hacerse en forma gráfica en una LUP.

- **Mecanismo de la avería o defecto**

Consiste en una LUP que explica cómo sucede la avería o defecto, aclarando el ciclo en el que se presenta

- **Causa raíz: Análisis Por qué – Por qué**

Luego de tener el diagnóstico (problema + fenómeno crítico), procedemos con el diagrama Porque – Porque. El primer Por qué? indaga sobre el fenómeno crítico, y se encadenan respuestas y Por qué?, hasta encontrar la causa raíz, la cual se logra, usualmente, en la respuesta al quinto Por qué?. Si requiere más de 5 niveles, revise su diagnóstico o sus respuestas, es muy posible que haya perdido el camino.

Planear del ciclo CAP-Do

El propósito de esta etapa es establecer el plan de lo que hay que hacer. Una vez identificadas las causas, debemos determinar las acciones correctivas necesarias para bloquear definitivamente los problemas, evitando así que se repitan.

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.

Las acciones van desde las de impacto inmediato, pasando por las de mediano plazo hasta llegar a las de largo plazo, las cuales pueden involucrar diseños de ingeniería y/o inversiones importantes.

Hacer del ciclo CAP-Do

El propósito de esta etapa es poner en práctica lo planeado. Es muy importante en esta etapa comprobar la relación causa-efecto. Las acciones correctivas deben ser implementadas y comprobada su eficacia. El paso final de esta etapa es la consolidación de los resultados mediante la introducción de las actividades de rutina necesarias para mantener la condición óptima y prevenir la reaparición del problema.

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.

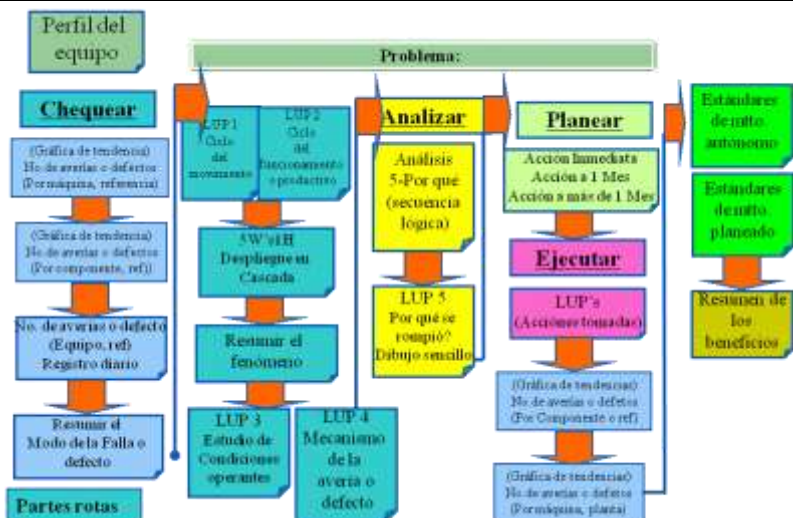
Verificar del ciclo CAP-Do: Evaluar resultados

Acá se miden los resultados para verificar el impacto de las acciones sobre el problema y cuanto se acercan a los objetivos planteados en el Paso 1.

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 en el cual se controlen todos los proyectos, y garantizar que todos los beneficios y mejoras se mantengan en el tiempo.

Tablero de gestión del ciclo CAP-Do

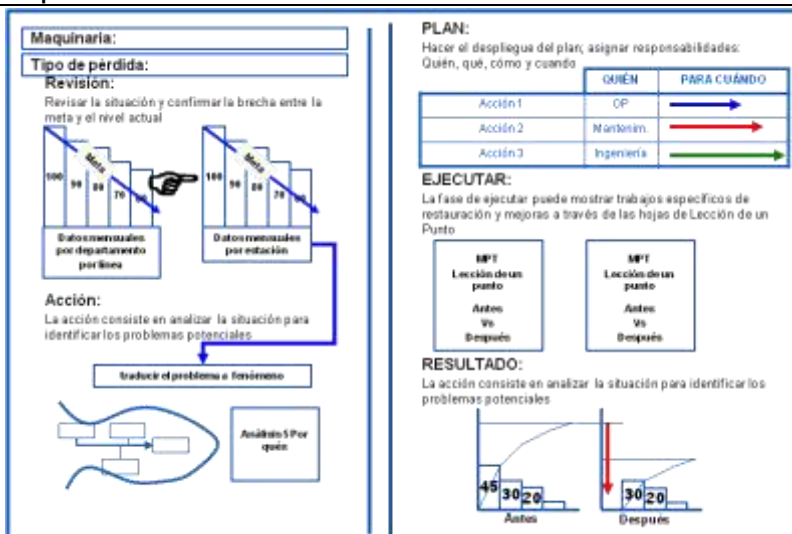
Toda la información generada en el ciclo CAP-Do debe gestionarse en un tablero, que podría ser como el mostrado en la siguiente ilustración:



Como puede observarse, allí se encuentra toda la información desarrollada a través de todos y cada uno de los pasos mencionados en las páginas anteriores. Es importante conservar las partes rotas, cuando los ciclos CAP-Do se desarrollan para averías o fabricar un modelo para replicar el proceso, en caso de que esto facilite la comprensión del fenómeno.

Resumen para la solución de problemas

Acá se resume todo el proceso de realización del ciclo CAP-Do, para conservarlo como parte del aprendizaje y conocimiento a ser compartido.



10 claves de éxito para un ciclo CAP-Do

- Escoja el ciclo CAP-Do teniendo en cuenta que es una herramienta para resolver problemas los cuales no conocemos la causa.
- Seleccione un líder que acompañe el proceso.
- Siga la metodología paso a paso.
- Defina muy claramente el fenómeno.
- Si las causas son detectadas rápidamente entonces estas son anomalías.
- Siempre analice y confirme los avances en el piso de la planta.
- Utilice el tablero como guía para las reuniones.
- Involucra las personas directamente encargadas del proceso.
- Evalúe el avance a través de los indicadores y las metas.
- Cierre el ciclo CAP-Do cuando garantice el que problema no volverá a repetirse por medio de estándares y LUP's.

Capítulo 23

Mejoras Enfocadas

Resolución lógica de problemas

Herramienta: análisis PM

(Fenómeno físico)

Introducción

Los expertos del TPM, KunioShirose, YoshifumiKimura y MitsuguKaneda proponen metodologías de amplio alcance que han eliminado los problemas crónicos relacionados con maquinaria en muchas empresas que están dentro de ambientes de manufactura esbelta.

Las pérdidas crónicas incluyen del 1 al 5% de problemas que deben resolverse para lograr un entorno de 0 defectos, 0 fallas o lo más cercano a esto. Los defectos crónicos son de erradicación difícil y las estrategias comunes de mejora como el análisis causa efecto y pareto son típicamente ineficaces para tratar con tales problemas complejos.

Las fallas y defectos en las máquinas aparecen de dos modos, las PerdidasEsporádicas son las que indican perdidas súbitas, dichas pérdidas ocurren con poca frecuencia y típicamente son el resultado de una sola causa que es relativamente fácil de identificarasímismo las relaciones causa efecto de lasperdidas esporádicas son claras y las medidas correctoras son usualmentefáciles de formular,mientras que las perdidas crónicasresisten a una ampliavariedad de medidas correctivasy requieren medidas innovadoras querestauren el mecanismo o componente a su estado original, libre de defectos,estas pérdidas son el resultado de relaciones causa efecto complejas, enredadasy puede ser arduo rastrear sus causas, de modo que es

difícil identificar las causas y clarificar sus efectos. Esto hace igualmente difícil diseñar medidas efectivas correctoras; en muchos casos las medidas correctoras pueden aportar una mejora temporal, pero la situación empeora con el tiempo, la eliminación o la deducción de estas pérdidas con los enfoques convencionales no se pueden superar.

Se sugiere un método sistemático de 8 pasos para reducir problemas crónicos relacionados con la máquina que vaya más allá de la reparación y restauración del mismo; esta metodología ya es usada ampliamente por compañías que han adoptado TPM.

Dentro de la implementación de esta metodología, se pudo ver cómo la máquina de mejora continua adquiere un profundo conocimiento (a detalle) de los diferentes mecanismos de estas máquinas y cómo interactúan entre sí, conociendo las causas y efectos en los productos, resultando un aumento de la eficiencia global de la máquina (OEE).

En sí, la metodología de análisis P-M, que son 8 pasos que se muestran a continuación:

1. Clarificar el fenómeno
2. Realizar un análisis físico
3. Definir las condiciones constitutivas del fenómeno
4. Estudiar las correlaciones entre entradas de producción (4M)
5. Establecer condiciones óptimas
6. Investigar los factores causales de anomalías
7. Determinar las anomalías a tratar
8. Proponer y hacer mejoras.

Definición del análisis P-M

El análisis P-M es más que una metodología de mejora, es un modo de pensar diferente sobre problemas y el contexto en que ocurren.

La letra P del análisis P-M se refiere a fenómeno (phenomenon) y la M se refiere a mecanismo (mechanism) y a las 4Ms de manufactura (mano de obra, máquinas, materiales y método).

Fenómeno	Phenomenon	}	
Físico	Physical		
Relación:	Relation:	}	
• Máquina	• Machine		
• Personal	• Man		
• Material	• Material		
• Método	• Method		
• Medición	• Measurement		

El análisis P-M analiza físicamente las pérdidas crónicas de acuerdo a los principios inherentes y leyes naturales que les gobiernan. Este análisis clarifica la mecánica de su ocurrencia y las condiciones que deben controlarse para evitarlas.

El principio básico del análisis P-M es comprender en primer lugar en términos físicos precisos lo que sucede cuando una máquina se avería o produce piezas a materiales malos y como ocurre esto, solo entonces podemos identificar y tratar todos los factores causales y eliminar las pérdidas crónicas.

Considerándolo de otro modo, el análisis P-M es una variante refinada del análisis causa efecto que considera todos los factores causales en vez intentar decidir cuáles son los más influyentes.

Para la mejora de máquinas se usa el análisis P-M como se muestra en esta secuencia

Cómo trabaja el análisis P-M para eliminar pérdidas crónicas

El análisis P-M para tratar las pérdidas crónicas no intenta aislar los factores mas influyentes, porque es muy raro que un defecto o disminución recurrente sean claramente atribuible a una, dos causas distintas; normalmente encontramos una red enmarañada de factores que pueden contribuir o no.

Para lograr una reducción de defectos, son esenciales los siguientes cinco conceptos.

- Considerar todos los defectos causales.
- Investigar profundamente todos los defectos causales y la existencia de anomalías.
- Corregir todas las anomalías.
- Corregir las anomalías simultáneamente.
- Repetir el proceso si los resultados son insatisfactorios

Claves para realizar el análisis P-M

Para conseguir los mejores resultados, el análisis P-M considera las siguientes directrices y sugerencias:

1. La máquina de análisis P-M debe de incluir por lo menos cuatro miembros: preferentemente un operario, un supervisor, un técnico de mantenimiento y un ingeniero de fabricación.
2. Dar realce a los gráficos de análisis P-M con dibujos simples o croquis.

3. Listar todos los factores causales, sin tener en cuenta la magnitud o impacto aparente.
4. Después de completar un análisis P-M, asegurarse de revisarlo para clarificar y completar. Primero buscar vínculos en la cadena causa efecto (desde correlaciones 4 M secundarias a correlaciones primarias y a condiciones constituyentes).
5. Si los valores estándares para un factor causal no están claros, usar valores provisionales y establecer los estándares definitivos después de revisar los resultados.
6. Para una mayor eficiencia realizar investigaciones de análisis P-M con la siguiente secuencia.
 - Investigar las condiciones constituyentes y determinar cuáles son anormales.
 - Inspeccionar solo aquellas correlaciones 4M primarias que corresponden a condiciones anormales.
 - Inspeccionar solo aquellas correlaciones 4M secundarias que corresponden a condiciones anormales.
7. Agrupar las anomalías que se hayan identificado y corregirlas en conjunto.
8. Restaurar a fondo las condiciones originales, libres de defectos; tienen prioridad sobre la realización de mejoras.
9. Preguntándose continuamente ¿Por qué? Sobre cada anomalía y perseguir causas potenciales entre todas las 4M, incluyendo la conducta humana.
10. Cuando los resultados de un análisis P-M sean decepcionantes, o bien se han omitido algunos factores, o los valores estándar son demasiado benignos. En cualquier caso, se debe de aplicar el análisis P-M nuevamente.
11. Añadir factores variables o semí-variables en la lista de chequeo de mantenimiento preventivo para asegurar una correcta gestión de las condiciones.
12. Comprobar el proceso para asegurar que las decisiones se han llevado a cabo como estaba previsto.

El análisis P-M no es tanto un método, es una manera de pensar sobre las cosas. Todo el mundo, desde el taller hasta los directivos deberán conocerla más a fondo. Solo son necesarias dos o tres experiencias aplicando análisis P-M para ver que realmente hace la diferencia.

Metodología P-M paso a paso

La metodología se basa fundamentalmente en 8 pasos que a continuación se describen:

1. Clarificar el fenómeno: El cual define y categoriza cuidadosamente el problema a estudiar.
2. Realizar un análisis físico: Describe el fenómeno en términos físicos, y como cambian las partes y condiciones de proceso en relación unas con otras para producir un defecto o fallo.
3. Definir las condiciones constitutivas del fenómeno: Identifica todas las condiciones que consistentemente producen el fenómeno.
4. Estudiar las correlaciones entre entradas de producción (4M): Escudriñar las relaciones causa efecto potencial entre las condiciones constitutivas y de la máquina, material, método de trabajo y factores humanos.
5. Establecer condiciones óptimas: Revisar los niveles de precisión corrientes de máquina para determinar donde los estándares nuevos o revisados son deficientes.
6. Investigar los factores causales de anomalías: Usar métodos de medición apropiados, confirmar qué factores identificados en los pasos 3 y 4 muestran condiciones que se desvían.
7. Determinar las anomalías a tratar: Revisar los resultados de la investigación y listar todas las anomalías.
8. Proponer y hacer mejoras: Implantar una medida correctora o mejora para cada anomalía, entonces establecer estándares operacionales y procedimientos de mantenimiento preventivo para mantener las condiciones optimas

Paso 1: Clarificar el fenómeno

En el análisis P-M, clarificar el fenómeno significa utilizar nuestras habilidades de observación para captar los hechos e iluminar los conceptos subyacentes, sin este paso vital, el análisis P-M puede terminar errando completamente su objetivo.

Para evitar actuar basándose en supuestos infundados, observe el fenómeno en vivo en la planta, los supuestos y presunciones no definen el fenómeno, solo bloquean las soluciones “verificarlo con los propios ojos debe ser un slogan para la resolución de problemas.

Sin embargo, meramente contemplar la escena de un problema no es suficiente; estas son algunas de las cuestiones que las máquinas de mejora deben plantearse cuando observen un fenómeno:

- ¿Durante qué operación específica de la maquina ocurre el fenómeno?

- ¿Ocurre siempre en las mismas circunstancias (En el arranque en la mañana, antes o después la comida, etc.)?
- ¿Ocurre a intervalos regulares o irregulares?
- ¿Mejora o empeora con el tiempo?
- ¿Ocurre en más de una máquina?
- ¿Ocurre sólo con ciertos operarios?

Las preguntas anteriores centran el enfoque del fenómeno y ayuda a las máquinas a comprenderlos apropiadamente.

Frases tales como “se producen piezas rayadas”, “se producen grandes cantidades de defectos de operación” o “ocurren paradas molestas” son demasiado vagas. Debemos establecer el hecho con precisión “La máquina se para a veces cuando no se le alimentan pernos” o “La máquina para ocasionalmente cuando los pernos se alimentan en tal ángulo y falla la entrada en los orificios”.

Con este fin es útil preguntar “por qué” al menos tres veces cuando se defina un fenómeno o se seleccione un tema de mejora; estas preguntas ayudan a definir el fenómeno con precisión suficiente de modo que las personas que intentan la mejora, puedan concebir la posibilidad de alcanzar cero perdidas.

De modo similar a como perseguimos objetivos de “ceros” cuando emprendemos mejoras en el TPM, tenemos que establecer metas de “cero ocurrencias” para las mejoras relacionadas con los defectos crónicos. Recordemos que las condiciones óptimas incluyen lo que es deseable, no exactamente lo necesario.

Estratifique el fenómeno en detalle hasta las unidades más pequeñas verificables, usando herramientas similares a las lupas, microscopios etc.

Como ya hemos visto, verificar el fenómeno con los ojos; no hay que dar nunca valor a los rumores y las suposiciones. Una observación vale más que mil rumores.

Definir el fenómeno significa comprenderlo correctamente y clasificarlo por tipo o patrón, basado en qué consiste, cómo ocurre, dónde ocurre, qué clase de máquinas están involucradas, etc. Los puntos cruciales para este proceso son:

- Eliminar las ideas preconcebidas: Especificar claramente los elementos a observar con el fin de evitar errores basados en suposiciones y rigidez del pensamiento
- Observar el problema en la planta: Conectar el problema con las unidades más pequeñas posibles, observando personalmente los elementos físicos sobre el terreno
- Clasificar adecuadamente y estratificar los fenómenos que se hayan observado en detalle (5W-1H).

- Investigar las desviaciones: Comparar lo normal (productos buenos) con lo anormal (productos defectuosos) para localizar todas las diferencias significativas. Clarificar la distinción entre lo que es normal y anormal en lo que se haya observado

Una técnica efectiva para definir el fenómeno es utilizar el sistema de preguntas Quién, Qué, Dónde, Cuándo, Cuál y Cómo (5W-1H) para estratificar los resultados de la observación.

- **¿Quién?:** ¿Hay alguna variación entre las personas involucradas en la operación? (¿Alguna diferencia entre los turnos de mañana, tarde y noche?) (¿Diferencias entre nuevos operarios y operarios temporales?).
- **¿Qué?:** ¿Hay variaciones debidas a los materiales de producción? (¿diferencias entre lotes?) (¿Variaciones debidas a diferentes dimensiones de piezas o formas?).
- **¿Dónde?:** ¿Hay variaciones debidas a máquinas, accesorios, componentes? (¿En qué proceso y en cuáles elementos de la maquina ocurre el problema?) (¿Alguna variación asociada con diferentes plantillas o accesorios?).
- **¿Cuándo?:** ¿Alguna variación relacionada con el tiempo o periodo? (¿Ocurre el problema al inicio del trabajo?) (¿A la mitad?) (¿Alguna diferencia estacional?).
- **¿Cuál?:** ¿Hay tendencias características asociadas al paso del tiempo?) (¿Aumentan o disminuyen los problemas?).
- **¿Cómo?:** ¿Hay variaciones en las circunstancias de la ocurrencia? (¿Ocurre el problema con frecuencia o raramente?) (¿Aparece de modo abrupto o gradualmente?) (¿Aparece en forma continua o discontinua?).

Paso 2: Realizar un análisis físico

El análisis físico explica apropiadamente el fenómeno estratificado desde un punto de vista físico. Sin análisis físico, podríamos juzgar los factores por experiencia (“siempre ha sido así”), por intuición (“debe ser así”), o mediante impresiones (“es probable que sea así”). Como resultado, nuestra acción para corregir perdidas crónicas no llega a resolver el problema.

Algunas personas pueden pensar de sí mismas que están mal equipadas para expresarse en términos técnicos. Pero el análisis físico no requiere palabras sofisticadas o expresiones complicadas. De hecho, tales palabras solamente oscurecerían el fenómeno. El enfoque más simple y mejor es pensar visualmente. Considere como posibilidad dibujar un diagrama que muestre como interactuar los elementos de la máquina y el producto para generar el defecto o fallo funcional.

Los pasos a seguir cuando se analiza el fenómeno en términos físicos son:

1. **Identificar los principios operacionales:** Revisar los diagramas y manuales de la máquina para comprender los principios operacionales básicos de la máquina. Antes de realizar el análisis P-M, estudiar los principios físicos o mecánicos asociados a la operación en cuestión. Identificar y documentar esos principios directamente relacionados con el fenómeno. Una ayuda consiste en diagramar la estructura de los mecanismos relevantes y mostrar cómo funcionan.
2. **Identificar los estándares operacionales:** Aprender las funciones y mecanismos de la máquina y dispositivos periféricos dibujando esquemas simples de la máquina. Relacionar los principios operacionales con los mecanismos de la máquina para identificar los estándares que rigen las condiciones normales. ¿Cómo funcionan los mecanismos cuando no ocurre el fenómeno anormal?
3. **Identificar elementos que interactúan:** Piense del fenómeno que ocurre en una operación de fabricación en términos de relaciones de causas-efecto entre máquina y productos. La “causa” se refiere a la condición de la máquina y el “efecto” es la calidad del producto. Cualquier deterioro en esta relación se refleja necesariamente en la calidad del producto.

Para explicar este deterioro consideramos los puntos de contacto entre la máquina y la pieza trabajada – los elementos o condiciones de la máquina que interactúan para producir el fenómeno anormal. Diagramas de contacto tales son herramientas efectivas para identificar los elementos que interactúan

Comprender los mecanismos y estructura de la máquina involucrada es tan importante como definir el fenómeno. El conocimiento íntimo de la máquina ayuda a clarificar lo que sucede para producir disfunciones o defectos particulares. “Mecanismo” significa un grupo de elementos de la máquina con una función particular y cómo funcionan. “Estructura” se refiere a cómo se ensamblan conjuntamente todos los elementos de la máquina.

Realizar un análisis P-M sin comprender la estructura y mecanismos conduce a tener lagunas en la red de factores que pueden contribuir al problema. Tenga presente que normalmente distinguimos los factores causales a tres niveles:

- *Condiciones constituyentes:* todos los factores que cuentan para el fenómeno
- *Correlaciones 4M primarias:* todos los factores que cuentan para cada condición constituyente
- *Correlaciones 4M secundarias:* todos los factores que cuentan para cada correlación 4M primaria

Cuando los equipos de mejora no tienen una adecuada comprensión de la máquina, las lagunas de su conocimiento oscurecen las conexiones entre estos niveles, lo que puede causar que se pasen por alto grupos enteros de factores. El resultado inevitable es un análisis P-M subjetivo.

No es fácil explicar los mecanismos y estructuras de máquinas y dispositivos, incluso cuando se usan cada día. Por tanto, es especialmente útil preparar diagramas de máquinas cuando se comience una análisis P-M. El dibujo de diagramas de fuerza nos lleva a examinar cuidadosamente cada parte de la máquina y conduce a menudo a descubrir muchas anomalías ocultas. Los diagramas de contacto son también muy útiles. Para adquirir conocimientos sobre las máquinas, son ayudas importantes las siguientes:

- Leer y releer el manual de instrucciones hasta conocerlo a fondo.
- Preparar diagramas propios de la máquina, con observación directa de la misma.
- Estudiar el ciclo de proceso, cableado, sistema hidráulico, y diagramas de otros sistemas.
- Investigar el cambio de útiles y condiciones de operación.
- Restaurar al estado normal cualquier elementos que esté fuera de especificaciones (hacer esto antes de empezar el análisis P-M)

Desde un punto de vista práctico, ver las cosas en términos físicos involucra lo siguiente:

- A partir de principios de operación y estándares, comprender qué elementos (por ejemplo: pieza trabajada y útil o herramienta) interactúan para definir el fenómeno en cuestión.
- Determinar cómo medir las relaciones entre elementos en unidades físicas (distancia, temperatura, velocidad, etc.)
- Comprender cómo cambian estas relaciones con el fenómeno
- Mostrar gráficamente estas relaciones

4. Cuantificar los cambios físicos involucrados: Identificar las cantidades físicas apropiadas y los cambios en esas cantidades; por tanto, las siguientes son las actividades que necesariamente tiene que realizar el equipo para completar el análisis físico:

- Diagramas de relaciones punto a punto y línea a línea: Primero, se dibujan los puntos de contacto entre la máquina y la pieza trabajada para clarificar los elementos que interactúan. Por tanto, el primer paso es expresar esta relación bien en un diagrama o en términos de los dos ejes, A y B.

- Cuantificar la relación entre los elementos en contacto: Se revisa la magnitud o magnitudes físicas que conectan los elementos.
- Clarificar los cambios en la magnitud física: Se clarifican cómo cambian las magnitudes físicas.

Como puede verse, los diagramas de contacto juegan un papel extremadamente importante en el proceso analítico. A menudo, un análisis físico que es difícil expresar en palabras puede representarse en un diagrama.

Cuando el método fracasa para producir un análisis físico, hay que volver atrás y revisar la estratificación del fenómeno para ver si era adecuada. Probablemente, dos o más fenómenos se han vinculado en uno solo. Es también probable que se haya hecho una estratificación inadecuada si parece haber más de un análisis físico, puesto que, como ya establecimos anteriormente puede darse un análisis por cada fenómeno.

Paso 3: Identificar las condiciones constituyentes

El siguiente paso es revisar todas las condiciones que consistentemente dan origen al problema. Estas son las condiciones constituyentes que son necesarias o bien suficientes para que ocurra el fenómeno físico analizado en el paso previo. Es importante considerar cada cosa que concebiblemente contribuya (“construye”) a la aparición del fenómeno, como cualquier idea preconcebida o los juicios intuitivos. Estas condiciones abarcan todos los factores causales, de modo que este paso asegure que no se pase por alto ninguno de tales factores.

Cualquier condición constituyente cae en una de las categorías 4M de inputs de producción:

- Maquinas (Precisión y fiabilidad): función y precisión del equipo. Cuando cualquier parte de la maquina funcione mal buscar vínculos con el fenómeno anormal y las condiciones que producirán dicho fenómeno
- Personal (Calidad de las habilidades aplicadas): nivel de capacidades humanas. Buscar vínculos con el fenómeno anormal cuando el personal relacionado con los estándares no los cumplió.
- Materiales (Calidad del proceso anterior): calidad de piezas/materiales recibidos del proceso anterior. Buscar vínculos con el fenómeno anormal material o piezas de procesos anteriores son de calidad deficiente
- Métodos y estándares: adecuación de procedimientos y estándares. Buscar vínculos con el fenómeno físico defectuoso cuando los estándares designados sean inadecuados o demasiado elásticos

Estas categorías son útiles en el análisis P-M porque el fenómeno del defecto puede siempre derivarse de factores causales de, como mínimo, una de las cuatro áreas.

Los pasos para cuando se revisen las 4M's para ver si las condiciones están fuera de estándares y pueden conectarse con el fenómeno del defecto son:

1. Identificar los mecanismos de la máquina: Identificar las unidades que constituyen la máquina.
2. Entender cómo funcionan e interactúan los mecanismos: Examinar cada mecanismo e identificar el papel que juega en relación al equipo como un todo.
3. Considerar la relación causa-efecto entre mecanismos y fenómeno anormal: Buscar vínculos con el fenómeno anormal cuando cualquier mecanismo, subconjunto, o componente no funciona como se espera que lo haga.
4. Identificar las condiciones constituyentes de la máquina: Investigar vínculos entre la aparición del fenómeno anormal y la condición de los mecanismos potenciales conectados a tal fenómeno.
5. Identificar las condiciones constituyentes relacionadas con estándares y personas encargadas de cumplirlas: Incluso si los mecanismos del equipo están cumpliendo sus funciones esperadas, verificar para ver si aparece el fenómeno anormal cuando:
 - los estándares designados son demasiado elásticos o inadecuados o
 - las personas encargadas de cumplirlos no lo están haciendo
6. Identificar las condiciones constituyentes relacionadas con la calidad del proceso anterior: Incluso si las condiciones de máquinas, estándares y personas están en orden, verificar si el fenómeno resulta de defectos de calidad de materiales recibidos.

Al revisar las condiciones que dan lugar al fenómeno del defecto físico, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Comprender qué condiciones constituyentes se identifican revisando las correlaciones con los elementos de la producción conocidos como 4M's (equipo, personas, materiales, métodos)
- Revisar y comprender los mecanismos y estructura de la máquina antes de intentar identificar las condiciones constituyentes.
- Determinar el estado en que debe estar cada elemento funcional para generar el fenómeno anormal: observar las condiciones fuera de estándares dentro de cada elemento.

- Confirmar cada una de estas condiciones en la generación del fenómeno
- Volver atrás a través de las correlaciones con las 4M's para asegurar que no se ha pasado por alto ninguna condición.

Paso 4: Estudiar las 4M's para factores causales

Se debe listar e investigar cualquier correlación entre las condiciones constituyentes identificadas en el paso previo y los inputs básicos (4M's) de producción (máquinas, personas, materiales, métodos). Dicho de otra forma, esto significa identificar las relaciones causas-efecto entre las condiciones constituyentes y los elementos específicos de las 4M's. La condición constituyente es ahora el "efecto", y revisamos los elementos 4M's para buscar "causas" potenciales. Se identifican todos los elementos lógicamente concebibles como necesarios para generar las condiciones constituyentes.

Como hemos mencionado antes, hay tres niveles de factores, empezando con las condiciones constituyentes como primero. Los dos niveles siguientes son las correlaciones 4M's primarias y las correlaciones 4M's secundarias. Las condiciones constituyentes se identifican a nivel de mecanismo. Las correlaciones primarias y secundarias descienden a niveles de subconjuntos y componentes, respectivamente. (Un mecanismo consiste en los elementos físicos relacionados con una función; los elementos de un mecanismo de la máquina son subconjuntos conformados a su vez por componentes). Por supuesto, puede variar el número de niveles; por ejemplo, puede tener cuatro o cinco en el caso de máquinas completas.

Si la condición constituyente es el efecto, las 4M's primarias son las causas. Similarmente, las 4M's secundarias son las causas de los "efectos" 4M's primarios. Obsérvese que los elementos 4M's primarios deben conducir a condiciones constituyentes. En otras palabras, en cada paso sólo pueden representarse las relaciones causas-efecto.

Para una visión más clara de las relaciones causas-efecto entre estos tres niveles de factores, consideremos el siguiente ejemplo simple:

- **Fenómeno:** Un motor de automóvil no arranca.
- **Condiciones constituyentes (nivel de mecanismo):**
 - a) No se suministra gasolina al motor.
 - b) No se suministra energía eléctrica al motor.
- **4M's primarias (nivel de subconjunto):**
 - a) El sistema de combustible no tiene gasolina
 - b) La batería está descargada.
- **4M's secundarias (nivel de componentes):**

- a) La junta entre el tanque de gasolina y los conductos de combustible está desgastada.
- b) El tanque de gasolina esta vacío
- c) Un cable de la batería esta flojo.
- d) La batería esta averiada.

Las condiciones constituyentes y las correlaciones primarias y secundarias son todas ellas causas potenciales que debemos tratar mediante diversas medidas correctas. Por tanto, los elementos 4M's deben expresarse en términos medibles (verificables) en el mayor grado posible. De otro modo, no hay manera de hacer juicios evaluadores y establecer valores estándares. En la fase 4M's primaria, uno se encuentra ocasionalmente con una frase tal como "pieza montada deficientemente" – Una descripción vaga difícil de evaluar o relacionar con cualquier estándar.

Consideremos los siguientes puntos claves cuando identifiquemos correlaciones 4M's primarias con inputs de producción:

- Ignorar el grado de contribución o amplitud del efecto. En el análisis P-M dejamos de lado la priorización.
- Cuando evaluemos correlaciones con la máquina, herramientas o útiles, trabajemos progresivamente dentro de subconjuntos, desde la punta o superficie funcional del mecanismo ("el punto de procesamiento") a la base que lo apoya.
- Listar todos los elementos lógicamente concebibles para el material (precisión de procesos anteriores), método (incluyendo método de operación, montaje de útiles y piezas, mediciones y el equipo.
- Revisar la lista de correlaciones primarias para confirmar que tienen como resultado las condiciones constituyentes

Aquí de nuevo es importante listar todos los factores, cualquiera que sea su efecto o grado de contribución. Se toma cada correlación primaria y se reduce a sus elementos constituyentes (en este caso, el nivel de componente). Para cada correlación secundaria identificada, cuestione si contribuye realmente a un factor primario correspondiente. Este procedimiento es el mismo utilizado en la base 4M's primaria.

Paso 5: Establecer condiciones óptimas

En los pasos 1 al 4 hemos definido al fenómeno del defecto, lo hemos analizado en términos físicos y listado entonces todos los factores concebidos asociados al fenómeno en 3 niveles: Mecanismos, subconjuntos y componentes; ahora tenemos que investigar e identificar todas las anomalías (incluyendo las más ligeras) dentro de estos factores.

De acuerdo con la filosofía del análisis P-M, esta investigación no puede confiar en los juicios meramente subjetivos, el equipo debe establecer criterios fiables para determinar si cada causa potencial listada es normal o

anormal. En otras palabras, qué condiciones, al estar presentes, evitaran la repetición del problema?.

Se empieza por la revisión de los estándares y criterios ya establecidos para controlar esta fase del proceso de producción. Si no existen criterios convenientes para evaluar tal precisión de la máquina, se desarrollan y establecen otros nuevos que reflejen los principios operacionales, la mecánica de la generación de defectos y disfunciones, la estructura y función de la máquina, y la calidad del producto.

La mayoría de los procesos ya tienen numerosos estándares criterios y normas, sin embargo cuando diferentes departamentos tienen responsabilidades sobre los estándares, a menudo estos se pasan por alto o se ignoran; por tanto, es importante volver atrás hasta el principio y revisar y evaluar los estándares disponibles.

Paso 6: Investigar anomalías

En este paso, el equipo hace lo siguiente:

1. Determinar los modos más eficientes y fiables para medir el desfase entre la condición de los factores causales identificados en los pasos 3 y 4 y sus valores ideales confirmados en el paso 5.
2. Determinar el modo más eficiente de investigar físicamente todos los factores en la propia máquina.
3. Realizar la investigación, medir resultados y compararlos con los estándares óptimos, para determinar qué factores contienen anomalías y son en consecuencia causas actuales del fenómeno.

Ninguna persona suele estar familiarizada con todos los métodos que pueden requerirse para medir los diversos factores. Para evitar posteriores problemas administrativos y técnicos, hay que incorporar personas calificadas de otros departamentos que ayuden a seleccionar los métodos más apropiados.

Cuando se revise cómo deben de hacerse las mejoras, empezar por las condiciones constituyentes. Esto reduce el número de elementos a inspeccionar, lo que a su vez ahorra horas de empleado. Si se encuentra que algunas condiciones constituyentes están libres de anomalías, no será necesario medir y revisar sus correlaciones 4M primarias y secundarias.

En tales casos, los equipos de mejora pueden saltar desde el paso 3 directamente a los pasos 5 y 6, volviendo después al paso 4 para las condiciones que requieren investigación adicional.

La revisión de los métodos de medida, acelera el proceso de mejora y clarifica también las tareas de mantenimiento preventivo que evitaran la repetición de las condiciones anormales.

Algunas claves para revisar los métodos de investigación y medición son:

- Revisar los métodos de investigación y medida, empezar por las condiciones constituyentes (si estas son normales, no será necesario estudiar las 4M's primarias y secundarias).
- Planificar la investigación.
 - Cuándo: fecha, turno, duración.
 - Quién hace qué: responsabilidades asignadas a individuos y departamentos.
 - Con qué: organizar la preparación de herramientas de trabajo, e instrumentos de medida.

Idealmente los equipos deben de investigar todos los elementos listados como factores causales, sin embargo, generalmente esto exige demasiado trabajo para que sea practico.

Como se deduce en las investigaciones anteriores, el procedimiento puede refinarse y aligerarse atacando un solo nivel a la vez:

- Medir el estatus de todos los elementos listados como condiciones constituyentes. (si estas son normales, dejar de lado las correlaciones 4M's correspondientes).
- Revisar y medir las 4M's primarias solamente para las condiciones constituyentes cuyos valores medios sean diferentes a los valores estándares (utilizar estándares temporales si es necesario).
- Revisar y medir las 4M's secundarias solamente para aquellas cuyos valores medios sean diferentes a los valores estándar.

Paso 7: Determinar las anormalidades a tratar

Ahora que se han identificado todos los factores causales e investigado sus condiciones usando métodos apropiados, estamos preparados para decidir que desviaciones de condiciones se consideraran verdaderas anormalidades y se trataran en consecuencia. Las siguientes directrices han probado ser útiles.

- **Claves para identificar anormalidades**
 - Investigar profundamente todos los factores
 - Comparar las condiciones anormales con los estándares corrientes o provisionales.
 - Pensar en términos de condiciones óptimas, no solo en condiciones necesarias.
 - Clasificar como anormal cualquier hecho en el límite entre lo normal y lo anormal.
 - Asegurar que comprende los factores causales asociados con cada condición clasificada como anormal.

- **Pensar en términos de Condiciones Óptimas:** Para elementos para los que existen ya estándares, comparar las condiciones actuales con los estándares y clasificar como anormales todos los elementos que estén fuera de estándares. Cuando haga esto, no limite su pensamiento a los viejos conceptos y criterios sobre lo que constituye “normal” frente a “anormal”. En vez de esto, imagine lo que serían las condiciones originales, libres de defectos y observe cuidadosamente para detectar incluso la más ligera anomalía. Resaltaremos esto una vez más: el estándar es como las cosas “deben ser”, no como “han sido”.
- **Clasificar como anormales todas las condiciones en el límite:** En la fase de la revisión, a menudo las personas paran la investigación tan pronto como encuentran una o dos anomalías que parecen tener un gran efecto sobre los resultados. Sin embargo, para lograr cero pérdidas crónicas, los equipos de mejora deben investigar profundamente todos los factores seleccionados. Las pérdidas crónicas surgen a menudo en condiciones “en el límite” – elementos que parecen normales desde una perspectiva y anormales desde otra. Definitivamente, clasificar tales elementos “en el borde” como anormales.
- **Centrarse en la prevención:** Mientras estas anomalías representan un extremo de la cadena causa-efecto para los propósitos del análisis P-M, deben verse también como efectos con causas por sí mismos. En vez de tratar cada elemento por su valor aparente, preguntar siempre “¿por qué sucede esto?” cuando planifique mejoras recuerde que la meta última es restaurar las condiciones a su estado original.

Para hacer esto, los equipos deben revisar cuidadosamente los factores causales de las anomalías seleccionadas con un ojo puesto en la prevención. Por ejemplo, si un defecto involucra la presencia de polvo o limaduras, investigar cómo se produce la contaminación. Los planes de mejora no solo corrigen las causas si no que evitan su repetición de modo que pueda mantenerse en cero defectos crónicos.

Paso 8: Proponer y hacer mejoras

En el paso octavo y final del análisis P-M, los equipos proponen y realizan cualquier mejora y corrección requeridas para cada anomalía, planificando e instituyendo medidas preventivas apropiadas. Se recomienda observar los siguientes puntos:

- **Claves para implantar mejoras:**
 - Recordar que la restauración (de las condiciones óptimas) viene antes del reemplazo o modificación del diseño.

- Después de la restauración, planificar mejoras que resultan de problemas estructurales de la máquina, actualizar las tecnologías obsoletas y evitar repeticiones.
 - En la restauración y mejora del equipo, agrupar tantos factores como sea posible y gestionarlos conjuntamente.
 - Confirmar la precisión de los resultados. Preguntar si “¿hemos dejado afuera algún factor?” y “¿son correctos los valores estándares?”
 - Estandarizar las mejoras y establecer medidas preventivas para evitar volver atrás.
- **Restaurar antes de mejorar las máquinas:** Cuando se trata de anomalías crónicas, es natural especular sobre cómo podrá modificarse o mejorarse la máquina o proceso, sin embargo, cuando se ignoran las condiciones defectuosas, a menudo los resultados son insatisfactorios cualquiera que sea el mecanismo que se reemplace o las piezas o materiales que se cambien. De este modo, debe restaurarse a las condiciones originales, libres de defectos, antes de considerar modificaciones de diseño o reemplazos. Si después de restaurar cuidadosamente estas condiciones los resultados son aún inadecuados, entonces empezamos a pensar en modificaciones.
- **Tratar todos los factores causales:** Los defectos crónicos que son el centro de atención del análisis P-M, a menudo tienen una combinación de causas. Puede haber muchos factores cuyas relaciones causa efecto no se comprendan, sin embargo, los equipos no pueden esperar resultados satisfactorios actuando solamente sobre las causas que parecen tener un mayor efecto. Hay que restaurar y si es necesario, hacer mejoras en todos los factores causales relacionados. Si intentamos poner en práctica esta amplia perspectiva una sola vez, comprobaremos si potencionalizamos la máquina.

Si después de restaurar y mejorar todos los factores, sus resultados son aún insatisfactorios, consideremos dos posibles razones: o bien se han omitido algunos factores o los valores estándares eran demasiado indulgentes. Cuando esto suceda, el único recurso es realizar otro análisis P-M.
- **Estandarizar:** Lo último pero no menos importante es estandarizar, asegurarnos de implantar medidas preventivas e incorporar o revisar estándares operacionales que sean necesarios para mantener condiciones óptimas. Solo cuando ya no sucedan anomalías o cuando se puedan detectar sus primeras señales y corregirlas, podremos decir que el trabajo de eliminarlas se ha terminado.

Capítulo 24

Mejoras Enfocadas

Cambios y ajustes

Right first time (RFT)

Conceptos y definiciones

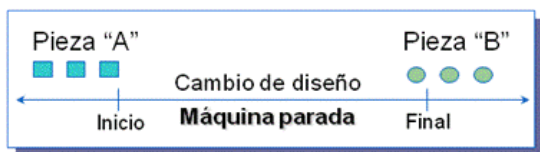
Los cambios RightFirst Time (RFT) significan: “*Bien a la primera*” y busca minimizar las operaciones de ajuste durante los cambios de formatos, lo cual se logra a través del mejoramiento de las operaciones de ajuste y teniendo bajo control los arranques.



La estructura de las operaciones de los cambios de referencias tiene básicamente tres fases:

- Preparación: Operaciones para buscar y traer las herramientas de mano, cuchillas, herramientas específicas, incluyendo material para operaciones de carga y descarga.
- Puesta a punto: Operaciones para hacer el cambio de las herramientas, cuchillas, guías, etc., montar / desmontar herramienta, calibración y posicionamiento.
- Ajustes: Operaciones de prueba y error para hallar el rango de calidad de los productos, incluyendo la medición y los ajustes; ajustes en corrida de prueba.

El tiempo de cambio de formato o referencia es el tiempo transcurrido desde que se termina de producir la última pieza “A” hasta que se produce la primera pieza buena “B”, de acuerdo a especificaciones de calidad.



Rondas Kaizen para cambios de formato

En el Kaizen del RFT, se desarrollan cuatro rondas a saber:

- La primera ronda consiste en el estudio de la operación y la herramienta utilizada para esto es el SMED.
- La segunda ronda consiste en eliminar la variación de tiempos (máximo un 10%) y la herramienta utilizada para esto es la estandarización y el control visual.
- La tercera ronda consiste en la eliminación del ajuste y la herramienta utilizada para esto es el análisis Por qué – Por qué y el análisis P-M.
- La cuarta ronda consiste en el ciclo de cambio y la herramienta utilizada para esto es el diseño flexible de manufactura.

1ª ronda – Kaizen para cambios de formato (Estudio de la operación)

La meta de la primera ronda del Kaizen para el cambio de formato o referencia, es reducir ese tiempo a solamente minutos; “Solamente minutos” significa “menos de 10 minutos por cambio”. Lo anterior, comprendiendo y utilizando las ideas básicas del “SMED”.

480 **0-9**

Antecedentes e historia del SMED

Shigeo Shingo, quien desarrolló el concepto de SMED, nació en 1909 en Saga City en Japón. Se graduó en 1930 en Ingeniería Mecánica en el Technical College de Yamanashi. Después empezó a trabajar en la fábrica Taipei de Ferrocarriles de Taiwán, donde se dedicó a introducir sistemas científicos de Administración. En 1937 asistió a un curso de capacitación de ingeniería industrial. Esto fue la base para sus futuras actividades. De aquí en adelante trabajó en la mejora de funciones de la producción como consultor administrativo profesional.

El desarrollo histórico del SMED, puede resumirse en tres pasos:

1. **Primer Paso: Planta Mazda en ToyoKogyo**

En la primavera del año 1950 Shingo llevó a cabo una investigación de mejora de eficiencia en la planta de ToyoKogyo's Mazda (empresa de fabricación de triciclos). Shingo insistió en realizar una inspección directa para hacer un análisis de producción de una semana de duración, a pesar de la resistencia del administrador de la sección quien pensaba que era pérdida de tiempo. Al tercer día del análisis se tuvo que hacer un cambio de troquel de una prensa. El operador necesitaba un perno y tardó una hora en concluir que no lo iba a encontrar. Para resolver el problema de perno, se lo quitó a otro molde y lo cortó a la medida. ¡Por supuesto, este perno haría falta en el molde al que se lo había quitado!

Mientras el operador buscaba el perno y resolvía su problema, Shingo concluyó que las operaciones de cambio están compuestas por dos tipos fundamentales: IEDs (Internal Exchange of Die = Cambios Internos). OEDs (External Exchange of Die = Cambios Externos). Anote: ¿En qué consiste el primer paso respecto a los tiempos externos y los tiempos internos?

2. **Segundo Paso: Astilleros de Hiroshima**

En verano de 1957 le propusieron a Shingo hacer un estudio en la industria pesada en Astilleros de Hiroshima. Después de hacer un análisis de producción, se dio cuenta que el proceso de marcar el centro y dimensionar la cama de la máquina de un rectificador se hacía en la misma mesa del rectificador. Ahí le surgió la siguiente idea: "¿Por qué no instalar una segunda mesa para hacer el cambio por separado?". De esta manera se podrían cambiar las mesas al pasar de un lote al siguiente, reduciendo significativamente el tiempo de

cambio. En su siguiente visita observó que se había incrementado la productividad en un 40%. Anote: ¿En qué consiste el segundo paso respecto a los tiempos externos y tiempos internos?

3. Tercer Paso: Toyota Motor Co.

En 1969 visitó la planta principal de Toyota Motor Co., donde observó que un cambio de una prensa de 1000 toneladas duraba 4 horas, mientras que Volkswagen en Alemania hacía estos cambios en dos horas. El primer problema a vencer fue lograr distinguir entre tiempos internos y tiempos externos. Después de 6 meses, mejorando los dos tipos de tiempos, lograron disminuir el tiempo de cambio a 90 minutos. En el siguiente mes el objetivo fue reducir los tiempos a tres minutos, lo que parecía imposible. Sin embargo a Shigeo le surgió la idea de convertir tiempos internos en tiempos externos. Listando 8 técnicas de disminución de tiempo de cambio en un pizarrón, lograron bajar el tiempo a tres minutos después de 3 meses de esfuerzos. Anote: ¿En qué consistió el tercer paso respecto a los tiempos externos y los tiempos internos?

Suponiendo que todos los cambios se pueden hacer en menos de 10 minutos, llamó a este concepto Single-Minute Exchange of Die (SMED). El desarrollo del concepto de SMED tomó 19 años en desarrollarse. Fue la culminación de su visita profunda en la práctica y los aspectos teóricos de mejora en los cambios. Los toques finales se dieron por el requerimiento de Toyota Motor Co., de reducir el tiempo de cambio en una prensa de 1000 toneladas de 4 horas a 90 minutos. EL SMED ME AYUDA A ELIMINAR AJUSTES COMPLICADOS

Etapas de la 1ª ronda Kaizen para cambios de formato (Estudio de la operación)

Esta ronda se lleva a cabo en 5 etapas:

- **Etapas 1:**

Las actividades desarrolladas en esta etapa son:

- Organización del equipo Kaizen para cambios de referencia (Inicialmente no lo hacen los operadores).
- Establecimiento de metas (Paso Kaizen). La meta recomendada es una reducción del 50% cada 6 meses.
- Seleccionar las operaciones de cambios prioritarias.

Los puntos de aprendizaje que se tienen en esta etapa son:

- Proyectar el plazo adecuado y la fecha límite.
- El tablero del ciclo CAP-Do.
- El análisis P-Q (Producto – Cantidad)

La duración estimada de esta etapa es de una semana

• Etapa 2:

Las actividades que desarrollamos en esta etapa son:

- Analizar “la operación de cambios de referencia seleccionada”, como por ejemplo, cambiar de tipo “A” a tipo “B”.
- Crear la hoja de “Análisis de Tiempos y Operación” para la “operaciones seleccionadas de cambio de referencia”.

Esta hoja de trabajo sirve para registrar la duración de cada operación interna y clasificar el tipo de operación como: Preparación – Puesta a punto – Ajuste. También, para identificar la oportunidad de mejora (Kaizen) en cada paso, como por ejemplo: Atornillar la tuerca 10 veces y la idea Kaizen es eliminar o reducir el número de veces.

Se debe tenerse una hoja por estación, pero si tenemos la intervención de varios operadores, se debe separar por operador

Los puntos de aprendizaje que se tienen en esta etapa son:

- Observación - GEMBA
- Análisis de Tiempos y Operación

La duración estimada de esta etapa es de una semana.

• Etapa 3:

Las actividades que desarrollamos en esta etapa son:

- Convertir las operaciones internas en externas.

Consiste en un estudio de tiempos de las operaciones o actividades que se realizan en un cambio de diseño para identificarlas y clasificarlas en Externas e Internas.

Las operaciones internas son aquellas actividades que se realizan en el tiempo en que la máquina se encuentra parada.

Las operaciones externas son aquellas actividades que se realizan en el tiempo en que la máquina está funcionando, ya sea antes o después del cambio de diseño.

Este estudio consiste analizar las actividades de un cambio de diseño significativo previamente video grabado en el piso.

En esta etapa se llevarán a cabo las ideas de mejora que ayuden a convertir las actividades de Tiempo Interno en Externo, es decir, aquellas que nos sirvan para realizar actividades antes que la máquina sea detenida y después de que se comenzó el diseño siguiente.



- Mejorar “Las actividades de preparación”, eliminando las operaciones de traer y buscar herramientas.

Es la realización de un mini-evento, al cual asiste el equipo de trabajo (operarios, mecánicos, jefe de área), donde se analizan en el video tomado, todas y cada una de las actividades de un cambio de diseño, con el objetivo de generar ideas de mejora que ayuden a la reducción del tiempo de cambio.

Los puntos de aprendizaje que se tienen en esta etapa son:

- Operaciones internas vs externas.
- Marcas sombreadas para los análisis de tiempos y operación

La duración estimada de esta etapa es de dos a cuatro semanas.

● **Etapas 4:**

Las actividades que desarrollamos en esta etapa son:

- Optimizar las operaciones internas por medio de “SEND”.

S: Simultaneous (simultáneamente)

E: Easier (Eliminar las complicaciones)

N: Number of operations (Simplificar el número de operaciones)

D: Distance (Distancia de las operaciones)

Una vez que se han convertido todas las actividades posibles a Tiempo Externo, podemos pasar a la siguiente Etapa que es la optimización de las actividades en tiempo Interno, es decir, llevar a

cabo las ideas para disminuir el tiempo interno o el tiempo en que la máquina está parada.

- “Aprietes funcionales”.

Es en esta etapa donde entra un poco el diseño mecánico de piezas que nos permitan realizar operaciones rápidas de sujeción y retiro de partes o herramientas, las soluciones aquí propuestas pueden ser desde simples diseños de herramental o partes de ayuda, hasta la compra de tecnología que permita simplificar las operaciones con máquina parada

● **Etapas 5:**

Las actividades que desarrollamos en esta etapa son:

- “Demostración pública de cambios de referencias”, mostrando los cambios de referencias a gerentes y supervisores.
- Revisar las oportunidades de mejora.

La duración estimada de esta etapa es de una semana.

Etapas de la 2ª ronda Kaizen para cambios de formato (Eliminar la variación de tiempos)

Esta ronda se lleva a cabo en 5 etapas:

● **Etapas 1:**

Las actividades desarrolladas en esta etapa son:

- Revisar las oportunidades Kaizen de la 1ª ronda.
- Evaluar las pérdidas por “ajuste”; esto es, la variación del tiempo entre los operadores y el tiempo perdido y desperdicio después del cambio de formato.

Un ajuste es un juicio o intuición del comportamiento y experiencia humana. Las personas pueden ajustar los detalles mediante la prueba y error, mientras que acumulan experiencia. El ajuste se requiere muchas veces como resultado de la diferencia de habilidades en los trabajadores de producción.

Configuración o puesta a punto es una operación que puede ser realizada por medios mecánicos o de máquina. El objetivo es el de simplificar o hacer operaciones más fáciles introduciendo medios numéricos o mejorando el equipo, guías y herramientas, y como resultado del desarrollo de una automatización y métodos de instrumentación. Es esencial cambiar los ajustes a arreglos mediante la revisión detallada del trabajo de ajuste.

La duración estimada de esta etapa es de una semana.

• Etapa 2:

Las actividades que desarrollamos en esta etapa son:

- Crear las “Operaciones de cambio de formatos”, para lo cual debemos diseñar los procedimientos de operación estándar.

Se debe analizar el traslado de los operadores de un lugar a otro cuando hacen los cambios de referencia, así como registrar “la cantidad de pasos necesaria para ir de un lado a otro”.

- Establecer el tiempo recomendado para la operación de cambio de formato.

Los puntos de aprendizaje que se tienen en esta etapa son:

- SOP = StandarOperationProcedure (Procedimiento de Operación Estándar = POE), es un documento que describe paso a paso cada una de las operaciones estándar.

Una operación estándar es la ejecución de una operación en forma óptima (método de trabajo) a fin de cumplir con los requisitos de calidad de los productos, los costos y las entregas, en las condiciones más seguras.

Para una descripción clara y efectiva en la hoja de estándar de operación y/o LUP's, se sugiere la siguiente regla:



Debemos seleccionar un movimiento específico que sea punto crítico y relacionado fuertemente a seguridad, calidad y simplicidad

- Tiempo estándar: Para esto, trabajamos el “Therblig” es el nombre de un conjunto de movimientos fundamentales necesarios para el trabajador ejecutar operaciones en tareas manuales. Consiste de 17 elementos:

Buscar	Hallar	Seleccionar
Coger	Posicionar	Montar / Reunir
Usar	Desmontar/Separar	Inspeccionar
Transportar Cargado	Transportar Vacío	Preparar la colocación
Soltar la Carga	Tardar inevitablemente	Tardar evitable
Planear	Descansar	

El therblig es usado en el estudio de la economía del movimiento en el área de trabajo. Una tarea en el área de trabajo es analizada por el registro de cada una de las unidades de therblig usadas en el proceso, con los resultados se optimiza la labor manual por la eliminación de movimientos innecesarios.

La palabra therblig es el reverso de la palabra Gilbreth, con el 'th' tratado como una letra. Fue creación del psicólogo industrial americano Frank Bunker Gilbreth y su esposa Lillian que inventaron el campo del análisis de tiempos y movimientos.

La duración estimada de esta etapa es de dos a cuatro semanas.

- **Etapa 3:**

Las actividades que desarrollamos en esta etapa son:

- Evaluación de habilidades (4 niveles).
- Entrenamiento de la habilidad para los cambios de referencias.

Los puntos de aprendizaje que se tienen en esta etapa son:

- Evaluación de destrezas.
- Entrenamiento de destrezas.

La duración estimada de esta etapa es dos semanas.

- **Etapa 4:**

Las actividades que desarrollamos en esta etapa son:

- El control visual para mejorar el “ajuste” por operación “establecida”.
- Referencia estandarizada.

El punto de aprendizaje que se tienen en esta etapa es la evaluación del control visual (Utilizar el análisis de los Por qué-Por qué para determinar qué tipo de control visual se requiere).

La duración estimada de esta etapa es de cuatro a seis semanas.

- **Etapa 5:**

Las actividades que desarrollamos en esta etapa son:

- “Demostración pública de los cambios de formato”.
- Mostrar los cambios de formatos a gerentes y supervisores.

La duración estimada de esta etapa es de una semana.

Etapas de la 3ª ronda Kaizen para cambios de formato (Eliminación del ajuste)

Esta ronda se lleva a cabo en 5 etapas:

- **Etapa 1:**

Las actividades desarrolladas en esta etapa son:

- Evaluar desperdicios después de los cambios de formato.
- Clasificar problemas y aplicar el análisis Por qué-Por qué relativos a las máquinas y relativos al material.

Los puntos de aprendizaje que se tienen en esta etapa son el rastreo desde el arranque del la capacidad del proceso (C_p) y su capacidad estadística (C_{pk})

La duración estimada de esta etapa es de una semana

- **Etapa 2:**

Las actividades que desarrollamos en esta etapa son:

- CAP-Do.

Aprendemos acá el mecanismo a través del principio de movimiento y analizamos la causa raíz a través del análisis Por qué-Por qué.

- Plan de contramedidas.

Consiste en tomar las medidas para contrarrestar de manera inmediata, a mediano plazo y a largo plazo.

El punto de aprendizaje que se tiene en esta etapa es el principio de operación.

La duración estimada de esta etapa es de dos a cuatro semanas.

- **Etapa 3:**

Las actividades que desarrollamos en esta etapa son:

- Revisión.

Consiste en separar lo que se puede evitar de lo que no se puede, con el fin de minimizar el “desperdicio” y aquel desperdicio que es inevitable por pieza.

- Estandarizar (actualizar) operaciones.

La duración estimada de esta etapa es dos semanas.

- **Etapa 4:**

Las actividades que desarrollamos en esta etapa son:

- Establecer calibrador y/o guías, para una puesta a punto “digital” (Puesta a punto controlados).
- Actualizar el estándar.

El punto de aprendizaje que se tienen en esta etapa es el calibrador y/o guías tipo pasa-no pasa.

La duración estimada de esta etapa es de dos semanas.

- **Etapas 5:**

Las actividades que desarrollamos en esta etapa son:

- Registros P-M: Simplicidad en cambios de referencia y calidad
- Diseño de calidad – Mantenimiento de calidad.

El punto de aprendizaje que se tienen en esta etapa son los registros P-M y el diseño de la calidad.

La duración estimada de esta etapa es de una semana.

Etapas de la 4ª ronda Kaizen para cambios de formato (Ciclo de cambio)

Esta ronda se lleva a cabo en 5 etapas:

- **Etapas 1:**

Las actividades desarrolladas en esta etapa son:

- Modificación de la máquina, unificando guías.
- Estado de puestas a punto automáticas.

La duración estimada de esta etapa es de cuatro a ocho semanas.

- **Etapas 2:**

Las actividades que desarrollamos en esta etapa son:

- Reducción de variedad de productos, unificando la dimensión de los mismos.
- Involucrar proveedores.

El punto de aprendizaje que se tiene en esta etapa es el agrupamiento.

La duración estimada de esta etapa es de cuatro a doce semanas.

- **Etapas 3:**

Las actividades que desarrollamos en esta etapa son:

- Desarrollo de máquinas, mediante el cambio de formatos automáticos.
- Cambio de distribución.

Los puntos de aprendizaje que se tienen en esta etapa son el involucrar al proveedor de la máquina y la construcción de sistemas flexibles de manufactura.

- **Etapas 4:**

Las actividades que desarrollamos en esta etapa son:

- Operadores con habilidad múltiple, mediante el entrenamiento
- Estandarización.

• Etapa 5:

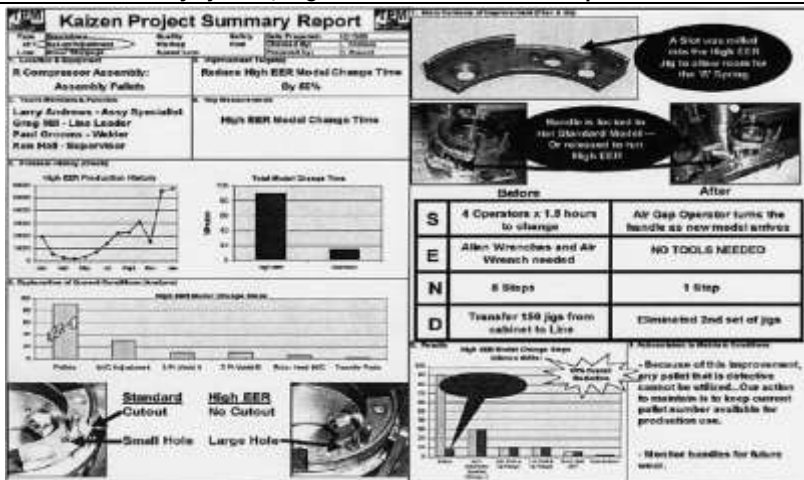
Las actividades que desarrollamos en esta etapa son la evaluación y el estudio de oportunidad.

Tablero del Kaizen para cambios de formato

Este tablero puede desarrollarse según se muestra en la siguiente figura:

ETAPA DE CHEQUEO Distribución de la línea. 1) Operación estándar vs meta (cuánto es hoy y cuánto se espera reducir) 2) Identificar la operación que esté analizando (Nombre de máquina)	ETAPA DE PLAN DE ACCIÓN 1) Acciones inmediatas (Qué, quién y para cuándo). 2) Acciones a mediano plazo (Qué, quién y para cuándo). 3) Acciones a largo plazo (Qué, quién y para cuándo).
ETAPA DE ANÁLISIS 1) Aprender el principio de movimiento (a través de LUP's). 2) Formato de análisis de tiempos y movimientos (cuánto se desplaza inútilmente) 3) Utilizar el "SEND" (Indicador que muestre el número de S, E, N y D)	ETAPA DE EJECUCIÓN Utilizar LUP's para plasmar las ideas REVISIÓN

Es de anotar que se debe comenzar con mejoras en operaciones y no en equipos; para esto, puede utilizarse como filtro el SEND. (Enfocarse sólo en un problema).



Capítulo 25

Mantenimiento Planeado

Introducción

El mantenimiento planeado 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 importar 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 planeado 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.

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 logran mejorar las acciones administrativas de mantenimiento, pero no la disminución de las averías y fallos en el equipo, las cuales se lograrán con acciones adicionales como:

- Utilización de la información para identificar y reducir las averías frecuentes.
- 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.

Un tema importante para el departamento de mantenimiento, es cómo planificar y sistematizar las diversas actividades de mantenimiento planificado.

El objetivo del departamento de mantenimiento al implantar el pilar es eliminar las fallas. Las cinco medidas para cero averías y las cuatro fases para cero fallas “forman una excelente base para el programa”.

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

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

Propósito y características del pilar

La misión del pilar es incrementar la disponibilidad de los equipos, al costo óptimo y las actividades para su implementación son:

- Desarrollar un piloto gerencial
- Desarrollar el liderazgo
- Reducir los costos
- Trabajar en la gestión

La táctica para su implementación, es a través de:

- La implementación de TPM con foco en las actividades de Mantenimiento Autónomo y Mantenimiento Planeado.
- La optimización de los costos de mantenimiento

La meta que tiene este pilar es:

- Incrementar la productividad, maximizando la producción mediante el sostenimiento de la capacidad funcional total del equipo, siempre que sea requerida. Esto se resume en mantener la confiabilidad y mantenibilidad.
- Implementar la seguridad
- Trabajar a un costo óptimo; es decir, minimizar los costos.

¿Qué es el mantenimiento planeado?

El mantenimiento planeado es decidir ¿Qué partes y lugares de qué equipo deben recibir, qué tipo de mantenimiento? Y la implementación planeada de lo arriba citado.

Para lo anterior, debemos:

- Clasificar en orden de importancia al equipo (clasificación AA, A, B y C);
- Especificar lugares y partes del equipo que causan las fallas y defectos de calidad (uso de AMFE y análisis P-M) e implementar los pasos para el mantenimiento planeado **y**
- Establecer el mantenimiento preventivo (MP), mantenimiento basado en el tiempo (MBT), mantenimiento basado en condiciones (MBC) o mantenimiento de averías (BM).

Debemos tener en cuenta entonces que el mantenimiento autónomo (operación) busca cómo aprovechar al máximo nuestras máquinas, mientras el mantenimiento planeado (mantenimiento) busca cómo sostener la capacidad total de nuestras máquinas; por tanto, deben trabajar de una manera conjunta porque todos son responsables de las máquinas.



La conexión entre el mantenimiento autónomo y el mantenimiento planeado, se da en la correspondencia que existe entre cada uno de los pasos de implementación, tal como se observa en la siguiente tabla:

	Mantenimiento autónomo	Mantenimiento planeado
1	Limpieza e inspección/identificación de anomalías.	Analizar estado actual.
2	Eliminar áreas de "difícil acceso y mantenimiento".	Restaurar y mejorar el deterioro.
3	Estándares tentativos de mantenimiento.	Desarrollar estándares tentativos de mantenimiento.
4	Inspección general.	Revisión general de funciones de calidad.
5	Inspección autónoma.	Hacer que las revisiones de mantenimiento sean más eficientes.
6	Estandarización.	Implementar mantenimiento basado en condiciones (MBC).
7	Implementación completa.	Desarrollo horizontal

Podemos resumir entonces que los puntos clave para el mantenimiento planeado son:

- La seguridad es la clave.
- Todo el personal de mantenimiento debe tener conocimientos TPM.
- Las fallas y los defectos pueden ser reducidos a "cero" mediante una filosofía preventiva
- TPM es más que una serie de actividades desempeñadas por el departamento de manufactura.
- El equipo es vigilado correctamente por manufactura y mantenimiento.
- La manufactura y el mantenimiento son inseparables.

Criticidad de los equipos

Generalmente, el usuario para obtener mayor atención en su solicitud a mantenimiento, pide un trabajo urgente, y en un gran número de casos nos encontramos ante el problema de decidir a cual le doy más importancia. Obviamente esto depende del tamaño de la empresa y la complejidad de la misma. En ocasiones le toca a mantenimiento resolver todos los problemas de la empresa, pero debemos enfocarnos en el sector productivo ya que para otros servicios existen otras alternativas.

En muchas ocasiones se la da mayor urgencia o prioridad por ser solicitado por una persona de alto rango.

La *criticidad* se mide por el grado de gravedad de un problema, y el grado de gravedad se suele medir por el número de personas o cosas afectadas. Esto es algo aceptado por todos, de “sentido común” se podría decir. Pero el sentido común es el menos común de los sentidos porque cada uno tiene una forma diferente de entender la normalidad de las cosas, y por tanto aquellos actos que de manera casi automática realizamos porque para nosotros “es lo normal, de sentido común” se vuelven conflictivos.

Así, lo que para mí es prioritario, para otros no lo es tanto. O mejor dicho, para otros, hay cosas más prioritarias. Y es que algunas personas suelen aplicar una extraña fórmula por la cual multiplican “la *criticidad*” por la altura de dónde viene el problema en la pirámide jerárquica.

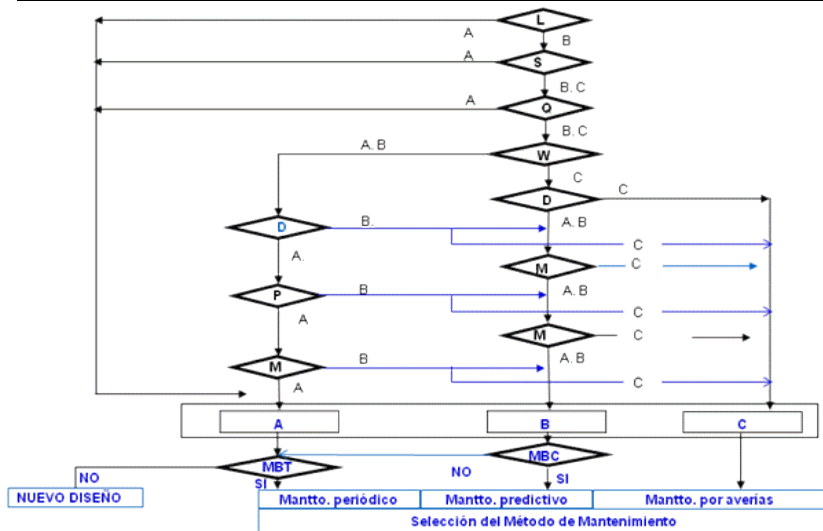
Existe un método que resulta de gran utilidad para la planeación de criticidades y es el cuadro de manejo de actividades por impacto y probabilidad, el cual ayuda mucho en la toma de decisiones.

Primeramente se debe elaborar un análisis cruzado de la calificación de criticidad de equipo entre operación y mantenimiento y finalmente un consenso general, en donde no queden dudas respecto a esta calificación, ya que las necesidades en mantenimiento están íntimamente ligadas a la naturaleza y utilización de cada máquina y la criticidad constituye el indicador que permite medir las consecuencias de la avería en el funcionamiento general de la empresa, se mide a partir de los siguientes criterios:

Clasificación	Factores para Evaluación	CRITERIO PARA EVALUACION		
		A	B	C
L	Reglamentado por ley	Está sujeto a la legislación y es obligatorio su desmontaje periódico	No está sujeto a la legislación	-
S	Seguridad, Orden Público y Medio Ambiente	Si sufre daños, provoca problemas en términos de seguridad, orden público y medio ambiente a la comunidad (genera reclamos, por ejemplo)	Si sufre daños, provoca accidente grave en términos de seguridad, orden público y medio ambiente, y ejerce gran influencia en la comunidad	No hay problemas

Clasificación	Factores para Evaluación	CRITERIO PARA EVALUACION		
		A	B	C
Q	Calidad y Rendimiento de Material	Si sufre daños habrá gran número de defectos, disminución significativa en el rendimiento de material y reclamos de clientes	Si sufre daños habrá defectos y disminución en el rendimiento del material	No ejerce influencia en la calidad y rendimiento de materiales
W	Condición de Operación	Operación plena durante 24 horas del día	Operación por cargas	Operación ocasional
D	Pérdida de Oportunidades	Si sufre daños, para toda la fábrica	Si sufre daños, para la línea a que está vinculado	Existe equipo de repuesto o no hay pérdida por parada
P	Frecuencia de avería	Hubo quiebra similar en los últimos 5 años	Hubo quiebra similar en los últimos 10 años	No hay quiebras hace más de 10 años
M	Mantenibilidad	Tiempo para reparación sobre 5 horas, costo de reparación sobre US\$5.000	Tiempo de reparación de menos de 5 horas, costo de reparación de menos US\$ 5.000	Tiempo de reparación de menos de 1 hora, costo de reparación de menos de US\$ 1.000

La secuencia que debemos seguir para determinar la criticidad de un equipo, se muestra en el diagrama siguiente:



Otra manera de determinar la criticidad de los equipos, se presenta a través de calificación de diferentes variables, tales como seguridad, mantenimiento, producción, calidad y habilidad. Para cada una de estas variables, se debe determinar con el grupo de expertos de la empresa en cada tema, los índices de la frecuencia, la importancia y el impacto que tienen o pueden producir las averías en cada uno de los equipos. La multiplicación de estos tres índices, nos indica la criticidad del equipo en el tema específico tratado.

Si sumamos los valores obtenidos para la criticidad de cada equipo en cuanto a seguridad, producción, mantenimiento, calidad y habilidad, obtenemos lo conocido como el “*número de prioridad de riesgo - NPR*” para dicho equipo.

Podemos entonces determinar que los equipos son:

- **Tipo A:**Críticos (30% de los equipos de mayor puntaje en NPR)
- **Tipo B:**Importantes (40% de los equipos de mayor puntaje en NPR)
- **Tipo C:**Normal (30% de los equipos de mayor puntaje en NPR)

Un esquema de esto se observa en la tabla mostrada a continuación:

CATEGORÍA	FRECUENCIA (f)	IMPORTANCIA (I)	IMPACTO (T)	CRITICIDAD (C)	CLASE
Seguridad	Es la frecuencia con que se presenta la situación de peligro	Posibilidad de que una vez presentada la situación de peligro, se origine el accidente o el impacto ambiental	Daño ocasionado por el peligro	$C = f * I * T$	Tipo A: Críticos (30% de los equipos de mayor puntaje) Tipo B: Importantes (40% de los equipos de mayor puntaje) Tipo C: Normal (30% de los equipos de mayor puntaje)
Producción	Cada cuanto hay paros no programados Operativos y/o por proceso de la máquina	Tiempo promedio de paro por proceso u operativo	La máquina afecta la entrega de productos <u>¿Es la máquina u de botella?</u>	$C = f * I * T$	
Mantenimiento	Promedio de paros por averías de la máquina	Tiempo promedio de paro por avería	La máquina afecta la entrega de productos <u>¿Es la máquina u de botella?</u>	$C = f * I * T$	
Calidad	Porcentaje de piezas defectuosas generadas por la máquina	Regulaciones y calibraciones requeridas	Probabilidad de identificar el defecto	$C = f * I * T$	
Habilidad	Para la operación y/o intervención de la máquina es necesario Personal de Habilidad y experiencia			$C = ¿?$	

De acuerdo a este cuadro, podemos analizar para cada una de las variables, los valores a asignar según los diferentes índices, así:

- **Seguridad**

- **Consecuencia:** Es el daño ocasionado por el peligro.
 - **5** - Muerte, lesiones incapacitantes permanentes
 - **4** - Lesiones con incapacidad > a 5 días
 - **2** - Lesiones con incapacidad <= a 5 días
 - **1** - Heridas leves, contusiones
- **Probabilidad:** Es la posibilidad de que una vez presentada la situación de peligro, se origine el accidente o el impacto ambiental.

- **5** - Es el resultado más probable si la situación de peligro tiene lugar.
- **4** - Es completamente posible, nada extraño.
- **2** - Sería una coincidencia rara.
- **1** - Nunca ha sucedido, pero es concebible
- **Exposición:** Es la frecuencia con que se presenta la situación de peligro
 - **5** – La situación de riesgo ocurre muchas veces al día
 - **4** - Frecuentemente o una vez al día
 - **2** - Ocasionalmente o una vez por semana
 - **1** - Remotamente posible: una vez al mes

● Producción

- **Frecuencia:** Cada cuanto hay paros NO PROGRAMADOS Operativos y/o por proceso de la máquina
 - **5** - Diario
 - **4** – Semanal
 - **3** - Quincenal
 - **2** - Mensual
 - **1** - Anual
- **Importancia:** Es el tiempo promedio de paro por proceso u operativo.
 - **5** – Mayor a 30 minutos
 - **3** – Entre 15 y 30 minutos
 - **1** – Menor a 15 minutos
- **Impacto:** La máquina afecta la entrega de productos **¿Es la máquina cuello de botella?**
 - **5** – Entrega de productos de planta
 - **3** – Entrega de productos de línea
 - **1** – Entrega de productos de máquina

● Mantenimiento:

- **Frecuencia:** Es el promedio de paros por averías de la máquina.
 - **5** - Diario
 - **4** – Semanal
 - **3** - Quincenal
 - **2** - Mensual
 - **1** - Anual

-
- *Importancia:* Es el tiempo promedio de paro por avería.
 - **5** – Mayor a 30 minutos
 - **3** – Entre 15 y 30 minutos
 - **1** – Menor a 15 minutos
 - *Impacto:* La máquina afecta la entrega de productos ¿Es la máquina cuello de botella?
 - **5** – Entrega de productos de planta
 - **3** – Entrega de productos de línea
 - **1** – Entrega de productos de máquina
- **Calidad:**
 - *Frecuencia:* Es el porcentaje de piezas defectuosas generadas por la máquina
 - **5** – Mayor al 4%
 - **4** – Entre el 2 y el 4%
 - **3** – Entre el 1 y 2%
 - **2** - Entre el 0,5 y 1%
 - **1** - Menor al 0,5%
 - *Importancia:* Son las regulaciones y calibraciones requeridas.
 - **5** – Asistencia técnica
 - **3** – Asistencia del jefe
 - **1** – Asistencia autónoma
 - *Impacto:* Es la probabilidad de identificar el defecto-
 - **5** – Baja
 - **3** – Media
 - **1** – Alta
 - **Habilidad**
 - *Importancia:* para la operación y/o intervención de la máquina es necesario personal de habilidad y experiencia
 - **5** – Alta
 - **3** – Media
 - **1** – Baja

Definición de averías (fallas)

La avería es la pérdida de la función previamente definida. Se caracteriza por el rompimiento de la función básica de un determinado ítem, haciendo imposible su funcionamiento. Puede ser dividida en dos tipos:

- **La avería por parada de función:** Ocurre cuando interrumpe la función para la cual el equipo fue concebido. Se trata de la parada total, generando la imposibilidad de funcionamiento o imposibilidad de producir dentro de los estándares requeridos.
- **La avería por reducción de función:** Ocurre cuando se produce la degeneración de la función básica (pérdida de eficiencia). Se trata del problema que no impide el funcionamiento de la máquina, pero que causa defectos en los productos, ocasiona pequeñas paradas, provoca reducción de velocidad y de rendimiento.

Es necesario entonces definir qué es un equipo “cero averías (fallas)”, ya que la avería “cero” no significa que la máquina debe operar 24 horas por día y 365 días por año; es imprescindible no solamente programar el tiempo de operación, sino programar el tiempo necesario y suficiente para mantenimiento. Así las cosas, podemos definir que tenemos un “**equipo cero averías**”, cuando no hay interrupción en el período en el cual el equipo está programado para operar, al menos durante 90 días.

El punto de partida para reducir averías a cero, es erradicar el concepto de que las averías son inevitables y reconocer que los equipos pueden ser protegidos contra ellas.

Los paros menores

Los paros menores son aquellos que detienen la operación de la máquina por un tiempo inferior a 10 minutos y que no necesariamente es atribuible a una avería. Estos paros pueden ser originados en:

- **El sistema de alimentación:** Los paros menores que pueden presentarse acá pueden ser de varios tipos, tales como: Bloqueo, encuadrado, atrapar, adhesión, sin partes, falta de volumen de alimentación, excesivo volumen de alimentación, renovación, error de inserción, etc. La causa de esto, puede ser el resultado de material y partes (defectos dimensionales, defectos de apariencia externa / forma, materia extraña incluida, existencia / no existencia de magnetismo) o causas atribuibles al sistema de alimentación y generados en:
 - Defectos en la forma del ducto (forma, condición de superficie, manchas, juntas y conexiones)

- Sistema de alimentación de partes (amplitud, resonancia, balance, volumen óptimo de alimentación, estado de conexión)
 - Sistema de control de postura (método, conformidad con partes, volumen de alimentación)
- **El sistema de ensamble:** Los paros menores que pueden presentarse acá pueden ser de varios tipos, tales como: Aplastar / rotura, usar dos hojas, error de expulsiones, tiempo idóneo, defectos de ensamble, errores de descarga, etc. La causa de esto, puede ser atribuible al volumen de ensamble en sí mismo (precisión de las guías, precisión de ajuste, precisión de partes o tiempo idóneo) o causas atribuibles al método (errores de ajuste en la preparación, errores de preparación).
 - **El sistema de detección:** Los paros menores que pueden presentarse acá pueden ser del tipo de operación errónea. La causa es atribuible al sistema de detección por sí mismo, al método de encaje / ubicación de sensores, a las condiciones propias de la sensibilidad o a los defectos de ajuste

Para lograr “cero paros menores”, debemos desarrollar cuatro etapas:

1. **Limpiar y restaurar:** Las actividades a desarrollar son la limpieza, las tarjetas “F”, las lecciones de un punto, la restauración y los estándares de mantenimiento autónomo
2. **Acción para la causa raíz:** Las actividades a desarrollar son las 5W-1H, el análisis por qué-por qué, el análisis CAP-Do y los controles visuales.
3. **Tomar medidas para una combinación compleja de causas:** Las actividades a desarrollar son el principio del método físico y las mediciones dinámicas.
4. **Volver factores variables en fijos.**

Tipos de mantenimiento planeado

1. Mantenimiento preventivo (MP).

Consiste en mantener el control del equipo, reparar antes de que se descomponga puede ser de varias maneras:

- *Mantenimiento periódico o basado en tiempo (MBT).*

Consiste en realizar las reparaciones y reemplazos de acuerdo a los ciclos establecidos adecuadamente.

- *Ventaja:* Se evitan las labores de mantenimiento como la inspección. Ocurren pocas fallas.
- *Desventaja:* El equipo recibe mantenimiento excesivo. Los costos de mantenimiento son altos.
- *Mantenimiento predictivo (MPd), o basado en condiciones (MBC).*

Consiste en inspeccionar las condiciones del equipo utilizando herramientas de diagnóstico de medición

- *Ventaja:* Se evita la desventaja de MBT que es mantenimiento excesivo
- *Desventaja:* Se incurre en costos para diagnósticos y monitoreo de los sistemas
- *Reparación e inspección general (RI)*

El equipo regularmente se desensambla o se inspecciona; este es un punto medio entre MBC y MBT. Requiere de ajustes de producción y la provisión de máquinas reparadas.

2. Mantenimiento por averías (fallas) (MA)

Consiste en reparar una vez que se haya averiado el equipo; no se realiza la inspección ni el reemplazo periódico.

- *Ventaja:* Ya que el equipo se utiliza hasta el final de su vida útil, es altamente económico mientras no ocurran fallas secundarias.
- *Desventaja:* Mientras más máquinas estén en uso, más número de fallas que impiden la producción considerablemente

3. Mantenimiento correctivo (MC).

Consiste en mejorar el equipo desde el punto de vista de confiabilidad, facilidad de mantenimiento y costo. (corregir puntos débiles o áreas de difícil acceso).

Para facilitar el mantenimiento y la confiabilidad del equipo, una gran variedad de mejoras se incluyen como parte del mantenimiento, como por ejemplo mejorar el nivel y prevenir la recurrencia de las fallas, extensión de la vida útil del equipo, reducción del tiempo de mantenimiento y mejora de la productividad.

4. Prevención de mantenimiento (PM)

Consiste en la información de mantenimiento para el equipo existente que puede retroalimentar el nuevo equipo para prevenir los mismos problemas.

En esta actividad, la facilidad de mantenimiento y para hacer el mantenimiento autónomo, se reflejan en la construcción de una nueva máquina. Los datos particularmente del mantenimiento correctivo son excelentes. La mejora del equipo así como la sustitución se toman como oportunidades para implantar este enfoque.

Se debe elaborar un cuadro resumen del tipo de mantenimiento vs el número de horas por mes aplicadas al mismo, con el fin de validar la necesidad de tener más personal o de focalizar los trabajos relativos al mantenimiento. Dicha tabulación podría realizarse en un cuadro como el mostrado a continuación:

TIPO	NÚMERO DE HORAS				
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Preventivo					
Correctivo					
Por averías					
P-M					

Sistemas de mantenimiento

La estrecha cooperación entre los departamentos de producción y de mantenimiento es el factor clave para asegurar que el mantenimiento planeado se ejecute con eficacia.

El mantenimiento eficaz requiere también, en diferentes ocasiones, el apoyo activo de otros departamentos tales como Ingeniería, Seguridad y Medio Ambiente, Administración, Personal, Finanzas, Desarrollo y Mercadeo. Estos departamentos deberán igualmente cooperar y coordinarse estrechamente con mantenimiento.

Las empresas organizan sus funciones de mantenimiento especializado de formas diversas, según su tamaño, tipo de actividad, organización de personal, historia, etc. Es así como podemos tener los siguientes sistemas de mantenimiento:

1. Centralizado

Es aquel en el cual los técnicos de mantenimiento están asignados permanentemente a un centro administrativo.

- *Ventajas*
 - Las habilidades y la tecnología se pueden diseminar fácilmente.
 - Los problemas pueden ser investigados fácilmente.
- *Desventajas*
 - Existe dificultad de colaboración con el departamento de operación o producción.
 - Hay una recopilación incompleta de los datos de operación.

2. Descentralizado

Es aquel en el cual los técnicos de mantenimiento están asignados permanentemente a distintos lugares de trabajo.

- *Ventajas*
 - Buena comunicación con los departamentos operativos.
 - Se da una respuesta veloz de mantenimiento.
- *Desventajas*
 - Se presenta dificultad en compartir la tecnología y las habilidades.
 - Requiere de más personal.
 - Se presenta dificultad para rotar labores o funciones.

3. Mixto

Es aquel en el cual, parte del personal de mantenimiento está asignado permanentemente a diferentes lugares de trabajo y el resto a un centro de mantenimiento general.

- *Ventajas*
 - Existe una buena comunicación con los departamentos operativos.
 - Es posible diseminar las habilidades/tecnologías e investigación de problemas.
- *Desventajas*

- La administración es algo difícil.
- Se requiere de ingenio para rotar las labores o funciones.

Las 5 principales causas de las averías

Si analizamos el modelo “Potencia – Carga”, las averías las podemos clasificar por su origen en la carga, la potencia de la máquina y la habilidad, que se resumen en:

1. Debido al deterioro forzado

Para eliminar este tipo de averías, debemos establecer condiciones básicas de la máquina, a través de:

- Limpieza y eliminación del origen de la contaminación
- Apretar y prevenir la pérdida de tornillos.
- Lubricación.
- Estandarizar la limpieza y lubricación.

2. Sobrecarga

Para eliminar este tipo de averías, debemos mantener las condiciones de operación, a través de:

- Establecer las condiciones de operación del equipo.
- Reglamentar las condiciones de operación

3. Debido al deterioro natural

Para eliminar este tipo de averías, debemos restaurar el deterioro natural, a través de:

- Detectar el deterioro natural
- Estandarizar las inspecciones, los métodos y los criterios.
- Desarrollar el control visual.
- Aprender y utilizar los cinco sentidos para detectar las señales anormales de la máquina.
- Restaurar la máquina periódicamente.
- Estandarizar la operación de restauración (reparaciones).
- Desarrollar el sistema de mantenimiento con base en el tiempo.

4. Debido al diseño de componentes con puntos débiles (Falta de un margen de seguridad)

Para eliminar este tipo de averías, debemos mejorar el diseño de las partes del equipo que representan una debilidad, esto es:

- Modificar la función y la estructura de la máquina.
- Cambiar los materiales de las partes.

5. Error humano y falta de destreza

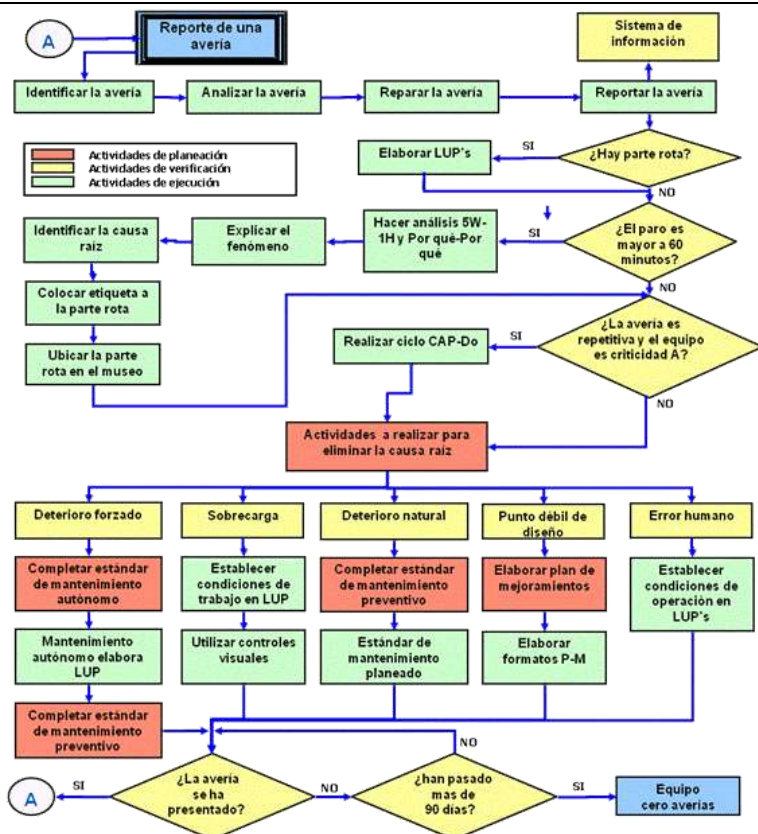
Para esta avería, debemos mejorar la capacitación y educación; esto es:

- Fijar estándar de operación/dispositivo de prueba – error.
- Aumentar las destrezas de operación y mantenimiento.

Ciclo de retroalimentación

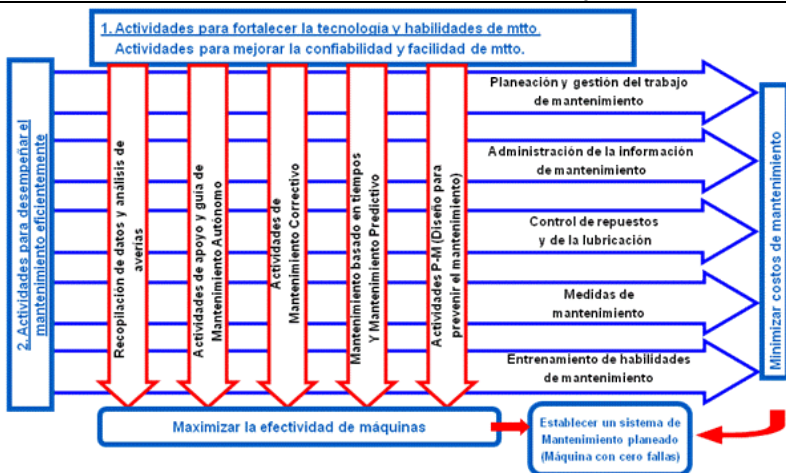
De acuerdo a la causa por la cual se presenta la avería, se debe realizar la retroalimentación específica para cada una de ellas, con el fin de prevenir la recurrencia y poder tener así equipos “*cero averías*”.

A través del siguiente diagrama de flujo, podemos observar un adecuado ciclo de retroalimentación para las averías:



Implantación de las actividades de mantenimiento planeado

El objetivo del departamento de mantenimiento al implantar el pilar de mantenimiento planificado es eliminar los fallos e implantar un sistema de mantenimiento sólido y eficaz. Para esto, debe trabajar en el incremento de la eficiencia de las máquinas y en la reducción de los costos de mantenimiento, a través de diferentes actividades, tal como se observa en la siguiente figura:



Actividades para maximizar la eficiencia de las máquinas

1. Recopilación de datos y análisis de averías

Simultáneamente al inicio de la implementación del mantenimiento autónomo, se comienza la recolección de información y datos del mantenimiento planeado.

Siempre que se tenga que intervenir una máquina, se debe diligenciar el registro de avería, teniendo en cuenta que los cambios de referencia, ajustes por cambios de referencia y paros programados no se registran como averías. Los registros deben mostrar la descripción clara del problema y el análisis de la causa raíz.

No debemos caer en el error de:

- Actuar sin haber identificado previamente el problema
- Dar soluciones bajo supuestos e intuición
- Analizar después de intervenir la máquina
- Actuar sin verificar las condiciones de operación

Por el contrario, lo que debemos es:

- Recolectar la información básica de lo sucedido
- Identificar el componente afectado

- Verificar que las condiciones de operación se estén cumpliendo
- Identificar lo que realmente hizo parar la máquina

Para lo anterior, podemos utilizar la plantilla mostrada en la siguiente página.

Una vez realizado el registro, se debe realizar el análisis de la avería. En una etapa inicial, si existen muchas avería, se analizarán sólo aquellas que impliquen un paro mayor a 60 minutos y a medida que las averías disminuyen, se reduce este valor hasta que puedan analizarse el total de averías. Dicho análisis se realiza a través de la determinación del fenómeno (5W-1H) y la causa raíz (Por qué – Por qué), cuya plantilla guía se muestra posterior a la del registro de la avería.

Las partes y componentes averiados los debemos organizar de acuerdo a la causa de avería, con el fin de convertirlos en material de capacitación.



Registro de averías	
Equipo:	Elaboró:
Grupo:	
Registro N°:	Fecha ocurrida:
Hora de inicio de mto.:	Fecha de Mantenimiento:
Tiempo en que se completó mto. (min.):	Tiempo total de paro máquina (min.):
Mto. de la avería es repetitivo?: Si ☐ No ☐ ¿Cuándo?	
Descripción del problema	(¿Cual componente? ¿Qué parte del componente? ¿Cómo difiere a su estado normal?)

Causay Acción tomada				
Acción tomada para eliminar la causa raíz	Estándar de Mto. Preventivo	Semanal ☐ Mensual ☐ Anual ☐ Inspección General ☐		
	Necesidad de modificar el componente	Material ☐ Función ☐ Especificación ☐ Proveedor ☐ Plan específico de modificación		
Información retroalimentada	Estándar de Mto. Autónomo	Se requiere retroalimentación Sí ☐ No ☐		
	Información del Método físico	Se requiere retroalimentación Sí ☐ No ☐		
Costo del Mantenimiento	Costo del componente			
	Horas - labor interna	min.	Contratista	min.
Análisis de las 5 Medidas Básicas				
1. ¿Es un Deterioro Forzado? (Se ha realizado una limpieza, ajuste y lubricación adecuada?)				Sí ☐ No ☐
2. ¿Es una Sobrecarga? (Las partes rotas fueron operadas bajo las condiciones correctas?)				Sí ☐ No ☐
3. ¿Es un Deterioro Natural? (Se restauraron las partes rotas adecuadamente?)				Sí ☐ No ☐
4. ¿Fue por Punto débil del Diseño? (La parte rota ha sido modificada?)				Sí ☐ No ☐
5. ¿Fue un Error Humano? (La parte fue rota debido a un error humano)				Sí ☐ No ☐

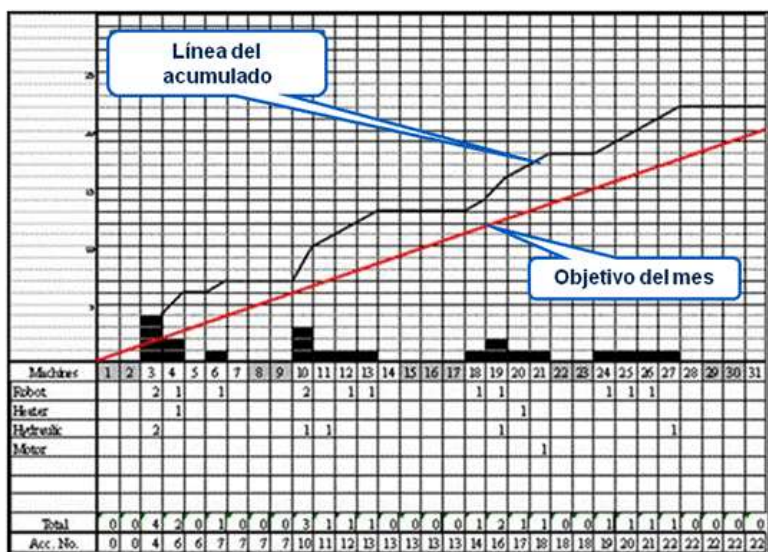
Análisis “5W-1H” y “Por qué-Por qué”	
Equipo:	Elaboró:
Grupo:	
Análisis N°:	
Fecha ocurrida:	Problema:
Fecha de mantenimiento:	
Tiempo en que se completó mto. (min.):	
Total tiempo paro máquina (min.):	
Categoría: Esporádica ☐ Crónica ☐	

5 W - 1H	Hechos observados	
	Qué	
	Cuando	
	Donde	
	Quién	
	Cual	
	Cómo	

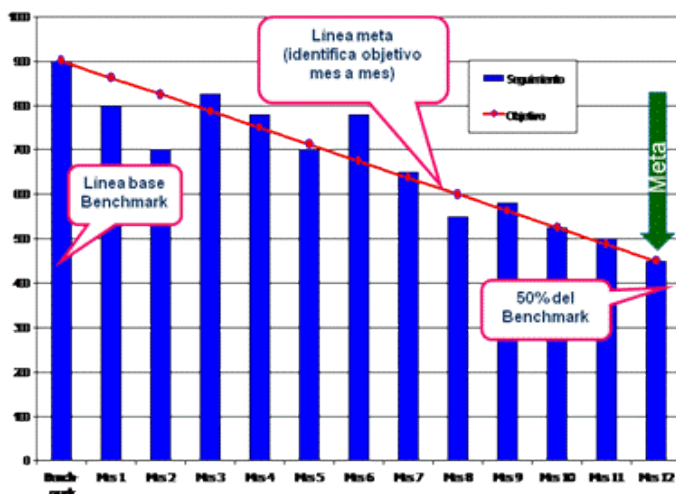
Resumen del fenómeno:

	¿Por qué?(Búsqueda de hechos)	Respuesta
Porqué-1		
Porqué-2		
Porqué-3		
Porqué-4		
Porqué-5		
Acción tomada:		Fecha de terminación:

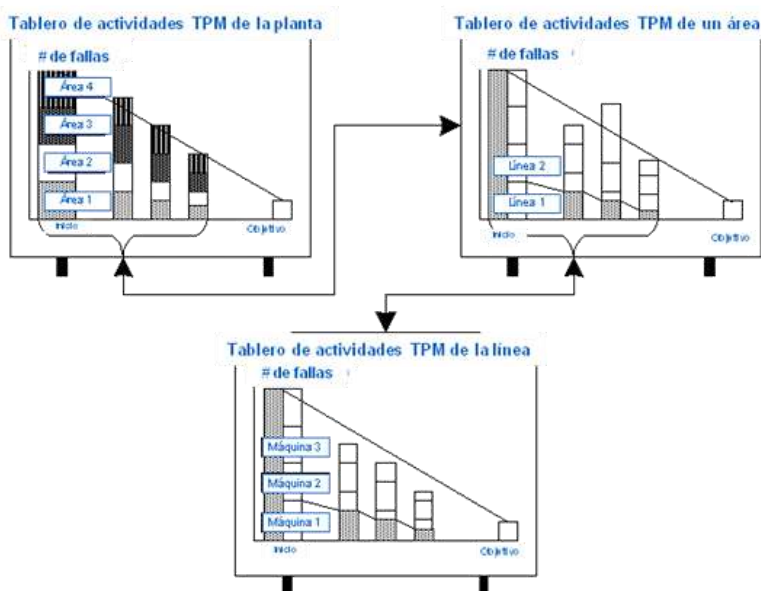
Para cada máquina, debemos realizar el registro de las averías de manera gráfica, tal como se muestra a continuación:



El objetivo del mes se determina partiendo del objetivo de reducir un 50% las averías cada año; por tanto, si tenemos el punto de inicio (benchmark), a los doce meses debemos tener la mitad de averías y en cada uno de los meses, el valor correspondiente de una manera proporcional, tal como se observa en el siguiente gráfico:



Estas averías se deben resumir en un gráfico que muestre su evolución mes a mes y consolidar por sección, línea, área y planta:



2. Actividades de apoyo y guía de mantenimiento autónomo

El principal objetivo de mantenimiento autónomo es *“prevenir la ocurrencia de averías”*, mediante:

- Conocer el funcionamiento de la máquina
- Identificar los defectos de la máquina (desgaste, fugas, corrosión, sobrecalentamiento, fisuras, vibración, etc.).
- Analizar la causa raíz de cada defecto
- Implementar acciones para eliminar definitivamente los defectos
- Evaluar las acciones implementadas
- Crear y ejecutar estándares para sostener la máquina en condiciones básicas de funcionamiento

Cuando se presentan averías por *“error humano”*, se debe analizar bajo la ayuda del pilar de Educación y entrenamiento, si es por:

- Habilidad
- Falta de estándar

El objetivo del apoyo de mantenimiento planeado a mantenimiento autónomo es *transferir a los operarios el conocimiento necesario para prevenir la ocurrencia de las averías*. Para ello se requiere:

- Dar capacitación del funcionamiento básico de la máquina y sus componentes
- Entrenar a los operarios en la identificación de los defectos que pueden generar averías
- Acompañar en el análisis de la causa raíz de los defectos detectados
- Dar la solución a la causa raíz y evaluar los resultados
- Crear con los operarios los estándares necesarios para mantener el estado original de la máquina (limpieza, lubricación, inspección, ajuste)

El objetivo de la capacitación en paso 1 es descubrir y reparar los defectos que pueden generar averías; los temas están relacionados con:

- El funcionamiento básico(Ciclo de funcionamiento básico de la máquina y ciclo de movimiento de la máquina),

- La limpieza (Cómo limpiar motores, cajas eléctricas, sensores y partes de la máquina)
- La Identificación de defectos escondidos(desgaste, fugas, corrosión, sobrecalentamiento, fisuras, vibración, etc.),
- El funcionamiento de los mecanismos de la máquina (Elementos generales de la máquina: válvulas, bombas, cilindros, etc. y variables críticas de la máquina: presión, temperatura, etc.
- Lubricación (Importancia de la lubricación, qué se lubrica y niveles de lubricación)

El objetivo de la capacitación en paso 2 es eliminar las fuentes que generan contaminación y mejorar el acceso a lugares que son difíciles de limpiar, lubricar e inspeccionar; los temas están relacionados con:

- Las fuentes de contaminación: qué puede generar contaminación en la máquina
- Análisis de averías (5 medidas básicas, 5 W-1 H y 5 Por qué)
- Áreas de difícil acceso desde mantenimiento de la máquina
- Controles visuales necesarios en las variables de operación de la máquina
- Funcionamiento de elementos que se deben lubricar (Unidades de mantenimiento y chumaceras, guías y centralinas, elementos neumáticos y actuadores, cables y reductores)
- Tipos de ajuste (juego libre, ligero y fuerte)
- Inspección (Niveles de aceite y presiones de trabajo)

Existen varias maneras a través de las cuales se puede capacitar al operador, entre las cuales tenemos:

- La elaboración de lecciones de un punto (LUP) de cada tema que se desea enseñar
- Utilizar las partes rotas para ejemplificar los problemas de la máquina
- Aprovechar los defectos encontrados en la máquina para dar mayor conocimiento al operario sobre el funcionamiento de la misma

La transferencia de conocimiento se evidencia en la generación de tarjetas, ya que en paso 1 de mantenimiento autónomo, el 80% de tarjetas son rojas y el 20% de tarjetas son azules, mientras que en

paso 3 de mantenimiento autónomo, el 50% de tarjetas son rojas y el 50% de tarjetas son azules

3. Actividades de mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en el mejoramiento de la máquina y sus partes en funcionalidad, facilidad de mantenimiento, facilidad de reparación y ahorro de energía entre otras.

Lo que debemos realizar acá es mejorar las partes con puntos débiles de diseño del equipo y en ocasiones, puede ser necesario la utilización del ciclo CAP-Do para el análisis y solución de los problemas.

4. Mantenimiento basado en tiempo (MBT) y mantenimiento predictivo

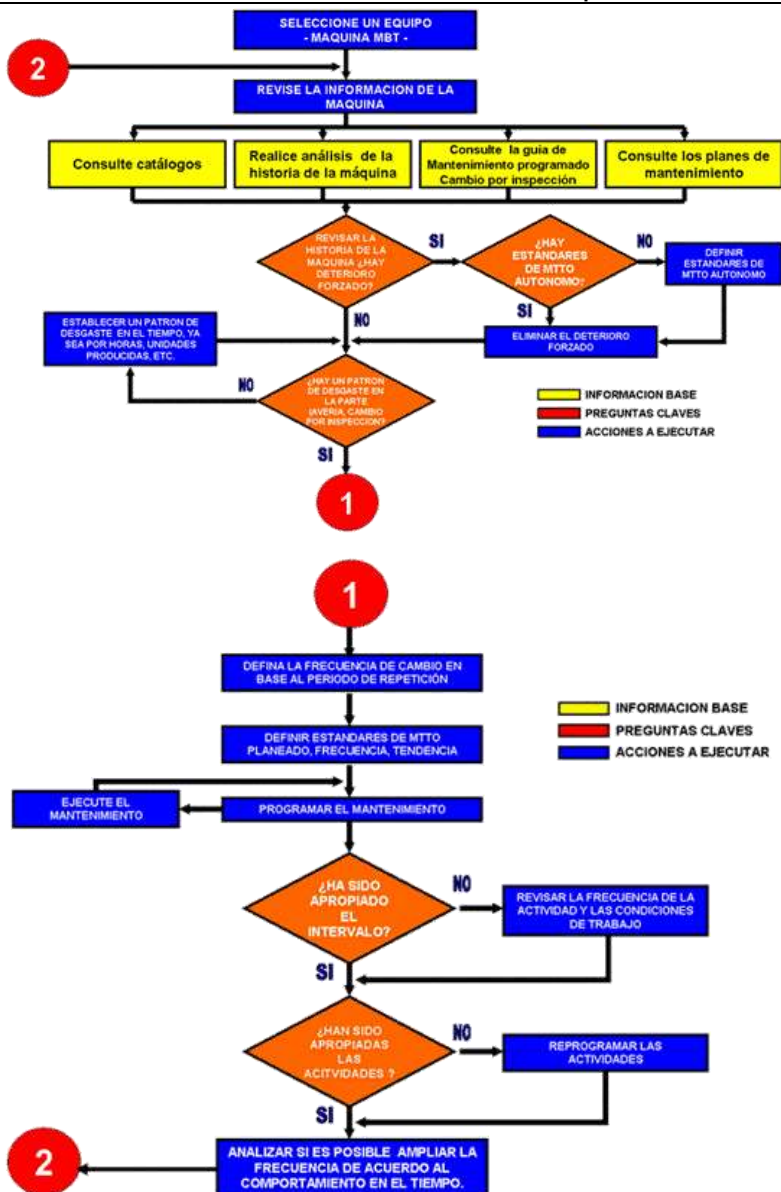
El mantenimiento basado en el tiempo, consiste en inspeccionar, ejecutar servicios, limpiar los equipos y sustituir periódicamente piezas para evitar averías súbitas y problemas en los procesos. Es un concepto que debe ser parte tanto del mantenimiento autónomo, como del mantenimiento especializado (preventivo).

El MBT trata de planificar las actividades de mantenimiento de las máquinas de forma periódica, sustituyendo en el momento adecuado las partes de dichas máquinas, para garantizar su buen funcionamiento.

- El mantenimiento basado en tiempo, tiene entre otras, las siguientes ventajas:
- Se evitan labores de mantenimiento como la inspección.
- Ocurren pocas averías
- Permite programar adecuadamente los recursos de mantenimiento (personal, partes de repuesto, tiempo)

Sin embargo, a través de este tipo de mantenimiento el equipo recibe un mantenimiento excesivo y los costos del mismo son altos.

A continuación se presenta lo que puede ser un diagrama de flujo adecuado para la realización del mantenimiento basado en el tiempo:

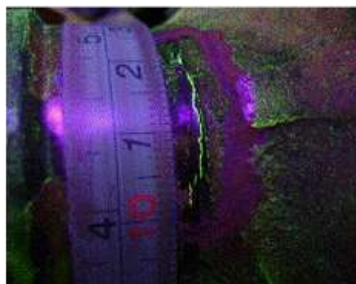


De otro lado, el mantenimiento predictivo nos evita incurrir en la incidencia de accidentes o en labores de mantenimiento excesivas, que podría ocasionar problemas en el mantenimiento general y en la reparación oportuna del equipo; el mantenimiento predictivo sirve para focalizar el deterioro del equipo, los mecanismos de la fallas y para

diagnosticar las condiciones operantes y realizar el mantenimiento dependiendo de la producción; esto es, realizar las reparaciones y reemplazo de acuerdo a los ciclos establecidos adecuadamente.



Componente a simple vista, donde no se observan discontinuidades aparentes



Componente bajo inspección fluorescente, donde queda de manifiesto la fisura

Como herramienta para llevar a cabo el mantenimiento predictivo, es muy importante la técnica de diagnóstico en las máquinas.

Existe una tendencia actual para conducir el mantenimiento predictivo a través de la investigación y desarrollo de la técnica de diagnóstico del equipo, pero la forma de mantenimiento debe estar determinada por el balance del presupuesto de mantenimiento y las utilidades generadas por la producción.

Existen varios métodos para el mantenimiento predictivo, como son:

- Temperatura: Este método sirve para diagnosticar a través de la medición de los índices de temperatura las irregularidades en el funcionamiento de la maquinaria.
- Presión: Este método sirve para diagnosticar las irregularidades en la maquinaria, a través de la medición de la presión y de los índices de su pérdida y extinción.
- Vibración: Este método sirve para diagnosticar el funcionamiento de la maquinaria a partir de medir la vibración durante los desajustes y durante la producción acelerada.
- Análisis de aceite: Este método sirve para diagnosticar el funcionamiento de la maquinaria a través del análisis de lubricantes, aislantes, grasas, etc., que son utilizados por el equipo.

- Líquidos penetrantes: Este método sirve para encontrar defectos bajo la superficie de la maquinaria, por medio de la introducción de líquidos fluorescentes, tintes, etc.
- Medición de dimensiones: Este método sirve para encontrar irregularidades por cambio de dimensiones entre la maquinaria y el espacio adjudicado.
- Valoración del aislamiento: Este método sirve para conocer las irregularidades de la maquinaria gracias a la medición de la resistencia de los aislantes en las partes eléctricas y en la propia instalación eléctrica.
- Resistencia eléctrica: Este método sirve para conocer las irregularidades de la maquinaria a través de medir la resistencia eléctrica del equipo.

5. Diseño para prevenir el mantenimiento (Actividades P-M)

Las actividades P-M son actividades diseñadas para reducir el costo de mantenimiento y las pérdidas causada por las fallas de la maquinaria; valores como la confiabilidad, el mantenimiento, la eficiencia económica, la facilidad de operación y la seguridad entre otros factores, así como la incorporación de la información resultante del mantenimiento y las nuevas tecnologías en la etapa para planear y diseñar el equipo correctamente, son los elementos del diseño P-M.

La información de P-M son datos de ingeniería para el taller de manufactura, recopilados mediante el estudio tecnológico, su clasificación y el refinamiento de los registros de mejoras e inconformidades latentes del equipo existente, a fin de mejorar el diseño P-M.

Un formato o plantilla en la cual podríamos realizar estos registros P-M, es la mostrada en la página siguiente.

Actividades para minimizar los costos de mantenimiento

Las actividades que debemos desarrollar aquí son:

1. Planeación y gestión del trabajo de mantenimiento

Toda planta, sin importar su tamaño, debe contar con un sistema efectivo de planeación, programación y control de mantenimiento que le permita optimizar su función y poder así alcanzar altos niveles de eficiencia y efectividad en toda operación de mantenimiento.

Cuando hablamos de planeación y programación del mantenimiento podemos pensar que es parecida a la planeación y programación de la producción, pero en realidad son diferentes en muchos aspectos:

- La demanda del trabajo de mantenimiento tiene mayor variabilidad que el trabajo de producción y la llegada de la demanda es aleatoria por naturaleza.
- La variabilidad entre los trabajos de mantenimiento es mayor y difieren entre si, por ello es más complicado que se desarrollen estándares en el área de mantenimiento que en producción.

REGISTRO P-M (Prevención del Mantenimiento)						
Tema:			Elaboró:			
Equipo:						
Grupo:	Fecha:					
Título:			P-M No:			
Componente:			Criticidad:			
Problema:						
Tipo (Marcar con una X):	Seguridad	Calidad	Confiabilidad	Flexibilidad		
	☐	☐	☐	☐		
Tipo (Marcar con una X):	Mantenibilidad	Flexibilidad	Accesibilidad	Otros		
	☐	☐	☐	☐		
ANTES			DESPUÉS			
Mes				Resultado esperado	Comentarios	
Pérdida # de paros						

Horas de paro					
Costo de mto.					
(Mano de obra)					
(Repuestos)					
Reducción					
Retrabajos					
Energía					
Otros					
REVISIÓN					
				Solución realizada por:	
				Aprobado:	
				Actualizado:	
				Rechazado:	
Estándar No				Otro	

- La planeación del mantenimiento requiere coordinación con muchos departamentos de la organización, como el de materiales, operaciones, y por lo general es causa de los cuellos de botella.

Es por estas razones que la planeación y la programación del mantenimiento requieren un tratamiento diferente, y juega un papel muy importante en la administración del mantenimiento. Por lo tanto una administración eficaz del mantenimiento contribuye a:

- Reducción de los costos del mantenimiento.
- Reducción de las demoras e interrupciones debido a la mejor utilización de la fuerza de trabajo de mantenimiento.
- Mejor calidad del trabajo de mantenimiento al adoptar los mejores métodos y procedimientos y asignar a los trabajadores más calificados para los diversos trabajos.

Dentro de los objetivos de la planeación y programación del mantenimiento están:

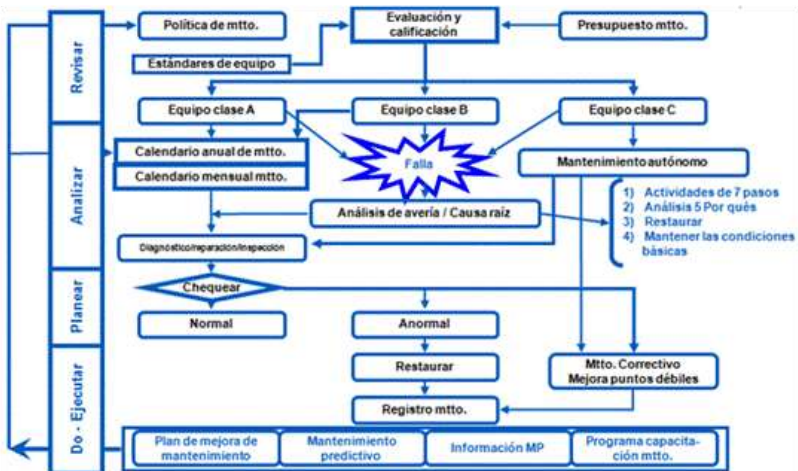
- Minimizar el tiempo ocioso de los trabajadores de mantenimiento.
- Maximizar la utilización eficiente del tiempo de trabajo, el material y el equipo.
- Mantener el equipo de operación en un nivel que responda a las necesidades de producción en términos del programa de entregas y del programa de calidad.

Todo el mantenimiento que se realice deberá planearse y programarse, existen excepciones como el trabajo que surge de

emergencia el cual se efectúa sin una planeación previa, sin embargo, este deberá planearse a medida que avanza. Un ejemplo de diagrama para la administración del mantenimiento sería el mostrado en la página siguiente.

Un procedimiento de planeación eficaz debe tener en cuenta los siguientes pasos:

- Determinar el contenido de trabajo
- Desarrollar un plan de trabajo.(secuencia de actividades en el trabajo y establecer los mejores métodos y procedimientos para realizarlos)
- Establecer el tamaño de la cuadrilla para el trabajo.
- planear y solicitar las partes y los materiales.
- verificar si se necesitan equipos y herramientas especiales y obtenerlas.



- Asignar a los trabajadores con las destrezas apropiadas.
- Revisar los procedimientos de seguridad.
- Establecer prioridades (de emergencia, urgente, de rutina y programado) para todo el trabajo de mantenimiento.
- Asignar cuentas de costos.
- Completar la orden de trabajo.

- revisar los trabajos pendientes y desarrollar planes para su control.
- predecir la carga de mantenimiento utilizando una técnica eficaz de pronósticos.

2. Administración de la información de mantenimiento

Los elementos que conforman un sistema de información aplicados al área de mantenimiento son:

- *Inventario de los equipos:* Constituye el punto de partida del sistema de información de mantenimiento, se alistan los componentes (equipos, máquinas, instalaciones y otros), objeto de mantenimiento. Este instrumento consiste en una descripción superficial de cada objeto sujeto a acciones de mantenimiento dentro de la Organización de Mantenimiento.
- *Codificación de los equipos:* Consiste en la asignación de combinaciones alfa—numéricas a cada equipo sujeto a acciones de mantenimiento, para su ubicación rápida, secuencial y lógica dentro del sistema de producción, permitiendo su automatización o mecanización mediante el computador para el registro de la información referida a cada objeto.
- *Registro de mantenimiento:* Su objetivo es el de registrar la información necesaria para el conocimiento de cada equipo sujeto a acciones de mantenimiento. Dicha información generalmente consta de: descripción del equipo, código asignado al equipo costo, vida útil y fecha de arranque; datos sobre el fabricante, distribuidor y proveedor, así como su localización, características y especificaciones técnicas; manejo y cuidado observaciones tendientes a la prevención de fallas; y la desagregación de cada subsistema del equipo hasta el nivel de elementos para facilitar su ubicación en caso de fallas.
- *Instrucciones técnicas de mantenimiento:* Constituido por la lista de acciones de mantenimiento a ejecutar sobre cada equipo, la codificación o numeración secuencial para cada instrucción y para cada tipo de actividad, la descripción generalizada de la actividad a realizar, el tipo y cantidad de personal involucrado en la ejecución, la frecuencia con que debe realizarse la acción y el tiempo necesario para realizar la actividad. Una instrucción técnica puede ser utilizada en más de un elemento o en más de un subsistema, por lo que es recomendable crear paralelamente un índice de instrucciones para cada tipo de actividad de mantenimiento.
- *Procedimiento de Ejecución:* Describe los pasos a seguir en la ejecución de cada una de las instrucciones técnicas, estableciendo de forma paralela una lista de equipos, instrumentos, herramientas, materiales y repuestos necesarios

para la ejecución de dicha actividad así como la cantidad de personal involucrado y el tiempo estimado para su realización. Este instrumento tiende a eliminar al hombre indispensable en la Organización de Mantenimiento; además, se evitan pérdidas de tiempo por desconocimiento del procedimiento de ejecución de cualquier acción.

- Programación del Mantenimiento: Consiste en señalar cuando se deben realizar las diferentes instrucciones técnicas de cada equipo componente de la Organización de Mantenimiento, según las listas elaboradas y el procedimiento descrito.
- La programación puede ser llevada a períodos anuales, semestrales, mensuales, semanales o diarios, dependiendo de la dinámica del proceso y del conjunto de actividades a ser programadas. En el caso de planificación de mantenimiento programado, generalmente los programas cubren períodos de un año. Este tipo de programas son ejecutados por el personal de la Organización de Mantenimiento o por entes foráneos en el caso de actividades cuya ejecución es por contrato y los tipos de frecuencia más comunes.
- Cuantificación del personal de mantenimiento: Es tal vez el procedimiento más importante dentro del Sistema de Información del Mantenimiento, pues de él se obtienen los datos necesarios para saber cuanto y que tipo de personal satisface las necesidades de la empresa. Semana a semana se van acumulando los tiempos para cada tipo de frecuencia y cada tipo de actividad de mantenimiento según lo programado.
- Orden de Trabajo: Es utilizada cada vez que los programas de mantenimiento indiquen la ejecución de una instrucción técnica. Este instrumento describe la acción a realizar sobre el equipo en cuestión, así como la fecha de realización, los materiales, repuestos y horas-hombre utilizados además del responsable de la ejecución. Estos datos son utilizados cuando se evalúe el sistema para su retroalimentación ya que los programas y planes pueden contener errores en cuanto a tiempo de ejecución, cantidad y tipo de personal, frecuencia de ejecución. Con este procedimiento se pueden detectar fallas, ya que paralelamente a la ejecución de la acción programada, se produce la observación de otros subsistemas cercanos e interconectados al intervenido. Funciona también como procedimiento de registro de información de costos y como mecanismo de control de ejecución de los programas

3. Control de repuestos y de la lubricación

Para el control de los repuestos, debemos tener en cuenta varios aspectos, tales como:

- Costos de los componentes
- Proveedores
- Disponibilidad
- Rotación
- Cantidades adecuadas
- Criticidad del equipo a que pertenece el componente

Adicionalmente, debemos mantener un almacenamiento que nos permita su fácil manejo, que podría realizarse como los ejemplos mostrados en las figuras de la siguiente página.

De esta manera, podríamos evitar errores en la utilización de los repuestos, así como el incremento innecesario en su inventario.



Para el control de la lubricación, debemos apegarnos a la secuencia planteada a continuación:

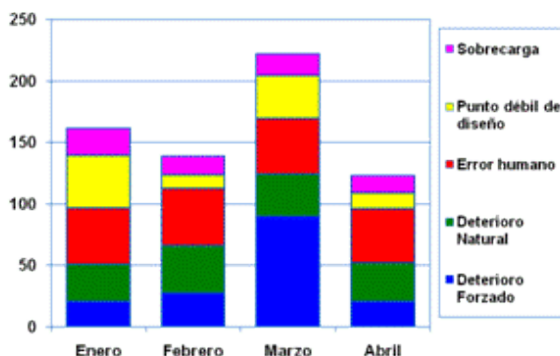
- Selección de los lubricantes: Consiste en la elaboración de una tabla con los lubricantes adecuados
- Estandarización de los lubricantes utilizados: Esta actividad se resume en el trabajo realizado con los proveedores.
- Estandarización de los contenedores de aceites lubricantes: Definir la manera de almacenarlos, tales como pots, canecas, graseras, etc.
- Establecimientos de procedimientos de control por colores: Establecer los colores por equipo, contenedor y punto de lubricación.

- Determinar el sitio para almacenar los lubricantes: Instalación de la central y estación de lubricación
- Medidas contra material particulado y agua: Mejoramiento de las tapas de los contenedores, gabinetes y cubiertas.
- Determinar el volumen adecuado de lubricantes: Definir la cantidad ideal a través de pruebas de reducción del volumen en la propia máquina.
- Medición del deterioro de los aceites lubricantes: Tono de apariencia, impurezas, humedad, acidez, viscosidad y peso específico.
- Mejoramiento en el sistema de lubricación: Aplicación de la lubricación automática y centralizada.
- Identificación y mejora en los puntos de fuga de aceite: Mejora del empaque y material de las juntas.
- Elaboración de procedimientos de lubricación: Tipo y cantidad de aceite, método, frecuencia y responsable

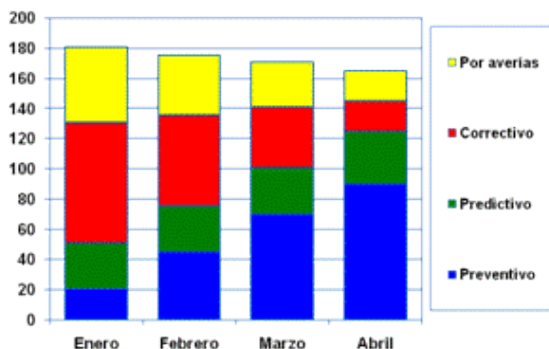
4. Medidas de mantenimiento

Algunos indicadores que deberían ser considerados en la gestión del mantenimiento y que me permiten tomar medidas, son:

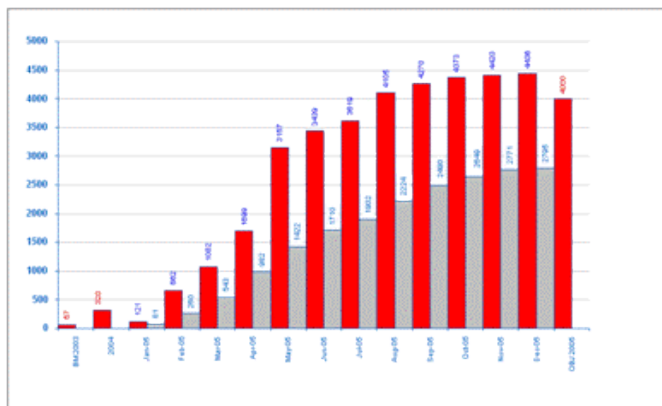
- Número de averías: Permite medir el grado de eficiencia con el cual realizamos el mantenimiento preventivo, pues a medida que mejoramos el mantenimiento, el número de averías debe ir reduciendo. Esta reducción debería ser al menos de un 50% por año.



- Tipo de mantenimiento: Corresponde a las horas de mantenimiento aplicadas en cada tipo de mantenimiento; permite validar la necesidad de tener más personal o de focalizar los trabajos.



- Costo de mantenimiento: Debemos identificar el costo total del mantenimiento, incluyendo allí la mano de obra y el costo de las partes y elementos que se cambian.
- Gestión de tarjetas rojas: Es la relación entre las tarjetas rojas solucionadas y las generadas y nos muestra el grado de respuesta que se da a los equipos de mantenimiento autónomo. Esta gestión, para ser considerada buena, debe ser superior al 80%.



- Costo de inventario de repuestos: Es necesario tener un control sobre el costo que se tiene en los repuestos, con el fin de poder trabajar en su reducción.

- Número de máquinas cero averías: Corresponde al número de máquinas que llevan al menos 90 días sin averías
- Tiempo medio entre fallos (MTBF): Es el tiempo medio en que se presenta una avería en los equipos. La evolución de este indicador debe mostrar cada vez un valor mayor, lo que representa una mayor confiabilidad de los equipos.
- Tiempo medio para reparaciones (MTTR): Es el tiempo medio que nos tardamos para solucionar las avería en los equipos. La evolución de este indicador debe mostrar cada vez un valor menor, lo que representa una mayor habilidad en el personal de mantenimiento.
- Número de accidentes: La cantidad de accidentes que se presentan en el personal de mantenimiento.
- Número de incidentes: Corresponde al número de incidentes reportados por el personal de mantenimiento.

5. Entrenamiento de habilidades de mantenimiento

Mediante la forma de trabajar que hemos planteado a través de este pilar, es necesario que desarrollemos nuevas habilidades en todo el personal de mantenimiento. El seguimiento que debemos realizar a este desarrollo de habilidades, puede llevarse a cabo a través del siguiente formato:

DESARROLLO DE HABILIDADES						
Máquina:		Elaboró:				
Grupo:						
Fecha:						
 No conoce del tema (0%)  Sabe lo básico del tema (25%)  Puede hacer la actividad, pero necesita apoyo de otra persona (50%)  Puede hacer solo la actividad (75%)  Puede instruir o capacitar en el tema (100%)						
Habilidad \ Persona						
						
						
						

						
--	---	---	---	---	---	---

Capítulo 26

Mantenimiento Planeado

MTBF y MTTR

MTBF

El MTBF proviene de las sigla en inglés Mean time between fails (tiempo medio entre fallas), que corresponde al tiempo promedio durante el cual el equipo permanece operando sin pérdida de tiempo (parada) por alguna causa específica.

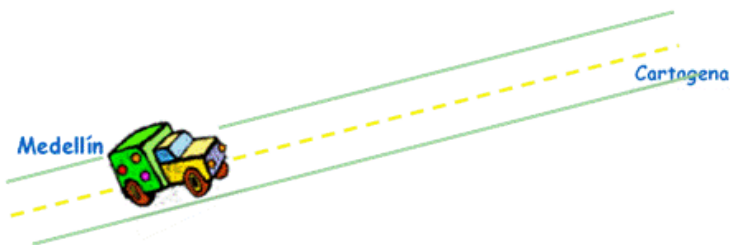
Las causas de paradas del equipo pueden deberse a fallas eléctricas, fallas mecánicas, tiempo de restaurante, falta de materia prima, falta de energía, tiempo de capacitación, etc. Con base en esto, podemos hablar de dos clases de MTBF:

- *MTBF de mantenimiento*: Representa el tiempo medio entre los fallos eléctricos o mecánicos del equipo. Solamente se toman en cuenta los daños del equipo. El responsable de este indicador debe ser el líder de mantenimiento planeado.
- *MTBF de proceso*: Representa el tiempo medio entre las paradas del equipo ocasionadas por fallas del proceso, como: falta de operario, tiempo de restaurante, falta de materia prima, etc. El responsable de este indicador debe ser el líder de mantenimiento autónomo.

La frecuencia en la cual debe establecerse este indicador, será de acuerdo al seguimiento que se desee hacer al mismo.

Ejemplo de cálculo del MTBF

Tomemos como ejemplo el desplazamiento desde la ciudad de Medellín hacia Cartagena de un vehículo, el cual tardó 12 horas.



En el transcurso del viaje, el automotor tuvo 3 averías:

- Recalentamiento del motor: obligando a detenerlo durante una hora.
- Pinchada de una llanta, lo que demoró media hora en ser reparada.
- Un daño en la dirección, que tardó una hora en realizar el ajuste respectivo.

En resumen, podemos decir:

Causas de paradas	Tiempo(hr)
1ra: Calentamiento del motor	1
2da: Llanta pinchada	0.5
3ra: Daño en la dirección	1
Total	2.5 horas

Para calcular el tiempo medio entre fallas, aplicamos la fórmula:

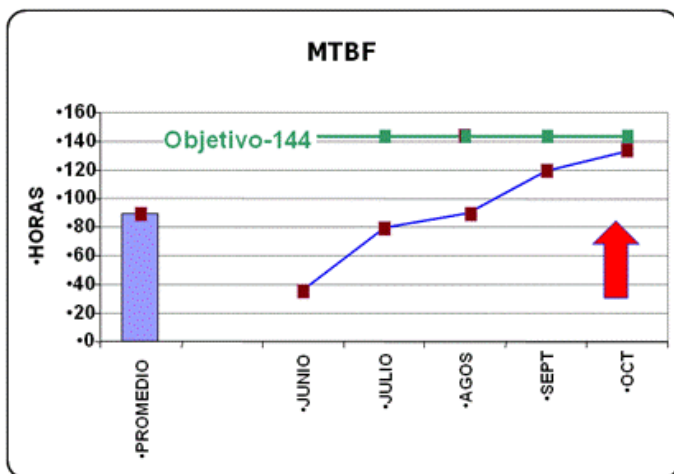
$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Número de averías}}$$

$$\text{MTBF} = \frac{12 - 2,5}{3}$$

$$\text{MTBF} = 3,16 \text{ horas}$$

Lo anterior nos indica que podemos esperar que cada 3,16 horas puede tener una avería el automotor; sin embargo, a través de la implementación del TPM, debemos ir aumentando dicho valor, mejorando la confiabilidad de la máquina.

Una manera de graficar el indicador es como muestra la siguiente figura:



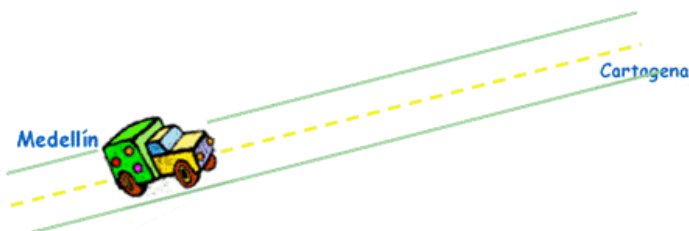
MTTR

El MTTR proviene de las sigla en inglés Mean time to repair (tiempo medio para reparaciones), que corresponde al tiempo promedio que consume mantenimiento en reparar una falla.

El responsable de este indicador debe ser el líder de mantenimiento planeado y la frecuencia en la cual debe establecerse este indicador, será de acuerdo al seguimiento que se desee hacer al mismo.

Ejemplo de cálculo del MTTR

Tomemos el mismo ejemplo anterior, como fue el desplazamiento desde la ciudad de Medellín hacia Cartagena de un vehículo, el cual tardó 12 horas.



En el transcurso del viaje, el automotor tuvo 3 averías:

- Recalentamiento del motor: obligando a detenerlo durante una hora.
- Pinchada de una llanta, lo que demoró media hora en ser reparada.
- Un daño en la dirección, que tardó una hora en realizar el ajuste respectivo.

En resumen, podemos decir:

Causas de paradas	Tiempo(hr)
1ra: Calentamiento del motor	1
2da: Llanta pinchada	0.5
3ra: Daño en la dirección	1
Total	2.5 horas

Para calcular el tiempo medio para reparaciones, aplicamos la fórmula:

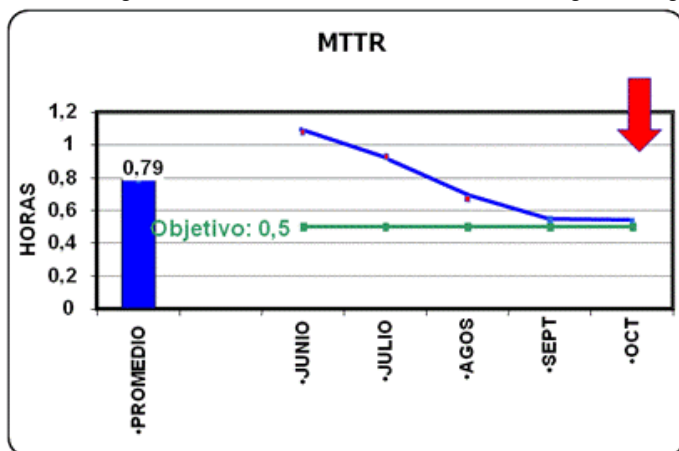
$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo perdido para reparaciones}}{\text{Número de averías}}$$

$$\text{MTTR} = \frac{2,5}{3}$$

$$\text{MTTR} = 0,83 \text{ horas}$$

Lo anterior nos indica que en promedio, cada reparación de avería requiere de 0,83 horas para ser reparada; sin embargo, a través de la implementación del TPM, debemos ir reduciendo dicho valor, mejorando las habilidades del personal de mantenimiento.

Una manera de graficar el indicador es como muestra la siguiente figura:



Capítulo 27

Educación & Entrenamiento

Conceptos y definiciones

Común denominador de las entradas de los procesos y de los Pilares, son: **Las personas.**

Mantenimiento autónomo detecta señales incipientes de fallas latentes para llegar a cero fallas, defectos y accidentes; lo cual se realiza a través de: **Las personas.**

En las 5's hablamos de la necesidad de la auto-disciplina y compromiso de: **Las personas**

No quedan dudas, debemos trabajar en mejorar la actitud, la conciencia, y el comportamiento de: **Las personas.**

Los maestros de artes marciales chinos nos enseñan que existen dos secretos para la longevidad y mejoramiento de nuestra persona:

1. Estiramiento.
2. Aprendizaje constante.

Dando una mirada a la estrategia del pilar, podemos decir que su misión es la de aumentar la capacidad de gestión de las personas y equipos de trabajo y su visión es desarrollar las competencias del negocio; todo esto a través de la alineación de las competencias con las estrategias del negocio y mediante el entrenamiento y la gestión del desempeño.

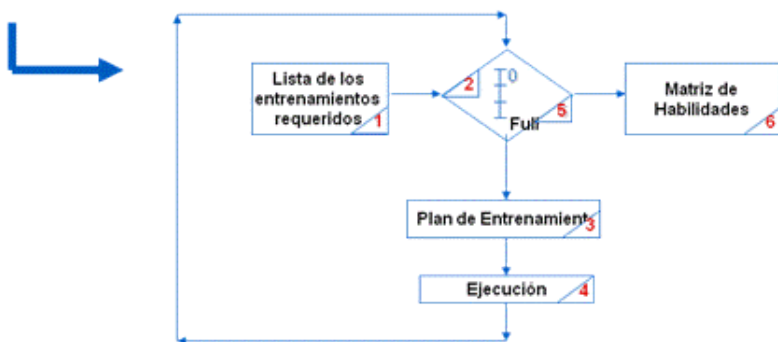
La mejora continua se debe aplicar tanto en la mente como en las máquinas. ¡Debemos evitar el estancamiento!

Propósito y características del pilar

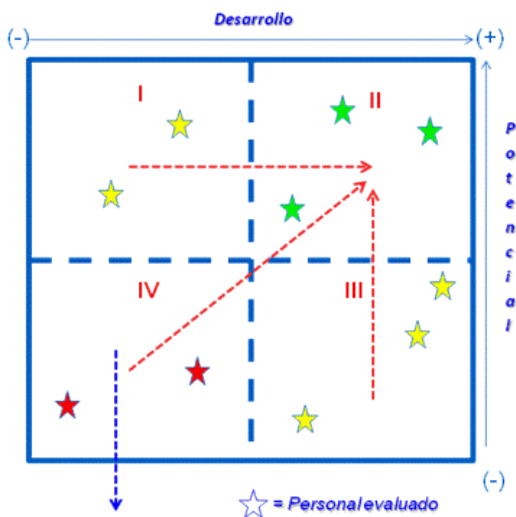
Este es un pilar enfocado a la educación y capacitación de habilidades para identificar los problemas y resolverlos proactivamente: *Es mejora continua para la mente.*

Como todos los pilares trabajan en el entrenamiento y capacitación de las personas y generalmente este pilar es liderado por personas de recursos humanos, se espera de él:

- Gerenciamiento de las habilidades de cada funcionario.
- Sistematizar el proceso de entrenamientos.
- Explorar en la visión sistémica del logro de los cambios necesarios en las personas



Si observamos los cuadrantes mostrados en la siguiente figura, podemos analizar el objetivo del pilar:



El objetivo es mover a todo el personal hacia el cuadrante II, el personal en este cuadrante es el que hay que cuidar y mantener en la empresa ya que su desarrollo y su potencial son altos.

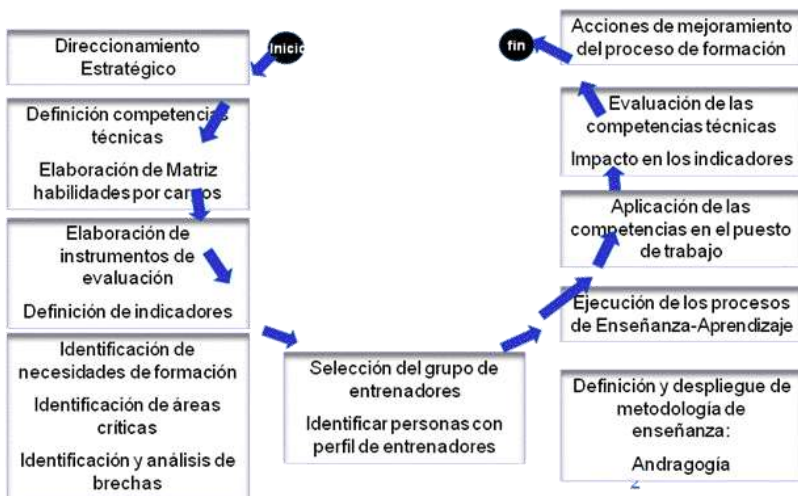
Asegúrese de desarrollar el reemplazo de este personal para no ser vulnerable si decide dejar la organización.

El personal en el cuadrante IV es candidato a dejar la empresa ya que su desarrollo y su potencial es bajo.

Al personal en el cuadrante III se le debe dar seguimiento ya que su potencial es medio al igual que su desarrollo.

Diagrama de proceso del pilar

En el siguiente diagrama, podemos observar la secuencia que debe emplearse para la implantación del pilar;



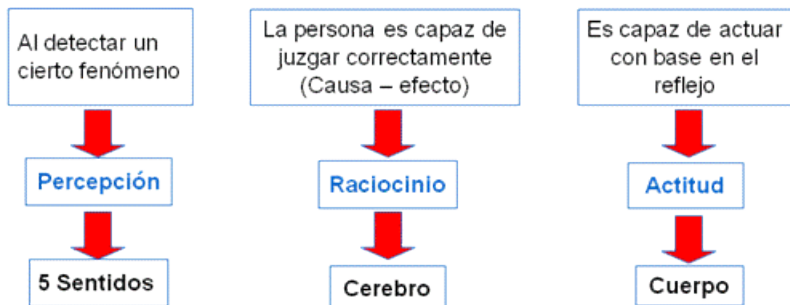
Este pilar afecta a:

- El operador: Sistemas hidráulicos, sistemas neumáticos, sistemas de transmisión, bases eléctricas, SPC, análisis “Por qué – Por qué”, 5’s, 5 sentidos, cambios rápidos, etc.
- Los técnicos: Análisis P-M, métodos de mantenimiento predictivo, solución de problemas avanzados, economía de movimiento, AMFE, prevención de mantenimiento, CMMS, etc.
- Los gerentes: Solución de conflictos, análisis de pérdidas, técnicas de 5’s para oficinas, manufactura esbelta, control de documentos, control visual, análisis “Por qué – Por qué”, etc.

¿Qué es habilidad?

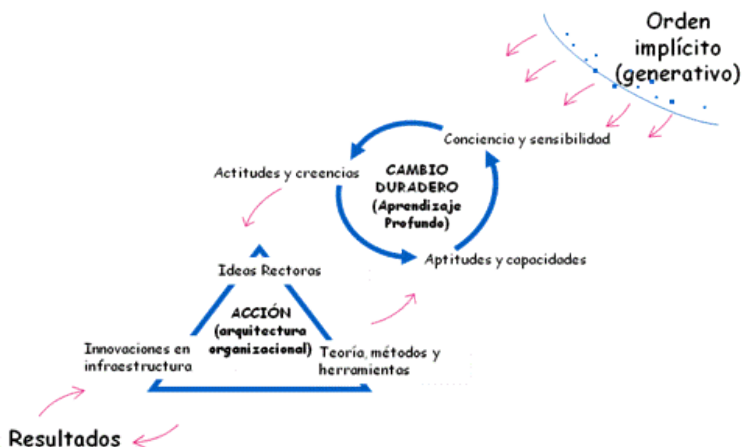
La habilidad es la capacidad de hacer un trabajo, de aplicar conocimientos y experiencia de manera correcta y reflexiva en todos los tipos de eventos a lo largo de un periodo. La habilidad es un producto de motivación personal y entrenamiento constante; el resultado final es pericia.

Para permitir que las personas sean peritas, la empresa debe desarrollar métodos de entrenamiento más efectivos.



El ciclo de aprendizaje

En el siguiente diagrama podemos observar lo que es el ciclo de aprendizaje:



El círculo: representa la esencia del ciclo de aprendizaje.

El triángulo: es la arquitectura organizacional y la representación más tangible de los esfuerzos.

Ambos tienen influencia uno sobre el otro, pero el *ciclo de aprendizaje profundo es duradero*, mientras que *la arquitectura puede cambiar* (las ideas rectoras, las infraestructuras y las herramientas pueden modificarse o cambiar más rápidamente).

1. La “esencia” de la Educación y Entrenamiento.

La mayoría de nosotros en algún momento formó parte de “un gran equipo” (en deportes, artes dramáticas, o en el trabajo); si es así, recordarán 3 cosas:

- La confianza, las relaciones, la aceptación, la sinergia, y los resultados obtenidos.
- Los “grandes equipos” no siempre fueron grandes al principio.
- El crecimiento del equipo respondía a un ciclo de desarrollo como el siguiente:



En el *aprendizaje profundo* los miembros adquieren nuevas *aptitudes y capacidades* que alteran sus actos y su entendimiento.

El comportamiento es lo que una persona dice y hace: alguna actividad o respuesta. Algunos comportamientos son fáciles de percibir y otros no.



Los comportamientos pueden cambiarse por la modificación de:

- Activadores:

- Una persona, lugar, cosa, o evento.
- Pueden ser metas, objetivos, prioridades, descripción de puestos de trabajo.
- Políticas, reglas, entrenamiento, tarjetas, signos, códigos de color, etc.
- **Creencias:** Nuestras creencias son la interpretación de pasadas experiencias, y tienen una fuerte influencia en cómo respondemos a los activadores (Inconsciente - Colectivo). Pueden limitarnos o pueden permitirnos alcanzar objetivos aparentemente imposibles.
 - Si piensa que está abatido, lo estará.
 - Si piensa que no se atreverá, no lo hará.
 - A la batalla de la vida no siempre van hombres o mujeres fuertes, pero tarde o temprano quienes ganan son lo que pensaban que podían ganar.
 - e.i.: Víbora en el jardín - Entrenamiento de Seguridad - Conductores adolescentes.
- **Consecuencias:** Las consecuencias son eventos que siguen al comportamiento e influyen la probabilidad que se repitan en el futuro. El principio es muy fácil:
 - Comportamientos con efectos negativos, tienden detenerse.
 - Comportamientos con efectos positivos, tienden a continuar o a potenciarse.
 - En resumen, hacemos una de dos: Hacemos algo que queremos. Evitamos algo que no queremos.

El comportamiento de una persona lo podemos influenciar por medio de la educación. Una persona educada es aquella que actúa conforme a los conceptos en los cuáles cree. Necesitamos de la educación para formar una creencia de que “la excelencia es posible”.

Aprendiendo lo adecuado y desaprendiendo lo inadecuado, formaremos la

“Inconsciencia de la Excelencia”
“Inconsciencia del JIT”
“Inconsciencia de la Calidad”

“Inconsciencia del Valor Agregado” etc.

Resumiendo, podemos decir que podemos modificar el comportamiento de las personas mediante:

- *Ejemplos:* Modelos - Ejemplos Gerenciales.
- *Educando:* Respondiendo - Hablando - Sugiriendo – Solicitando- Feedback.
- *Facilitando:* Diseñando un ambiente que permita cumplir con los requerimientos - Involucrando a la gente.
- *Recordando:* Dando indicaciones visuales y haciendo auditorías recordatorias.
- *Motivando:* Dando incentivos - Promocionando actividades.

Como un ejemplo, podríamos mirar qué es lo que motiva en el fútbol:

- El objetivo y meta son claros;
- Las reglas (métodos son claros).
- Todos saben el marcador (medición)
- El reconocimiento es inmediato
- El tiempo de juego es definido creando tensión positiva
- Hay competencia
- Está permitido liberar todo el potencial del jugador.



2. La “arquitectura” de la Educación y Entrenamiento

“Nuestras organizaciones tradicionales están diseñadas para atender los tres primeros niveles de necesidades humanas que describe la escala jerárquica de Abraham Maslow: alimento, vivienda y pertenencia. Para los miembros de la sociedad industrial que tienen estos elementos ya disponibles; estas organizaciones no ofrecen nada singular para conquistar la lealtad y el compromiso de la gente.

La efervescencia que hoy vemos en el mundo del management continuará hasta que las organizaciones comiencen a abordar las necesidades superiores: autoestima y auto-realización.”



La infraestructura es el medio por el cual una organización obtiene recursos disponibles para respaldar y motiva a la gente en su trabajo; respecto a:

- Tiempo
- Dinero
- Información
- Contactos
- sistemas de motivación
- Formas de estructuras: “círculos de calidad”, “Grupos de Autogestión”, “Planificación del Aprendizaje”, “Laboratorio de Aprendizajes”, etc.

Respecto al respaldo “tiempo”, es importante controlar la ansiedad; “Uno no puede arrancar los rábanos para ver si están creciendo”

Operaciones que facilitan el aprendizaje

Las operaciones más importantes del pensamiento que facilitan el aprendizaje son:

- **La observación**

Nos lleva a la idea de *vigilar, reparar, notar y observar*; nos lleva a concentrarnos en los *detalles*, en lo sustancial. La observación se enriquece cuando:

- La hacemos todos
- Se le da un objetivo.
- Se da oportunidad de discutir y comparar los resultados
- Estimulamos todos los sentidos: ojos, oídos, olfato, tacto, gusto.

Gracias a la observación, verificamos la exactitud e integridad de lo que se *ve*, se *siente*, se *oye*, se *huele* y se *degusta*.

Observar es descubrir cosas y al comparar nuestros resultados, descubrimos los puntos ciegos nuestros y de otros. La Observación es básica en el proceso de enseñanza-aprendizaje, porque los objetos, los hechos o situaciones ofrecen al *observador*, la *información*.

- **La comparación**

Comparar es la capacidad de observar diferencias que son críticas y de generalizar semejanzas en un proceso. La comparación varía en dificultad y objetivo.

La comparación es importante cuando:

- Todos hacen comparaciones
- Son aceptadas como aporte al proceso de aprendizaje
- Se discuten entre los participantes
- Se dan comparaciones de significado importante para el proceso
- Se espera y acepta muchos modelos distintos de comparación.

¡La comparación es la búsqueda de lo semejante y diferente!

- **La clasificación**

Clasificar es una manera de organizar los datos e información con algún fin. Cuando clasificamos *distribuimos* o *agrupamos* las cosas teniendo en cuenta ciertos principios o criterios. La clasificación contiene *análisis* y *síntesis* y nos permite descubrir que aunque puede haber innumerables grupos, cada grupo debe tener una coherencia clave, que lo vincula con la finalidad para lo cual se estableció.

Se debe tener en cuenta para lograr una buena clasificación:

- Que todos participen; estimular encontrar diferentes categorías.
- Se debe clasificar con algún fin.
- Se deben aceptar diferentes modelos para clasificar.
- Se deben discutir las clasificaciones

- **La interpretación**

Interpretar es establecer las referencias y generalizaciones que pueden obtenerse de los informes. La interpretación no es traducción, es dar sentido, leer entre líneas, llenar claros; es *comprenderlos* informes escritos, numéricos y gráficos.

Cuando interpretamos una experiencia, explicamos el significado que ella tiene para nosotros. Las reacciones ante las experiencias, se deben verificar comprobando si los datos aportados respaldan la interpretación.

Para interpretar es importante:

- Examinar la base de las interpretaciones y compararlas con otras
- Utilizar un lenguaje preciso para indicar el grado de seguridad.
- Utilizar palabras como quizá, probablemente, en vez de falso o verdadero.
- Debemos diferenciar lo que es *informar de interpretar*.
- Se deben interpretar hechos significativos del proceso.
- El equipo debe discutir y comparar las interpretaciones
- Se deben respetar los puntos de vista.

• La crítica

La *crítica* permite abrir juicios; se analiza y se evalúa según ciertos principios y normas implícitas en las críticas. En toda crítica hay un juicio. Cuando se tienen patrones para censurar es mejor indicar qué está malo, qué está bueno y qué es lo que se puede mejorar.

La crítica puede ser valiosa si:

- Se estimula el establecimiento de patrones, se los identifica y expone.
- Se contrasta con otros criterios que podrían haber sido aplicados.
- Se deben criticar cosas significativas e importantes
- Debe contener sugerencias para mejorar.
- Se deben discutir las críticas.

• La formulación de hipótesis

Una *hipótesis* es un enunciado que se propone como solución de un problema; sugiere una forma de ir hacia algo. Es un esfuerzo por explicar por qué algo funciona o podrá funcionar y hace las veces de guía para la búsqueda de la solución.

Es un tanteo, es provisorio. Va acompañada de una afirmación de: *Si entonces...*

El formular *hipótesis* nos lleva a no aceptar la vía de escape frente a la solución de los problemas, ayuda a multiplicar los recursos y encontrar otras posibles soluciones.

Es importante que:

- Todos formulen hipótesis y las pongan a prueba
- Se dé un tiempo necesario para examinarla y juzgarla
- Se debe verificar rigurosamente.

• La toma de decisiones

Tomar una decisión, es un enunciado que se propone como solución de un problema. Sugiere una forma de ir hacia algo. Es un esfuerzo por explicar por qué algo funciona o podrá funcionar y hace las veces de guía para la búsqueda de la solución.

Lección de un punto (LUP)

Las “Lecciones de un punto” (LUP), son una herramienta de capacitación para compartir conocimientos de forma práctica, simple y relajada, de una persona a otra. La lección la elabora algún miembro del equipo, utilizando elementos visuales (dibujos, fotos, etc.) y cubre un aspecto de algún tema, tales como equipo, seguridad, proceso, labor, etc.

El objetivo de una LUP es posibilitar la comprensión de un punto en un corto espacio de tiempo (5 minutos), desarrollar el auto-aprendizaje del operador que elabora la LUP y la habilidad tanto del instructor como del entrenado, a través de la transmisión del conocimiento. Podemos decir por tanto, que las lecciones de un punto permiten educar, entrenar y capacitar de modo rápido, claro y objetivo, sobre temas directamente relacionados a la operación. Pueden ser utilizadas en todos los lugares.

Una correcta LUP, debe estar constituida por una imagen que represente gráficamente el punto a enseñar y un texto que describa claramente el punto que quiero enseñar, así como la razón que debemos tener para aprender ese punto. De igual manera, para una más fácil comprensión, las

LUP's no deberían exceder las 20 palabras, pues éstas no son para identificar instrucciones de trabajo, sino puntos de aprendizaje.

Las lecciones de un punto las podemos clasificar en tres tipos diferentes:

- **Conocimiento básico.**

Son las LUP's que se elaboran para enseñar conceptos de TPM, seguridad, funcionamiento de la máquina o componentes de la misma. En resumen son los temas predefinidos en la matriz de capacitación para la implementación de cada paso.

- **Acción correctiva.**

Son las LUP's que se elaboran explicando y corrigiendo *un problema que ya se ha presentado*. Por ejemplo la LUP's de investigación de: accidentes, incidentes, defectos de la máquina, defectos de calidad o averías. La LUP indica qué generó el problema o cuál es el problema y la acción correctiva para solucionarlo.

- **Mejora.**

Son las LUP's que se elaboran para explicar una acción que tiene como objetivo mejorar un proceso *sin que se haya presentado el problema*. Por ejemplo: demarcaciones de pisos, identificación de herramientas, prevención de accidentes (sin que haya ocurrido incidente o accidente); implementación de herramientas que faciliten la limpieza, lubricación, ajuste u operación, etc.

Debido a la gran cantidad de LUP's que se pueden generar en un proceso de implementación del TPM, debemos identificar y seleccionar la manera más adecuada para almacenar y clasificar. Una propuesta para ello, es tomar sólo aquellas que generan valor para la empresa; esto es:

- **De seguridad:**

- Todas las LUP's de accidentes.
- Las LUP's de elementos de protección personal, son responsabilidad del pilar de seguridad.
- Todas las LUP's de incidentes por área.
- Todas las LUP's de "*Haga y No haga*" por área.
- Todas las LUP's de condiciones y actos por área.



- **De solución de tarjetas:**

Las LUP's que describan claramente:

- El problema o defecto.
- El análisis de la causa raíz.
- La solución efectiva.

- **De funcionamiento y operación**

- Todas las LUP's, pero se debe verificar la claridad en los puntos de enseñanza.

- **De mantenimiento de condiciones básicas (estándares)**

- Solamente las LUP's del método de los estándares definitivos generados en paso 3 de mantenimiento autónomo. Estas LUP's deben enseñar paso a paso las actividades

- **De proyectos de mejora**

Las LUP's que describan claramente:

- La situación a mejorar (situación actual).
- La situación mejorada (cómo quedo y qué se hizo).
- La evaluación de la mejora (tiempo, costo, seguridad, facilidad del trabajo, etc.).

- **De entrenamiento y capacitación**

Serán elaboradas por el pilar de capacitación y entrenamiento y serán aquellas LUP's que describan claramente qué es:

- ✓ Una tarjeta.
- ✓ Una LUP.
- ✓ Cinco S's
- ✓ Los roles y cada uno de ellos.
- ✓ Los pilares y cada uno de ellos.

- **De mantenimiento planeado**

- Todas las LUP's generadas desde los análisis de averías, mejoras y estandarización

Pasos en la “Educación & Entrenamiento”

Para un buen desarrollo del pilar de “Educación & Entrenamiento”, debemos considerar algunas características, tales como:

- Desarrollar el programa de capacitación por niveles
- Implementar la capacitación por despliegue en cascada (de colega a colega)
- Realizar una evaluación de habilidades y la capacitación en sitio (OJT)
- Efectuar un monitoreo de indicadores (análisis de datos)

Teniendo en cuenta las anteriores características, los pasos que debemos desarrollar en el pilar de educación y entrenamiento, cuando llevamos un proceso de implementación del TPM, son:

- **Paso 1:** Establecer políticas y medidas prioritarias investigando y revisando el estado actual de la educación y la capacitación.
- **Paso 2:** Establecer un sistema de capacitación para elevar el nivel de las habilidades de operación y mantenimiento.
- **Paso 3:** Elevar el nivel de las habilidades de operación y mantenimiento.
- **Paso 4:** Establecer y realizar el Kick-off (arranque) del sistema para el desarrollo y capacitación de habilidades.

- **Paso 5:** Crear un ambiente para la capacitación a la medida de las necesidades y metas de la compañía (investigando también los cursos públicos de certificación).
- **Paso 6:** Evaluación de las actividades y estudio del enfoque futuro.

Para cada uno de estos pasos, debemos realizar una adecuada planeación; esto es:

- **Qué.**Formulación de objetivos: Qué habilidades o destrezas se espera que adquiera el colaborador al finalizar el entrenamiento. Matriz de habilidades y conocimientos.
- **Quién.**Identificar las características principales de la persona que recibirá el entrenamiento.
- **Cómo.**Identificar las herramientas y fases necesarias para asegurar el desarrollo de las habilidades y destrezas intervenidas. (Método de 5 pasos)
- **Cuándo.**Definir el tiempo que se tomará el entrenamiento y la fecha en que se realizará. Negociarlo con el jefe inmediato de las personas que se entrenarán.
- **Dónde.**Preparar el lugar y el ambiente de aprendizaje. GEMBA
- **Cuánto.**Definir el tiempo, el costo del entrenamiento y además como se medirá si el aprendizaje se logró o no.

Puntos clave de capacitación

Los puntos clave de capacitación para cada pilar, en cada una de las fases de implementación, los podríamos resumir:

- **Mantenimiento autónomo.**
 - *Preparación:* Conciencia
 - *Expansión:* Limpieza profunda y tarjetas “F”
 - *Implementación:* Fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso
- **Mantenimiento planeado**
 - *Preparación:* Bitácora de mantenimiento
 - *Expansión:* Análisis de averías
 - *Implementación:* Mantenimiento correctivo

- **Mejoras enfocadas**

- *Preparación:* Recopilación de datos y estructura de pérdidas
- *Expansión:* Ciclo CAP-Do y análisis 5 Por qué
- *Implementación:* Ciclo CAP-Do y análisis P-M

- **Gestión temprana de equipos**

- *Preparación:* (Bitácora de averías)
- *Expansión:* Información M-P y revisión del diseño
- *Implementación:* Costo de lanzamiento

- **Mantenimiento de la calidad**

- *Preparación:* Recopilación de datos
- *Expansión:* Reactivo = Mantener
- *Implementación:* Proactivo = Mejorar

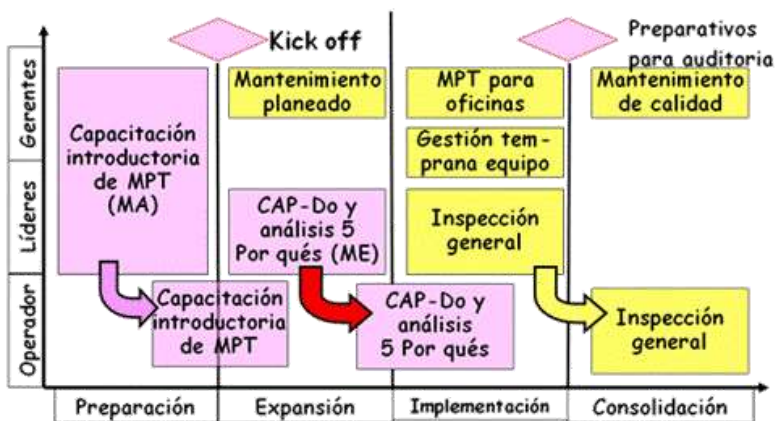
- **Seguridad y ambiente**

- *Preparación:* Estado de cero energía. Cierre y candado cerrado
- *Expansión:* Tarjetas “F” (seguridad) y hojas de qué hacer y qué no hacer
- *Implementación:* Análisis 5 por qué para la seguridad

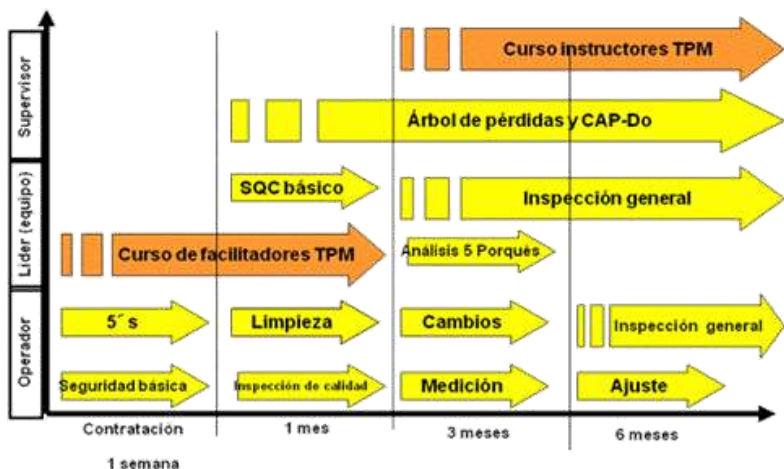
- **TPM en oficinas**

- *Preparación:* 5’s distribución (diseño)
- *Expansión:* Costo administrativo
- *Implementación:* Costo de la cadena de proveedores

Un resumen de esta capacitación, por niveles, lo podemos observar en el siguiente diagrama:



Que llevándolo a manufactura, tendríamos el programa mostrado en el siguiente diagrama:



Matriz de conocimientos y habilidades

La matriz de conocimientos y habilidades debe ser implantada en la empresa con el objetivo de facilitar el gerenciamiento de las habilidades de cada funcionario.

Es preciso identificar cuales son los conocimientos y habilidades necesarias para el desarrollo de las actividades de TPM. Deben los líderes del pilar definir esta necesidad.

La matriz de conocimientos y habilidades debe servir para

- Identificar las fortalezas y debilidades del equipo en términos de conocimientos y habilidades.
- Priorizar el plan de entrenamiento.
- Diseñar la mezcla de colaboradores en el equipo de manera que las diferencias individuales aseguren la fortaleza grupal.
- En sentido horizontal, la utilizamos para medir que tanto hemos avanzado en un conocimiento o habilidad y en sentido vertical para medir que avance tiene cada integrante del equipo.

Algunas de las premisas de la matriz de conocimientos y habilidades son:

- Que tenga foco en los objetivos TPM (cero pérdidas).
- Que nos sirva como punto de partida para ir mejorando con el uso.
- Que sea sencilla, clara y fácil de gestionar.

- Que empecemos lo más pronto posible.
- Que apunte a los temas que sean prioritarios y que sea una herramienta dinámica.

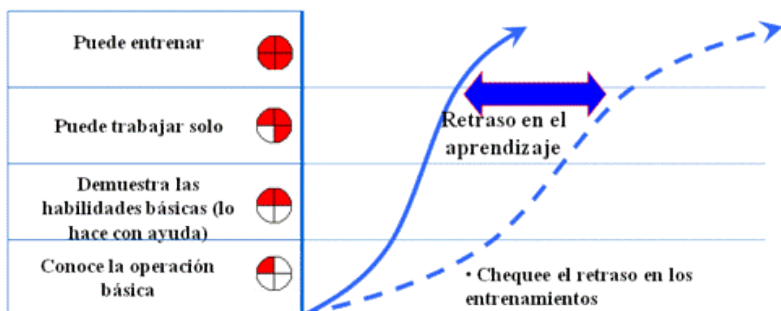
Cada uno de los pilares, debe desempeñar su rol frente a la matriz de conocimientos y habilidades, tal como se indica a continuación:

- Pilar de E&E: Apoya en su construcción, medición y seguimiento. Es responsable por los indicadores (transferencia de conocimientos).
- Líderes de pilar: Expertos que validan los conocimientos y habilidades a medir de acuerdo al foco.
- Coordinador: Construye, mide (cada dos meses), y le hace seguimiento. La enseña a usar y la usa como una herramienta de gestión.
- Operadores: Conocen y usan constructivamente la matriz y trabajan para lograr las metas.
- Jefe: Conoce la matriz, la enseña a usar, hace exigencia de uso y la usa como una herramienta de gestión.

La ejecución de la matriz de conocimientos y habilidades puede ser planeada, desarrollada y ejecutada, utilizando la metodología del "ILUO":



A través del "ILUO", podemos identificar cuatro niveles en la curva de aprendizaje de las personas, que si los graficamos como se muestra en el diagrama siguiente, podemos identificar la oportunidad de mejorar el entrenamiento y el programa de educación.



Una propuesta de la plantilla que podría ser utilizada para este seguimiento, se muestra a continuación:

Desarrollo de habilidades																				
El alumno:										Fecha:										
El docente:										Grupo:										
Número de la persona	Habilidades																			
	1			2			3			4			5			6			7	
																				
																				
																				
																				
																				
																				
																				
																				
																				
																				
																				
																				
																				
																				
																				
																				
																				
																				

1 = Escalón 1
 2 = Escalón 2
 3 = Escalón 3
 4 = Escalón 4
 5 = Escalón 5
 6 = Escalón 6
 7 = Escalón 7
 8 = Escalón 8
 9 = Escalón 9
 10 = Escalón 10
 11 = Escalón 11
 12 = Escalón 12
 13 = Escalón 13
 14 = Escalón 14
 15 = Escalón 15
 16 = Escalón 16
 17 = Escalón 17
 18 = Escalón 18
 19 = Escalón 19

Estructura básica del tablero

La

Información básica	Proceso (Cómo)	Objetivos específicos	Estrategia	Indicadores del pilar
Integrantes del pilar	Estructura del proceso de formación	Áreas prioritarias para desarrollo de habilidades del cargo	Áreas y responsables del pilar para el desarrollo de habilidades del cargo	Indicadores del pilar
Misión del pilar	Diagrama y responsables de los procesos de capacitación	Diagrama del proceso de producción (para ubicar las áreas prioritarias)		% de avance de evaluación de habilidades por área
Objetivos del pilar		Objetivos "P-Q-C-D-S-M" de cada área para medir el impacto del desarrollo de habilidades		Número de personas evaluadas por área
Plan maestro del pilar	Matriz DOFA		Cronograma de desarrollo de habilidades del cargo	Porcentaje mensual de cumplimiento elaboración matriz de habilidades
				Porcentaje mensual de cumplimiento evaluación de habilidades

Capítulo 28

Gestión Temprana

Introducción

Entre el progreso de la diversificación del producto y la disminución del ciclo de vida de los mismos, una tarea importante es la puesta en práctica de su desarrollo eficiente y la inversión en los equipos para reducir el tiempo de desarrollo y optimizar el inicio de la producción, iniciando posteriormente la producción en su escala máxima.

En otras palabras, las empresas más eficientes desarrollan su competitividad a través de sistemas de fabricación simples, encontrando con anterioridad las necesidades de los usuarios y clarificando las condiciones 4M's (material, máquina, método y mano de obra), construyendo un equipo exento de las 7 grandes pérdidas y tener así inversiones eficientes y confiables, fáciles de usar y mantener y que generen productos sin defectos desde su inicio.

Para esta propuesta, es importante garantizar la cooperación no solo de ingeniería, producción y mantenimiento, sino también de planeación, ventas, financiero y calidad.

La gestión temprana son actividades gerenciales para gestionar de manera efectiva el diseño, desarrollo e instalación de nuevos productos y nuevas maquinarias capaces de ejecutar correctamente un arranque vertical de operación.

Comprende desde que se inicia un proyecto, hasta que se cierra.

La gestión temprana busca identificar los problemas en la etapa de planeación.

Tengamos en cuenta que nada fracasa tanto como el éxito pasado, pues el mundo cambia continuamente. Sólo hay tres constantes en el mundo: el cambio, los principios y la elección.

La gestión temprana

La gestión temprana desarrolla proyectos, mediante el aprendizaje continuo, incorporando diseños de “prevención del mantenimiento” y optimizando el ciclo de vida del producto; por tanto debemos tener:

- Un sistema de gestión visual.
- Un sistema de información de “Prevención del Mantenimiento” (PM).

.Con el fin de lograr arranques verticales y minimizar las pérdidas asociadas a los proyectos, la gestión puede ser aplicada a:

- Las máquinas: crea máquinas de fácil uso, detectando los problemas mediante el diseño P-M y mejorando las contramedidas en el estado de la planeación / diseño / construcción del equipo. Lleva a cabo una producción de lleno aún durante el arranque acortando el período de control de la fase inicial.
- Los procesos
- Los productos: Establece los preparativos (set up) eficientes que permiten la planeación, desarrollo, diseño y manufactura de productos que satisfacen los requerimientos de los clientes y que son producidos rápidamente y a un bajo costo.

Objetivo de la gestión temprana

El principal objetivo de la gestión temprana es lograr:

- Calidad (de producto) intrínseca en las máquinas: Cuando se instalan equipos nuevos, se producen deficiencias, debido a la falta de planificación y de contar con la experiencia pasada de la compañía cliente. El equipo nuevo es modificado para evitar fugas, fuentes de contaminación y facilitar los cambios de producto. Una vez resueltos estos problemas, aparecen otros problemas de pérdida de precisión y nuevamente aparecen los defectos de calidad. La gestión temprana pretende evitar estos problemas, investigando en la fase de diseño

cómo asegurar que los equipos estén en un 100 por ciento libres de defectos. La gestión temprana debe garantizar el funcionamiento del equipo libre de defectos desde la puesta en marcha inicial.

- *Diseño de productos fáciles de producir:*Proyectar para la flexibilidad y agilidad; diseñar equipos que puedan adaptarse rápidamente a los cambios del mercado. Hoy en día, el auge de los sistemas de producción conocidos como "masscustomization" o producción personalizada, le imprimen nuevas exigencias a los sistemas productivos. La gestión temprana permite introducir soluciones durante la fase de diseño y desarrollo de la maquinaria, para facilitar la flexibilidad y cambios rápidos de producto, con el menor coste posible.
- *Desarrollo para coste de ciclo de vida (LCC – LifeCostCycle).*Hoy en día, en el diseño y el desarrollo de instalaciones, ha cobrado importancia diseñar con el criterio de costo total de explotación durante el ciclo de vida. El objetivo de mejorar el LCC es uno de las metas de un proyecto al que se aplican los procedimientos del pilar de gestión temprana.
- *Diseño de maquinaria fácil de automatizar:*Cada día las empresas buscan construir instalaciones con poco personal, especialmente en países avanzados, debido a los altos costos salariales y necesitados de competir con economías emergentes, que poseen mano de obra calificada y de bajo costo. Por este motivo, la gestión temprana busca desarrollar equipos muy fiables y de bajo costo, ya que normalmente la alta automatización, debido a su complejidad, con facilidad puede llenarse de errores muy costosos, que afectan el rendimiento y la calidad de los productos finales fabricados. La automatización de bajo costo, es un excelente terreno de la gestión temprana.

De igual manera, se busca a través de la gestión temprana, reducir el tiempo empleado en el desarrollo (de productos y máquinas) y en el arranque vertical de operación, coordinando el esfuerzo de todos los departamentos relacionados.

Una manera gráfica de representar el mapa de la gestión temprana de producto y de máquinas, es:

		Productos	
		Existentes	Nuevos
Equipo	Existente	Mejora enfocada	GTP - Proceso de revisión de diseño - Base de datos P-M (calidad) - Fácil de producir - Fácil de automatizar
	Nuevo	GTE - Proceso de revisión de diseño - Base de datos P-M - Costo de lanzamiento - El diseño debe incluir el costo del ciclo de vida considerado - Automatización de bajo costo	GT - Gestión de proyecto (revisión de diseño y P-M) - Diseño y costo mínimo del ciclo de vida - LCP (utilidad de ciclo de vida) - Automatización de bajo costo

La gestión temprana y su relación con los pilares

A continuación se relaciona el rol que debe desempeñar cada uno de los pilares, en su relación con el pilar de gestión temprana:

• Gestión temprana y Mantenimiento autónomo

- Su función es la de garantizar que el operador pueda tener un manejo autónomo del área/equipo/producto.
- *Antes de la compra de equipos:* Genera información P-M para mejorar la especificación de compra.
- Define en qué paso de autónomo se va a desenvolver el “start up” (por ejemplo paso 3) y prepara a su gente en esas artes. La etapa previa a la llegada de los equipos, se entrena teóricamente o en máquinas similares.
- *Con la llegada de los equipos:* realiza etiquetado y resolución de Fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso. Si es técnicamente posible, realiza prácticas en los equipos nuevos antes de su instalación.
- Establece controles visuales para prevenir problemas y los estándares de Operación/Limpieza/Inspección.

• Gestión temprana y Mantenimiento planeado

- Su función es la reducir el mantenimiento del equipo nuevo, sin perder seguridad y calidad en la operación.
- *Antes de la compra de equipos:* Genera información P-M para mejorar la especificación de compra desde el punto de vista de

simplificar el mantenimiento ya sea estandarizando las piezas, como facilitando los accesos.

- La etapa previa a la llegada de los equipos, se entrena teóricamente en las cuestiones relacionadas a los conceptos técnicos que la nueva máquina incorpora.
- *Con la llegada de los equipos:* Complementa su entrenamiento y chequea los equipos para su recepción. Estudia las posibles fallas y las simula para realizar un ejercicio práctico de soluciones.
- Completa el plan de mantenimiento y lubricación. Rotula las diferentes piezas dando las altas correspondientes al sistema de gestión de repuestos.
- Apoya a mantenimiento autónomo en la solución de problemas.

● **Gestión temprana y Mejoras enfocadas**

- Su función es la de entregar el conocimiento del manejo de herramientas para resolución de problemas y acompañar la evolución del desempeño del proyecto.
- *Antes de la compra de equipos:* Al igual que los otros pilares, clasifica y genera información P-M para mejorar la especificación de compra. Ayuda desde un punto de vista crítico a poner de relevancia los potenciales problemas que el proyecto puede presentar.
- *Con la llegada de los equipos:* Acompaña a mantenimiento autónomo en aquellas cuestiones cuya solución “NO SE VIÓ” en las etapas tempranas y pueden ser un problema para el “Start Up”.
- *Start Up:* Trabaja codo a codo con gestión inicial para la captura de datos de Seguridad/OEE/Calidad/Costos y completando el análisis de causas que llevan a los problemas

● **Gestión temprana y Mantenimiento de calidad**

- Su función es la de prevenir problemas de calidad en el nuevo proyecto.
- *Antes de la compra de equipos:* La información P-M que genera está apoyada en la creación de la matriz QA/QM (Aseguramiento y mantenimiento de la calidad) del proyecto. En el caso de equipos o procesos nuevos, arma la primer matriz en función del conocimiento existente, pero tiene mucho peso su influencia

para transferir conocimientos sobre el uso del AMFE, de manera que además los problemas potenciales de calidad también puedan ser evaluados en etapas tempranas.

- *Con la llegada de los equipos:* Compara las detecciones realizadas en el AMFE con la realidad y entrena a los operadores en la prevención de los problemas de calidad. Se asocia a P-M para revisar aspectos del equipo que puedan traer problemas de calidad y no fueron detectados durante las etapas previas del proyecto.
- Induce al uso de controles visuales para prevenir problemas de calidad.
- *Start Up:* Evalúa la evolución de la calidad del trabajo.

- **Gestión temprana y Educación y entrenamiento**

- Su función es de apoyo a todos los pilares que trabajan en el proyecto. Los pilares pueden tener buenas intenciones de corregir problemas y desarrollar el proyecto, pero normalmente no tienen todos los conocimientos necesarios para llevarlo adelante. Educación & Entrenamiento establece a partir de los desafíos que cada pilar tiene, la estructura del entrenamiento necesario.
- *Start Up:* Evalúa el desempeño del proyecto desde el punto de vista de si las premisas de Instrucción, aportan positivamente al proyecto.

- **Gestión temprana y Seguridad**

- *Tiene dos funciones importantes:* una es la de ejecutar la revisión profesional del proyecto desde su especialidad, para prevenir tanto en el montaje como durante su vida útil, los problemas de calidad. La segunda función es la de concientizar a través del entrenamiento a desarrollar una actividad segura.
- *Antes de la compra de equipos:* La información P-M que genera está apoyada en la revisión del proyecto y el análisis de riesgos.
- Evalúa con los proveedores y personal propio todas las alternativas que tendrán los montajes. Estudia los ADR (análisis de riesgo) y coordina las medidas de prevención. Debe ejercer una actividad de entrenamiento propio o de terceros, en el entrenamiento del control de la seguridad del proyecto.

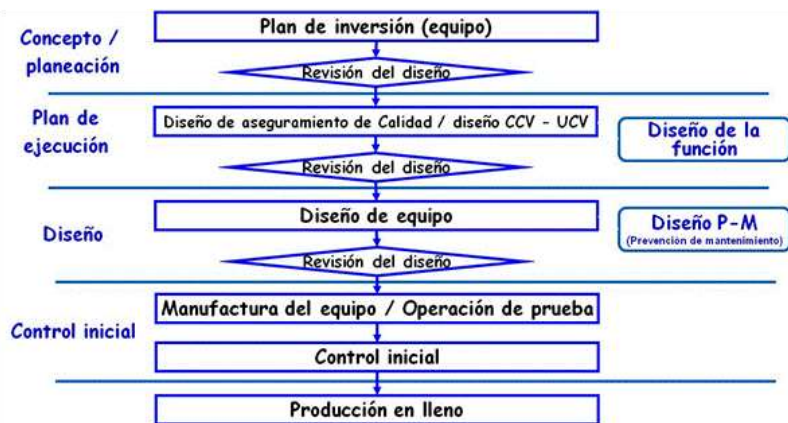
- *Con la llegada de los equipos:* Revisa las premisas establecidas para los momentos antes de la puesta en marcha.
- *Start Up:* Evalúa la evolución de la calidad del trabajo.

Actividades de la gestión temprana

Es la descripción de la manera como se desarrolla un proyecto, que involucra las etapas de ingeniería y gestión inicial:

- **Concepto/Planeación:** Es la realización del presupuesto del proyecto, mediante un estudio de factibilidad y generalmente es realizado por el departamento de planeación corporativa.
- **Diseño del proceso:** Consiste en el aseguramiento de la calidad y el diseño con costo mínimo durante el ciclo de vida (CCV) y utilidad del ciclo de vida (UCV) del equipo; La UCV toma en cuenta los cambios generacionales que pueden darse y cómo impacta económicamente. (posibilidad de fabricar moldes en módulos para reutilizar partes en futuros diseños. Para esto, trabajamos con la metodología del AMFE y normalmente es realizado por el departamento de ingeniería y calidad.
- **Diseño:** Toma como punto de partida la base de datos de la información P-M, los AMFE de los equipos y el árbol de averías y normalmente es un trabajo conjunto entre ingeniería, mantenimiento y manufactura.
- **Manufactura e instalación:** Consiste en la revisión de las actividades de gestión temprana y las especificaciones de la máquina; para esto, debemos tener la lista de pendientes por verificar (seguridad y calidad) y normalmente lo desarrolla el departamento de ingeniería.
- **Corrida de prueba y arranque de producción:** Consiste en el estudio del costo de lanzamiento y la capacitación a los operadores, a través de la retroalimentación de los estándares de mantenimiento planeado y mantenimiento autónomo y normalmente es un trabajo conjunto entre ingeniería, mantenimiento y manufactura.
- **Evaluación a los 30 días / 90 días:** Acá se verifica el calendario y se hace seguimiento y registro de acciones (tarjetas "F"), así como los estándares de mantenimiento autónomo y planeado. Es una actividad desarrollada por mantenimiento y manufactura.

En el siguiente diagrama, se observa de manera gráfica dichas actividades:



Revisión del diseño

La revisión de diseño es una metodología clave en la gestión temprana, y consta de examinar todas las situaciones potencialmente problemáticas y que evidenciamos en la etapa de planeación, relacionadas con los defectos de calidad, averías de las máquinas y seguridad en las diferentes etapas de un proyecto. Esto se realiza a través de juntas para compartir información gerencial (poli-funcional): Ingeniería, manufactura, mantenimiento, seguridad-Ambiente, calidad, capacitación. En las diferentes etapas del proyecto, la persona que haya experimentado en cada área especializada, comparte sus experiencias para prevenir las pérdidas de seguridad, calidad y averías del equipo, etc.

Diseño de aseguramiento de calidad (AC)

El diseño de aseguramiento de calidad (AC) es el paso para diseñar el proceso y funciones de la máquina y tiene como meta “fijar la calidad (de los productos) en el equipo. El diseño AC requiere de cuatro pasos básicos:

1. **Desarrollo de calidad:** Identificar las características de calidad en el proceso y sus fracasos para procesar las características de calidad requeridas.
2. **Diseño del proceso (conectado con el diseño de mínimo costo de ciclo de vida):** Diseñar la relación “Sistema Hombre –

Máquina", que es el paso para diseñar el "proceso" (el cómo hacerlo) y la "maquinaria más adecuada".

3. **Desarrollo de la máquina:** Diseñar y establecer las condiciones de Aseguramiento de Calidad (AC) en cada máquina. La condición AC es la base para prevenir los defectos de calidad (condiciones proactivas). Se debe tener en cuenta de:
 - Establecer las condiciones
 - Fácil de configurar
 - Dificultad para cambios
 - Facilidad de visualizar
 - Facilidad para restablecer las condiciones
4. **Estandarización:** Continuar y retroalimentar los estándares de MP (mantenimiento planeado) y MA (mantenimiento autónomo) a fin de sostener las condiciones de aseguramiento de calidad (AC), también llamada diseño P-M.

El costeo del ciclo de vida (CCV) (LCC de sus siglas en inglés), es el costo requerido para toda la vida útil de los productos y equipos. El costo total, incluyendo el costo que surja en el proceso de diseño, desarrollo, producción, operación, mantenimiento y apoyo. Para determinar el costo del ciclo de vida (CCV), se deben seguir los siguientes pasos:

1. Esclarecer la misión del sistema blanco.
2. Enlistar planes múltiples alternos que puedan lograr la misión.
3. Esclarecer los elementos de evaluación del sistema y sus métodos de calificación.
4. Evaluar planes alternos.
5. Convertir los resultados del análisis y procesarlo a documentos.

Control inicial

El control inicial es la etapa del proyecto desde que se realiza el arranque, hasta el punto donde se cierra el mismo. Es la etapa donde validamos lo planeado. Allí se realiza un examen y análisis del estado actual, con el fin de encontrar los problemas, clarificando el flujo de trabajo actual e identificando los problemas.

El flujo de las actividades que debemos seguir para el control inicial, incluye:

1) Equipo

- Definir el equipo físico ó máquina requerida
- Definir el equipo humano
 - Definir el líder manufactura
 - Definir la fecha de arranque

2) Antecedentes, Objetivos y Metas

- Establecer los objetivos
- Definir el OEE esperado
 - Calidad
 - Disponibilidad
 - Rendimiento
- Determinar los costos

3) Seguridad

- Determinar las normas de seguridad,
- Elaborar el mapa de seguridad,
- Definir las herramientas de protección personal,
- Realizar la capacitación (Ej. Ergonomía)
- Llevar el indicador de incidentes y accidentes
- Elaborar las listas de chequeo de seguridad
- Desarrollar el análisis de riesgo potencial (ARP) de limpieza

4) Ingeniería de proyectos

- Aplicar el modelo de ingeniería
- Revisión del diseño (Listas de chequeo):
 - Seguridad
 - Mantenibilidad
 - Calidad
 - Confiabilidad
 - Flexibilidad
- Planos:
 - Eléctricos
 - Mecánicos
 - Estructurales
 - Diagrama de flujo y proceso (DFP)

- Diagrama de instrumentación y tubería (DIT)

- Ficha técnica del equipo
- Manuales de equipo
- Flujograma del proceso
- Especificaciones del proceso
- Back-up software de automatización
- Control de formatos P-M
- Matriz AMFE
- Costos de la inversión (Presupuesto vs real)

5) Capacitación y entrenamiento

- Definir la competencia laboral
 - *Operarios*
 - ✓ Temario de capacitación
 - ✓ Instrumentos de evaluación
 - ✓ Evaluación
 - *Electromecánicos*
 - ✓ Temario de capacitación
 - ✓ Instrumentos de evaluación
 - ✓ Evaluación
 - *Supervisores*
 - ✓ Temario de capacitación
 - ✓ Instrumentos de evaluación
 - ✓ Evaluación
 - *Superintendentes*
 - ✓ Temario de capacitación
 - ✓ Instrumentos de evaluación
 - ✓ Evaluación
- Cronograma de capacitación

6) Mantenimiento autónomo

- Paso 1:

- Elaborar las LUP's de funcionamiento
 - Elaborar las LUP's de elementos de protección personal del área
 - Elaborar las LUP's de haga y no haga
 - Elaborar las LUP's de tesoros y planes de acción
 - Aplicar las dos primeras S's
 - Demarcación de pasillos
 - Identificación de anomalías mediante tarjetas
 - Elaborar la lista de problemas potenciales
 - Realizar el estándares limpieza
 - Elaborar las LUP's de métodos de limpieza
 - Registros de paros, eventos de seguridad, gestión de tarjetas
 - Evaluar las habilidades de gestión temprana
 - Realizar el diagnóstico de paso 1
- Paso 2:
 - Elaborar la matriz ECRS para fuentes de contaminación
 - Clasificar las fuentes de contaminación en eliminables y no eliminables
 - Solucionar las fuentes de contaminación
 - Elaborar la matriz ERS para áreas de difícil acceso
 - Clasificar las áreas de difícil acceso en eliminables y no eliminables
 - Desarrollar el estándar de lubricación
 - Elaborar las LUP's de métodos de lubricación
 - Establecer los controles visuales
 - Hacer un CAP-Do de pérdidas crónicas
 - Desarrollar la matriz de calidad
 - Realizar el diagnóstico de paso 2
 - Paso 3:
 - Desarrollar el estándar tentativo de ajuste.
 - Elaborar las LUP's para el estándar de ajuste.
 - Establecer los mejoramientos de estándares de limpieza, inspección y lubricación.
 - Verificar el cumplimiento de metas de los indicadores

7) Mantenimiento planeado

- Análisis de averías

- Matriz del mantenimiento basado en tiempo (MBT)
 - Plan de mantenimiento:
 - Actividades de mantenimiento preventivo
- Listado de repuestos
- Herramientas necesarias
 - Eléctricas
 - Mecánicas
 - Automatización
 - Software
 - Hardware
- Control de consumos
- Back-ups

8) Indicadores de control de proceso

- Indicador de accidentes
- Curva planeada vs curva real (OEE)
- Datos de disponibilidad, calidad y rendimiento
- Averías
- Capacitación de personal
- Costos vs presupuesto
- Actas de seguimiento de curva

Para la aplicación del control inicial, podemos clasificar los proyectos en:

- **Proyecto clase A:** Son los proyectos que requieren aprovechamiento al máximo de la capacidad y tienen alto riesgo de ejecución a las instalaciones; estos proyectos requieren un control inicial completo.
- **Proyecto clase B:** El proyecto afecta parcialmente a la producción y se puede aplicar un control inicial simplificado.
- **Proyecto clase C:** El proyecto no produce consecuencia importante y basta con una lista de chequeo (checklist).

Una manera simple para determinar la clase, es utilizando la tabla mostrada a continuación:

ASPECTO A EVALUAR	A	B	C
SEGURIDAD	El proyecto puede afectar seriamente a las personas y al medio ambiente	El proyecto tiene algunos riesgos a la salud y al medio ambiente	No tiene consecuencias
IIINOVACIÓN	Nuevas fórmulas y/o materiales	Mejoras de procesos y formulación utilizando materiales convencionales	Cambios de vista
CAPACIDAD	Incremento drástico de la capacidad de planta	Mejoras en líneas de producción	Mejoras menores
IMPACTO	El proyecto puede generar paros en la operación	El proyecto reduce el volumen de producción sin paros totales	Paros menores
TIEMPO	Un año o mas	6 meses de proyecto	1 mes de proyecto
COSTO	Arriba de USD \$150.000	USD \$ 50.000 a 100.000	Menos de USD \$50.000

Información P-M (Prevención del mantenimiento)

El JapanInstitute of PlantMaintenance define la prevención del mantenimiento (P-M), como el uso de la más avanzada tecnología y datos cuando se planifica o construye un nuevo equipo para promover una mayor fiabilidad, mantenibilidad, economía, operatividad y seguridad, al mismo tiempo se minimizan los costos del mantenimiento y las pérdidas relacionadas con el deterioro. P-M significa fabricar equipos diseñados desde el principio para un mantenimiento fácil y una operación libre de problemas.



Las actividades P-M ayudan a prevenir problemas durante el control de la fase de depuración, con la meta de crear un equipo que sea “libre de mantenimiento”; son todos los cambios o mejoras en equipos, productos y procesos, con el único fin de no repetir lo malo cuando sea necesario diseñar, comprar o expandir (implementar las mejoras realizadas en otros equipos similares).

Esto tiene dos ventajas: en primer lugar la acumulación de tecnología producida a lo largo de los años por los propios ingenieros de producción, diseño y mantenimiento y en segundo lugar, la utilización de las lecciones de los éxitos y fallos internos.

Podemos decir entonces que la información P-M es la información de ingeniería para manufactura, recopilada mediante un estudio tecnológico, clasificación y refinamiento de los registros de mejora y no conformidades latentes del equipo existente para poder mejorar el diseño.

La P-M no es el resumen de las mejoras, sino la ficha técnica del dato concreto de las soluciones validadas.

Los puntos de revisión de la información P-M deben ser:

- **Seguridad:** No presenta peligro directo o indirecto de incidente, accidente o muerte; esto es, las características que no sean perjudiciales al cuerpo humano de manera directa o indirecta:
 - Partes móviles resguardadas con seguridad
 - Pocas proyecciones, esquinas salientes, entre otras.
 - Anomalías o peligros de la máquina o el proceso fáciles de detectar.

- Normas de seguridad y herramientas a la mano.
 - No hay cambios de nivel o resaltos sin marcar.
 - Control visual y rutas de escape fácil.
 - El equipo posee dispositivos de parada de emergencia tanto en manual como en automático.
 - El sistema se detiene cuando detecta una condición insegura del operario o un error en la operación estando en manual y en automático.
 - No existe contacto del operario con partes peligrosas de la máquina.
 - El equipo está diseñado para volver a una posición segura después de una falla o falta de energía.
- **Confiabilidad:** Son las características que no causan un deterioro funcional o paradas; esto es, es inmune a deterioros funcionales y a fallos por pérdida de función (averías).
 - Poco tiempo en vacío y paradas cortas
 - Cero averías
 - No produce defectos de calidad
 - Necesita poco ajuste
 - Fácil de limpiar y lubricar
 - Tiempo de ciclo estable
 - Control altamente confiable, sin puntos débiles
 - Sistemas redundantes
 - **Mantenibilidad por técnicos:** Facilidad para medir el deterioro y restauración mediante el reparo del deterioro; el deterioro se mide y corrige fácilmente:
 - Fallos fácilmente detectados y localizados
 - Las piezas se reemplazan fácilmente.
 - Las funciones se restauran rápido y de manera fácil.
 - Fácil de inspeccionar, chequear, lubricar.
 - Poco mantenimiento y fácil de realizar.
 - Es fácil de mantener autónomamente.

- **Flexibilidad:**Anticipando futuros cambios de producto, demostrar la facilidad de cambio del equipo cuando estos cambios sucedan; esto es, facilidad de realizar cambios para acomodarse a cambio del sistema de producción sin necesidad de inversiones.
 - Fácil cambio de referencia.
 - Posibilidad de combinación de varios tipos de productos.
 - Rápida y fácil configuración y adecuación de recetas.
 - Rápido acondicionamiento a los niveles de producción.
- **Accesibilidad:**Características que permiten la ejecución veloz y segura del manejo correcto durante la operación o preparación del equipo:
 - Fácil de manejar, botones, terminales de diálogo, etc.
 - Limpieza, lubricación e inspección de forma fácil.
 - Las fuentes de contaminación se controlan fácilmente.
 - Fácil de chequear y ajustar.
 - Poca limpieza y desperdicios.
 - Mantenimiento de la calidad.
 - Transporte y puesta en marcha sencilla.
- **Costos:**Características que muestran una alta eficiencia en el uso de energía, hojas de corte, engranes, aceites y otros recursos requeridos para la operación del equipo:
 - Bajos costos de operación
 - Cero reprocesos
 - Bajos costos e mantenimiento y consumo de repuestos
 - Cumplimiento de índices de consumo de combustible
 - Poca limpieza y desperdicios.
- **Calidad:**Equipos libres de defectos, que garantizan la calidad durante toda su vida útil.
 - Funcionamiento adecuado a los requerimientos del proceso.
 - El equipo conserva fácilmente los parámetros y rangos establecidos desde el inicio.

- Equipos resistentes a los defectos que provienen de perturbaciones externas.

En el siguiente diagrama, podemos observar algunos de los puntos que son origen de la información P-M:



Debemos tener entonces un formato para el registro de la información P-M, el cual debe contener una descripción detallada de la mejora, rediseño o cambio realizado, mediante un comparativo entre la situación antes y después del cambio. Para esto, se pueden incluir fotos, planos, diagramas de flujo y proceso, fichas técnicas, archivos anexos, entre otros. Allí mismo, debe llevarse la evaluación de la P-M, donde se muestren los datos históricos y los resultados obtenidos con el fin de calificar la P-M; esto es, evaluar la relación del costo/beneficio de la mejora y en la cual se deben tener en cuenta aspectos tales como:

- **Costos:** Mano de obra, repuestos, disponibilidad (# de averías y el tiempo de ellas), consumo de insumos, producción pérdida, reprocesos, reparaciones, rendimiento del equipo, consumos de energía o materiales
- **Beneficios:** Disponibilidad (Averías), rendimiento, producción que no se pierde etc.

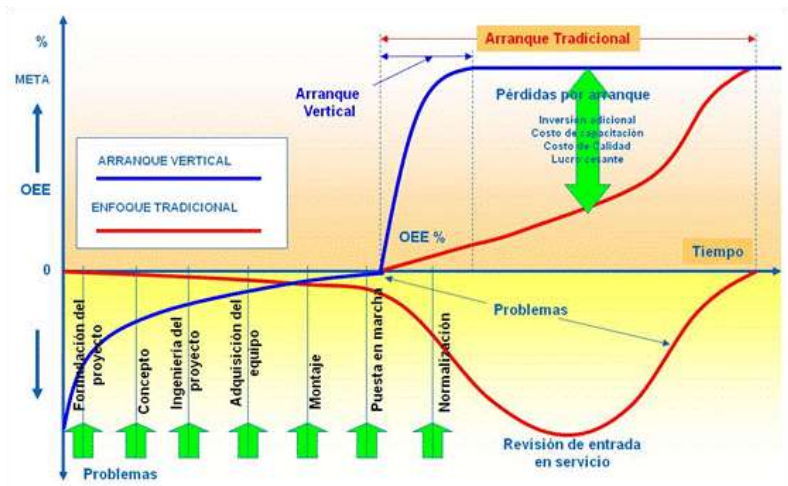
A la evaluación se le debe hacer seguimiento durante un tiempo prudencial, el cual podría ser de 3 meses.

La administración de la información P-M, debe ser responsabilidad del pilar de gestión temprana. Para recolectar dicha información, se presenta a

Arranque vertical (Lanzamiento vertical)

El lanzamiento vertical (arranque), es el objetivo inicial en la gestión temprana de equipos.

En la siguiente gráfica, podemos observar un enfoque reactivo, como es el enfoque tradicional, bajo el cual estamos actuando ante los problemas que se nos van presentando; entretanto, mediante la gestión temprana, trabajamos por medio de un enfoque proactivo; utilizamos completamente los pasos de la gestión temprana, desde la etapa de diseño y así los proyectos podrán ser lanzados verticalmente (diseño de aseguramiento de calidad, diseño de costo mínimo del ciclo de vida, diseño de prevención de mantenimiento).



Indicadores de la gestión temprana

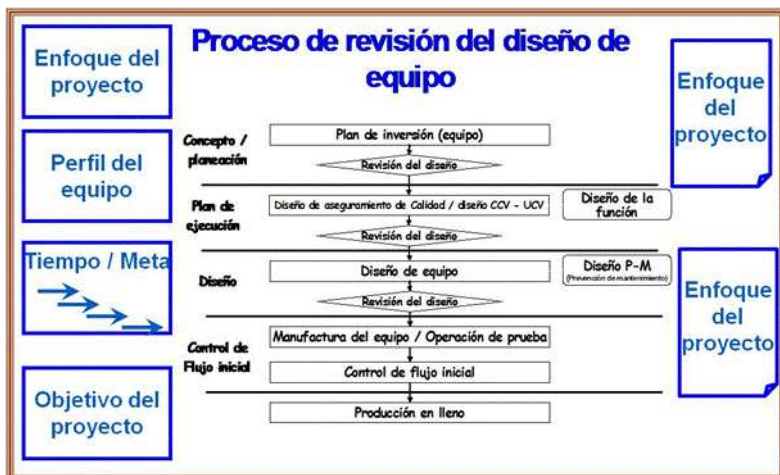
En un proyecto que desarrollemos con la metodología de la gestión temprana, al menos debemos llevar los indicadores mostrados a continuación:

- OEE: La eficiencia de la máquina o proceso
- Costo del proyecto: El valor de la inversión
- Costo del producto: Para determinar su competitividad
- Piezas por hombre: O un parámetro similar que permita determinar la productividad

- Accidentes: Tanto del personal propio como del tercerizado, en todas las fases del proyecto
- Incidentes: En todas las fases del proyecto.
- Solución de problemas expuestos en la etapa de planeación: Con el fin de determinar y poder aprender de las etapas que hay que corregir de cada fase, por errores en su planeación.

Tablero del pilar de Gestión temprana

El siguiente diagrama nos muestra una forma en la cual podemos realizar el tablero para el seguimiento y la gestión temprana de los proyectos:



Capítulo 29

Gestión Temprana

Modelo de ingeniería

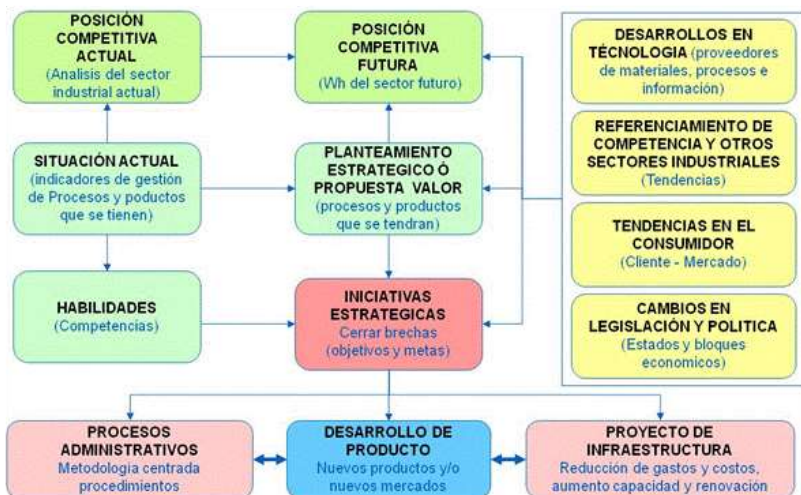
Objetivo

El objetivo buscado con este modelo, el aumento sostenible de la competitividad, con el fin de:

- Servir de soporte para la gestión de proyectos.
- Integrar, de manera sistema, los elementos requeridos para logro de los objetivos de los proyectos.
- Recolectar la experiencia y buenas prácticas que se van desarrollando en la ejecución de proyectos.
- Servir de punto de partida para la capacitación y formación.
- Tener un marco claro sobre el cual se discutan las fallas y se puedan incorporar elementos de manera sistema, a través de los comentarios y experiencia, para construir un mejor proceso.

Generación de iniciativas de mejoramiento

En el siguiente diagrama, se muestra el esquema completo que debería seguirse al implementar cualquier iniciativa de mejoramiento (proyecto):



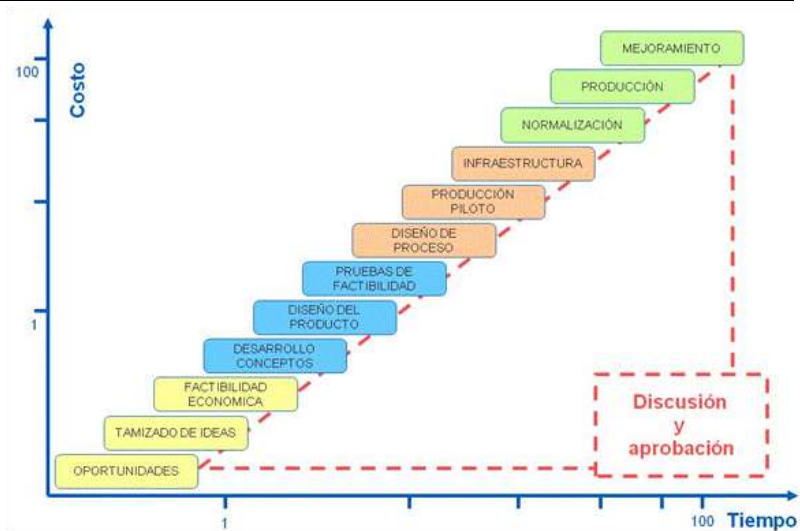
Metodología para proyectos de procesos administrativos

El objetivo es el mejoramiento en el balance de las 3 c's; esto es, maximizar el valor percibido por el cliente:

- Calidad integral (valor percibido y normativa)
- Costo (general y por actividades)
- Cumplimiento de entregas (capacidad y flexibilidad)



En el siguiente diagrama, se muestra una sinopsis de la metodología:



Metodología para proyectos de nuevos productos y nuevos mercados

Acá se cobijan los proyectos cuyo objetivo sea: Introducir nuevos productos, incursionar en nuevos mercado y nuevos esquemas de negocio

Los temas que debe incluir son:

- **Resumen Ejecutivo:** En esta sección se hace una breve descripción y general de la propuesta (*sólo una diapositiva*); la sección presenta cómo se vería el proyecto implementado y la conveniencia de la solución planteada. En esta sección se tratan temas tales como:
 - ¿Qué se está planteando?
 - ¿Por qué estamos planteando este proyecto?
 - ¿Qué necesidad u oportunidad queremos atender?
 - ¿Cómo funcionará?
 - ¿Qué capacidades soportan el proyecto?
 - ¿Qué resultados financieros arroja el proyecto?
- **La oportunidad:** En esta sección se describe en detalle la oportunidad en la que se basó la propuesta. Algunos temas para tener en cuenta son:

- Descripción del mercado general
 - ✓ Tamaño y crecimiento
 - ✓ Segmentación
 - ✓ Competidores y participación
 - ✓ Productos sustitutos
 - ✓ Estado de la industria (crecimiento, consolidación, etc.)
- Descripción de la oportunidad que se presenta
- **Descripción del proyecto:** Se hace acá una descripción ampliada del proyecto. Se analizan temas como:
 - Propuesta de valor
 - Modelo operativo (cómo opera el negocio)
 - Infraestructura necesaria e inversión requerida
 - Factores críticos de éxito
 - ✓ ¿Qué elementos son necesarios para ser exitosos en este proyecto?
 - ✓ ¿Cuáles podrían poner en peligro su viabilidad?
- **Evaluación estratégica:**
 - Descripción y sustentación de la ventaja competitiva
 - ✓ ¿Qué capacidades nos hace aptos para explotar esta oportunidad?
 - ✓ ¿Qué ventajas competitivas tenemos frente a otros actores para aprovechar la oportunidad que se presenta?
 - Impacto estratégico
 - ✓ ¿Cómo impacta el proyecto la estrategia del negocio?
 - ✓ ¿Genera plataformas de crecimiento?
 - ✓ ¿Mueve a la compañía a sectores más atractivos?
 - ¿Qué otras opciones se analizaron para aprovechar la oportunidad?
 - ¿Por qué se escogió esta opción y no otra?
- **Evaluación financiera:** En esta sección se plantea la justificación de supuestos utilizados en el modelo financiero. Dentro de este análisis se debe incluir un proyecto financiero base y un análisis del riesgo del proyecto (utilizando 2 escenarios). Entre mayor sea la inversión en el proyecto más refinada se espera sea la evaluación.

- **Cronograma de implementación:** En esta sección:
 - Se asigna el equipo que trabajará en el proyecto
 - Se identifican las necesidades en término de recursos y personal
 - Se plantea un cronograma de trabajo
 - Se hace un esbozo preliminar de las tareas asignadas a cada miembro del equipo
- **Indicadores de seguimiento:** En esta sección se identifican los indicadores que se utilizarán para hacer seguimiento al proyecto, la frecuencia y el responsable de este. Ejemplo de estos indicadores son:
 - Generación de nuevas ventas
 - Participación de mercado
 - Márgenes
 - Retención de clientes
 - Costos

Metodología para proyectos de infraestructura

Las etapas que deberíamos cumplir en los proyectos relacionados con infraestructura son:

- **Formulación del proyecto (Planeación y diseño conceptual):** Los puntos de chequeo en esta etapa son:
 - Concordancia con la estrategia (Prioridad estratégica)
 - Resumen ejecutivo (Finalidad y necesidad)
 - Situación actual Vs propuesta
 - Evaluación (modelo > 500 000 USD y para < 500 000 USD)
 - Análisis estratégico (Capacidad, calidad y cumplimiento)
 - Inversión Vs beneficios
 - Análisis económico (Valor económico agregado - VEA)
 - Gantt preliminar del proyecto
 - Actividades macro

- Cronograma (fecha de entrega estimada)
- Responsables (líder y equipo primario)
- Revisión del proyecto
- Indicadores
- Comité operativo (líder - usuario final)
- Comité de gerencia (aprobación)

Y los documentos relacionados en esta etapa serían:

- Plan anual de inversiones
- Estudio de factibilidad y evaluación económica
- Registro de revisión y aprobación

• **Concepto (Requisitos, estudio de alternativas e ingeniería básica):** Los puntos de chequeo en esta etapa son:

- *Cumplimiento de objetivos*
- *Gantt detallado del proyecto (Actividades, Cronograma, Recursos necesarios, Presupuesto final)*
- *Revisión del concepto (revisión de diseño básico con las áreas)*
 - ✓ *Producción y/o logística (operación, calidad y mantenimiento)*
 - ✓ *Gestión humana (capacitación y seguridad - ambiente)*
 - ✓ *Ingeniería (producto y proceso)*

Y los documentos relacionados en esta etapa serían:

- *Diagrama de proceso actual*
 - ✓ *Referenciamiento ó benchmarking*
 - ✓ *Brechas de mejoramiento*
 - ✓ *Iniciativas internas de mejoramiento*
- *Concepto*
 - ✓ *RFI y RFP a proveedores y evaluación*
 - ✓ *Acta de proceso propuesto*
- *Gantt del proyecto*

• **Ingeniería del proyecto (Desarrollo virtual del proyecto):** Los puntos de chequeo en esta etapa son:

- Eficacia en costos (coste mínimo de ciclo de vida)

✓ Inversión proyectada vs aprobada

- Base de datos de información P-M (Seguridad, Calidad, Confiabilidad, Mantenibilidad, Flexibilidad, Accesibilidad, Componentes de fácil consecución, etc.
- AMFE de equipos
- Diseño de aseguramiento de calidad (AC) (5 condiciones):
 - ✓ Establecer las condiciones
 - ✓ Fácil de configurar
 - ✓ Dificultad para cambios
 - ✓ Facilidad de visualizar
 - ✓ Facilidad para restablecer las condiciones
- Revisión del diseño (revisión de diseño detallado con las áreas)
 - ✓ Producción y/o logística (operación, calidad y mantenimiento)
 - ✓ Gestión humana (capacitación y seguridad - ambiente)
 - ✓ Ingeniería (producto y proceso)
- Circulación y aprobación de documentos de ingeniería

Y los documentos relacionados en esta etapa serían:

- Acta de revisión de diseño
- Memorias de cálculo
- Planos del proyecto con especificaciones de partes
- Resultados de simulación
- Manuales preliminares (Operación, Mantenimiento, Capacitación)
- Fichas técnicas y catálogos de partes

• **Adquisición y/o fabricación de equipos (Negociación):**

- Revisión de planos y especificaciones
 - ✓ Estándares de desempeño
 - ✓ Normas a cumplir
 - ✓ Lista de chequeo de planos
- Lista de chequeo de certificación de proveedores
 - ✓ Visita a proveedor
- Retroalimentación de proveedores

- ✓ Visitas de proceso
- ✓ Control de recepción de insumos

Y los documentos relacionados en esta etapa serían:

- Cotizaciones y especificaciones
- Contratos
 - ✓ Pólizas de cumplimiento (fechas y multas)
 - ✓ Requisitos a proveedores
 - ✓ Acuerdo comercial
- Actas de recepción

● **Montaje:** Los puntos de chequeo en esta etapa son:

- Ingeniaría virtual Vs Realidad de campo
 - ✓ Cumplimiento de especificaciones
 - ✓ Generación de información P-M de montaje
 - ✓ Actualización de planos y especificaciones
- Capacitación básica (formal e informal)
 - ✓ Operadores
 - ✓ Mantenimiento

Y los documentos relacionados en esta etapa serían:

- Información P.M.
 - ✓ Documentos
 - ✓ Base de datos
 - ✓ Actas de aprobación
- Acta de entrega
 - ✓ Proveedores
 - ✓ Personal operativo
- Actas de capacitación

● **Puesta en marcha:** Los puntos de chequeo en esta etapa son:

- Generación de información P-M de puesta en marcha
 - ✓ Actualización de planos y especificaciones
- Control de costos de puesta en marcha
- Capacitación detallada
 - ✓ Operadores

- ✓ Mantenimiento

Y los documentos relacionados en esta etapa serían:

- Tablero de GTE
 - ✓ Tiempo de dominio
 - ✓ Costo de dominio
 - ✓ Información P-M
- Manuales
 - ✓ Capacitación
 - ✓ Seguridad
 - ✓ Calidad
- Actas de capacitación
 - ✓ Evaluación
 - ✓ Certificación de oficios
- **Normalización (Obtención de metas):** Los puntos de chequeo en esta etapa son:
 - *Plan de TPM en el equipo*
 - *Control de flujo inicial*
 - ✓ Indicadores de gestión (OEE)
 - ✓ Generación de información P-M
 - ✓ Actualización de documentación
 - *Aseguramiento de la calidad*

Y los documentos relacionados en esta etapa serían:

- *Consolidación de los pilares de MPT (que apliquen)*
 - ✓ Mejora enfocada
 - ✓ Mantenimiento autónomo
 - ✓ Mantenimiento planeado
 - ✓ Educación y capacitación
 - ✓ Control inicial del equipo
 - ✓ Mantenimiento de la calidad
 - ✓ Seguridad y ambiente
- *Manuales y documentos requeridos en el proceso*
- **Operación (Atención a compromisos comerciales):** Los puntos de chequeo en esta etapa son:
 - *Costos de producción*

- *Cumplimiento de entregas*
- *Resultados de calidad*
- *Mantenimiento productivo total (TPM)*
 - ✓ *Mantenimiento autónomo*
 - ✓ *Mantenimiento planeado*
 - ✓ *Educación y capacitación*
 - ✓ *Mantenimiento de la calidad*
 - ✓ *Seguridad y ambiente*

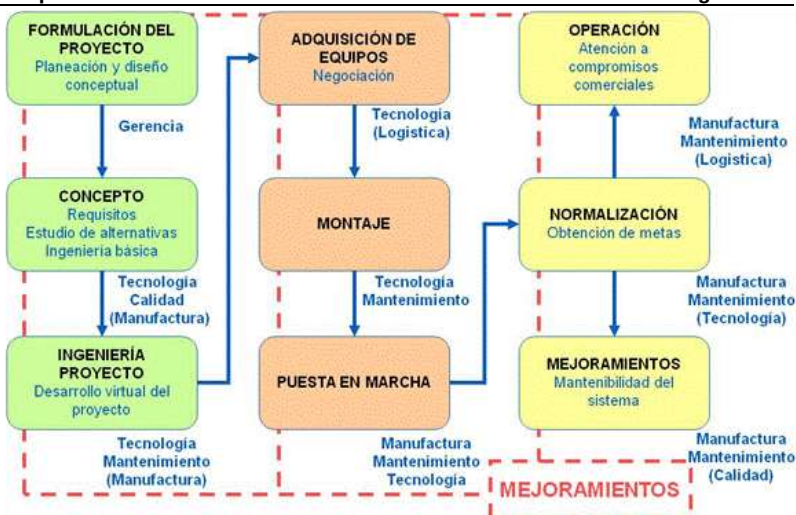
Y los documentos relacionados en esta etapa serían:

- *Informes de seguimiento*
- *Informe de junta técnica (mensual)*
- *Costos, Calidad y Cumplimiento*
- *Tableros de TPM*
- **Mejoramientos (Mantenibilidad del sistema):** Los puntos de chequeo en esta etapa son:
 - Metas y objetivos de mejoramiento
 - Indicadores de gestión
 - ✓ Costo
 - ✓ Calidad
 - ✓ Cumplimiento
 - ✓ Aprendizaje
 - ✓ Seguridad

Y los documentos relacionados en esta etapa serían:

- Planes de desempeño
- Proyectos de mejoramiento
- Acciones correctivas
- Información P-M de proceso
- AMFE

En el siguiente diagrama, se muestra una sinopsis de la metodología:



Formulación del proyecto (Planeación y diseño conceptual)

Acá se cobijan los proyectos cuyo objetivo sea: reducir costos o gastos, ampliación de capacidad o que impliquen renovación tecnológica. Los temas que debe incluir son:

- **Resumen Ejecutivo:** La idea en esta sección es hacer una descripción general y breve (sólo una diapositiva) de la propuesta. Presenta cómo se vería el proyecto implementado y la conveniencia de la solución planteada. Los temas a tener en cuenta en esta sección son:
 - Descripción del proyecto
 - Situación actual
 - Ventajas del proyecto
 - Beneficios económicos
- **Situación actual:** En esta sección se hace un diagnóstico de la situación actual. La idea es describir la situación que se pretende mejorar y el efecto que esto tiene en diferentes áreas de la compañía. Algunas preguntas relevantes serían:
 - ¿Cómo está funcionando el sistema actualmente?

- ¿Qué restricciones de capacidad tenemos?
- ¿Qué problemas de servicio al cliente tenemos?
- ¿Cómo estamos en términos de logística?
- ¿Cuánto nos está costando producir?
- ¿Cuánto nos está costando servir al cliente?
- ¿Qué proyecciones tiene el negocio de seguir como venimos?
- ¿Oportunidad que ofrece el nuevo mercado en precios / volúmenes?
- **Descripción de la solución propuesta:** En esta sección se consigna la solución planteada:
 - ¿En qué consiste?
 - ¿Qué se pretende hacer?
 - Infraestructura necesaria e inversión requerida
 - Operación
 - Beneficios para la compañía y la Organización (sustentar de manera detallada)
 - ✓ Ventas adicionales
 - ✓ Reducción de costos / gastos
 - ✓ Retención de clientes y aumento de la demanda por cliente
 - ✓ Precio / calidad / propuesta de valor
- **Evaluación estratégica & financiera:**
 - Evaluación Estratégica: ¿Qué otras opciones se analizaron? ¿Por qué se escogió esta opción y no otra? ¿Cómo impacta el proyecto la estrategia del negocio? ¿Genera escaleras de crecimiento? ¿Mueve a sectores más atractivos?
 - Evaluación Financiera: Justificación financiera del proyecto. Entre mayor sea la inversión en el proyecto más refinada se espera sea la evaluación. Dentro de este análisis se debe incluir un proyecto financiero base y un análisis del riesgo del proyecto (utilizando 2 escenarios).
- **Cronograma de Implementación:** En esta sección:
 - Se asigna el equipo que trabajará en el proyecto
 - Se identifican las necesidades en término de recursos y personal

- Se plantea un cronograma de trabajo
- Se hace un esbozo preliminar de las tareas asignadas a cada miembro del equipo
- **Indicadores de seguimiento:** En esta sección se identifican los indicadores que se utilizarán para hacer seguimiento al proyecto, la frecuencia y el responsable de este. Ejemplo de estos indicadores son:
 - Reducción en mano de obra
 - Reducción en costos de materia prima
 - Reducción de gastos
 - Márgenes
 - Mejora en la productividad

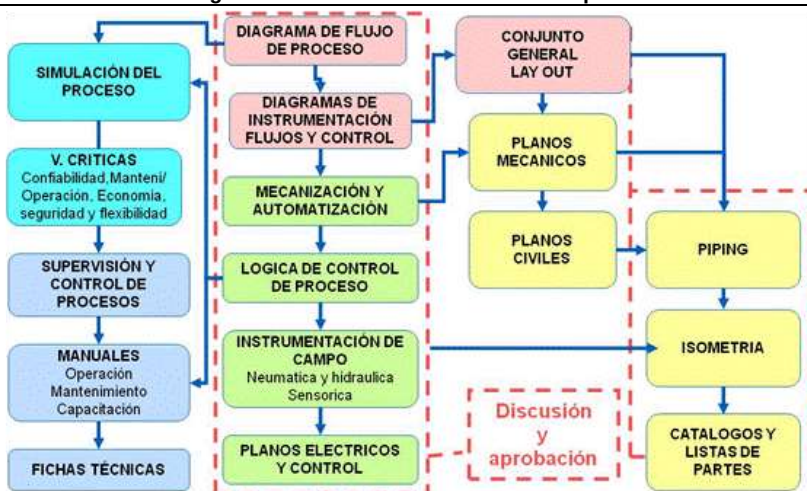
Concepto del proyecto (Requisitos, estudio de alternativas e ingeniería básica)

El siguiente esquema nos muestra en qué consiste esta etapa:



Ingeniería del proyecto (Desarrollo virtual del proyecto)

El siguiente esquema nos muestra en qué consiste esta etapa:



Capítulo 30

Mantenimiento de la calidad

Introducción

Conforme los equipos asumen el trabajo de la producción, la calidad depende crecientemente de las condiciones del equipo.

Cuanto más se ha ido automatizando las industrias, con mayor intensidad han optado por el TPM de calidad. En las empresas que cada vez requieren menos intervención humana, el objetivo del mantenimiento de calidad es asegurar y mejorar constantemente la calidad mediante un mantenimiento eficaz del equipo.

En las industrias de procesos, la calidad se integra en el producto a través de los procesos que facilitan las condiciones necesarias para transformaciones tales como reacción, separación y purificación de los materiales.

Para producir productos perfectos, es necesario establecer las condiciones de proceso apropiadas (temperatura, presión, flujo, cantidad de catalizador, etc.) en función de las propiedades particulares, composiciones y volúmenes de materias primas, reactivos y otras sustancias.

Para lograr esto, las unidades del equipo y sus módulos componentes, deben instalarse y mantenerse de modo que funcionen óptimamente y no se generen defectos de calidad.

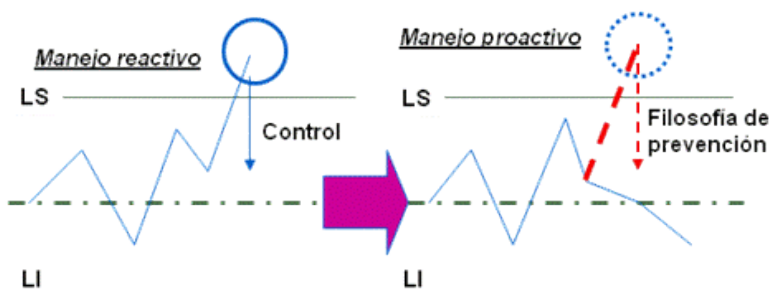
El mantenimiento de la calidad es un programa avanzado en TPM.

Conceptos y definiciones

El “Mantenimiento de la calidad” *son acciones* que buscan establecer las condiciones óptimas del equipo, de los materiales, de los métodos y las personas y evitar así los defectos de calidad, con base en el concepto básico de mantener las condiciones en perfecto estado, y obtener la calidad perfecta de los productos procesados.

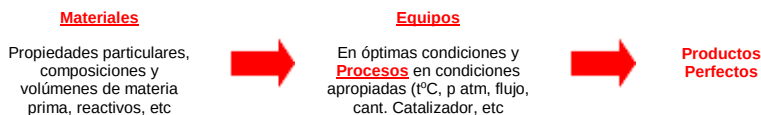
Las condiciones son revisadas y evaluadas periódicamente para verificar que los valores medidos están dentro de los estándares correctos, para así evitar defectos.

La variación en los valores medidos nos proporciona elementos estadísticos para decidir correctamente y en consecuencia ejecutar acciones y contramedidas para prevenir desperfectos y defectos en el proceso de fabricación.

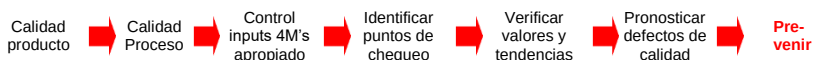


La calidad se integra en el producto a través del control de procesos.

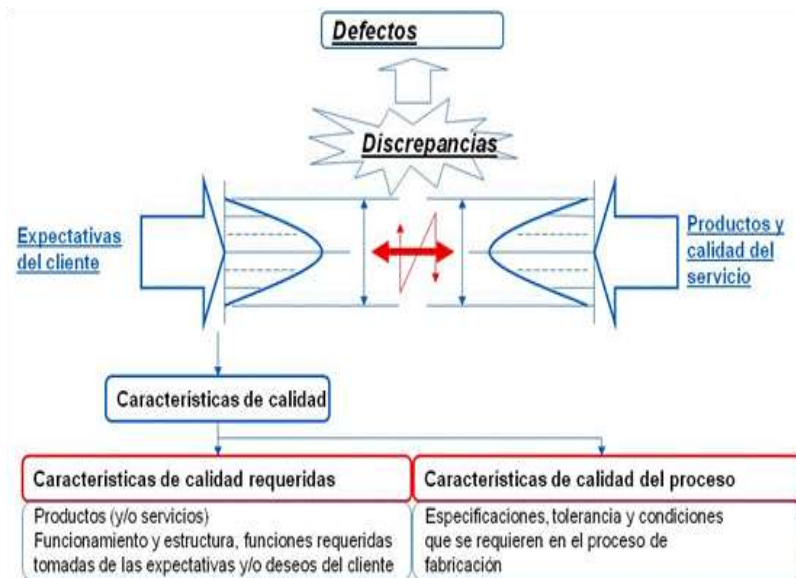
Estos procesos implican transformaciones de materiales a partir de distintas operaciones unitarias, procesos de ensamblaje y/o embalaje, lo que se representa en el siguiente diagrama:



Con base en esto, podemos resumir que lo buscado por el pilar es la calidad en el producto, a través de la prevención:



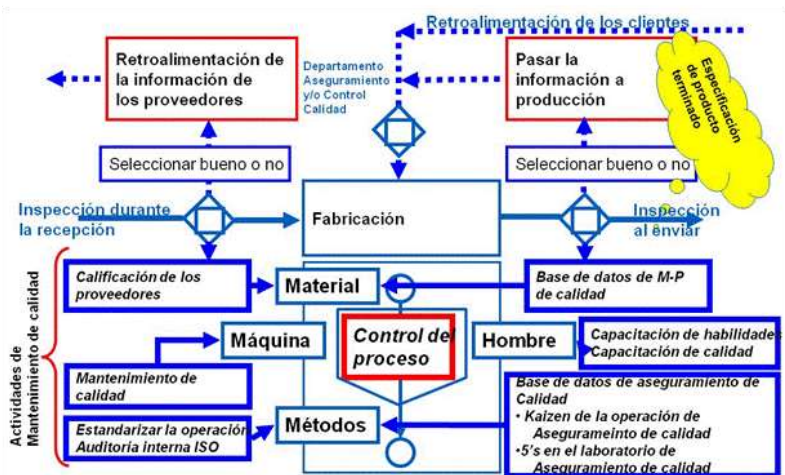
El defecto de calidad es una propiedad que queda fuera del rango especificado.



Por ejemplo, algunas formas en las que aparecen los “**defectos de calidad**” en las industrias de procesos son:

	Modo de defecto de calidad	Descripción (Ejemplo)
1	Desviación de la composición especificada, propiedades físicas, etc.	Composición química, propiedades como estabilidad térmica, impurezas
2	Contaminación	Polvo, óxido, astillas, cabellos, bacterias, virutas, piezas de máquinas rotas, herramientas, pallets rotos
3	No uniformidad y dispersión	Variación de color, tamaño irregular de granos, espesor desequilibrado, planaridad desigual
4	Efectos visuales	Decoloración, oscurecimiento, precipitación, coagulación, adherencia de cristales, otras deformaciones visibles
5	Defectos de empaquetado	Bajo peso, cierre o aislamiento inapropiados, sacos rotos, humedad, descomposición, etiquetas erróneas, etc.

Mantenimiento de calidad intenta evitar los defectos de calidad, identificando los puntos de chequeo para todas las condiciones del equipo y proceso que puedan afectar a la calidad, midiéndolas periódicamente y tomando acciones apropiadas.



Propósito y características del pilar

El propósito fundamental del pilar es el desarrollo de competencias y habilidades para asegurar cero defectos, mediante actividades como:

- El fortalecimiento del Sistema de Gestión de Calidad Integrada.
- LUP's de: Comportamientos. Material extraño
- Quejas y otros
- Cap-Do
- Información MP

La táctica para su implementación, es a través del análisis de los defectos potenciales y su tendencia, tomando acciones para disminuir perdidas.

Ruta para el mantenimiento de la calidad

En la siguiente tabla, podemos observar cómo nos vamos abriendo el camino hacia el mantenimiento de la calidad, a través de unas actividades reactivas y otras proactivas:

		Reactivo	Proactivo	Nivel 1	Nivel 2
Mantenimiento autónomo		X		Paso 1, 2 y 3	
			X		Paso 4, 5 y 6
Mejora enfocada		X		CAP-Do	
Mantenimiento planeado		X		Apoyo al autónomo y Mantenimiento correctivo	
			X	Mantenimiento basado en tiempo y Mantenimiento predictivo	
Aseguramiento de calidad	Mantenimiento de calidad	X		Reactivo = Mejora	
			X	Proactivo = Prevención (Mantenimiento)	
	Auditoría de calidad (ISO)	X	X	Auditoría interna periódica	
	Capacitación	X	X	Entrenamiento práctico en sitio a todos los niveles	
	Diseño del producto	X	X	Revisión de diseño	
	Proveedor	X	X	Asegurar la calidad de producto	

Condiciones previas al pilar de mantenimiento de la calidad

Un programa de Mantenimiento de la calidad se construye sobre las ganancias logradas con la implantación de los siguientes pilares del TPM: **Mejoras Enfocadas, Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Planeado, y Gestión Temprana (operación y mantenimiento).**

Dicho de otra manera, son varias las **condiciones previas** para que tenga éxito un programa de Mantenimiento de la Calidad:

1- Abolir el deterioro forzado:

Cuando el equipo sufre un deterioro acelerado, sus módulos y componentes suelen tener una vida sumamente corta. El equipo es inestable y falla de modo inesperado. Cuando el equipo se avería continuamente, el progreso hacia el cero defectos de calidad es prácticamente nulo.

Antes de poner en práctica el Mantenimiento de la Calidad, debe abolirse el deterioro acelerado y minimizarse los fallos inesperados a través de la práctica del **paso 7 del TPM: Mejoras Enfocadas, Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Planeado, y Gestión Temprana.**

2- Eliminar los problemas del proceso:

Las industrias de procesos están llenas de problemas tales como bloqueos, obstrucciones, fugas, derrames, cambios de composición, y otros enemigos de la operación estable. Si realmente ocurre todo esto, hay que eliminarlas a través de Mejora Enfocada o mediante Mantenimiento Autónomo realizado por operarios entrenados. Solamente entonces puede ser eficaz el Mantenimiento de la Calidad.

3- Desarrollar operarios competentes:

Deben formarse operarios capaces de identificar y corregir inmediatamente cualquier defecto o señal que presagien anomalías en el sistema. En las actividades TPM se concede gran importancia a lo que llaman **“tres realidades”**:

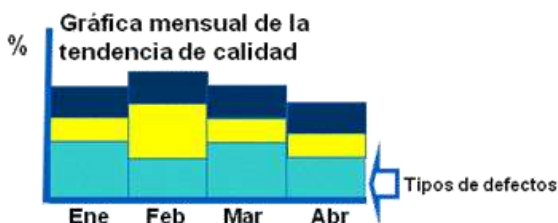
- a) *Localización real*
- b) *Objeto real*
- c) *Fenómeno real*

También son llamadas las **SANGEN (3 GEN)**:

- **GEMBA:** Donde el fenómeno ocurre - El local de la operación - El suelo de fábrica
- **GEMBUTSU:** La evidencia objetiva - El objeto afectado por el fenómeno
- **GENJITSU:** Los hechos - La realidad concreta - Como el fenómeno se manifiesta

Mejoras Enfocadas de calidad vs Mantenimiento de la Calidad

El punto de vista de la Mejora enfocada es analizar el mecanismo de defectos en el proceso completo:



El punto de vista del Mantenimiento de la calidad es analizar el mecanismo de defectos en cada máquina:



La diferencia fundamental entre mantenimiento de la calidad y mejoras enfocadas es que en la segunda se tiene la base de datos.

Las 4M's

Un importante factor que define la calidad en la línea (especificación en la línea de producción) es el convertir las 4M's (hombre, máquina, material y método) en condiciones ideales.

La gestión del perfeccionamiento de la calidad consiste en crear condiciones ideales de 4M's, para mejorar la capacidad de proceso de la calidad (C_p), hasta que ella se establezca en un alto nivel y decidir los estándares de trabajo y de inspección que ayuden a mantenerlos.

La gestión de "Hinshitsu-Hozen" consiste en seguir el trabajo e inspeccionar los estándares que mantienen las condiciones ideales definidas.



Teniendo en cuenta las 4M's, podemos establecer que la filosofía básica de cero defectos tiene su base en las condiciones mostradas en el anterior diagrama.

Lo anterior, nos permite mostrar en la siguiente tabla, un resumen de los requisitos necesarios para lograr los cero defectos:

4M	REQUISITOS	
Equipos, Accesorios, Herramientas, Dispositivos de Medición	- La limpieza es completa - La lubricación es precisa - Tuercas y tornillos están apretados - Los componentes de los equipos están firmes	* ¿Qué pasará si no se observan estas condiciones? Si no se limpia, el polvo se caerá durante el proceso y causará la adherencia o mezclará cuerpos extraños y causará defecto.
	Condiciones de los accesorios: - No hay marcas de compresión en las piezas de montaje del gálibo - No hay marcas de compresión en los planos de referencia de montaje en los artículos procesados - No hay desgastes ni astillas en las piezas del gálibo	- Si no se lubrican adecuadamente, las máquinas no funcionarán bien y causarán defectos en el proceso - Si hay vibración, habrá defectos en el proceso - Si están sueltas, las partes de las máquinas vibrarán y causarán defectos en el proceso
	Condiciones de las herramientas y cuchillas de corte: - Se utilizan las herramientas adecuadas - Las cuchillas de corte están correctamente ubicadas (centralización) - Las cuchillas de corte y los gálilos no están desgastados ni astillados	- Cualquier marca de compresión podrá causar defectos en el proceso - Cualquier marca de compresión causará arañazos en los productos o defectos en el proceso - Cualquier desgaste causará defecto en el proceso
	Condiciones de los dispositivos de medición: - Las sondas de los medidores no contienen suciedad - Los dispositivos de medición están funcionando bien - Los dispositivos de medición están dentro del periodo de calibración	- Si no se utilizan las herramientas correctas, no podrán apretarse correctamente los tornillos y habrá defectos en el proceso - Centralización inadecuada causará defectos en el proceso - Cualquier astilla podrá causar defecto en el proceso - El polvo en las sondas causará errores en la medición - Si no calibramos, se producirán errores

4M	REQUISITOS	
		• Si la precisión no está correcta, se producirán errores
 Materiales	(1) ¿Es la calidad de los materiales que afecta la calidad del proceso? • Los materiales están exentos de arañazos o polvo acumulado. • La composición de los materiales y su textura son estables. La dureza del material es estable...etc.	(2) La calidad del proceso anterior afecta la calidad del proceso. • Productos trabajados antes del proceso están exentos de arañazos y acumulación de polvo. • Las dimensiones del proceso anterior no son dispersas ... etc.
Condiciones de Procesamientos, Métodos de Trabajo y Métodos de	(1) ¿Son las condiciones del proceso que producen una buena calidad? • ¿Los ajustes de rotación y de velocidad de la alimentación están correctos? • ¿Se siguen las condiciones establecidas? • ¿Los ajustes de temperatura están buenos? ¿Son seguidos? • ¿Los ajustes de presión y tasa de flujo están buenos? ... etc. (2) ¿Se están utilizando métodos de trabajo correctos? • ¿Los artículos procesados están correctamente montados sobre los planos de referencia? ¿Están montados con acumulación de polvo?	• ¿Se hacen adecuadamente las mediciones de presión? • ¿Se prepararon especificaciones de medición para los dispositivos de medición? ¿Son seguidas? (3) ¿Los métodos de medición están correctos? • ¿Las mediciones se hacen sin error de paralelismo? • ¿Se hacen las mediciones con medidores de presión correctos? • ¿Se prepararon especificaciones de medición para los instrumentos? ¿Son seguidas?

4M	REQUISITOS
Mano de Obra (MORAL)	El “Moral” aquí mencionado se refiere a la “Voluntad de hacer”. Es la voluntad de perfeccionar la calidad por medio de una fuerte concienciación del problema, una preocupación por los pequeños defectos que perjudiquen la calidad y la determinación de solucionarlos, independientemente de las dificultades. • La firme voluntad de siempre seguir los estándares producirá calidad. • Una fuerte concienciación de los problemas, para extraer puntos de 3M FUGUAI (pequeños defectos) cuando se los encuentran. • Gran preocupación por el fenómeno que es extraño o poco diferente de lo habitual dentro del trabajo diario. Informe al jefe o búsqueda de una causa, por sí sólo.

Mantenimiento de la Calidad en 10 etapas

Las condiciones 4M's que eliminan los defectos, se determinan por medio de:

- La inspección de los fenómenos de defectos
- La investigación y análisis del proceso que causa los defectos por las condiciones 4M's
- Restauración de los defectos
- Análisis y evaluación de las unidades no defectuosas que todavía no están confirmadas
- Las actividades de perfeccionamiento de la calidad para mejorar los defectos de las condiciones 4M's

Alcanzar y mantener cero defectos de calidad por medio del refuerzo de los métodos de inspección, para que se puedan administrar éstas condiciones de 4M's para fácil aplicación, definiéndose valores de referencia para la inspección, revisando los estándares para la administración de la condición 4M's y a través de las actividades de mantenimiento de la calidad, que conduzcan al control de tendencias.

El entrenamiento de las personas en “Jishu-Hozen” (M: personas) es importante para que se logre eso. El “Hinshitsu-Hozen” debe lanzarse a través de:

- Equipos de proyecto centralizados en los gerentes de sectores si las actividades son amplias y de alto nivel
- Líderes de equipo cuando las actividades son relativamente sencillas.

Definir las condiciones para cero defectos y desempeñar las actividades de mantenimiento autónomo centralizado en la administración del mantenimiento.

En el siguiente esquema podemos observar las 10 etapas del mantenimiento de la calidad:



Etapla 1 del Mantenimiento de la Calidad: Preparar la matriz QA (Quality Assurance)

Las actividades que debemos desarrollar en esta primera etapa son:

a) Investigar los tipos de defectos que ocurren en cada proceso y/o equipo

Se investiga el estado actual para que se puedan establecer los puntos de referencia y valores de metas para las actividades de “mantenimiento de calidad”. Para esto, recopilamos los datos de defectos de calidad, ya sea por quejas de consumidores o defectos del proceso de manufactura y estratificamos por tendencia mensual o diaria, según sea el caso (por tipo de defecto). Esto nos permite la selección de la máquina o proceso a trabajar.

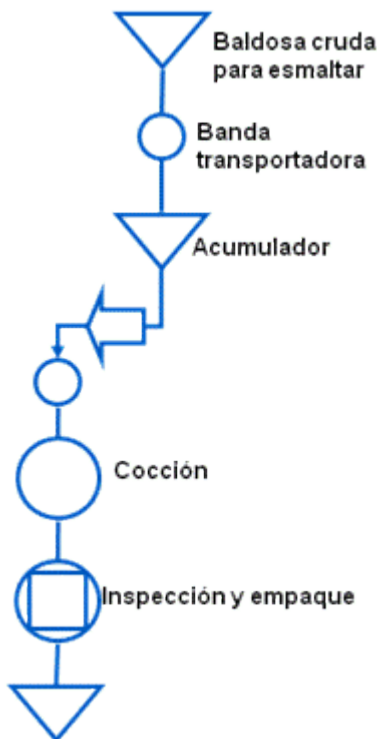
b) Los estándares de calidad y los valores característicos.

Aclarar cuáles son estos valores característicos que deben mantenerse, examinando los estándares del producto, valores característicos, estándares de manufactura y estándares de inspección.

c) Dividir el proceso en las unidades más pequeñas posibles (subprocesos) y relacionar con los tipos de defectos a investigar.

Preparar un diagrama de flujo del proceso, para identificar los ítems de administración de la calidad. Analizar los mecanismos, funciones, principios de fabricación, secuencias, etc. del equipo y sistemas.

Investigar los ítems de control (estándares y métodos) para analizar la relación entre los procesos y los modos de defecto verificados en el diagrama de flujo del proceso.



d) Clasificar las características de calidad del producto. Identificar cada tipo de defecto con las características de calidad

Se confirman los valores estándar de los productos aplicables y se extraen todas las características de calidad y modalidades de defectos que se consideren como las que obstruyen los valores estándar.

La investigación y análisis también se hacen en esta etapa para determinar cuáles procesos que generan defectos, obstruyen la calidad y qué procesos de la unidad generan defectos en el caso de que fallen las condiciones del equipo o método de algún proceso de la unidad; esto es, desarrollar una matriz de aseguramiento de la calidad, para evaluar la máquina específica.

Se analizan los registros anteriores de los modos de defecto y de la importancia.

Proceso	Bachillo	Práctica	Características de calidad							
			Funcional						Apariencia	
			Dimensión		Alabeo	Raja	Peso		Baldosa	Claro/oscuro
			Longitud	Espesor						
			Especificación		Límites		Especificación		Límites	
▼	Baldosa	X	X	X	X	X			X	X
○	Conveyor	X					X			
▼	Conveyor									
▼	Acumulador									
○	Conveyor									
○	Cocción	X			X	X	X			
○	Inyección	X	X	X	X	X			X	X
○	Empaque	X								
▼										

d) Establecer la meta y preparar el programa de implementación de la actividad.

Preparar un programa de implementación de la actividad, utilizando los resultados de las investigaciones del estado actual, como puntos de benchmark y establecer los valores de la meta de la actividad. El programa debe utilizar productos importantes, como un tipo de modelo avanzado y debe replicarse horizontalmente a otros productos

Eta pa 2 del Mantenimiento de la Calidad: Analizar condiciones de entrada a producción

c) Analizar las condiciones de entrada a producción y organizar los datos en una tabla.

Determinar qué material, equipo, método o verificación elimina modos de defecto para cada proceso en la matriz QA

d) Identificar las condiciones del equipo, materiales, personas y métodos, para cada tipo de defecto en cada subproceso, que cuando se establecieron no daban lugar a defectos.

Examinar Dibujos, estándares, líneas y productos, mediante las condiciones de las 4M's.

e) Investigar si existen estándares para éstas condiciones de calidad y si el personal los sigue.

Analizar las condiciones y extraer los puntos defectuosos, verificando si las condiciones corresponden a los estándares, si la ejecución de los mismos es ambigua y si se preparan y siguen los estándares necesarios.

Etapa 3 del Mantenimiento de la Calidad:

Preparación de la tabla de problemas

- Preparar una tabla de problemas, listando las irregularidades del proceso, por tipo de problema.
- Registrar “cómo” se investiga y los resultados. Utilizar esta información como base para proponer medidas.
- Investigar los problemas observados y proponer contramedidas. Los resultados se deberán expresar lo mas cuantitativamente posible. Indicar si son esporádicos o crónicos.
- Para los problemas más difíciles, registrar con precisión los métodos de investigación y resultados, pero no se toman soluciones apresuradas.
 - Es conveniente utilizar el análisis AMFE para ordenar los tipos de defectos de acuerdo con la gravedad de sus efectos y poder así priorizar los problemas a resolver.
 - Deben desarrollarse contramedidas apropiadas utilizando el análisis P-M

En esta etapa se relacionan los puntos de anomalías de las condiciones 4M's de la etapa 2, para cada proceso de la unidad, con el fin de estudiar las acciones de contramedida.

Si se pueden llevar a cabo de manera inmediata las contramedidas, se seleccionan las personas encargadas para su implementación.

Las contramedidas para las demás anomalías se estudian en el paso 5.

Una forma de organizar la información de los defectos de calidad, separando los que son crónicos de los esporádicos, podría ser:

		Causa	
		(A) Conocida	(B) Desconocida
Acción o medida	(1) Ejecutada	Capacitación y estandarización Los defectos continúan.	Ciclo CAP-Do análisis de causas y tomar acciones permanentes Los defectos continúan.
	(2) No ejecutada	Desarrollar el plan de Acción Los defectos continúan.	Ciclo CAP-Do (recolección de datos numéricos) Análisis P-M Los defectos continúan.

Una vez organizados los defectos, procedemos a la restauración, eliminando los defectos menores (anomalías potenciales, a través de la utilización de las tarjetas “F” y el establecimiento de los controles visuales respectivos, restaurando así las condiciones de la maquinaria.

Etapas 4 del Mantenimiento de la Calidad: Evaluar la gravedad del problema – Realizar AMFE # 1

- a) Se examinan los problemas sobre el cuadro anterior y se ordenan en función de sus efectos sobre los tipos de defectos
- b) Se definen los criterios de evaluación respecto a frecuencia, efecto y dificultad de detección.
- c) Se priorizan los problemas puntuando su frecuencia, efecto y dificultad de detección
- d) Se multiplican las tres puntuaciones de cada problema, obteniendo un número que prioriza los problemas que deben atacarse.

Aplicado en el mantenimiento de la calidad, la realización de un AMFE pretende valorar los efectos que producen ciertas no conformidades asignándoles un índice numérico conocido como “Índice de Prioridad de Riesgo”. Se trata de valorar lo que puede ir mal con objeto de actuar sobre las causas que provocan los efectos más importantes. El objetivo de hacer un AMFE es disponer de una lista valorada de los problemas que nos podemos encontrar, y así poder centrar nuestro esfuerzo en actuar sobre lo que más daño nos puede hacer. Se puede establecer una analogía entre AMFE y los diagramas de Pareto en cuanto a la búsqueda de lo más importante. En este caso se trataría de identificar los mayores riesgos, y eliminarlos.

Esta importancia se cuantifica considerando la intervención de 3 variables:

Gravedad: se cuantifica el riesgo asociado a la no conformidad por el nivel de afectación a la calidad del producto. Por ejemplo, si nuestro ordenador tiene la chapa exterior rayada nos causará insatisfacción, pero podremos utilizarlo. Sin embargo, si el defecto está en uno de sus componentes, el ordenador no funcionará bien, y habrá algo más que insatisfacción.

Ocurrencia: un defecto puede ser muy grave, pero la probabilidad de que aparezca muy remota. La valoración final del riesgo asociado debe contemplar esta variable: la posibilidad de que ocurra el problema. Por ejemplo, que nos caiga un rayo encima es muy grave, pero bastante improbable. Si fuera muy probable habría que sembrar la tierra de pararrayos para protegernos.

Detección: aún siendo algo muy grave y muy frecuente, hay otra variable que nos puede librar de la desgracia, nuestra capacidad para detectar el problema a tiempo para poner remedio. Por ejemplo, es muy grave y bastante probable que olvidemos poner el freno de mano a nuestro coche y que comience a moverse solo. Esto es fácil de detectar y no suele provocar mayores consecuencias.

En un AMFE cada riesgo (también denominado: modo de fallo) se valora multiplicando el nivel del efecto en cada uno de los componentes anteriores: Gravedad, Ocurrencia y Detección. La pauta habitual es asignar un valor a cada componente, con lo cual se obtiene un Índice de Prioridad de Riesgo para cada posible modo de fallo.

El problema entonces es asignar un valor numérico a cada componente, hay que disponer de un criterio que nos permita asignar una nota de la forma más objetiva posible. Cuanto más objetiva sea la interpretación de los criterios, mayor valor tendrá la clasificación final obtenida.

Los criterios que se aportan son un ejemplo para el diseño de planes de control en procesos de producción. Estos criterios deben ser reconstruidos o modificados para adaptarlos a la naturaleza de lo que se está analizando.

AMFE se puede utilizar en el diseño de planes de prevención de riesgos laborales, en el diseño de productos, en el diseño de medios productivos y de control, y en cualquier otro contexto en el que tratamos de evitar riesgos asociados a la calidad, la seguridad, riesgos ambientales, etc.

Un criterio para evaluación de la gravedad (efecto), se muestra en la siguiente tabla:

Efecto	Severidad de efecto definido	Ranking
<u>Peligroso:</u> <u>sin aviso</u>	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO.	10
<u>Peligroso:</u> <u>con aviso</u>	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO.	9
<u>Muy alto</u>	Interrupción mayor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho.	8
<u>Alto</u>	Interrupción menor a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificada y una porción (menor al 100%) desechada. Ítem operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho.	7

Efecto	Severidad de efecto definido	Ranking
<u>Moderado</u>	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente deba ser desechada (no clasificada). Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia inoperables. Clientes experimentan incomodidad.	6
<u>Bajo</u>	Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea retrabajado. Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia operables a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción.	5
<u>Muy bajo</u>	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y una porción (menor al 100%) retrabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.	4
<u>Pequeño</u>	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio.	3
<u>Muy pequeño</u>	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos.	2
<u>Ninguno</u>	Ningún efecto.	1

Un criterio para evaluación de la ocurrencia (frecuencia), se muestra en la siguiente tabla:

Probabilidad de Falla	Ratas posibles de Fallas	Ranking
<u>Muy Alta:</u> Falla es casi inevitable	> 1 en 2	10
	1 en 3	9
<u>Alta:</u> Generalmente asociada con procesos similares a procesos previos que han fallado frecuentemente.	1 en 8	8
	1 en 20	7
<u>Moderada:</u> Generalmente asociados con procesos similares a procesos previos que	1 en 80	6

Probabilidad de Falla	Ratas posibles de Fallas	Ranking
han experimentado fallas ocasionales, pero no en proporciones significativas.	1 en 400	5
	1 en 2,000	4
Baja: Fallas aisladas asociadas con procesos similares	1 en 15,000	3
Muy Baja: Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos	1 en 150,000	2
Remota: Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos casi idénticos	< 1 en 1,500,000	1

Un criterio para evaluación de la dificultad de detección (detectabilidad), se muestra en la siguiente tabla:

Detección	Probabilidad que la existencia de un defecto será detectada por la prueba conducida antes de que el producto avance al siguiente paso o proceso subsecuente	Ranking
<u>Casi imposible</u>	Prueba detecta < 80 % de fallas	10
<u>Muy remota</u>	Prueba debe detectar 80 % de fallas	9
<u>Remota</u>	Prueba debe detectar 82.5 % de fallas	8
<u>Muy baja</u>	Prueba debe detectar 85 % de fallas	7
<u>Baja</u>	Prueba debe detectar 87.5 % de fallas	6
<u>Moderada</u>	Prueba debe detectar 90 % de fallas	5
<u>Altamente moderada</u>	Prueba debe detectar 92.5 % de fallas	4
<u>Moderada</u>	Prueba debe detectar 95 % de fallas	3
<u>Muy alta</u>	Prueba debe detectar 97.5 % de fallas	2
<u>Casi seguro</u>	Prueba debe detectar 99.5 % de fallas	1

Etapas 5 del Mantenimiento de la Calidad: Utilizar el análisis P-M para hallar las causas de los problemas

Para los problemas más desafiantes, se utiliza el análisis P-M (o CAP-Do) para clarificar los fenómenos observados y desarrollar propuestas de mejora.

Al aplicar el análisis P-M, se analiza cuidadosamente y se considera y estudia el fenómeno en función de los principios físicos, dirigiéndose el plan de mejora en la dirección correcta mediante chequeos y medidas:

- Se comienza estratificando el fenómeno en función de su tipo y modo de ocurrencia. Se analiza físicamente y se identifican las condiciones que lo producen.
- Hay que asegurar que se descubren y consideran todas las condiciones necesarias para que se dé un problema dado. Si los equipos de mejora pasan por alto alguna condición vital en esta fase, el resultado puede ser que se falle en la eliminación de los defectos, incluso después de confirmar y eliminar numerosas causas.
- Se listan cuidadosamente todas las condiciones que pueden producir el fenómeno, cualquiera sea su magnitud

Etapas 6 del Mantenimiento de la Calidad: Evaluar el efecto de las medidas propuestas – AMFE # 2

Una vez establecida la matriz de mantenimiento de la calidad, realizo el control de tendencias; esto es:

- Hoja de control de tendencias: La tecnología para el diagnóstico de la máquina
- Gráfico de Control X-R: Las tendencias de calidad y el control de tendencia de la máquina – Punto C
- Valor C_p , C_{pk}
- Mantenimiento Autónomo: La hoja de revisión diaria

Por último, realizamos la estandarización, generando el programa de capacitación para el desarrollo de las habilidades, las hojas de diseño P-M (prevención del mantenimiento)

Etapa 7 del Mantenimiento de la Calidad: Implantar las mejoras

Implantar las mejoras propuestas en el paso 5 y priorizadas en el paso 6, incluso las que se sugirieron y no pueden relacionarse con las condiciones de entrada para la producción.

Etapa 8 del Mantenimiento de la Calidad: Revisión de las condiciones de entrada a la producción

Se revisa y actualiza la tabla de análisis de condiciones de entrada a la producción creada en el paso 2, para determinar si son apropiadas y correctas esas condiciones, si continúan las deficiencias en los estándares y si se satisfacen las condiciones.

Etapa 9 del Mantenimiento de la Calidad: Matriz de mantenimiento de la calidad

Identificar las relaciones entre las características de calidad y las condiciones de las máquinas, la cual podría desarrollarse tal como se muestra en el siguiente ejemplo:

Punto de mantenimiento de Calidad Características de Calidad	Estación/Proceso					
	Unidad/Componente	Agua	termopar		Nivelación de vigas	
	Parámetro	45	124 Ω		máx 2mm	
	Medios	Termómetro análogo	Tester		Calibrador	
	Criterios	en la chaqueta	Cerrado		Parte central y esquinero	
	Frecuencia	Semanal	mensual		Cada turno	
	Responsable	Técnico eléctrico	Electricista		Operador	
Temperatura de barbotina		Instructivo xxx	Instructivo yyy			
Roja					X	

Una vez establecida la matriz de mantenimiento de la calidad, realizo el control de tendencias; esto es:

- Hoja de control de tendencias: La tecnología para el diagnóstico de la máquina
- Gráfico de Control X-R: Las tendencias de calidad y el control de tendencia de la máquina – Punto C
- Valor C_p , C_{pk}
- Mantenimiento Autónomo: La hoja de revisión diaria

Por último, realizamos la estandarización, generando el programa de capacitación para el desarrollo de las habilidades, las hojas de diseño P-M (prevención del mantenimiento)

Etapa 10 del Mantenimiento de la Calidad: Revisión

En esta etapa lo que hacemos es validar si logramos el “cero defectos”, para poder continuar con otra máquina, pues de lo contrario, debemos regresarnos a la etapa 7, implantando mejoras.

Resumen de las 10 etapas del Mantenimiento de la Calidad

En la siguiente tabla podemos observar un resumen de las 10 etapas del mantenimiento de la calidad:

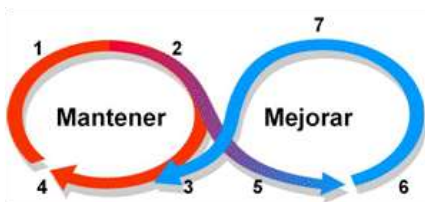
Paso	Actividades fundamentales	Herramientas	Acciones
1	Preparar la matriz de aseguramiento de la calidad (QA)	- Datos de tendencia clasificados - Mensual - Recopilación diaria de datos - Diagrama de flujo del proceso o máquina - Matriz de aseguramiento de calidad	- Confirmar la situación actual - Seleccionar la máquina o proceso - Estudiar y medir el proceso que generó los defectos - Analizar la relación entre las características de calidad y los equipos o procesos
2	Preparar la tabla de condiciones de entrada para producción	- Estándares - Checklist	- Estudiar, medir y analizar las condiciones 4M. - Verificar si existen estándares y son seguidos - Verificar las deficiencias en las condiciones de entrada para cada tipo de defecto en cada proceso

Paso	Actividades fundamentales	Herramientas	Acciones
3	Preparar la tabla del problema	• Tarjetas "F" • Estándares • Control visual	• Clasificar defectos crónicos vs. defectos esporádicos • Aclarar las condiciones de entrada para los problemas de cada subproceso • Atacar los problemas que pueden ser eliminados inmediatamente • Estratificar los tipos de defectos, identificar técnicas de investigación y planear acciones • Organización del patrón de los defectos
4	Evaluar la severidad de los problemas	• AMFE - 1	• Priorizar los problemas, valorando su efecto sobre el tipo de los defectos de calidad • Decidir por anticipado la escala de evaluación
5	Rastrear hasta las causas de los problemas	• CAP-Do • Análisis de los 5 Porqués • Análisis P-M	Analizar aquellas condiciones de productos no defectuosos que no están confirmadas para lograr 0 defectos. • Para los problemas más serios, según el análisis del paso 4, clarificar el fenómeno • Investigar y proponer medidas
6	Evaluar el efecto de las medidas	• AMFE - 2	Realizar una evaluación preliminar de la situación

Paso	Actividades fundamentales	Herramientas	Acciones
			después de la mejora, aplicando el AMFE
7	Implantar las mejoras		
8	Revisar las condiciones de entrada para producción	• Checklist	• Revisar las condiciones de entrada a producción identificadas en el paso 2 • Chequear si las condiciones de entrada a producción son las apropiadas. • Perfeccionar e Intensificar los métodos de verificación.
9	Consolidar y confirmar los puntos a chequear (Estandarizar)	• Matriz de mantenimiento de la calidad (QM) • Registro y control de las tendencias	• Utilizar los resultados del paso 8 para determinar los valores estándar a revisar. • Preparar la matriz de chequeo de la calidad
10	Preparar la tabla de control de variables de calidad y asegurar la calidad a través del control de condiciones estrictas	• Estándares de operación • Información P-M	• Revisar el estándar, el cual debe ser numérico y observable • Definir los puntos de control

“Loop” infinito del Mantenimiento de la Calidad

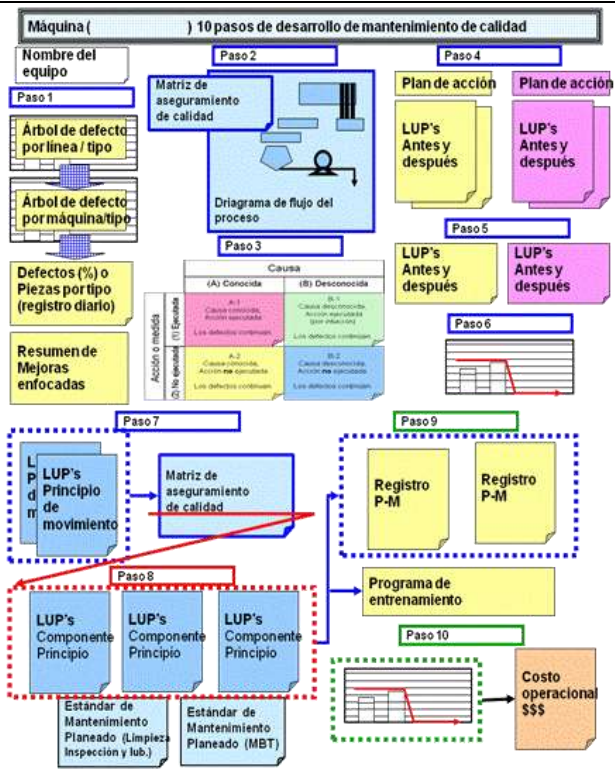
Para garantizar el mantenimiento de la calidad, debemos seguir el "Loop" del infinito mostrado en el gráfico:



1. Comparar con la matriz de aseguramiento de calidad (QA).
2. Si no lo hago así, ajustarlo.
3. Actualizar la matriz de aseguramiento de calidad (QA).
4. Cambiar el proceso que impide mantener la matriz (matriz actualizada).
5. Análisis CA"-Do o análisis PM.
6. Reconstruir el sistema de matriz
7. Montar el sistema de control

Tablero de los 10 pasos del Mantenimiento de la Calidad

Un modelo para la elaboración del tablero de los 10 pasos del mantenimiento de la calidad puede ser el mostrado en la siguiente gráfica:



Indicadores del Aseguramiento y Mantenimiento de la Calidad

Algunos de los indicadores que podemos llevar en el pilar de mantenimiento de la calidad, son los mostrados en el cuadro siguiente:

	Indicadores	Frecuencia	Objetivo (3 años)	Planta (tallar)	Área	Línea
Resultado	Quejas de los clientes (PPM-%-número)	Mensual	Menor que 60 ppm	X	X	X
	Desperdicio y retrabajo	Mensual	Reducción del 75%	X	X	X
	Bien a la primera (lotes)	Mensual	Mayor que 99%	X	X	X
	Sobrellenado / sobrepeso	Mensual	Menor que 60 ppm	X	X	X

Mantenimiento de la calidad
Implementando el T.P.M.

	Indicadores	Frecuencia	Objetivo (3 años)	Planta (pilar)	Área	Línea
	Costo de calidad	Mensual	Reducción del 15%	X	X	(X)
Mantenimiento de Calidad	# de casos de estudio en MC	Mensual	1 por equipo	X	X	X
	# máquinas con cero defectos de calidad	Mensual	Mayor que 60%	X	X	X
ISO / FDA	Puntos de auditoría			X	X	X
	Comentarios – seguimientos	Mensual	Mayor que 85%	X	X	X
Laboratorio aseguramiento de calidad	Calificación 5's	Mensual	Mayor que 95%			X
Capacitación	# de personas capacitadas / # personas requeridas	Mensual	Mayor que 95%	X		
Datos M-P	# de registros M-P	Mensual	Mayor que 100%	X		
Proveedores	PPM – Fuera de la calidad (%)	Mensual	Menor que 60 ppm	X	X	
	Entregas a tiempo (%)	Mensual		X	X	

Capítulo 31

Seguridad y ambiente

Conceptos y definiciones

Para muchos resultará evidente, pero como norma general se suelen tener dudas sobre la diferencia entre **peligro** y **riesgo**. Y en realidad, no tiene una gran importancia, pero siempre es interesante utilizar el término que corresponde en cada caso; sobre esta cuestión existen opiniones diversas, esta que te presento es una de ellas.

Se puede entender por **peligro** como fuente o situación con potencial de producir daño. Este término es utilizado a veces con la denominación de "**factor de riesgo**". Por otro lado, se define **riesgo** como la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo. Para calificar un riesgo desde el punto de vista de su gravedad, se valorarán conjuntamente la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo. Por tanto, la presencia de un trabajador en la zona de acción de estos **peligros** origina un **riesgo laboral**. O dicho de otra manera, un **peligro** se convierte en **riesgo** cuando una persona se encuentra en su campo de acción.

De esta manera podemos concluir que se originarán riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores, cuando no se hayan puesto medidas preventivas específicas a procesos, actividades, operaciones, equipos o productos potencialmente peligrosos.

Lo vemos con un ejemplo. Imaginemos ahora una máquina con elementos móviles **accesibles** y suficiente energía para producir una lesión.

- La máquina sería un equipo peligroso como fuente con potencial de producir daño, y por tanto un **peligro** o **factor de riesgo**.
- Si alguien se aproxima a los elementos móviles (zona peligrosa), existe probabilidad de daño, y es entonces cuando hablamos de **riesgo** (atrapamiento, golpe, corte, etc.)

De forma gráfica, este sería un buen ejemplo:



Por último comentar que la **evaluación de riesgos** se compone de dos etapas. La primera que es el **análisis del riesgo**. En ella se identifica el **peligro**, y se estima el **riesgo** valorando la probabilidad y las consecuencias de que se materialice ese peligro. Este análisis del riesgo proporcionará de qué orden de magnitud es el riesgo.

En la segunda etapa, **valoración del riesgo**, se emite un juicio sobre la tolerabilidad del **riesgo**. Comparando el valor obtenido del riesgo y con el valor del riesgo tolerable.

La palabra autónomo significa "*independiente*". Mantenimiento autónomo se refiere a

- **Condiciones inseguras:** Son los factores relacionados con la maquinaria, equipos, instalaciones o proceso, cuya presencia puede ocasionar un accidente; un ejemplo de ello puede ser:
 - Maquinas defectuosas, cables sueltos, tomas en mal estado, alumbrado deficiente, ergonomía, pisos en mal estado, falta de orden y aseo.
 - Herramientas con defectos ó poco apropiadas.
 - Sillas no apropiadas
 - Elementos innecesarios



- **Actos inseguros:** Son las acciones realizadas por las personas que pueden generar la ocurrencia de accidentes, por la violación de normas preestablecidas; esto es, conductas o comportamientos inseguros, como son:
 - Inadecuado uso de equipos de protección personal.
 - Adoptar posiciones inseguras y defectuosas.
 - Forma inadecuada de cargar, almacenar.
 - Limpiar maquinaria en movimiento.



- **Riesgo:** Cuando es probable que ocurra un evento no deseado, que pueda afectar a las personas o genere consecuencias negativas.



Los riesgos que pueden generar accidentes podrían ser:

- Mecánicos: tales como caídas, atrapamientos, golpes, cortes, choques, proyección de partículas, contacto con piezas calientes, sin guardas de protección, equipos y herramientas, estructuras metálicas con óxido.
 - Eléctricos: tales como contacto directo, contacto indirecto, energía estática, sistemas eléctricos descubiertos, cables, tomas, interruptores en mal estado, equipos sin conectar a tierra.
 - Químicos: tales como condiciones adversas con potencial de incendio o explosión, atmósferas peligrosas, almacenamiento de químicos, material particulado, líquidos, sólidos, gases y vapores, humos metálicos y no metálicos, sustancias irritantes.
 - Físicos: tales como problemas auditivos por el ruido, problemas corporales por vibración, problemas visuales por iluminación alta o deficiente, calor o frío por temperaturas extremas, afectaciones debida a radiaciones (rayos X, gama beta, laser, ultravioleta, infra-roja).
 - Riesgos biológicos: Materias primas (animales, vegetales y derivados), instrumentos (jeringas, bisturís), hongos, virus y bacterias, picaduras, mordeduras
 - Riesgos ergonómicos: Posturas de trabajo prolongadas, fijación permanente de la visión, esfuerzo, movimiento repetitivo, manipulación y transporte de cargas.
 - Locativos: tales como puertas, ventanas, techos, pisos, paredes, señalización, orden y aseo, caída de objetos, trabajos en alturas, trabajos en espacios confinados.
- **Incidente**: Es un suceso imprevisto que *no genera* lesión personal ni daño a la propiedad o al medio ambiente; es un casi-accidente.



- **Accidente de trabajo:** Suceso repentino que sobrevenga por causa ó con ocasión del trabajo afectando la integridad física de las personas, daño a la propiedad o al medio ambiente.



Propósito y características del pilar

El propósito fundamental del pilar es promover en las personas la autogestión de incidentes, condiciones y comportamientos, así como prevenir la contaminación, mediante programas de:

- Diagnóstico de la seguridad y ambiente
- Planes de acción y programas de sensibilización en seguridad y ambiente

- Modelos de intervención del comportamiento, a través de programas de formación
- Programas de “estilo de vida saludable
- Auto inspecciones
- Controles visuales
- Monitoreo y medición a través de indicadores de desempeño

Lo anterior, teniendo como responsable de la seguridad al dueño del proceso, interesándose por la seguridad de su equipo de trabajo, con “cero” tolerancia en actos inseguros y el desarrollo de una cultura y responsabilidad ambiental.

La visión del pilar es tener “cero accidentes” y “cero polución”, mediante la reducción del impacto ambiental, la optimización de los recursos y el mejoramiento del desempeño.

La gestión de seguridad y ambiente

La gestión de la seguridad y el ambiente son clave dentro del TPM, para eliminar los accidentes y la polución; por tanto debemos:

- Asegurar la fiabilidad de los equipos, para crear un sitio de trabajo seguro y saludable.
- Evitar errores humanos con el fin de lograr la meta de cero accidentes y mantenerla.

.Por ejemplo:

- *Un equipo defectuoso es una fuente común de riesgos. Cero averías y cero defectos mejoran también la seguridad.*
- *La profunda aplicación de los principios 5's, elimina fugas y derrames y los lugares de trabajo se vuelven más limpios y organizados.*
- *Se eliminan las áreas inseguras*
- *Los operadores se preocupan de sus equipos y están capacitados para detectar anomalías y resolverlas.*
- *Los operadores son responsables de su propia salud*

Por tanto, debemos ser proactivos!; debemos planear por adelantado para evitar problemas ambientales y de seguridad, antes que estos puedan causar fatalidades!

Reglas generales de seguridad

Existen unas reglas básicas de seguridad, las cuales debemos seguir:

1. Siga las instrucciones; si no sabe, pregunte.
2. Corrija o avise de las condiciones o prácticas inseguras que puedan causar lesión a los empleados o daño al equipo.



3. Ayude a mantener el orden y la limpieza
4. Utilice las herramientas y equipos apropiados para el trabajo y úselos de una manera segura



5. Siempre que usted o el equipo que opera sea parte de un accidente, no importa que sea leve, informe inmediatamente. Obtenga primeros auxilios con prontitud.



6. Utilice, ajuste o repare máquinas, sólo cuando esté autorizado



7. Use el equipo de protección personal aprobado según se indica. Manténgalo en buenas condiciones.



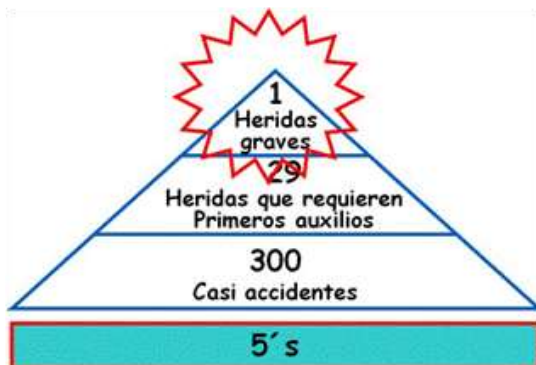
8. Cuando levante algo, tómelo firmemente, luego levante la carga manteniendo su espalda tan recta como sea posible. Solicite ayuda para las cargas pesadas.



Pirámide de seguridad

Existen dos vertientes en cuanto a la pirámide de seguridad, pero en ambas el planteamiento que se hace es el de tomar en serio los incidentes, con el fin de mantener un trabajo proactivo; las pirámides que se plantean son las siguientes:

- **Pirámide de Heinrich:** Conocida también como la regla de Heinrich 1:29:300, plantea que por cada accidente grave, existen 29 accidentes con lesiones y 300 casi accidentes (incidentes).

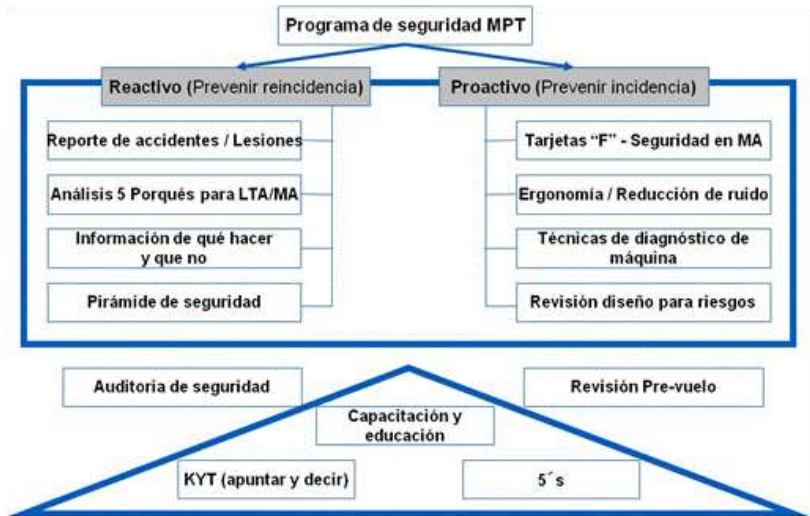


- **Pirámide de TIC & Frank Bird:** La TIC (técnica de incidentes críticos, es muy parecida a la pirámide de Heinrich y fue desarrollada por "InsuranceCompany of North American" en 1969. Esta pirámide plantea que por cada accidente incapacitante, se presentan 10 accidentes sin incapacidad y 30 accidentes con daño a la propiedad; para lo anterior, se deben haber presentado unos 600 incidentes:



Con base en lo anterior, podemos decir que una empresa que investiga solo los accidentes con lesiones, está utilizando solamente el 1.7% de la información que debería estar usando; investigar también los incidentes, entrega más información acerca de las causas básicas y sus controles.

Basados en la pirámide, debemos establecer de manera simultánea una ruta reactiva y otra proactiva, tal como se observa en el siguiente diagrama, donde se muestra de una manera detallada las actividades a desarrollar:



Fases de implementación

La implementación del pilar de seguridad y ambiente se desarrolla en tres fases:

a) *Requerimientos básicos de salud ocupacional y medio ambiente*

1. Levantamiento de la situación actual de las "Inconveniencias": Identificar y corregir problemas tales como, partes móviles expuestas fugas de productos nocivos, etc.
2. Eliminación de las inconveniencias: corregir problemas de ausencias de protecciones, tapas.
3. Elaboración de estándares provisorio de seguridad y medio ambiente: Establecer y revisar estándares verificarlos diariamente.

b) *Desarrollo de personas competentes en equipos y procesos*

1. Investigación de las causas de accidentes y polución: Corregir postura y método para trabajos que demanden esfuerzo físico.

2. Establecimiento de las condiciones para accidente cero y polución cero: Implementar control visual para facilitar la identificación de anomalías y eliminar riesgos ergonómicos.

c) Consolidación

1. Seguimiento de las condiciones para accidentes cero y polución cero: Garantizar la organización del ambiente de trabajo (5's).
2. Autogestión (Mejora continua): Alentar a cada uno a ser responsable por su propio ambiente de trabajo.

¿Cómo contribuye TPM en la seguridad?

Los equipos con fallas son una fuente de peligro común, así que al trabajar para lograr la meta de cero pérdidas, las compañías mejoran también su seguridad. Además, la aplicación cabal de los principios de las 5's (como parte del mantenimiento autónomo) elimina las fugas y derrames y hace el lugar de trabajo más limpio, ordenado y bien organizado.

Los pilares de mantenimiento autónomo y mejoras enfocadas eliminan las áreas de riesgo y los operadores capacitados en TPM cuidan su propio equipo y son capaces de detectar mejor las anomalías en una etapa temprana y resolverlas adecuadamente; operadores sin calificaciones no operan o procesan el equipo, lo cual reduce los riesgos.

Los operadores asumen la responsabilidad de su propia salud y seguridad; se respetan mejor los estándares y regulaciones desarrollados en el programa TPM.

Los requisitos básicos de seguridad en los pasos de mantenimiento autónomo son:

- **Paso 1:** Identificar y corregir problemas de seguridad y ambiente durante la limpieza inicial.
- **Paso 2:** Eliminar las fuentes de contaminación. Lograr cero derrames.
- **Paso 3:** Incluir los procedimientos clave de seguridad en los estándares tentativos.
- **Paso 4 – 5:** Desarrollar personal competente con el equipo y procesos.
- **Paso 6 – 7:** Asegurar que las prácticas de seguridad formen parte de los hábitos cotidianos.

Bloqueo y candadeo

Muchos accidentes industriales son causados por un inesperado accionamiento de un interruptor eléctrico, el arranque de una máquina o equipo no programado, o a través de la liberación de energía no controlada. Muchos de estos accidentes pueden ser prevenidos usando los procedimientos de bloqueos y etiquetados de seguridad.

Estos procedimientos están diseñados para prevenir accidentes, a veces mortales, para trabajadores de la operación y mantenimiento en general, controlando el no autorizado o accidental uso de la energía.

Un bloqueo “Lockout” es un método para aislar un equipamiento de sus fuentes de energía y hacer seguro el trabajo del personal que está actuando sobre él.

Un interruptor eléctrico, una válvula de vapor, agua, aire, etc son generalmente maniobrados por personal de mantenimiento antes de operar un equipo y un dispositivo seguro debe colocarse para evitar la maniobra inesperada de estos elementos mientras se está trabajando en el equipo en cuestión.

Un dispositivo de bloqueo es instalado en el elemento que está aislando la fuente de energía (interruptor, válvula etc.) y mediante uno ó varios candados se asegura que solo el o los operadores maniobren ese elemento cuando el momento es seguro.



El procedimiento de bloqueo es necesario en toda tarea de mantenimiento y operación cercana a un equipo donde podrían producirse lesiones a través de:

- Inesperado arranque de una maquina

- Alivio de energía almacenada, como es el caso de un cilindro hidráulico o neumático.

Dos situaciones son las más comunes:

- a) Cuando usted debe remover ó hacer by-pass de otro dispositivo de seguridad
- b) Cuando usted debe exponer cualquier parte de su cuerpo dentro del área de movimiento de un equipo.

Un ejemplo de uso de dispositivo de bloqueo Lockout/Tagout son:
Reparando circuitos eléctricos

Limpiando o lubricando equipos en movimiento

Los dispositivos de bloqueo Lockout/Tagout deben ser instalados solo por personas entrenadas y autorizadas a realizar tareas de mantenimiento

El procedimiento que debe seguirse para el bloqueo y candado debe ser:

- 1. Preparación para la interrupción:** El operario encargado de aislar la fuente debe:
 - a) Hacer una inspección para identificar las fuentes de energía y determinar cómo puede controlarse dicha energía. Ej. Llaves, válvulas, disyuntores, etc.
 - b) Notificar a los trabajadores que se verán afectados por la interrupción de los equipos. Recuérdese que la interrupción puede extenderse al siguiente turno y debe considerarse la posibilidad de dar nuevos aviso.
- 2. Interrupción de los equipos:** Una vez efectuados estos pasos, interrumpir el equipo utilizando los procedimientos establecidos para dicho equipo o máquina.
- 3. Aislamiento de los equipos:** Localizar y aislar las fuentes de energía. Los siguientes son algunos ejemplos de medidas de aislamiento de los equipos.
 - a) Aislamiento Eléctrico
 - Operando manualmente el interruptor a la posición *"apagado"*
 - Retirando el fusible de la caja de fusibles
 - b) Aislamiento Neumático
 - Cerrado de líneas presurizadas

- Bloqueo de válvulas o de los interruptores de los motores
- Desconexión de líneas

c) Aislamiento de Gravedad y Mecánico

- Cerrado
- Anclaje

4. Aplicación del Bloqueo y Candado: Las fuentes de energía deben ser cerradas y etiquetadas por personal entrenado y autorizado. Si hay más de una persona trabajando en una máquina, cada operario debe colocar su propio candado al dispositivo de aislamiento de energía. Puede utilizarse un portacandados. (Por ejemplo: Tijeras) que permita la colocación de más de un candado. Debemos utilizar únicamente los equipos de bloqueo y candado autorizados y suministrados por la empresa.

5. Liberación de energía almacenada: Siguiendo la aplicación de los dispositivos de bloqueo y candado en los dispositivos de aislamiento de energía, toda la energía almacenada o residual potencialmente peligrosa será “*eliminada*” (liberada, desconectada, restringida o de cualquier otra manera transformada en ¡segura!). Los siguientes son algunos ejemplos de liberación de energía almacenada:

- Apertura de la válvula de descarga de una tubería
- Aplicación de una varilla de descarga a tierra para disipar la electricidad estática.

6. Verificación de aislamiento: Antes de comenzar los trabajos de mantenimiento o reparación de máquinas o equipos que han sido cerrados o etiquetados, el operario que lleva a cabo el servicio, el mantenimiento o la instalación, debe asegurarse que toda el área de peligro está libre de personal y después de chequear o probar el equipo para verificar que se haya llevado a cabo el aislamiento y desenergización de la máquina o del equipo.

La verificación del aislamiento del equipo deberá incluir lo siguiente, sin estar limitado a ello:

a) Verificación eléctrica:

- Mediante la operación de las llaves de encendido
- Mediante el chequeo con un medidor de voltaje

b) Verificación Neumática:

- Mediante la apertura de válvulas de drenaje

7. Ejecución del servicio, mantenimiento o acondicionamiento: Es la ejecución del mantenimiento, reparación o instalación.

8. Re-energización durante el mantenimiento: Cuando un dispositivo de bloqueo y candado deba retirarse provisoriamente del dispositivo de aislamiento de energía, deben seguirse los siguientes pasos para probar o ajustar el equipo o proceso:

- a) Despejar la máquina o las herramientas y asegurarse que todo el personal se encuentra en una ubicación segura
- b) Quitar el dispositivo de cerrado y etiquetado
- c) Activar o energizar el equipo o las herramientas y llevar a cabo el chequeo o la prueba
- d) Desenergizar y aislar el equipo utilizando los procedimientos establecidos

9. Retiro de los dispositivos de bloqueo y candado: Al finalizar el mantenimiento o reparación y antes de quitar los dispositivos de bloqueo y candado, restableciendo la energía a la máquina o al equipo, los operarios autorizados deben verificar lo siguiente:

- a) Que se haya inspeccionado el área de trabajo
- b) Que se hayan retirado todos los elementos esenciales
- c) Que los componentes de la máquina o del equipo estén operativamente intactos
- d) Que los interruptores estén en la posición de “*apagado*”
- e) Que todos los operarios se hayan retirado o ubicado en posiciones seguras

Factores que pueden llegar a generar enfermedad

Existen factores de diverso tipo que pueden llegar a generar enfermedad, como son:

- **Físicos:** Ruido, iluminación, radiación, temperaturas extremas, energía electromagnética, vibración, presión barométrica, etc.

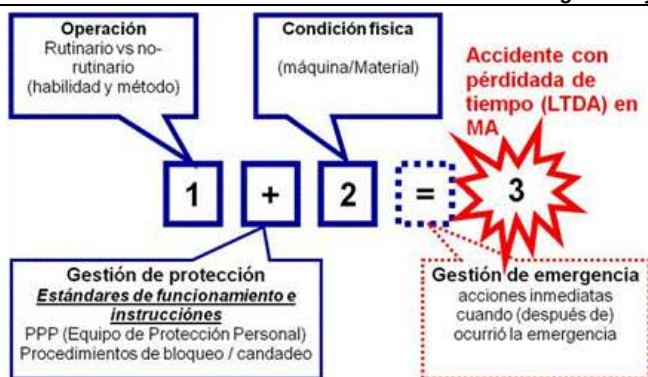
- **Químicos:** Aerosoles (Polvos, humos, neblinas), gases, vapores, etc.
- **Ergonómicos:** Sobrecarga y esfuerzos, postura habitual, diseño del puesto, diseño de máquinas, levantamiento de cargas, inclinación, flexión, etc.
- **Biológicos:** Animales, vegetales, hongos, virus, bacterias, parásitos, etc.
- **Psicolaborales:** Contenido de la tarea, organización del tiempo, relaciones humanas, gestión, etc.

Herramientas de seguridad y ambiente que conducen al éxito

- **Equipos y herramientas:** Son los recursos que se necesitan para realizar las actividades
- **Análisis de riesgos potenciales:** Son los riesgos que se tienen al realizar las actividades.
- **Métodos de control:** Son los métodos utilizados para proteger, eliminar, reducir, concentrar o mejorar el riesgo.
- Juntas de seguridad
- Auditorías de seguridad (Administración)
- Pizarrones de actividades
- LUP's
- Técnicas de MA
- Información MP
- ISO 14001
- Mejora enfocada
- ¡Capacitación!

Análisis de causa raíz para accidentes con pérdida de tiempo

Para el análisis de la causa raíz de los accidentes, se recomienda utilizar la fórmula $1+2=3$, representada en el diagrama mostrado a continuación.



En el siguiente capítulo, se tratará en detalle lo relacionado con la investigación y el análisis de accidentes.

Indicadores de seguridad

Existen varios indicadores que debemos llegar en el pilar de seguridad y ambiente, como son:

- Número de accidentes con incapacidad (con pérdida de tiempo)
- Número de accidentes sin incapacidad (sin pérdida de tiempo)
- Porcentaje de ausentismo
- Costo Hombre/Hora ausente
- Número de incidentes
- Consumo de Agua/Producto producido
- Consumo de Energía/Producto producido
- Costo de multas ambientales
- Número de causas raíces (Identificadas, solucionadas y pendientes)

Una manera simple de llevar el indicador de accidentes e incidentes, es a través de “la cruz verde de seguridad”, cuya función principal es hacer un seguimiento de los días en que un equipo puede durar sin accidentes. En este formato se registran diariamente los incidentes y accidentes que ocurren en un equipo de expansión.

Los incidentes se representan con color **Amarillo** y los accidentes con color **Rojo**. El día en que no ocurre accidente se representa con color **Verde** rellenando siempre el cuadro.

Adicionalmente, se registra el número máximo de días que un equipo ha durado sin accidentes hasta el momento en que ocurre uno (record), como

también el número de días sin accidentes, registrando el dato día a día, cuando no se tiene accidentes.

En la siguiente figura se puede apreciar el formato de dicha “cruz verde de la seguridad”, tal como podría ser llevada por el pequeño equipo de trabajo, por la sección, por el área o la empresa:

CRUZ DE SEGURIDAD																			
Máquina:				Elaboro:															
Fecha:																			
Grupo:																			
				Ene		L	M	M	J	V	S	D	■ Sin accidente ■ Accidente ■ Incidente						
				Feb		L	M	M	J	V	S	D							
				Mar		L	M	M	J	V	S	D							
Abr				L	M	M	J	V	S	D	May		L	M	M	J	V	S	D
Jun				L	M	M	J	V	S	D	Jul		L	M	M	J	V	S	D
Agosto				L	M	M	J	V	S	D	Septiembre		L	M	M	J	V	S	D
Días sin accidentes 				Octubre		L	M	M	J	V	S	D	Nuestro récord es 						
				Noviembre		L	M	M	J	V	S	D							
				Diciembre		L	M	M	J	V	S	D							

Otra manera de llevar indicadores de seguridad, es a través de la pirámide, donde se registran los datos respectivos de la pirámide (Heinrich o TIC & Frank Bird), tanto para el mes, como del acumulado. En el siguiente diagrama se muestra una manera simple de presentar estos indicadores:

NOMBRE EQUIPO _____		N° días seguros o sin accidentes 	
Mes _____		N° Accidentes investigados 	
Convención ☐ Mes Actual ☐ Acumulado		N° Incidentes investigados 	
Accidentes graves 			
Accidentes con atención médica 			
Número de incidentes 	Accidentes con primeros auxilios 		
Condiciones inseguras 	Actos inseguros 		

Capítulo 32

Seguridad y Ambiente

Investigación de accidentes

Conceptos y definiciones

Un accidente es un evento no deseado, relacionado directamente con el trabajo, que produce una lesión, que genera ***pérdida de tiempo de un día o más o recibe atención médica.***

Los accidentes se deben investigar para:

- Prevenir futuros accidentes e incidentes del mismo tipo.
- Solucionar problemas antes que resulten en pérdidas mayores.
- Determinar las causas reales de las pérdidas.
- Definir tendencias.
- Aprender de lo que sucedió.

Al investigar un accidente:

- No debemos descubrir una falla, sino un hecho.
- No debemos identificar culpables, sino las causas.
- No debemos emprender acciones de corta duración, sino soluciones permanentes.

- No debemos hacer una condena, sino que debemos preocuparnos.

Por todo lo anterior, debemos montar un sistema proactivo y no un sistema que sea reactivo.

Herramientas de análisis de accidentes

Para individualizar las causas de accidentes o analizar los riesgos, son necesarias herramientas que orienten el estudio y la comprensión de las causas reales o potenciales. Hay muchas herramientas disponibles que en su mayor parte son utilizadas por las empresas, tales como:

- **ARP:** Análisis de riesgo potencial (preliminar); determina los riesgos y adopta medidas de control.
- **SR:** Serie de riesgos; inhibe secuencias de hechos catastróficos o su repetición
- **Whatif / CheckList (WIC):** Identifica y trata los riesgos
- **AAF:** Análisis de árbol de fallas; determina las causas potenciales de accidentes, como fallas de sistemas.
- **AMFE:** Análisis de modos de falla y efectos; analiza la confiabilidad de conjuntos, equipos y sistemas
- **HAZOP:** Estudio de riesgo y operabilidad; chequea la integridad del proceso, explorando todas las alternativas que puedan ocurrir.
- **3P:** Pollution Prevention Pays
- **WRAP:** Wastereduction always pays
- **SMART:** Save money and reduce toxics
- **TASC:** Técnica de análisis sistemático de causas
- **CAP-Do:** Chequear, analizar, planear y hacer
- **START:** Seeing thinking acting reporting training

¿Cómo investigar los accidentes?

Para investigar un accidente, debemos cumplir tres etapas, a saber: Definir el fenómeno, establecer la causa raíz y emprender un plan de acción.

- **Definir el fenómeno**

Previo a la definición del fenómeno, debemos tener en cuenta de:

- Verificar si hay antecedentes similares
- Ir al campo
- Entrevistar individualmente y en privado a las personas involucradas (Trabajador accidentado, testigos, Facilitador)
- Área adecuada (Sin interferencias)
- Hacer que la persona se sienta tranquila.
- Hacer preguntas abiertas.
- Resumir lo que escucha.
- Tomar notas breves y repáselas con el entrevistado.
- Fomentar entrevistas de seguimiento si fuera necesario.

La herramienta más adecuada para definir el fenómeno, es mediante el resumen de variables y aspectos hallados, a través de la aplicación de las 5W-1H:

- What (Qué): Descripción del resultado del accidente, evidenciando la parte del cuerpo afectada y tipo de accidente; por ejemplo: Golpe en dedo índice derecho, Atrapamiento de mano derecha, entre banda y rodillo fijo.
- When (Cuándo): Definir en qué instante del ciclo productivo; por ejemplo: Al levantar la caja, al nivelar los moldes, al clasificar la pieza, al bajar la producción, al pararse sobre la rejilla de los canales.
- Where (Dónde): Lugar donde ocurrió el accidente (Área/ línea/máquina); por ejemplo: Mecanizado/tornos/CNC 1. Se debe especificar la parte del cuerpo afectado.
- Who (Quién): Definir el oficio del trabajador accidentado; por ejemplo: Tornero, mecánico, pintor.
- Which (Cuál): ¿Cuál tendencia (patrón) tiene el accidente? ¿Es recurrente o no recurrente?
- How (Cómo): Cómo varía la condición física del trabajador después del accidente, en relación con su estado normal (óptimo), evidenciando la lesión o el daño aparente; por ejemplo: Quemadura en el hombro izquierdo, herida en la mano, fractura en el codo.

Para facilitar la redacción del fenómeno, se sugiere seguir la secuencia: Quién + Dónde + Cuándo + Como + Qué y darle así un sentido lógico a la frase.

- **Establecer la causa raíz**

Para establecer la causa raíz del accidente, procedemos con la fórmula:



Donde el significado de cada componente es:

- **1 (actos inseguros):** Se describen todas aquellas actitudes o comportamientos inseguros que generaron o pudieron generar la ocurrencia del evento. Se especifica si la operación es rutinaria o no, con el fin de analizar lo relacionado con la habilidad y el método. Algunas preguntas que nos ayudan a obtener la información podrían ser: ¿Qué pasó?, ¿Cuándo? (Fecha), ¿Dónde?, ¿Cómo sucedió?, ¿Le había ocurrido este evento anteriormente?, ¿Esta operación es rutinaria o no rutinaria? (Tareas o actividades enmarcados en estándares o instructivos de trabajo), ¿Cómo realiza la tarea?, ¿Cuánto tiempo lleva realizando esta tarea?, ¿Ha recibido entrenamiento para realizar la tarea?, ¿Cuándo?, ¿Conoce los peligros asociados con la tarea?, ¿Se ha revisado el mapa de seguridad?
- **+ (procedimiento de seguridad omitido):** Se relacionan los controles de seguridad o manejo de la protección, tales como bloqueos, paradas de emergencia, equipos de protección personal, normas y procedimientos de seguridad que fueron omitidos. Algunas preguntas que nos ayudan a obtener la información podrían ser: ¿Ha recibido instrucciones de seguridad para realizar la tarea?, ¿Conoce los sistemas de seguridad de la máquina?, ¿De parte de quién recibió las instrucciones?, ¿Requiere protección personal para realizar la tarea?, ¿Estaba utilizando el elemento de protección en el momento del evento?, ¿Cuál es el estado de este elemento?
- **2 (condición insegura):** Se relacionan todas aquellas condiciones físicas como instalaciones, maquinarias, equipos, herramientas o puntos de operación defectuosos, en mal estado o faltante, que generaron o pudieron generar la ocurrencia del evento. Algunas preguntas que nos ayudan a obtener la información podrían ser: ¿Con qué se lesionó? (máquinas, partes de máquina, herramientas, materiales, condiciones locativas, etc.), ¿Hay condiciones en la máquina o en el área de trabajo que favorecieron la ocurrencia del evento?

- 1 (qué pasó): Se describe cómo ocurrió el evento y el manejo que se le dio a la emergencia y las acciones inmediatas después de la ocurrencia del evento. Algunas preguntas que nos ayudan a obtener la información podrían ser: ¿Por qué cree que ocurrió este evento?, ¿Qué acción o medida recomienda para prevenir que este accidente se repita?
- 3 (posible consecuencia): Se describe la consecuencia para el caso de accidentes o posible consecuencia para el caso de incidentes.

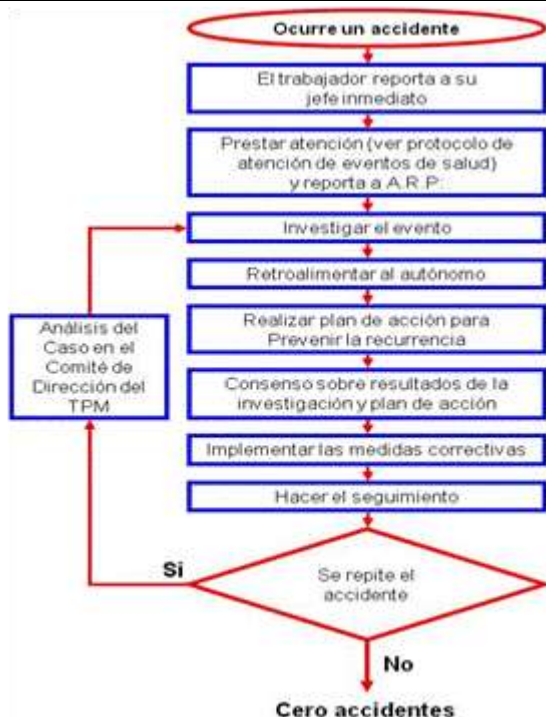


• Empezar un plan de acción

Para emprender el plan de acción, debemos definir en primera instancia, cuáles son las medidas de control que tomaremos para prevenir la reincidencia, así como la prioridad de la mismas para su ejecución; posteriormente, debe asignarse un responsable para su ejecución, así como una fecha en la cual debe ejecutarse. Por último, se realiza el seguimiento a la acción planteada.

Ciclo de retroalimentación para prevenir la reincidencia

A continuación podemos observar el diagrama que nos representa el ciclo de retroalimentación para la prevención de la reincidencia de los accidentes:



Cuando se investiga el evento, la responsabilidad de la investigación es del supervisor del área (a futuro serán los líderes de equipo) y debe realizarse de manera inmediata. Si no se cuenta con el trabajador accidentado, se debe hacer un informe preliminar, estableciendo en todo caso un plazo no mayor a tres días para el informe final. La metodología a utilizar es la del análisis 5W-1H, 1+2=3 y Por qué – Por qué.

Con el fin de retroalimentar al mantenimiento autónomo, el evento ocurrido generará tarjeta (rojas o azules) que deberán colocarse tan pronto y/o después de la ocurrencia del evento; luego se retroalimentará el mapa de seguridad y se debe registrar el evento en un formato de “registro de eventos de seguridad”.

Al realizar un plan donde se establezcan las acciones, con los responsables de ejecución de las mismas y las fechas límites para su realización, dentro de ellas se incluyen, según sea el caso, la elaboración de los estándares, la elaboración de los instructivos de trabajo, la mejora en las condiciones físicas y la elaboración de LUP's.

El consenso sobre los resultados de la investigación y el plan de acción, deberá ser realizado conjuntamente con el coordinador de seguridad ocupacional.

Las medidas correctivas se deben implementar en todos los sitios en donde se puedan presentar accidentes de este tipo, según el cronograma pactado.

Se debe realizar el seguimiento a todo el proceso, por parte del supervisor, el líder del equipo y el líder de salud y seguridad.

Capítulo 33

Seguridad y Ambiente

Señalización

Introducción

Cada centro de trabajo tiene sus propias características técnicas y funcionales, en relación a las necesidades de producción o de su propio diseño, pero para asegurar que el trabajo se desarrolla en condiciones de seguridad, es necesario homogeneizar este espacio, dotándolo de la correspondiente señalización.

La señalización se utiliza para:

- Facilitar la información a la población dentro y fuera de las empresas
- Prever eventos producidos por la naturaleza e incendios
- Implementar como técnica de seguridad
- Cuando no sea posible disminuir el riesgo
- Cuando no se pueda y resulte necesario proteger al trabajador
- Se requiera de un complemento a la protección de resguardos, dispositivos de Seguridad y protecciones personales

Conceptos y definiciones

La señalización trata de una serie de estímulos que pretenden condicionar, con la antelación mínima necesaria, la actuación de aquel que los recibe frente a unas circunstancias que se pretende resaltar.

La señalización de seguridad es un sistema que proporciona información de seguridad e higiene que consta de una combinación de figuras geométricas y colores a las que se les añade un símbolo o pictograma con un significado determinado.

Para que la señalización sea eficaz debe tener como características primordiales:

- Atraer la atención.
- Transmitir el mensaje con la suficiente antelación.
- Interpretar claramente el riesgo.
- Ofrecer una posibilidad real de cumplimiento.
- Proporcionar la información suficiente para poder actuar en consecuencia.

Clasificación de las señales

- Señales ópticas: Sistema basado en la apreciación de las formas y colores por medio del sentido de la vista
- Señales acústicas: Emisión de señales sonoras a través de altavoces, sirenas y timbres que, conformadas a través de un código conocido, informan de un determinado mensaje sin intervención de voz humana
- Señales olfativas: Se basa en la difusión de olores predeterminados que son apreciados por el sentido del olfato
- Señales táctiles: Basado en la distinta sensación que experimentamos cuando tocamos algo con cualquier parte del cuerpo.

Los colores en la señalización

Los colores tienen aplicación práctica, porque a través de ellos se logra:

- Aumentar la producción

- Mejorar la eficiencia de los trabajadores
- Reducir tiempos de respuesta
- Mejorar anímicamente a las personas
- Reducir los accidentes

Debemos tener en cuenta que la ciencia y la técnica utilizan los colores para crear un medio ambiente agradable y cómodo, ya que el ser humano tiende a ser influenciado por los colores, porque el color es energía y esta presente en todas partes. En lo posible, los colores deben ser aplicados en los objetos mismos, en zonas o franjas sobre paredes, pisos, etc., sobre paredes, pisos, etc. o para delatar la presencia del objeto u obstáculo de manera que resulte un contraste con el pintado en la pared.

Los colores más utilizados para la señalización, son:

- **Rojo (color excitante):** Es el color básico para denotar peligro o para indicar alto inmediato. Simboliza la prevención de incendio y por lo mismo servirá para identificar los equipos de prevención de estos.

Se utiliza para identificar los siguientes elementos:

- Elementos y equipos de protección y combate de incendios, (Hidrantes, tubería, cajas para mangueras, recipientes que contengan agente extintor, alarmas y cajas accionadoras, puertas y escaleras de escape).
- Recipientes para almacenar toda clase de líquidos inflamables, con indicación de su contenido.
- Barras o dispositivos que accionan mecanismos de parada en máquinas peligrosas; y botones de parada en controles eléctricos.
- Recipientes para lavado y desengrase de piezas.
- Luces y banderas (en construcciones)
- Dispositivos de emergencia



- Naranja (color desagradable): Simboliza alerta e identifica las partes peligrosas de máquinas o equipos eléctricos. Si el protector de una máquina puede abrirse o quitarse, la parte interior se pintará de este color para atraer la atención sobre el riesgo.

Se aplica en:

- Partes peligrosas de maquinaria y/o equipos cuyas operaciones mecánicas puedan triturar, cortar, golpear, prensar, etc. o cuya acción mecánica pueda causar lesión, siendo la parte exterior del mismo color de la máquina.
- Contorno de las cajas individuales de control de maquinaria; interior de cajas y controles eléctricos.
- Elementos sometidos a alta tensión
- Interior de guardas móviles y de resguardos para sistemas de transmisión de potencia.
- Bordes únicamente de partes expuestas de piñones, engranajes, poleas, rodillos, etc. y mecanismos de corte etc.
- Extremos de bordes cortantes
- Respaldo de puertas de seguridad
- Botones de arranque de seguridad.



- Amarillo (color alegre y estimulante): Es el color de más alta visibilidad y será el color para indicar la necesidad de tener precaución, pues estos riesgos deben ser captados fácilmente. Se combina con el negro cuando se requiere llamar la atención de forma más decidida.

El color amarillo se emplea en:

- Zonas peligrosas con color de fondo en avisos que indiquen precaución.
- Equipos de manipulación de materiales como montacargas, carretillas, cargadores, estibadores, etc.
- Esquinas de lugares de almacenamiento.

- Bordes expuestos y sin guardas de plataformas, aberturas en el piso y muros, aditamentos suspendidos del techo, o de los muros, que sobresalgan del espacio normal de operación.
- Pasamanos, barandas y parte superior e inferior de escaleras fijas peligrosas.
- Bloques de poleas y diferenciales, proyecciones, puertas bajas, vigas, tuberías que cruzan a bajo nivel en los sitios de trabajo.
- Pilares, postes o columnas que puedan ser golpeados.
- Espacios libres, pasillos, huella y contrahuella de escaleras.



Este color combinado con el negro, se utilizará en:

- Barreras.
- Bordes de fosas no protegidas.
- Plataformas de carga y descarga.
- Dispositivos de sujeción.
- Partes salientes de instalaciones en general.



- Verde (color de descanso y fresco): Es el color básico para simbolizar la seguridad y se aplicará en estos casos:

- Verde esmeralda
 - ✓ Seguridad, equipos de primeros auxilios, botiquines, camillas, máscaras contra gases, fondo de carteleros de seguridad e instrucciones de seguridad, camillas, etc.
 - ✓ Contorno del botón de arranque en los controles eléctricos de las máquinas y canoas de agua.
- Verde limón

- ✓ Bancos de madera, exceptuando las tapas
- ✓ Tableros para avisos de seguridad
- Verde pálido
 - ✓ Avisos informativos



- Azul (color de sensación de frío): Es el color básico para simbolizar la prevención y su función principal es indicar que se deben tomar precauciones en la labor que se realizará.

Se utiliza en:

- Indicaciones de prevención
- Color de fondo en los avisos utilizados para señalar maquinaria y equipos sometidos a reparación, mantenimiento, o que se encuentran fuera de servicio.
- Señalar los controles o fuentes de poder, de maquinaria o equipo (elevadores, hornos, tanques, calderas, digestores, controles eléctricos, secaderos, válvulas, escaleras.) Que no deben ser operados o accionados sin previa constatación de que se encuentra en perfectas condiciones de servicio, a fin de no causar daño a algún elemento o lesión a un operario.
- Recipientes para lubricantes, motores que no formen parte integral de maquinarias y equipos, cajas de sistemas eléctricos.
- Avisos de seguridad y de rutas y salidas de evacuación
- Barreras
- Banderas



- Violeta: Es el color básico para señalar riesgos de radiación y usualmente se utiliza combinado con el amarillo.

Se aplica en:

- Almacenamiento de material radiactivo
- Entierros de material radiactivo
- Recipientes de desecho
- Equipo contaminado
- Equipo de producción radiactiva



- Color blanco, gris y negro: Las combinaciones entre estos colores se utiliza para marcar avisos de tránsito, orden y limpieza e información general. La combinación de bandas negras y blancas o cuadros de estos colores, se utilizará dependiendo de las necesidades de identificación.

En tránsito se utilizan así:

- Extremos sin salida (Pasillos, callejones, etc.)
- Zonas de almacenamiento
- Dirección y límite de escaleras

En caso de dar dirección

- Letreros o avisos de salidas , escaleras u otras áreas importantes

En caso de definir orden y limpieza

- Basureros
- Bebedores
- Demás instrumentos relacionados a orden y limpieza.



Tipos y formas de señales

Existen diferentes tipos y formas de señales, de acuerdo a lo que se desea resaltar:

- Señales obligatorias (Forma circular): Son aquellas que obligan a un determinado comportamiento y son muy utilizadas para indicar áreas o puestos de trabajo donde se requiere utilizar equipos de protección personal. Normalmente están representadas por un símbolo blanco, el color de seguridad azul y un contraste blanco:



- Señales de prohibición (Forma circular con línea transversal): Son aquellas que prohíben un comportamiento por legislación, reglamentación o condición de efecto nocivo comprobado, es decir, que pueden producir un peligro. Negro y el color de seguridad: rojo en contraste blanco:



- Señales de advertencia (Forma triangular): Son aquellas que advierten sobre la presencia de peligro ante un determinado comportamiento. Normalmente están representadas por un símbolo negro y el color de seguridad amarillo en contraste negro:



- Señales de información (Forma cuadrada): Son aquellas que nos informan sobre aspectos varios, sobre salvamento y sobre equipo contra incendio. Normalmente están representadas por un símbolo blanco y el color de seguridad verde en contraste blanco:



Reconocimiento de tuberías

Una Tubería es todo el sistema formado por tubos, uniones, válvulas, tapones, conexiones, etc. que son empleados para la conducción de gases, líquidos, semilíquidos, vapores, polvos, plásticos, cables eléctricos Etc.

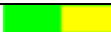
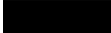
En tuberías de gran diámetro se puede reemplazar el pintado total por el pintado de franjas del color establecido; las franjas o grupos de franjas se pueden pintar a una distancia máxima de 6 metros entre si, en los tramos rectos, a cada lado de las válvulas de las conexiones, cambios de dirección, etc. que atraviese la misma

Se debe dejar un espacio de 10 cm. entre la boca de las válvulas o conexiones y la franja correspondiente y entre las franjas de un tramo limpio el espacio será del doble del ancho de la franja.

Las leyendas se deben pintar directamente sobre las franjas o se adosarán a las tuberías de pequeños diámetro por medio de carteles especiales y deben hacer un contraste visible ante el color de las franjas. Cuando la tubería este contra una pared, se deben pintar sobre el lado visible desde el lugar de trabajo

Las tuberías destinadas a conducir productos de servicio, producto terminado o en proceso de elaboración, deben ser identificadas pintándolas en toda su longitud con los colores fundamentales establecidos a continuación:

Fluido	Color básico	Estado Fluido	Color complementario	
Aceites	Marrón	Gas-oil	Amarillo	
		De alquitrán	Negro	
		Bencina	Rojo	
		Benzol	Blanco	
Ácido	Naranja	Concentrado	Rojo	
Aire	Azul	Caliente	Blanco	
		Comprimido	Rojo	

Fluido	Color básico	Estado Fluido	Color complementario	
		Polvo carbón	Negro	
Agua	Verde	Potable	Verde	
		Caliente	Blanco	
		Condensada	Amarillo	
		A presión	Rojo	
		Salada	Naranja	
		Uso industrial	Negro	
		Residual	Negro+negro	
Alquitrán	Negro			
Bases	Violeta	Concentrado	Rojo	
Gas	Amarillo	Depurado	Amarillo	
		Bruto	Negro	
		Pobre	Azul	
		Alumbrado	Rojo	
		De agua	Verde	
		De aceite	Marrón	
		Acetileno	Blanco+blanco	
		Ácido carbónico	Negro+negro	
		Oxígeno	Azul+azul	
		Hidrógeno	Rojo+rojo	
		Nitrógeno	Verde+verde	
		Amoníaco	Violeta+violeta	
Vacío	Gris			
Vapor	Rojo	De alta	Blanco	
		De escape	Verde	

Capítulo 34

Seguridad y Ambiente

Pilar ambiental

Conceptos y definiciones

El medio ambiente puede entenderse como un **macro-sistema** formado por varios subsistemas que interaccionan entre sí.

Cuando se produce algún fallo en esas interacciones surgen los problemas ambientales.

La gestión ambiental es un proceso que está orientado a resolver, mitigar y/o prevenir los problemas de carácter ambiental, con el propósito de lograr un desarrollo sostenible, entendido éste como aquel que le permite al hombre el desenvolvimiento de sus potencialidades y su patrimonio biofísico y cultural y, garantizando su permanencia en el tiempo y en el espacio.

Algunas definiciones importantes en el pilar ambiental son:

- **Incidente ambiental:** Se trata del resultado de una acción fallida durante el desarrollo de las actividades diarias, que pueden tener un impacto negativo tanto en el medio ambiente como en las personas. Todo incidente ambiental, es provocado por causas directas que a su vez obedecen a condiciones o actos inadecuados.

Un incidente ambiental tiene la característica de no producir una afectación externa ya que no sobrepasa los límites de la planta.

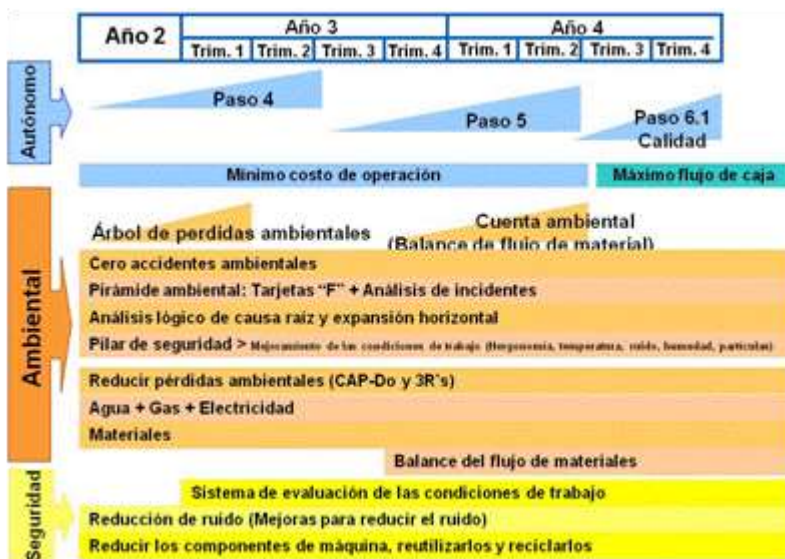
- **Accidente ambiental:** Se trata de un evento o circunstancia de origen natural, que afecta directa o indirectamente el medio ambiente, causando impactos negativos de vital atención.

Un accidente ambiental tiene la característica de producir una afectación externa, ya que sobrepasa los límites de la planta.

- **Riesgo ambiental:** Se trata de la posibilidad de que se produzca un daño o catástrofe en el medio ambiente, por causa de un fenómeno natural o una acción humana. La presencia de un riesgo ambiental, implica el estado anterior a la ocurrencia de un desastre, declarado con el fin de tomar precauciones específicas, debido a la probable y cercana ocurrencia de un evento adverso.

Plan de trabajo del pilar ambiental

El pilar ambiental se debe comenzar a trabajar desde el momento en que se inicia el paso 4 de mantenimiento autónomo; esto es, a partir del segundo año aproximadamente de haber iniciado el proceso de implementación del TPM:



La pirámide de seguridad vs la ambiental

La pirámide de seguridad se relaciona directamente con la ambiental, tal como observamos a continuación:



Y las actividades que se deben desarrollar para poder evolucionar de lo reactivo a lo proactivo son:



La prevención

Debemos prevenir los impactos ambientales, por:

- Responsabilidad social
- Ahorro de dinero
- Reduce presiones legales
- Reduce los riesgos de responsabilidad
- Mejora la imagen de la compañía

- Mejora el ambiente local

De igual manera, una forma de prevenir es a través de:

- El control de inventarios (comprar las cantidades necesarias).
- El seguimiento a materiales, residuos, emisiones.
- La prevención y control de fugas y derrames.
- Las buenas prácticas de operación
- Reducir, rehusar, reciclar.
- El mantenimiento preventivo a equipos.
- La concientización y capacitación

Categorías del reciclaje

El reciclaje lo podemos clasificar en varias categorías, tales com:

- Primario:Material *reciclable* en el mismo material, el proceso se puede repetir varias veces. Por ejemplo: Periódicos en periódicos, recipientes de vidrio en recipientes de vidrio.
- Secundario:Material *reciclable* en un material que, potencialmente, puede reciclarse de nuevo. Por ejemplo: Periódicos en cartón reciclado.
- Terciario:Material *reciclado* en un producto que, probablemente, no será *reciclado* de nuevo. Por ejemplo: vidrio en asfalto, papel en papel higiénico.
- Económicos:Ingresos, ahorro de materias primas, energía, agua, incentivos tributarios.
- Sociales:Empleo, calidad de vida, salud, saneamiento básico, educación.
- Ambientales:Disminución de la contaminación del suelo, agua y aire, paisajismo, represamientos, menor presión en los recursos.

Materiales reciclables

A continuación, veremos varios tipos de materiales reciclables, como son:

- **Papel y cartón:** Proviene de la madera y al reciclarlos, son sustitutos directos de la pulpa y se reduce el consumo de energía y agua. Deben estar limpios y secos, sin contaminantes.

Son reciclables las cajas, bolsas de papel, periódicos, revistas, libros, archivo.

No son reciclables el papel carbón, papel de aluminio, papel encerado, papel de seguridad (cheques, loterías), papel celofán, papel engrasado.

El papel higiénico y las servilletas no pueden reciclarse pero sí pueden transformarse a través de procesos orgánicos.

- **Plásticos:** Su materia prima es el petróleo y al reciclarlos, pueden ser empleados para hacer juguetes, mangueras, fibra textil y reducir así el consumo de energía y agua.

Los plásticos deben estar separados por tipo y existen los códigos para identificarlos, facilitando así su separación y reciclaje adecuado.

Son reciclables los plásticos en general, pero no reciclables el icopor y los espumados.

- **Metales:** Su materia prima se extrae de las minas y al reciclarlos, pueden ser empleados para fabricar nuevos elementos de metal, reduciendo así el consumo de energía y agua.

Son reciclables los materiales ferrosos y no ferrosos, tales como: cobre, aluminio, plomo, níquel, acero inoxidable, estaño, zinc (latas, tapas, partes de carros y electrodomésticos), etc.

- **Compostaje:** El compostaje es la descomposición del material orgánico como resultado de la actividad de los diferentes microorganismos presentes en ella. Los residuos orgánicos utilizables para el compostaje, se pueden agrupar en categorías, así:

- *Urbanos:* casas, instituciones, comerciales, zonas verde, jardines, etc.
- *Agroindustriales:* industria de la panela, aceite de palma, arroz, mataderos, etc.
- *Agropecuarios:* Estiércol, bobinaza, gallinaza, cáscaras de frutas y verduras
- *Cuerpos de agua:* lodos plantas de tratamiento de agua residual y potable.
- *Tipos de compostaje:* Aerobio y Anaerobio.

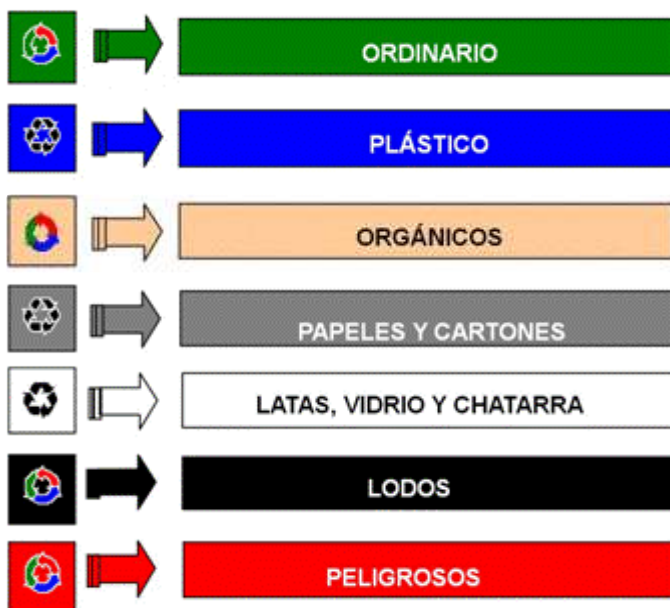
Pasos del proceso ambiental

Los pasos a cumplir en un proceso de reciclaje son:

1. Generación: Debemos ubicar los puntos de mayor generación.
2. Recolección y separación de los materiales en la fuente: Se trata de ubicar los insumos, las herramientas y los procesos para separarlos en la fuente.
3. Transporte a centros de acopio: Identificar las características del sitio, los recipientes, el tamaño y estado de los mismos.
4. Proceso de adecuación, tratamiento y beneficio para convertirlos en materia prima: Consiste en la comercialización del material, el embalaje y los precios de compra y venta.
5. Incorporación a los procesos de producción: Se trata de caracterizar los procesos industriales de los materiales.

Código internacional de segregación

Existe un código internacional, para la separación de los residuos, el cual se identifica como se muestra a continuación:

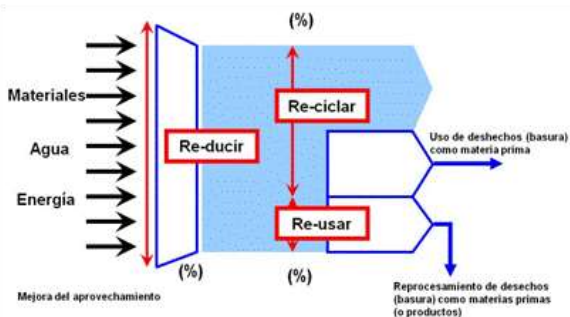


Errores más frecuentes del pilar ambiental

Los errores más frecuentes en los cuales podemos caer durante el proceso de implementación del pilar ambiental son:

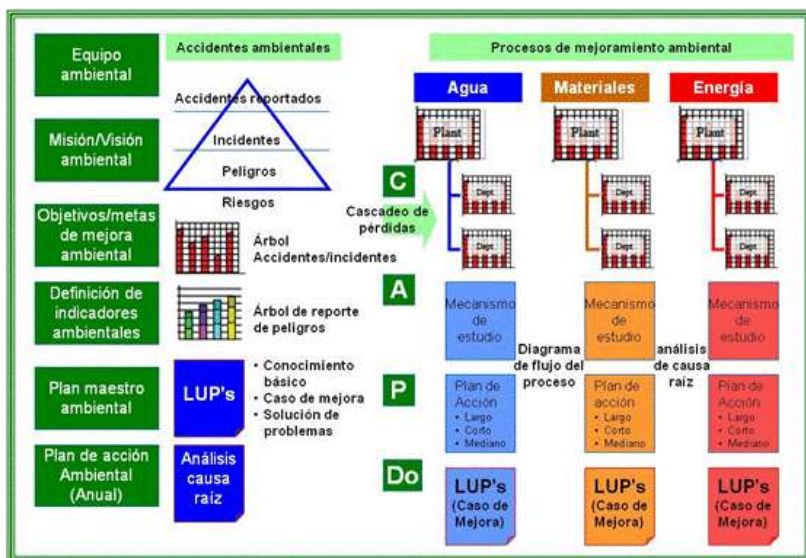
- En cuanto a los objetivos: Que nuestro objetivo sea la ISO 14000 y no la eliminación de las pérdidas ambientales.
- En cuanto a la organización: Que las actividades ambientales sean implementadas por el equipo organizacional del proyecto y no por línea de organización; adicionalmente, que no se involucre a todos los empleados ni las áreas administrativas.
- En cuanto al plan maestro: Que se haga un plan a corto plazo (1 año) y no a más de 3 años, para poderlo conectar con la estrategia del negocio y armonizarlo con el mantenimiento autónomo.
- En cuanto a las actividades: Que sólo nos dediquemos al hacer y hacer y no realicemos ciclos CAP-Do que nos permitan chequear (análisis de las deficiencias), analizar (las causas y el aprendizaje), planear (plan de contramedidas) y hacer (contramedidas).
- En cuanto al aprovechamiento: Que tengamos el foco en el reciclaje y no en reducir primer y reutilizar y reciclar.
- En cuanto a los datos: Que sólo tengamos la información de salida y no la de entrada, del proceso y de salida.
- En cuanto al control: Que sólo nos dediquemos a apagar incendios y no tratemos de cambiar el enfoque reactivo hacia el proactivo, para prevenir la recurrencia.
- En cuanto al pilar: Que creamos que cada pilar es independiente y no lo conectemos con los otros pilares en el tiempo.

En general, podemos decir que el pilar se debe centrar en las 3 R's, tal como se muestra en el siguiente diagrama:



Tablero del pilar ambiental

El siguiente diagrama nos muestra una forma en la cual podemos realizar el tablero para el seguimiento y la gestión ambiental:



Capítulo 35

TPM en Oficinas y Áreas Administrativas

Conceptos y definiciones

Para que las empresas puedan alcanzar el objetivo global de reducir continuamente sus costos mejorando al mismo tiempo la calidad de los productos y servicios que brindan se requieren áreas administrativas que den soporte eficaz.

Al contrario que producción, los departamentos administrativos (compras, administración, ingeniería, RRHH, etc.) no añaden valor de manera directa. Se requiere entonces con más razón, que sean ágiles y eficientes.



Desde el punto de vista del TPM existen 3 grupos de responsabilidades principales para las Áreas Administrativas.

1. Procesar información, aconsejar y ayudar a las actividades de Producción en su objetivo de mejorar continuamente y reducir los costos.
2. Facilitar a la empresa la tarea de responder rápidamente a los cambios lo cual implica mejorar su propia productividad y reducir sus costos. Incluye también ayudar en el desarrollo estratégico de la compañía velando por los objetivos de largo plazo.
3. Por último y como consecuencia de los otros dos, las Áreas Administrativas deben ganar la confianza de los clientes y contribuir a la creación de una sólida imagen empresarial.

¡Ningún área se puede escapar de TPM! Las pérdidas están por todas partes y debemos comprender que esta operación se trata de mucho más que ¡una máquina que fabrica los productos! TPM no es exclusivamente para el departamento de producción. Como gerentes, debemos practicar lo que decimos y poner el ejemplo a seguir para nuestros asociados. Siempre estamos siendo observados, así que ¡nuestra eficiencia es obligada!

A través de este pilar, buscamos la eliminación de pérdidas de información entre los departamentos de manufactura y administrativos, extendiéndose a los proveedores y clientes. Así como en manufactura se convierte la materia prima en productos, buscando un mínimo de desperdicio, en las oficinas se convierten los datos primarios en servicio de información, el cual debemos tratar que sea efectivo.



La clave de la mejora de los departamentos administrativos y de apoyo consiste en verlos como “fábricas de Información” De la misma manera que no dejaríamos librado al azar un proceso productivo, no deberían dejarse librados al azar procesos administrativos críticos ya que para que el área de Producción pueda reducir sistemáticamente su “Lead Time”, se requiere de un apoyo eficaz de toda la organización.

Propósito y características del pilar

El propósito fundamental del pilar es el de hacer rentable los procesos de soporte, mediante la eliminación de pérdidas y gestión de oportunidades, mediante actividades como:

- La implementación del TPM en pequeños equipos de áreas administrativas.
- La integración del TPM con todos los otros sistemas de gestión.

La táctica para su implementación, es a través de la eficiencia operacional, (incrementar la rentabilidad), la innovación (radical y diferenciadora) y la gente (competencias y cultura organizacional).

Marco general del pilar

Podemos definir que las metas del pilar de TPM en oficinas y áreas administrativas son dos:

- Maximizar las salidas: El propósito acá es fortalecer funciones de la operación, a través del análisis de pérdidas; para esto, se requiere trabajar en:
 - La estandarización
 - El análisis “Por qué – Por qué” para prevenir las reincidencias del problema.
 - La eliminación de pérdidas administrativas en las oficinas de producción.
- Minimizar las entradas: El propósito acá es eliminar los desperdicios, , a través de las 5's; para esto, se requiere trabajar en:
 - La estandarización
 - Las 5's - Seiri / Seiton / Seiso / Seiketsu / Shitsuke.
 - Un sistema de archivo eficiente

Implementación del pilar

El diagrama mostrado a continuación, representa el flujo de implementación del pilar de TPM en oficinas y áreas administrativas, el cual se realiza en tres pasos, los cuales serán detallados más adelante.



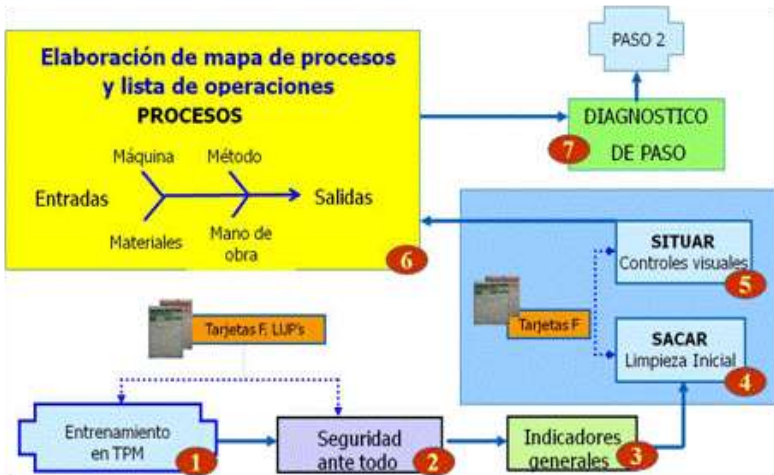
Paso 1 de TPM en oficinas y áreas administrativas

Podemos resumir el propósito del paso uno en dos objetivos, a saber:

- **Mejorar el entorno de trabajo:** Organizar y dar seguridad a las áreas mejorando condiciones de orden y limpieza reduciendo posibles accidentes y haciendo un ambiente agradable y funcional.
- **Mejorar la eficiencia del trabajo:** Identificar procedimientos, función, finalidad y efecto (flujo de trabajo) a través de la reducción de movimientos innecesarios en oficinas y áreas administrativas.

En la siguiente página observamos el diagrama que representa la secuencia de las actividades a desarrollar en el paso 1 de TPM en oficinas y áreas administrativas.

1. Lo primero que realizamos es capacitar a todos los integrantes del pequeño equipo de trabajo en el conocimiento básico de TPM, así como los elementos que requerirá para el desarrollo del paso 1 de TPM en oficinas y áreas administrativas.
2. Posteriormente, liderado por el pilar de seguridad y ambiente, se da la capacitación sobre la importancia de la seguridad y los objetivos en cuanto a ella que se tienen a través de la implementación del TPM.



3. Se definen luego unos indicadores generales que aplican para todos los equipos. Algunos de dichos indicadores pueden ser: Cruz verde de seguridad, gestión de tarjetas, asistencia a las reuniones, cumplimiento de tareas, número de impresiones por persona, tamaño de correo, etc. Durante los tres primeros meses del paso se deben tomar datos y al cumplir este tiempo, ya tenemos suficiente información para definir un punto de partida y una meta.

4. La siguiente actividad consiste en aplicar la primera y segunda “S”:

- **Seiri: Separar (sacar)**

- Consiste en sacar todos los elementos innecesarios; no guardar las cosas por si algún día las necesita
- Valorizar los elementos innecesarios
- Analizar en LUP's la razón por la cual se encuentran allí los elementos y definir una acción para que no aparezcan nuevamente.

- **Seiton: Situar**

Consiste en situar los elementos necesarios en el área correcta; organizar y clasificar las cosas por uso, movimiento, tipo o característica. También se deben demarcar los elementos necesarios.

5. Recordemos que un *proceso* es una secuencia de actividades mutuamente relacionadas que transforman unas entradas, convirtiéndolas en unos resultados. Definimos entonces acá el mapa de procesos, teniendo en cuenta que todos los procesos están dirigidos a obtener resultados específicos, los cuales son para satisfacer las necesidades de los clientes. Los resultados de los

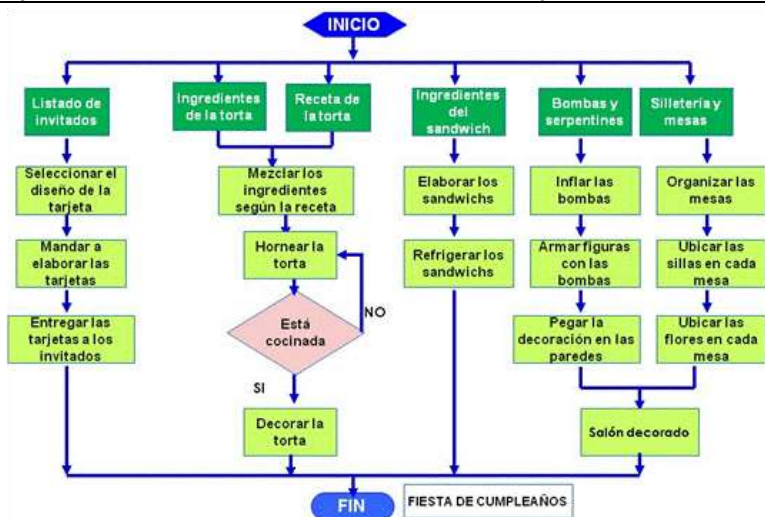
procesos se pueden medir y se pueden volver a obtener cada vez que se quiera, es decir, son repetibles. Para la elaboración del mapa de procesos, debemos seguir algunos pasos:

- Elaborar o revisar el mapa de procesos del área.
- Revisar la descripción de cargo.
- Identificar las entradas: información (correo, informes, actas) equipos, productos, insumos, personas, etc.
- Identificar las salidas: informes, producto terminado, indicadores, etc.
- Identificar las actividades que transforman las entradas en salidas.



6. Se debe realizar posteriormente el flujograma con la ruta de la información (llevadas hasta el nivel de tareas de cada actividad) para identificar cuellos de botella y actividades críticas; *el objetivo* de elaborar el flujograma es eliminar, complementar o reducir las operaciones para definir un nuevo método de trabajo, optimizando las funciones e incrementando la productividad. Los siguientes son los pasos para la elaboración del flujograma:

- Las *entradas* del mapa de procesos individual se ubican en la parte superior del flujograma.
- Los *procesos* se organizan siguiendo la ruta de actividades que realizan con las *entradas* para convertirlas en *salidas*.
- Al finalizar la ruta de cada proceso se van obteniendo los resultados o *salidas*.



Paso 2 de TPM en oficinas y áreas administrativas

Podemos decir que el propósito del paso 2 se resume en entender los procesos y establecer las restricciones de los mismos (cuellos de botella), analizar causa raíz de problemas asociados con funciones y hacer las mejoras respectivas.

El siguiente diagrama representa la secuencia de las actividades a desarrollar en el paso 2 de TPM en oficinas y áreas administrativas:



Para analizar pérdidas en los procesos, debemos enfocarnos en aquellas operaciones que mas afectan los resultados. Para comenzar, debemos clasificar las operaciones que realizamos en:

- Rutinarias: Secuencia invariable de instrucciones que forman parte de un programa y se pueden utilizar repetitivamente.
- No Rutinarias: Secuencia de instrucciones que se realizan esporádicamente dentro de un programa.

Para el mapa de procesos, sólo tenemos en cuenta las actividades *rutinarias*.

Luego de tener identificadas las actividades *rutinarias* de nuestro proceso en el orden lógico en el cual se realizan, procedemos a clasificarlas en *críticas* y *no críticas*. Se considera una *actividad crítica* cuando:

- Demanda demasiado tiempo.
- Requiere información de diversas fuentes.
- Sus resultados son vitales para la realización de una actividad central del negocio.
- No se tiene conocimiento claro de cómo se ejecuta.

Las operaciones catalogadas como “*rutinarias-críticas*” deben ser analizadas a fondo para encontrar puntos de mejora que tengan un gran impacto en la eficiencia de nuestro proceso. De la misma forma que en paso 1 se realizó el flujograma de operaciones se realizan los *flujogramas de las operaciones críticas*, entrando en detalle, pero en este punto debemos establecer el tiempo dedicado a cada una de las actividades. Para estas operaciones Rutinarias – Críticas se debe elaborar la matriz de “*Análisis de tiempos y operaciones*” en la cuál se detalle paso a paso cómo se ejecuta, pero en este punto debemos establecer el tiempo de dedicación y frecuencia a cada una de las actividades.

Una forma de llevar esta matriz, se plantea a continuación:

Análisis de tiempos y operaciones															
Grupo:				Elaborado por:				Área:							
Procedimiento:				Fecha:				Proceso:							
Diagrama de flujo	Tarea	tiempo	Clasificación				Problemas	Matriz				Acción correctiva	Beneficios obtenidos	LUP's	
			AV	NAV	NNAV	DUP		E	C	R	S				

AV: Agrega valor NAV: No agrega valor NNAV : Necesaria pero no agrega valor DUP: Duplicada E: Eliminar C: Concentrar R: Reubicar S: Simplificar

Las actividades las debemos clasificar en:

- **Agregan valor:** Tareas que le aportan directamente a la elaboración del producto o proceso.
- **No agregan valor:** Tarea que al ser eliminada, no afecta el resultado.
- **Necesarias pero no agregan valor:** Tarea que no se puede eliminar, pues se requiere para el proceso y no altera el resultado final del producto o proceso.
- **Duplicadas:** Son aquellas tareas que se repiten durante el proceso.

Con base en el flujograma de actividades críticas debemos identificar los puntos de mejora en los cuáles nos vamos a enfocar para lograr una eliminación impactante de pérdidas en nuestros procesos administrativos o de soporte; es así que podemos tomar medidas como:

- Eliminar: Se elimina el paso o la actividad.
- Combinar: Se unen algunos pasos de la actividad para mejorar su ejecución.
- Reubicar: Se traslada la actividad para que la realice otra persona.
- Simplificar: Se toman acciones para facilitar la ejecución de la actividad.

Teniendo en cuenta que cada punto de mejora es una pérdida, las pérdidas en oficinas pueden ser de varios tipos:

- Lo que no genera valor: Trabajos y proceso inútiles u obsoletos
- Procesado: Error, retrabajo y ajustes
- Precisión: Información no confiable
- Baja velocidad: Demasiado lento, fuera de tiempo
- Pérdida de tiempo: Esperas, movimientos excesivos o búsquedas inútiles
- Fallas de comunicación: No se transmite la información, información ambigua, o respuesta inoportuna
- Sobre costos: Costos altos de procesamiento, presupuesto mal elaborado, mala asignación del presupuesto, cantidad excesiva de materiales

Hay dos herramientas para analizar pérdidas:

- Por qué-Por qué: Pérdidas esporádicas.
- CAP-Do: Pérdidas crónicas o repetitivas.

Después de analizar a fondo los puntos clave de mejora en el proceso a través del análisis “Por qué-Por qué” o del ciclo CAP-Do, procedemos a implementar las acciones que de allí surgen. Seguramente eliminaremos reprocesos, tiempos muertos y demás.

Finalmente incorporamos estas mejoras dentro de nuestro Flujograma de proceso, estableciendo un nuevo estándar, que seguramente a futuro seguiremos mejorando; por este motivo lo llamamos *tentativo*.

Durante el desarrollo de paso 1, se definieron indicadores generales que aplicaban para todos los equipos; en el paso 2 debemos continuar con los indicadores y además, debemos identificar de acuerdo al mapa de proceso y flujograma de actividades de cada cargo, indicadores personales que





Capítulo 36

Evaluación de mejoras TPM

Introducción

Al aplicar un programa de incentivos por mejoras dentro de un programa de implementación del TPM, debemos pensar en el momento adecuado para hacerlo, pues si se realiza desde sus inicios, podría desviarse el objetivo del TPM. Por tanto, sólo cuando la empresa tiene a los pequeños equipos de trabajo de mantenimiento en el paso 3 de Mantenimiento autónomo, debe implementarse este programa de incentivos por mejoras y el momento de hacerlo en este paso, es al final del mismo, cuando estamos tratando de reducir los tiempos del estándar.

Aspectos a tener en cuenta

Algunos de los aspectos que debemos tener en cuenta al momento de aplicar un programa de incentivos por mejoras son:

- Las mejoras deben ser de carácter grupal, con el fin de poder así fomentar el trabajo en equipo.
- Sólo participan en el programa aquellos pequeños equipos de trabajo cuyo indicador de cumplimiento en la implementación del TPM sea superior al promedio de la empresa. Si son grupos conformados por personas de varios pequeños equipos de TPM, se deberían promediar los indicadores.
- Se debe valorizar el beneficio de la mejora planteada (basado en productividad, calidad, mantenibilidad, seguridad o costos) por medio

de un formato PM (Prevención del mantenimiento); para esto se debe tener muy claro qué indicadores de la sección impacta y en cuanto, así como el costo de la inversión.

- Las mejoras planteadas deben ser aprobadas por el director de la sección.
- La mejora planteada debe haberse realizado en el último semestre con respecto a la fecha en que es presentada.
- Las mejoras deberán ser evaluadas por el comité coordinador del TPM, validando los beneficios generados en al menos 3 meses.
- La frecuencia de revisión de mejoras en el comité coordinador del TPM, deberá ser bimestral
- Cada director o jefe de sección deberá presentar al menos una mejora cada cuatro meses.
- Si la mejora atenta contra la seguridad, deberá ser descartada.
- Cada bimestre deberá ser escogida una mejora por grupo de secciones.
- Puede establecerse una tabla de puntos, con el fin de poder establecer la mejor de las mejoras en el año.

Criterios de evaluación de las mejoras

A continuación se presenta un modelo de lo que podrían ser los criterios de evaluación de las mejoras para un programa por incentivos, donde por cada uno de los criterios de obtiene un puntaje y la mejora que obtenga el mayor, sería la que se premiaría:

1. Originalidad (Idea, creatividad y aplicación)

0➔ La idea no es original

1➔ Se parece a la imitación (otros mejoramientos), pero parcialmente concebida

2➔ Todos la han concebido pero esta está bien desarrollada

3➔ Consiste de una idea única y está bien concebida

4➔ Está muy bien concebida y es aplicable a otros casos

5➔ Esto es hacer época (Puede ser aplicado para patentar o para nuevos métodos)

2. Número de categorías de indicadores de gestión del área que impacta positivamente (P / Q / D / M / S / C)

0➔ No impacta ninguno

1➔ Impacta 1

2➔ Impacta 2

3→ Impacta 3

4→ Impacta 4

5→ Impacta entre 5 y 6

3. Implementación (Grado de creatividad y recursividad para llevar a cabo el mejoramiento)

1→ Se recurrió a un recurso externo a la empresa para llevar a cabo el mejoramiento.

2→ Pudiendo realizar la mejora el equipo, recurrió a otros departamentos para poder ejecutar la idea.

3→ Pudiendo realizar la mejora el equipo, recurrió a otros departamentos para poder ejecutar la idea, pero utiliza materiales reciclables o de excedentes

4→ El equipo recurrió a otros departamentos para poder ejecutar la idea utilizando materiales reciclables o de excedentes. Además, Involucra varios equipos de trabajo, motivándolos para que presenten otros mejoramientos

5→ Totalmente autónomo, la medida definitiva fue realizada por el pequeño equipo con orientación de otros departamentos utilizando materiales reciclables o de excedentes. Además, Involucra varios equipos de trabajo, motivándolos para que presenten otros mejoramientos

4. Mejora de 5's (Efecto sobre los criterios 5's) – Sacar / Situar/ Sacudir / Sostener/ Seguir

0→ No impacta positivamente el aspecto de la sección

1→ Impacta positivamente el aspecto de la sección

2→ Impacta positivamente el aspecto de la sección y se ubicaron los elementos de forma segura.

3→ La mejora Impacta positivamente el aspecto de la sección, se ubicaron los elementos de forma segura y ayudan a la productividad y la calidad.

4→ Cumple con los criterios anteriores y se mantiene en el tiempo

5. Efecto económico mensual (SMLV-Salario mínimo legal vigente)

0→ Entre 0 a 1 SMLV

1→ Entre 1 y 5 SMLV

2→ Entre 5 y 10 SMLV

3→ Entre 10 y 20 SMLV

4→ Entre 20 y 30 SMLV

5→ Mayor a 30 SMLV

6. Retorno de inversión (inversión / Ahorro mensual)

0→ No se recupera la inversión

1→ Mayor a 12 meses

2→ Entre 8 y 12 meses

3→ Entre 5 y 8 meses

4→ Entre 1 y 4 meses

5→ Menor a 1 mes

El Total Productive Maintenance (T.P.M.) es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, que una vez implantadas, ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Es considerado como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos.

Permite diferenciar una organización en relación a su competencia, debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales. Por eso, el T.P.M. se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, previniendo las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción, diseño y áreas administrativas. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos.

El presente libro, nos presenta de una manera sencilla la manera en que debe implementarse en su totalidad, todo el proceso que conforma el T.P.M. Los procesos fundamentales han sido llamados por el Japan Institute of Maintenance (J.I.P.M.) como "pilares". Estos pilares sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva.

ALVARO PALACIO P.: Ingeniero Mecánico, egresado de la Universidad Nacional de Colombia y especialista en Gerencia de Calidad de la Universidad EAFIT; formado como facilitador T.P.M. por el "Japan Institute of Plant Maintenance - JIPM" (Shinichi Shinotsuka) e "International Media & Communications - IM&C" de Brasil (Yassuo Imai), así como en los pilares de "Mejoras Enfocadas", "Mantenimiento de Calidad", "Mantenimiento Planeado" y "Gestión Temprana" por parte de PM-System (Shinichi Shinotsuka). Auditor de calidad ISO 9000 y con formación en el Sistema de Gestión BASC por parte de World Base Organization. Con más de 25 años de experiencia en la industria, trabajando en procesos de Mantenimiento, Ingeniería e implementación y coordinación de Sistemas de Gestión, procesos de calidad y mejora continua.