



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO TOTAL
PRODUCTIVO PARA LA CALIDAD TOTAL DE LA
PRODUCCION**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A
ANDRES BRISEÑO DE LA VEGA**

**ASESOR:
ING. JUAN VICENTE LEDUC RUBIO**

MEXICO, D. F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE:

PROLOGO	2
GENERALIDADES	4
CAPITULO I: BASES DEL MANTENIMIENTO TOTAL	9
CAPITULO II: MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO Y CALIDAD TOTAL.....	21
CAPITULO III: METAS DEL MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO.....	30
CAPITULO IV: IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO.....	47
CAPITULO V: EL CASO DEL INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD.....	62
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y EJEMPLO.....	70
BIBLIOGRAFIA	94

PROLOGO:

La necesidad existente en nuestro país para lograr mejoras dentro de los procesos productivos, nos obliga a buscar nuevas filosofías. Este es el caso de la teoría de la calidad total y del mantenimiento preventivo. A pesar de conocer en algunos sectores estas teorías, no se ha logrado hacer innovaciones en nuestros procesos de mantenimiento que nos permitan cumplir con las tres expectativas que se tienen para una planta productiva de primer nivel; estas expectativas son:

- Menor costo de producción y por lo tanto de los bienes de consumo.
- Menor tiempo de producción, lo que implica mejor atención al cliente.
- Máxima calidad en los productos, satisfacción total del cliente.

Es interesante hacer un poco de historia en la implementación a nivel mundial de las teorías de punta en el campo de la ingeniería y en especial en el campo del mantenimiento industrial.

Se sabe que el concepto de mantenimiento preventivo aparece en Estados Unidos de Norteamérica después de la Segunda Guerra Mundial como una innovación al proceso del mantenimiento correctivo, el cual sólo se ejercía en el momento de ocurrir una falla en los equipos de producción. Con el mantenimiento preventivo se logra evitar el alto costo que implica el realizar el mantenimiento correctivo que supone un paro en la producción.

Al terminar la guerra, Japón empezó a tener interacción con los Estados Unidos, de esta interacción resultó la importación del mantenimiento preventivo a Japón; sin embargo, este último país se encontraba desarrollando la teoría de TQM (administración de la calidad total). Para 1962 ya tenía implementados sistemas de mantenimiento preventivo; de la fusión de estas últimas dos teorías, la administración de la calidad total y el mantenimiento preventivo, nace, en 1971, la filosofía del TPM (**MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**), desarrollada por Seiichi Nakajima, y se empieza a utilizar en plantas productivas japonesas. Durante la cuarta conferencia internacional de mantenimiento sostenida en Cincinnati, Ohio, en 1987, los japoneses comenzaron a presentar el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**, lo cual comenzó a despertar un entusiasmo muy grande hacia la teoría, aunado a un deseo de aprenderla y aplicarla a las plantas productivas estadounidenses, favoreciendo así su publicación.

De este modo, el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** se ha comenzado a implementar en diversas fábricas, principalmente en la industria automotriz, pero también en fábricas dedicadas a la manufactura de semiconductores, alimentos, industria farmacéutica, papel, cemento, cerámica, petroquímica, industrias de refinación de petróleo, con desarrollos significativos aplicados a cada proceso en particular. También se ha comenzado a utilizar esta teoría en otros países de Asia, que fueron los primeros en importarla dada su situación

geográfica. Ahora su conocimiento ha llegado a Europa en países como Francia y actualmente empieza a implementarse en Brasil, México y otros países latinoamericanos.

Dado que el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** persigue entre sus metas la teoría de los cero defectos y de máxima calidad en la producción, es evidente que quien esté adoptando la filosofía de los cero defectos, necesariamente se encuentra aceptando la teoría de el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**.

Actualmente, nuestro país esta ingresando a una situación de competencia económica internacional; además, cada vez es más generalizada la tendencia a la automatización de procesos. En base a la observación de este panorama me parece importante presentar un estudio general acerca del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**, ya que dados los resultados beneficios arrojados por la teoría en otros países, es de mucha ayuda para México.

Mi agradecimiento para el Ing. Juan Vicente Leduc, Asesor de Tesis, el Ing. Guillermo Godoy y el Ing. Gilberto Aguilera de Procter & Gamble de México por su valiosa colaboración en la realización de este estudio.

ANDRES BRISEÑO DE LA VEGA.

GENERALIDADES:

Dentro de todas las industrias, existe un renglón que representa problemas encubiertos; me refiero al renglón de mantenimiento, que si bien es una parte indispensable en la producción de cualquier producto, no cuenta con la atención requerida de acuerdo a su importancia.

La situación expuesta sugiere un cambio de actitud para con el mantenimiento, es decir, dejarlo de ver como un mal necesario para enfocarlo desde una perspectiva de mejoras constantes para mayor producción y seguridad.

¿Porqué cambiar?. Se cambia porque se sabe o se cree que existen problemas. Estos problemas se pueden esclarecer dando respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué problemas son conocidos?
2. ¿Qué es desconocido para mi ?
3. ¿Qué es desconocido para todos?

De esta manera, se llega a tener una idea bastante buena de los problemas que se puedan encontrar al implementar el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**.

Cuando dejamos que los problemas o pequeños defectos permanezcan en nuestra organización, vamos gestando problemas cada vez mayores en la función a desempeñar; de este modo, vamos a partir de un principio básico que es "hacerlo bien desde la primera vez". Para ilustrar lo anterior, vamos a crear unos triángulos llamados: el triángulo seguro, que es la manera de implementar la calidad total en nuestras actividades y el triángulo defectuoso, que representa la manera en que muchas veces se procede.

EL TRIANGULO SEGURO

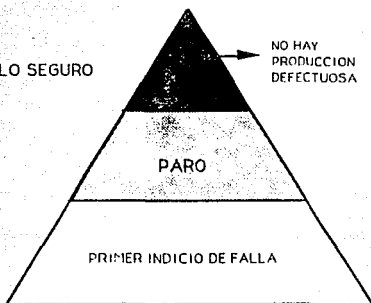


FIG. 1

Cuando se habla del triángulo seguro, se está hablando de la manera correcta en la que se debe proceder, esto es, la parte blanca nos indica la aparición de una falla que puede ser considerada mínima, pero que al paso del tiempo, nos puede ocasionar un tiempo muerto o un defecto en la calidad de la producción; por tanto, es preciso pasar al siguiente punto del triángulo que es efectuar un paro de la producción para la oportuna corrección del defecto.

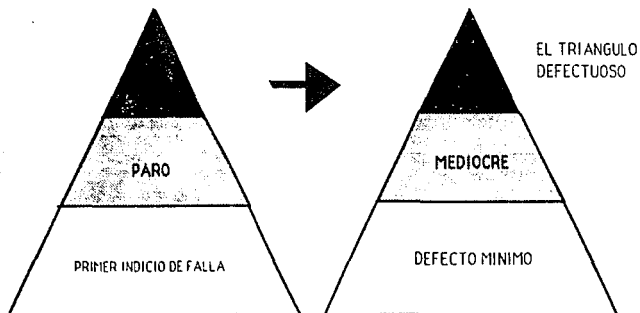


FIG. 2
EL TRIANGULO SEGURO VS EL TRIANGULO DEFECTUOSO

En la figura 2, nos damos cuenta de que si no efectuamos dicho paro para la corrección temprana de los pequeños defectos, nos estamos encontrando con una producción mediocre que al final va a traducirse en otros defectos, parte negra del triángulo, estableciéndose una cadena de defectos.

De esta manera podemos comparar a los pequeños defectos con un iceberg, del cual sólo es visible el diez por ciento de su tamaño pero alberga una gran porción del problema de forma invisible, como lo muestra la siguiente figura:

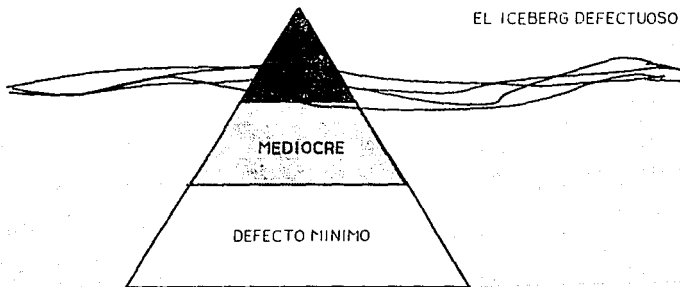


FIG.3

Otra situación frecuente es que a partir de este último problema se intenta corregir los defectos cuando es demasiado tarde. La pregunta es si realmente estos arreglos de último momento son mejoras o mas bien significan mayores gastos y esfuerzos que no ayudan en nada.

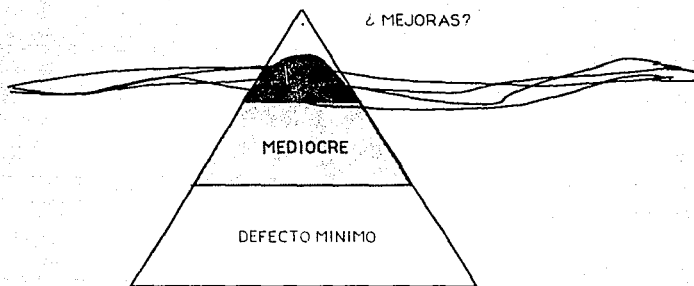


FIG.4
LAS MEJORAS DE ULTIMA HORA

Debemos conocer cuál es el área de nuestra organización que tiene un verdadero problema para, con esto, lograr el objetivo, que es:

Eliminar pequeños errores, y realizar las tareas bien desde la primera vez.

Así, el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** es no ignorar problemas conocidos, por más triviales que parezcan.

La manera de evitar o resolver los pequeños problemas de los que se está hablando, es buscar las condiciones ideales, de hecho el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** es precisamente la definición de las condiciones ideales.

Estas condiciones ideales pueden ilustrarse en la siguiente figura, que representa una bomba de agua de la cual se pueden desprender las 8 condiciones ideales ilustradas:

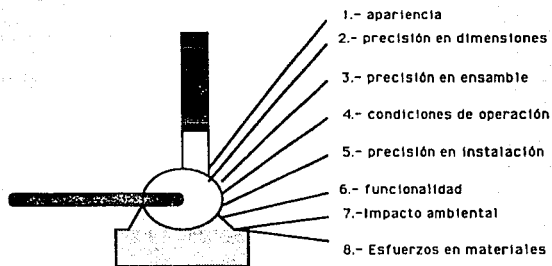


FIG.5 CONDICIONES IDEALES

En la búsqueda de las condiciones ideales es, como ya se dijo, en donde se basa este modelo de mantenimiento. Como vemos, hay que tener en cuenta diversos factores para lograrlo. La exposición detallada de las bases y la obtención de las condiciones ideales para los trabajos serán el tema de este estudio.

CAPITULO I : BASES DEL MANTENIMIENTO TOTAL

El **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** puede definirse como un procedimiento innovador para dar mantenimiento a equipos, con el cual se logra minimizar los paros por mantenimiento con la implementación de actividades diarias que involucran toda la fuerza de trabajo de las plantas.

La base del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** se puede expresar con la siguiente ecuación matemática:

$$\text{MTP} = \text{MP} \times \text{CC} \times \text{PTE} \quad (1)$$

Donde:

MTP= MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO.

MP = MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

CC = CONCEPTO CERO DEFECTOS.

PTE = PARTICIPACION TOTAL DE LOS EMPLEADOS.

Los conceptos involucrados en la fórmula anterior serán analizados de manera particular para esclarecer el significado de los mismos.

El mantenimiento preventivo es un concepto muy importante contenido en el mantenimiento industrial; a su vez, se debe analizar el deterioro de los equipos.

$$\text{DESGASTE TOTAL} = \text{DESGASTE NATURAL} + \text{DESGASTE FORZADO}$$

El desgaste natural es el desgaste propio de la operación de los equipos, esto es, un desgaste propio en la vida de los equipos.

Por su parte, el desgaste forzado se debe a errores u omisiones en la operación de los equipos, por ejemplo sobrecalentamientos, falta de aceite, problemas de alineación, etc.

La pregunta que se debe elaborar y que nos va a revelar exactamente cuál es la situación con respecto al desgaste forzado es: ¿cuántos de nuestros equipos funcionan hasta que termina su vida útil? y una vez contestada esta pregunta se podrá pensar si es posible vivir con el problema del desgaste forzado o bien si se prefiere eliminarlo. La resolución es muy clara; lo más conveniente sería encontrar de eliminar nuestro desgaste forzado, sería . De hecho es aquí donde el mantenimiento tradicional no es suficiente.

A continuación analicemos las siguientes figuras:

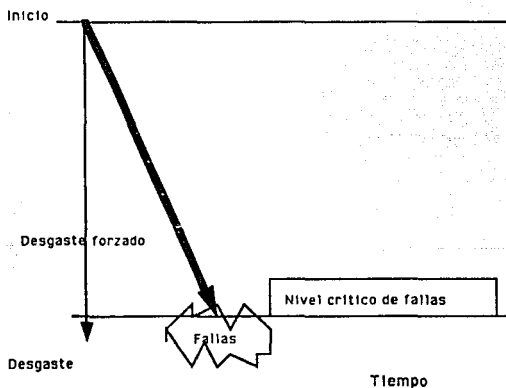


FIG. 1.1
FALLAS DEBIDAS AL DESGASTE FORZADO

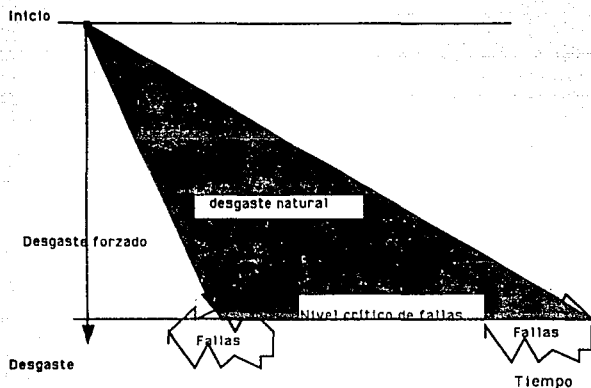


FIG. 1.2
DESGASTE NATURAL

Como podemos darnos cuenta, las fallas por desgaste forzado ocurren mucho mas pronto que las fallas por desgaste natural; esto nos sirve para hacer hincapié sobre la importancia de evitar el desgaste forzado en nuestros equipos.(fig. 1.2)

Ahora, si dentro del área sombreada en la figura 1.2, nosotros implementáramos algunas revisiones, obtendríamos el siguiente resultado:

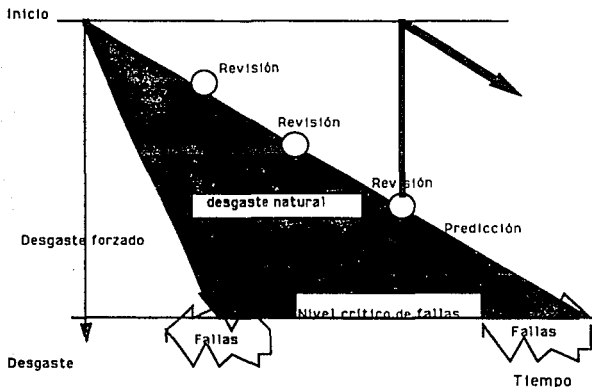


FIG. 1.3
IMPLEMENTACION DE REVISIONES

Como podemos darnos cuenta, la pendiente de la recta que cierra el área de desgaste natural es la misma, con las revisiones pero se logra modificar su abscisa al origen. He aquí un elemento fundamental de **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**, la predicción, que permite saber hacia dónde se dirigen las fallas y como ha sido hasta ese momento el comportamiento de los equipos. Es importante resaltar que la predicción es imposible si no se cuenta con las revisiones periódicas que hemos mencionado.

Dado que ahora podemos predecir el comportamiento de los equipos damos paso a otro concepto de gran valor en nuestro trabajo. Observemos la siguiente gráfica:

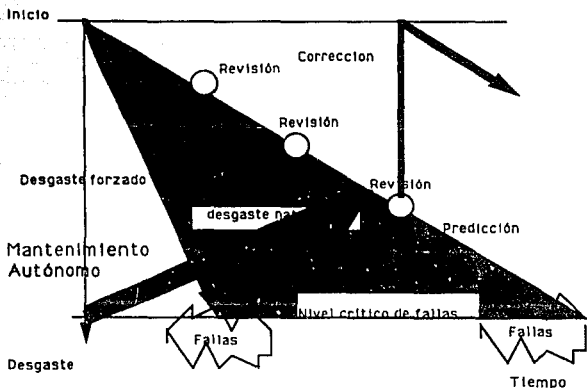


FIG. 1.4
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Se puede apreciar aquí la aparición del mantenimiento autónomo, y se vuelve a observar la corrección en la parte superior de la gráfica, así como el cambio de abscisa al origen de la línea de fallas.

Dentro del mantenimiento autónomo se puede contar con las siguientes soluciones para la ecuación del desgaste antes planteada:

Para el problema del desgaste natural tenemos:

- Realizar revisiones programadas y reparaciones para evitar las fallas con base a la predicción de que se ha hablado.
- Prevenir las fallas en cadena de los componentes, es decir, evitar que al fallar un componente pueda fallar otro u otros.

Por otra parte, el problema del desgaste forzado se tienen las siguientes recomendaciones:

- Operar con la meta de evitar las fallas; esto es, seguir la operación de los equipos de manera adecuada y de acuerdo a especificaciones del fabricante para que de esa manera podamos aumentar la vida útil de los equipos.
- Dar mantenimiento para evitar las fallas; es obvio que este punto está también basado en la predicción.

Para implementar estos dos últimos puntos, se pueden aprovechar los procedimientos de mantenimiento tradicionales, organizar programas de entrenamiento al personal operador, revisar las condiciones básicas de operación de los equipos y, por último, procurar que los equipos sean mantenidos por el personal que los opera; de esta manera se tiene más exactitud en las predicciones ya que los operadores saben exactamente cuáles son las fallas más frecuentes en sus equipos. Todas estas condiciones forman la estructura del Mantenimiento Autónomo.

Ahora, volviendo a la ecuación (1) del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**, se analizará a continuación el segundo término, el **CONCEPTO CERO**.

Cero significa:

Cero defectos, cero paros por mantenimiento, cero daños y cero accidentes. De manera que cero es absoluto, es decir, no debe haber lugar a los problemas que han sido mencionados; se había hablado acerca de perseguir las condiciones ideales, y se debe tener en cuenta que el término ideal no es sinónimo del término suficiente; esto es, si tenemos un problema de falta de aislamiento, por ejemplo, la pregunta obligada es ¿Cuánto aislamiento puede estar faltando?, esto es, qué porcentaje de nuestro aislamiento está fallando. Para afianzar estos conceptos, veamos los siguientes ejemplos:

		Historia	
Compañía	A	1 %	
Compañía	B	0,5 %	

FIG. 1.5 EJEMPLO DE MANTENIMIENTO

Al observar la figura 1.5, los porcentajes 1% y 0.5% significan las cantidades de aislamiento que nos están fallando en el problema planteado. Ahora, si comparamos la compañía A con la compañía B notamos que el porcentaje de equipos a mantener es más bajo en la segunda. Como parte de la compañía A se puede poner una meta de equipos a mantener del 50 % en reducción de necesidades e ir reduciendo hasta alcanzar el cero, como se muestra en la siguiente figura 1.6:

Compañía	Historia	Meta
A	1 %	0 %
B	0,5 %	0,25 %

FIG. 1.6 ALCANZANDO LA META EN EL MANTENIMIENTO

Un año después se puede suponer que se logró mantener el objetivo.

Compañía	Historia	Meta	Un año despues
A	1 %	0 %	0 %
B	0,5 %	0,25 %	0,25 %

FIG. 1.7 UN AÑO DESPUES DE LOGRAR EL OBJETIVO

Como es de esperarse, con el paso del tiempo podemos tener un aumento de la curva de mantenimiento como lo observamos en la siguiente figura. Aún con este aumento, en este momento la empresa A es veinticinco veces mejor que la empresa B.

Compañía	Historia	Meta	Un año después
A	1 %	0 %	0,01 %
B	0,5 %	0,25 %	0,25 %

FIG. 1.8
LA EMPRESA A ES 25 VECES MEJOR QUE LA EMPRESA B

Cabe hacer el comentario que las gráficas anteriores son suposiciones, pero lo que sí se puede asegurar es que si logramos que la empresa sea una empresa orientada a cero, podemos obtener beneficios como los siguientes:

Exito absoluto.
Mayor capacidad de reacción ante los problemas
Obtención de soluciones.

Veamos la siguiente gráfica de los resultados de las figuras 1.6, 1.7, 1.8 con respecto al tiempo.

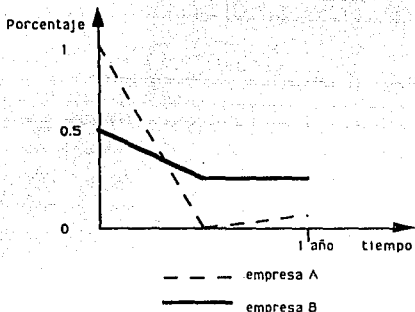


FIG 1.8.1 COMPARACION DE RESULTADOS

Otro punto importante que se debe tener en cuenta en la implementación de este sistema de mantenimiento es el ahorro que a mediano plazo se puede obtener con él.

Analicemos las siguientes gráficas de costo:

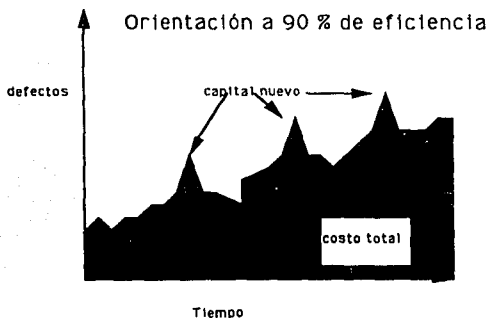


FIG 1.9 ORIENTACION A 90 % DE EFICIENCIA

Esta figura 1.9 es producto de una orientación al 90 % y se puede observar que de los costos totales se siguen teniendo picos de costo, cuando se habla de costos totales, se habla de que los defectos tienen un costo determinado y a este se debe sumar el costo de los picos por defectos mayores o de mantenimiento.

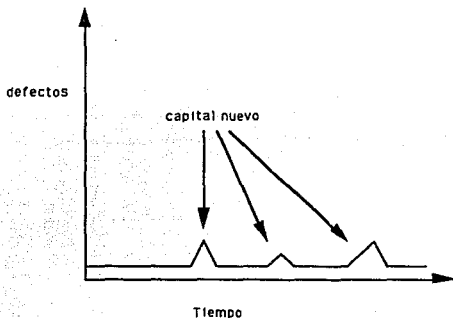


FIG. 1.10 ORIENTACION AL100% DE EFICIENCIA

En la figura 1.10 se observa que si se decide abatir al máximo los costos, los picos por mantenimiento pueden seguir existiendo, pero la suma de todos los costos será necesariamente menor con una orientación al 100 %.

He aquí como el concepto cero descongela las organizaciones. Al final de esta dinámica de mantenimiento todos los defectos últimos deben estar eliminados; además, el concepto cero empuja a todos los miembros de la organización a realizar cuanto esté a su alcance mediante un involucramiento que más adelante analizaremos.

Se debe cambiar la mentalidad de la gerencia, ya que no estamos hablando de una posibilidad sino de una necesidad, de este modo, si el concepto cero no es nuestra meta no podremos hablar de empresas de primera calidad nunca.

Definitivamente, se puede pensar que no es una tarea fácil llegar a implementar este sistema, ya que significa un cambio radical en las organizaciones de mantenimiento tradicionales, es por esto que cuando se definió este modelo se mencionó la necesidad de ir avanzando con actividades diarias con las cuales, a final de un cierto período dependiente de la empresa o industria de que se trate, se logrará llegar a nuestra meta.

Otro factor importante a analizar es la parte de participación de los miembros de la industria, la cual es muy necesaria, ya que conlleva a que cada miembro conozca la manera de resolver los problemas; se logra una prevención en defectos en operación y en equipos de los "dueños" de los sistemas. Además un gran número de mejoras pueden ser implementadas con un trabajo en equipo; este número de mejoras debe ser mayor a las que implementaría el departamento de Ingeniería solamente.

Se debe trabajar en equipo por un meta común, que es lograr el concepto cero en mantenimiento. Todos deben trabajar con esta idea, en todos los niveles y en sus actividades diarias para lograrlo.

Podemos hablar ahora del papel de la gerencia, que es una parte importantísima de este programa. Las funciones de la gerencia se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Dar soporte y ofrecer orientación a todo el equipo.
- Liderar el equipo.
- Eliminar las posibles barreras para con el sistema.
- Ser parte del trabajo, esto es, involucrarse directamente con los trabajos.
- Recompensar y reconocer los logros parciales que se vayan obteniendo.

Se puede preguntar cómo se pretende lograr esta participación de los empleados en el programa. Los principios son los siguientes:

- Implementar el mantenimiento autónomo, el cual será realizado por los operadores.
- Desarrollar actividades con grupos pequeños.
- Absoluta claridad en instrucciones por parte de la gerencia.
- Desarrollo de planes de acción con ideas de los empleados.
- Participación general en la determinación de políticas.

Resumiendo lo que se ha dicho hasta ahora, podemos enumerar las características del programa de **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** como sigue:

- 1.- Los principios involucrados son:
 - Trabajo multidisciplinario, enfoque total de los trabajos.
- 2.- El objetivo final es lograr el máximo avance para todos los trabajadores.
- 3.- Eliminar barreras y pérdidas de esfuerzo para lograr trabajo efectivo.
- 4.- Perseguir una organización que logre mejoras constantes.

Así, nuestros empleados deben tener ciertas características para poder ser empleados que "saben"; por ejemplo, tener la capacidad de reconocer situaciones no usuales en las plantas, tener los conocimientos para rectificar errores y mejorar situaciones a partir de éstos, tener la experiencia para decidir y controlar los problemas que se presenten y tener la habilidad para mantener y controlar los equipos en buenas condiciones siempre.

CAPITULO II: MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO Y CALIDAD TOTAL.

Es muy interesante la relación que guarda el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** con el concepto de calidad total. Podría llegar a pensarse que este programa de mantenimiento viene a ocasionar un cambio en la filosofía de la calidad total, lo cual es totalmente falso. No se trata de plantear la pregunta: ¿al implementar el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**, se deben olvidar los procedimientos de calidad total?, lo que se debe comprender es la relación existente entre estas dos filosofías; de hecho, el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** puede ser considerado como un subconjunto de los procedimientos para lograr la calidad total.

Para establecer de qué manera se da lo anterior se deben analizar los principios básicos de la calidad total.

Se puede definir calidad total como una nueva manera de administrar para lograr calidad; esta manera de administrar se concentra en satisfacer al cliente, para lo cual es necesario llevar un control y entender el proceso de producción, para que, de esta manera, se pueda lograr una mejora continua. La implementación de programas de calidad total requiere un compromiso de la administración o gerencia superior, que utilizan de manera abundante el trabajo en equipo, el reconocimiento y las recompensas; son muy utilizadas también las herramientas estadísticas para así conocer las deficiencias y lograr mejoras. Es muy importante saber que calidad total es aprender constantemente y para siempre. Se debe hablar también de la calidad como tal. La calidad puede entenderse como el cumplimiento de los requisitos, entre los cuales están contenidas las necesidades de los clientes, como son un buen valor por el precio, satisfacción de las necesidades de uso, buenos rendimientos en los productos y larga vida útil.

Los tres elementos de la satisfacción del cliente son los siguientes:

- 1.- Rendimiento de las mercancías o servicios provistos.
- 2.- Proveer el producto cuando se le necesite.
- 3.- Ofrecer valor competitivo por el precio.

Un enfoque muy interesante e innovador es el "cliente interno", el cual debe entenderse como cualquier persona u organización que reciba el trabajo desarrollado, esto es, no solo debe considerarse cliente al consumidor final de los productos, sino también debe aplicarse esta filosofía a las entregas de trabajos y proyectos dentro de una misma organización, de este modo, todos los miembros de la organización serán a la vez clientes y proveedores, con lo cual la calidad total depende del sistema y del proceso.

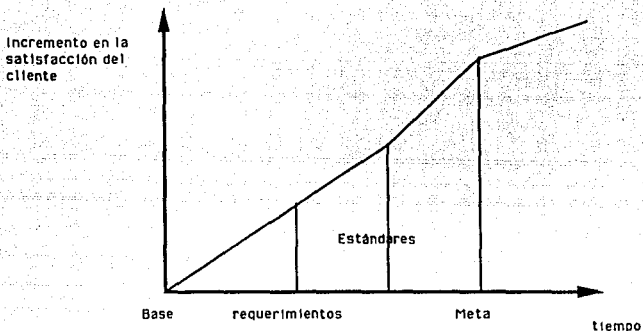


FIG. 2.1 INCREMENTO EN LA SATISFACCION DEL CLIENTE

Para lograr mejoras continuas y mensurables, deben tenerse en cuenta los siguientes procedimientos:

- Medición de la capacidad del proceso.
- Investigación de necesidades del cliente.
- Establecimiento de estándares para satisfacción de requisitos.
- Estabilizar el proceso, reducción de variación.
- Mejorar constantemente el proceso.

Se ha mencionado ya varias veces la necesidad de hacer mejoras continuas. Analicemos el porqué de esta insistencia. Se debe mejorar para lograr ser competitivo en los mercados mundiales, para hacer un mejor uso de los recursos, para lograr tener una mano de obra estable y productiva, para ganar aceptación en nuevos mercados, para crecer. También se dijo que las mejoras deben ser mensurables; esto se logra mejorando el proceso de calidad actual, encontrando variaciones y sus causas en el proceso, comparando el proceso de calidad actual con los estándares, identificando las oportunidades de mejoras e implementando, controlando y midiendo procesos nuevos de calidad.

Un patrón de identificación de los campos de mejora puede ser obtenido de los siguientes puntos: identificar actividades que no agregan ningún valor, buscar desechos provenientes de hacer las cosas nuevamente, remover desechos de los procesos ineficientes, identificar procesos de capacidad pobre, mejorar los procesos con uniformidad.

Las mejoras deben considerarse para todas las áreas, ya que todas las actividades de la empresa afectan al cliente; también la mala calidad de un área del negocio afecta a otras, de aquí la importancia del "cliente interno" que se ha definido anteriormente.

Ahora analicemos el ambiente para la mejora. Un punto muy importante a tener en consideración es que hacer cambios significa correr riesgos, por lo tanto si se corren riesgos a veces se fracasa; de esta manera, los fracasos deben ser vistos como experiencias para el futuro. Es aquí donde se hace evidente la importancia del trabajo en equipo, ya que éste reduce y comparte el riesgo.

Existen 8 factores críticos a considerar para lograr los objetivos propuestos:

1.- Conocimiento y participación de la administración o gerencia.

Se deben considerar los niveles de satisfacción de los clientes, medir el costo de los errores, equivocaciones y fracasos, conocer y medir posturas internas, mostrar los resultados que se pueden obtener con procesos con calidad total.

2.- Estructurar la organización para implementar la calidad total.

Es necesario establecer responsabilidades para mejorar, mostrar quién tiene autoridad para hacer cambios, apoyar en el proceso de hacer los cambios y mejorar la comunicación en todos los niveles.

3.- Documentar los objetivos y estrategias.

Proveer con normas de calidad con objetivos a mejorar, contar con un plan estratégico para calidad a largo plazo, a su vez, desarrollar un plan maestro con procedimientos de calidad, para lograr una programación de tiempo para satisfacer los objetivos.

4.- Entrenamiento continuo para todo el personal.

Es necesario que la gente entienda y crea en las mejoras posibles; además, los empleados deben aprender a trabajar juntos como grupo para así, juntos, puedan encontrar las oportunidades de mejora, asegurar que los empleados cuenten con la destreza necesaria para realizar su trabajo.

5.- Organizar las mediciones de todos los procesos.

Dentro de las mediciones se debe cuidar que las dimensiones muestren el rendimiento del trabajo o proceso para que, de esta manera, no aparezcan las cantidades como números fríos, sino como reflejos de resultados, se debe estabilizar el proceso averiguando previamente el estado presente del mismo; una vez estabilizado, se puede medir la capacidad del proceso, expresar y tener siempre en cuenta los requisitos del cliente.

6.- Estudiar los datos del proceso y seleccionar las mejoras

Elaborar listados de los requisitos de los clientes de cada proceso, expresar los requerimientos de cada proceso, conocer las condiciones alrededor del proceso e identificar los recursos necesarios .

7.- Dar reconocimientos por el esfuerzo realizado.

Dentro de la organización que está involucrada en los procesos de calidad total, debe quedar muy claro cuáles son las expectativas que se tienen para cada miembro; cuando se tenga éxito, debe hacerse un reconocimiento público; de igual manera, se deben tomar medidas con los elementos que no están participando o ayudando en la implementación del nuevo sistema.

8.- Reevaluar y mejorar constantemente.

Para lograr una constante mejora, se deben establecer nuevos objetivos a medida que se vayan notando mejoras, buscar y encontrar nuevas oportunidades para mejorar, fijando nuevas prioridades a medida que los problemas disminuyan, estudiar cuales esfuerzos no son exitosos y redirigirlos hacia otras metas.

Existen muchos autores que han desarrollado métodos de implementación de procesos de calidad total. Vamos a analizar algunas de las innovaciones obtenidas.

La trilogía de calidad Juran:

Este método tiene tres pasos para el mejoramiento de la calidad.

- 1.- Planificar para buscar calidad.
- 2.- Controlar para buscar estabilidad.
- 3.- Mejorar para progresar

Analicemos estas tres premisas con el siguiente gráfico:

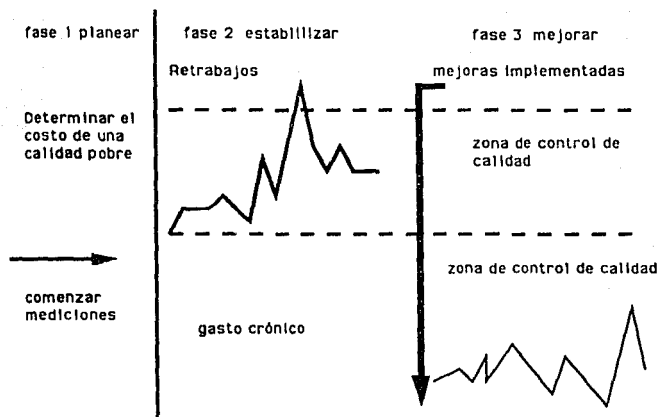


FIG. 2.2 FASES DE MEDICION

Como vemos, esta gráfica está basada mayormente en el costo que se tiene por mantener una calidad baja, poniendo de manifiesto la ventaja de implementar calidad total, abatiendo de esta manera el costo de producción.

Por otro lado, tenemos también el círculo de control Ishikawa que se muestra en la siguiente figura 2.3:

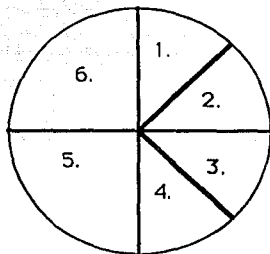


FIG. 2.3 CIRCULO DE CONTROL ISHIKAWA

1. Determinar las metas y objetivos.
2. Determinar los métodos para alcanzar los objetivos.
3. Dedicarse a la educación y entrenamiento.
4. Implementar el trabajo.
5. Revisar los efectos de la implementación.
6. Iniciar la acción apropiada.

Es evidente que todos estos cambios van a tener un costo, para el cual existen cuatro áreas básicas para el costo de la calidad en general:

1. Los costos creados por la mala calidad.
2. Los costos de mantenimiento de la calidad.
3. El costo de mejoramiento de los sistemas y procesos.
4. Los costos de mejoramiento de los diseños del producto.

1. Los costos por la mala calidad: se pueden resumir como el costo que se tiene por corregir las fallas después del envío, el costo de corregir las fallas en el lugar, el costo de volver a realizar los trabajos, el costo ocasionado por los errores no reportados y el costo ocasionado por los negocios y los clientes que se pierden.

2. Los costos de mantenimiento de la calidad: son costos de inspección de mercancías y procesos, costos de las pruebas y revisiones del rendimiento, costos de corrección de los procesos que están fuera de control, costos de recolección de datos e informe, costos de revisiones y mantenimiento de los registros.

3. Los costos de mejoramiento de los procesos: se van a reportar costos debidos a la determinación de los niveles actuales de calidad, a la realización de estudios de la capacidad del proceso, al análisis de procesos para las fuentes de variación, a la implementación de los métodos y procedimientos aprobados y, por último, a la realización de evaluaciones y reportes de los resultados.

4. Los costos del mejoramiento del diseño del producto: costos por investigación de materiales y métodos mejorados, costos por revisión de componentes y procesos mejorados, costos por la simplificación y fortaleza del diseño, también tenemos costos por la mejora en la comprensión de las necesidades del cliente, por último, por determinar los niveles actuales de satisfacción del cliente.

De este modo, el costo típico de la calidad es del 10 al 50 % del costo de la producción en el momento de implementar el sistema de calidad total; sin embargo, el objetivo a alcanzar a mediano plazo es del 5 % del costo de producción.

Se tienen maneras de reducir el costo de calidad, entre ellas se cuenta con factores a considerar como son: reducir los costos por fallas externas, reducir los costos por fallas internas, controlar los costos de inspección y prueba, aumentar los costos de prevención y reducir el costo global de la calidad.

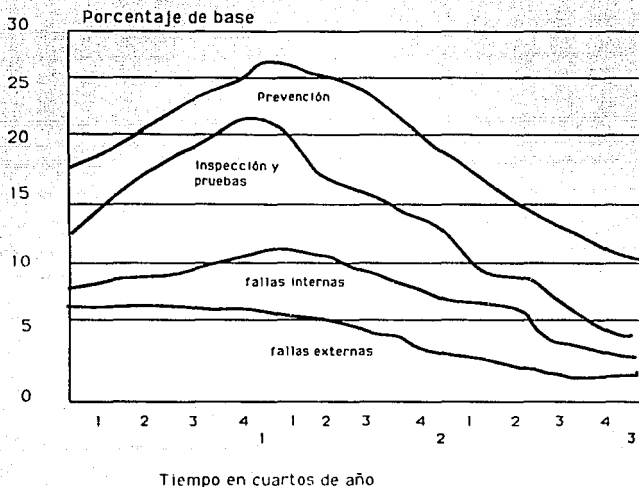


FIG.2.4 PORCENTAJE DE BASE

Como se observa, al paso de 3 años los costos de calidad ya han decrecido de manera considerable, con la ventaja de que en este momento se tiene un producto de excelentes características competitivas.

Con lo anterior, se pueden notar los muchos factores que nos afectan en la implementación de la calidad total, por lo tanto, se requiere echar mano de las técnicas de estadística que se conocen para llevar mejores controles de las variables involucradas, las cuales dependen de cada proceso e industria; estas técnicas no son motivo de este trabajo.

Una vez que hemos esbozado los elementos de los sistemas de implementación de calidad total, es muy clara la aseveración que se hizo anteriormente y se puede ahora afirmar con mayor seguridad que el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** es, sin duda, un subconjunto de los sistemas de calidad total ya que con él se va persiguiendo el mismo fin. Más aún, este modelo de mantenimiento es un elemento importantísimo para la consecución global de altos niveles de calidad.

CAPITULO III: METAS DEL MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO.

Es necesario hablar de los objetivos que se están persiguiendo, ya que si no se consigue tener un conocimiento amplio y claro de los mismos, difícilmente se completarán en un 100 %.

El **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** tiene 5 objetivos principales que ya han sido comentados de manera implícita a lo largo de este trabajo:

- 1.- Mejoras en la efectividad de los equipos.
- 2.- Mantenimiento autónomo desarrollado por los técnicos operadores
- 3.- Conducta de planeación de mantenimiento.
- 4.- Entrenamiento en la operación y mantenimiento.
- 5.- Administración a tiempo de los equipos y recursos.

A continuación, se analizará uno a uno los objetivos enlistados:

1.- Mejoras en la efectividad de los equipos: Observemos las siguientes gráficas.

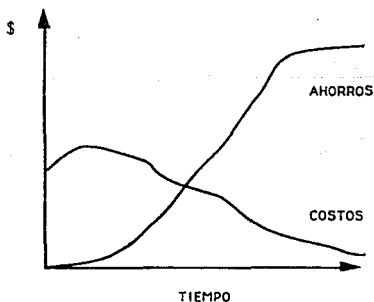


FIG.3.1 AHORROS VS COSTOS

Es evidente que a medida que se logren ahorros, los costos verán reducido su valor, no es posible afirmar que hasta cero, pero sí de manera considerable.

Se encuentra un área de problema cuando los costos son mayores que los ahorros ya que esto, como es obvio, nos ocasiona gastos extras al gasto de producción.

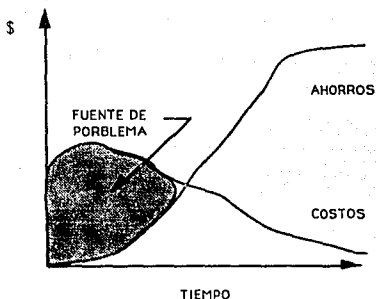


FIG. 3.2 ZONA DE PROBLEMA

Sin embargo, si se consigue hacer más efectivos los equipos se tendría un menor intervalo de tiempo en el que los ahorros son menores a los costos como se aprecia en la siguiente gráfica:

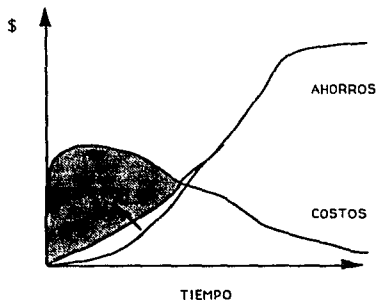


FIG. 3.3 MEJORAS EN LA ZONA DE PROBLEMA

Haciendo mejoras a la efectividad de los equipos de manera temprana, notamos que la curva de ahorros tiene una pendiente mayor, con lo cual se logra reducir el intervalo en que la curva de costos es mayor que la curva de ahorros. Esta reducción depende directamente de cuanto se avance en el incremento de la efectividad de los equipos.

El enfoque para este incremento en efectividad debe tener en cuenta los 6 motivos de grandes pérdidas:

- 1.- Paro de equipos.
- 2.- Ajustes / Cambios en los productos.
- 3.- Equipos ociosos y paros menores.
- 4.- Rangos reducidos.
- 5.- Defectos de calidad.
- 6.- Pérdidas en arranques.

Se debe hablar ahora de las mediciones que se van a realizar para conocer el estado de los equipos. Para la mejor comprensión de estos puntos se tienen las siguientes gráficas:

MEDICIONES:

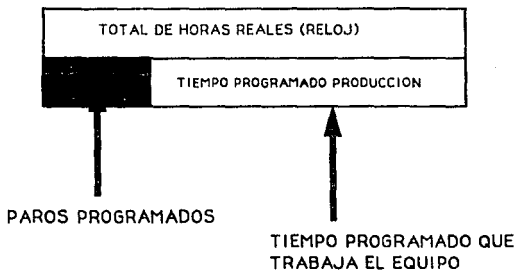


FIG.3.4

MEDICIONES:

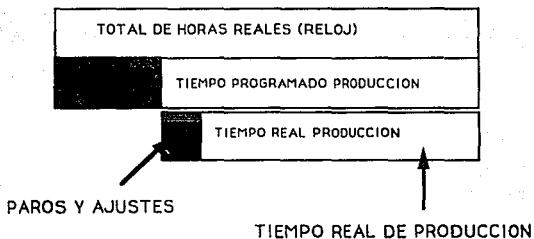


FIG. 3.5

MEDICIONES:

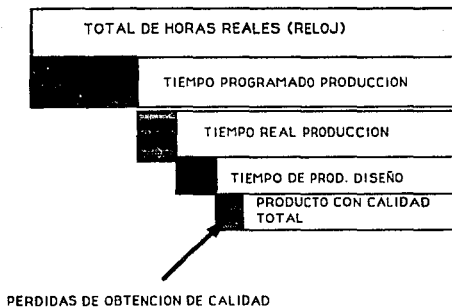


FIG 3.6

Como se puede observar en la secuencia de figuras, el tiempo real que se tiene de producción se ve cada vez más reducido por diversos factores inherentes a la operación de lo equipos; por lo tanto, si se pone énfasis en la parte de la efectividad de los equipos podemos disminuir el tiempo para lograr productos de calidad total.

El **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** y sus filosofías se aplican en este punto al renglón de efectividad de los equipos; este renglón, a su vez, contiene tres puntos muy importantes como parámetros de medición de resultados. Estos parámetros son:

La disponibilidad de los equipos.
El desarrollo de los equipos y
La calidad lograda.

Estas tres características se ven incrementadas al aumentar la efectividad de los equipos, así en este caso el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** se centra a resolver los problemas que puedan existir en esta área, como lo muestra la siguiente figura:

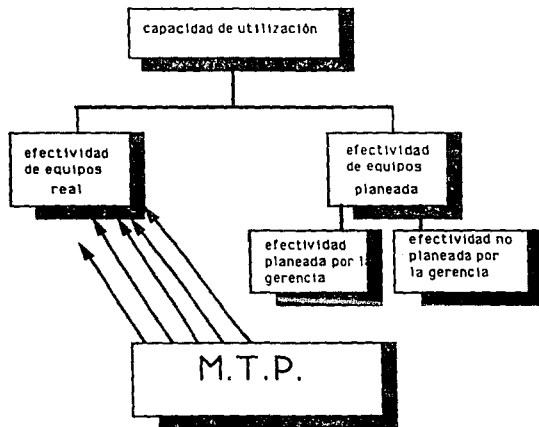


FIG. 3.7
MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO APLICADO A UNA SOLA AREA

Esto es, toda la logística del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** va a colocar su atención en diferentes áreas que puedan tener carencias para tratar de lograr, como ya se ha dicho, con pequeños pasos, la implementación de las mejoras en todas las áreas de la producción.

En la figura 3.7 se está mencionando la capacidad de utilización que se divide en la efectividad real de los equipos y en la efectividad planeada. Es importante ahondar más en estos términos. Se analizará primero la efectividad real de los equipos. La efectividad real de los equipos se divide a su vez, como ya se mencionó, en:

La disponibilidad.

El desarrollo y

La calidad.

Hagamos una breve explicación de cada uno de estos términos.

La disponibilidad es un parámetro adecuado para medir el porcentaje de tiempo que un equipo está corriendo como es debido. Este parámetro mide los paros por ajustes y puestas en marcha. Los paros programados debidos a cualquier problema no se toman en cuenta en él; matemáticamente, se representa con el siguiente cociente:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo en operación}}{\text{Tiempo en operación programado}}$$

Por otro lado, se tiene el desempeño o desarrollo de los equipos; este parámetro mide la estabilidad de la producción con respecto a un objetivo deseado o a un estándar; de hecho, su representación matemática implica al cociente de estas dos cantidades:

$$\text{Desarrollo} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción estandar u objetivo}}$$

Y para terminar con la parte de efectividad de equipos tenemos la calidad, la cual mide de manera efectiva la cantidad de buen producto producido; por lo tanto, en este parámetro se ven reflejados los retrabajos y los productos que no pasan el control de calidad. Estos reflejos son considerados ineficiencias. Matemáticamente también se representa con un cociente:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Producto con calidad}}{\text{Producción total}}$$

Ahora, si analizamos la otra rama de la figura 3.7 que involucra la capacidad de utilización, nos encontramos con otras dos divisiones después de la efectividad planeada; estas divisiones son la efectividad planeada por la gerencia y la efectividad no planeada por la gerencia.

La efectividad planeada por la gerencia recoge la suma de tiempo perdido de forma programada necesario para la operación de la planta; esto incluye mantenimiento planeado, juntas, etc.

La efectividad no planeada por la gerencia mide la suma de tiempo de paro que no está bajo el control de la planta, pero que es necesario para el negocio, incluyendo habilitación de la línea de materiales, que el producto no se venda, en los casos en que las plantas o parte de ellas solo trabajen 5 días a la semana (incluyendo el tiempo que se invierte en parar y arrancar las líneas de producción), ajustes de inventario, etc.

$$\text{Efectividad programada} = \frac{\text{Tiempo de operación programado}}{\text{Tiempo real}}$$

Realicemos un ejemplo para el cálculo de los parámetros que hemos estado tratando. Los datos obtenidos pertenecen a una fábrica de productos de consumo:

Consideremos que esta fábrica trabaja 5 días a la semana con 24 hrs. (tres turnos), empezando el lunes a las 7:00 AM; parando la producción a las 7:00 PM el Viernes de cada semana.

Cada lunes los preparativos para arranque llevan alrededor de 2 hrs.; por lo tanto la producción comienza a las 9:00 AM.

Igualmente, los viernes, se para la fábrica a las 9:00 PM para limpieza, ajustes, etc., lo cual toma 2 hrs., terminando el turno a las 11:00 PM.

Si tomamos el mes de abril de 1990 como ejemplo, la fábrica tuvo 5 arranques, también tuvieron 5 paros para fin de semana, mismos que representan 2 hrs. cada uno.

Incluyendo 4 hrs. mas por otras fallas se tiene un total de 24 hrs. sin producción, Sabemos que las líneas están diseñadas para producir 5000 productos por hora, pero hay que tomar en cuenta los paros o disminuciones de velocidad; estos incidentes se consideran triviales, por lo tanto, no se llevan estadísticas de los mismos.

Una revisión del mes en cuestión arrojó lo siguiente:

- 1) Las bombas de agua, parte indispensable para la producción, fallaron 2 veces, esto representa un total de 18 horas.
- 2) Paros debidos al sistema eléctrico ocasionaron 19 horas.
- 3) Hubo 24000 productos fuera de medidas por defectos en las máquinas; el tiempo empleado para corregir estos defectos fue de 2 horas.
- 4) Se registraron 25 horas de paro por cambio en las características de la producción.
- 5) Los desperdicios por falta de calidad o problemas en la materia prima suman 35000 productos.
- 6) La fábrica embarcó 1'700,000 productos en este mes.

Nos interesa saber el valor de la efectividad de equipos, cuál fue la disponibilidad durante este mes, cuál el desempeño, la calidad, y cuál fue la capacidad total de utilización que se registró en este período de tiempo.

Para hacer más gráfica la resolución de este ejemplo, se tomarán los formatos mostrados en las figuras 3.4, 3.5, 3.6 de acuerdo a los siguientes datos calculados.

Convirtiendo el tiempo a producto:

$$378 \text{ hr} \times 5,000 \text{ Prod/hr (Rango de diseño)} = 1,890,000$$

$$\% \text{ Efectividad de equipos} = \text{disponibilidad} \times \text{desempeño} \times \text{calidad}$$

$$\% \text{ Efectividad de equipos} = 0.832 \times 0.931 \times 0.966 = 74.8 \%$$

$$\% \text{ Capacidad de utilización} = \text{efectividad de equipos} \times \text{efectividad planeada}$$

$$\% \text{ Capacidad de utilización} = 0.630 \times 0.748 = 47.1 \%$$

El cálculo de los parámetros aquí involucrados se resume en la figura 3.8

Paros y ajustes	
Causa	perd
bombas	18
elect	19
cambios de prod	25
otros	14
total	76

Defectos de calidad	
Causa	perd
En produccion	24,000
Por materia prima	35,000
total	59,000

Tiempo programado de produccion		
5 lunes	22 hrs	110
4 martes	24 hrs	96
4 mier.	24 hrs	96
4 jueves	24 hrs	96
4 viernes	24 hrs	56
0 sabados	0 hrs	0
0 domingos	0 hrs	0
total		454

La cantidad que precede los días de la semana se refiere a la cantidad de dichos días contenidos en el período en cuestión.

FIG. 3.8 CALCULO DE PARAMETROS

De esta manera utilizando los datos anteriores llegamos a la siguiente figura:

MEDICIONES:

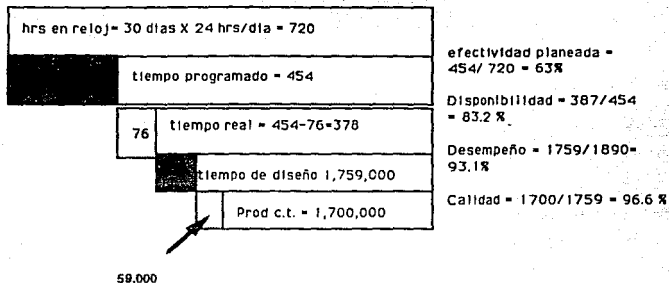


FIG. 3.9 CALCULO DE PARAMETROS

Se hablará del significado de los términos aquí involucrados:

CAPACIDAD DE UTILIZACION: Es el parámetro que representa la producción con calidad en el tiempo real existente. Este parámetro incluye los paros planeados para mantenimiento y además los paros no planeados debidos a problemas en la operación de los equipos y los paros causados por no usar la capacidad productiva instalada. Por ejemplo una operación de 5 días jamás podrá pasar de un 71 % para la capacidad de utilización, ya que los fines de semana son paros programados.

EFFECTIVIDAD PLANEADA: Es la medida o porcentaje del tiempo total en que se programa producir un artículo, así refleja el impacto de los paros programados; por tanto, mide el efecto de la demanda del mercado, el mantenimiento, días festivos, disponibilidad de materiales y otros paros programados.

EFFECTIVIDAD DE EQUIPOS: Mide el porcentaje de la operación programada que realmente se ocupa para producir productos de buena calidad. Estan incluidos en este parámetro los paros que no son programados, el retrabajo, el desperdicio. **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** se enfoca principalmente a maximizar la Efectividad de Equipos, el cual puede ser abatido entendiendo más detalladamente las causas de fallas para producir de acuerdo con la programación. Estas causas pueden ser resumidas en tres principalmente: la disponibilidad, la calidad y el desempeño.

LA DISPONIBILIDAD: Es el porcentaje del tiempo de producción programado que el equipo realmente produce, por lo tanto, es una medida del impacto de los paros no programados.

DESEMPEÑO: Es la medida del impacto que tienen los problemas desconocidos o menores que causan que la producción este abajo del rango de diseño. Matemáticamente, es el cociente entre tiempo neto de producción, que se conforma del tiempo requerido para producir la suma esperada en el rango de diseño. Para aclarar este concepto, si corremos a un 75 % durante una hora se tiene la misma producción que si se corriera a un 100 % durante 45 minutos. Pero, corriendo a un rango menor, como en este ejemplo, costó 15 minutos de capacidad. El desempeño mide esta pérdida.

CALIDAD: Es el porcentaje de tiempo en que se produce un producto vendible. Por lo tanto, los desperdicios, los retrabajos y los productos fuera de los estándares de calidad son tomados en cuenta en este parámetro. Así, la Calidad es un cociente entre el producto vendible comparado con la suma total de la producción.

Estas mediciones en forma separada son muy simples, pero son muy poderosas las conclusiones a las cuales podemos llegar.

2) MANTENIMIENTO AUTONOMO:

El mantenimiento autónomo tiene los siguientes objetivos:

1. Comenzar a desarrollar una responsabilidad generalizada para incrementar la efectividad de los equipos.
2. Establecer bases para hacer mejoras en los diseños de equipos.
3. Capacitar a la gente con conocimientos especiales para desarrollar tareas que requieren estos conocimientos.
4. Integrar a la gente para desarrollar mantenimiento y operación, aunando sus conocimientos hacia un objetivo común.

De este modo el corazón del mantenimiento autónomo es prevenir el desgaste forzado.

Tradicionalmente, en las fábricas se maneja la filosofía de que el departamento de mantenimiento esta totalmente aislado del departamento de producción; sin embargo, la producción eficiente depende de que ambos departamentos, mantenimiento y producción, se realicen en armonía.

De este modo podemos designar tareas específicas a los técnicos de mantenimiento y a los técnicos de producción como sigue:

TECNICOS DE PRODUCCION:

1. Prevención de deterioro

- Operación correcta con conocimientos
- Mantenimiento de las condiciones básicas del equipo.

2. Medicion de deterioro

- Inspecciones diarias
- Inspecciones periódicas.

3. Restauración

- Reparaciones menores
- Reportes de problemas o mal funcionamiento
- Asistencia en reparaciones mayores cuando sea posible.

TECNICOS DE MANTENIMIENTO:

- Reparaciones a los equipos que requieren un grado avanzado de conocimientos técnicos.
- Actividades de mantenimiento predictivo y preventivo.
- Mejorar la capacidad de mantenimiento de los equipos.
- Guiar y ayudar en actividades de mantenimiento autónomo.
- Otras actividades enfocadas a implementar tecnología para el mantenimiento.

Los recursos del departamento de mantenimiento deben concentrarse en trabajar los problemas que requieran un alto grado de conocimiento técnico.

El mantenimiento autónomo es una inspección diaria enfocada a prevenir el deterioro de los equipo; es transferir las tareas del mantenimiento existente a los técnicos de operación.

3.- CONDUCTA DE PLANEACION DE MANTENIMIENTO:

En algunas ocasiones se trata de averiguar el porqué no se está avanzando como se desea. La respuesta es tratar de entender si algunas de las siguientes frases pueden ser encontradas en el proceso a mejorar:

- Las reparaciones que se llevan a cabo en los equipos son rápidas y temporales.
- Las causas de los paros no son investigadas hasta el fin.
- Los paros menores son totalmente ignorados.
- Los errores en la operación de los equipos son también ignorados.
- Se toman acciones si y solo si existe un paro de equipos.
- Las reparaciones que se realizan son impropias o de mala calidad.
- Las fallas encontradas pueden deberse a diferentes áreas similares entre si.
- Existencia de paros crónicos.

Algunas de las medidas que se pueden tener en cuenta para resolver los problemas anteriores son las siguientes:

Se debe hacer muy clara y sencilla la diferencia entre una condición normal y una condición anormal:

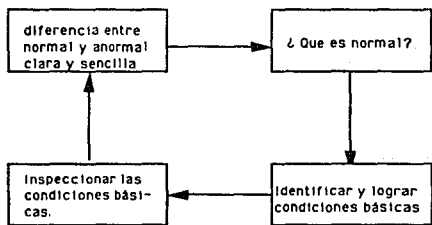


FIG. 3.10
IDENTIFICACION Y SEGUIMIENTO DE CONDICIONES NORMALES

De este modo, el mantenimiento planeado tiene dos principios básicos a seguir:

1.- Condiciones de operación básicas seguras: Las condiciones básicas son las condiciones más importantes.

2.- Desarrollar procedimientos para alcanzar las condiciones óptimas: Se debe saber que si se trabaja en estos procedimientos sin haber alcanzado las condiciones básicas, el trabajo será inútil.

Es importante no asumir o dar por hecho que se conoce cómo alcanzar las condiciones básicas.

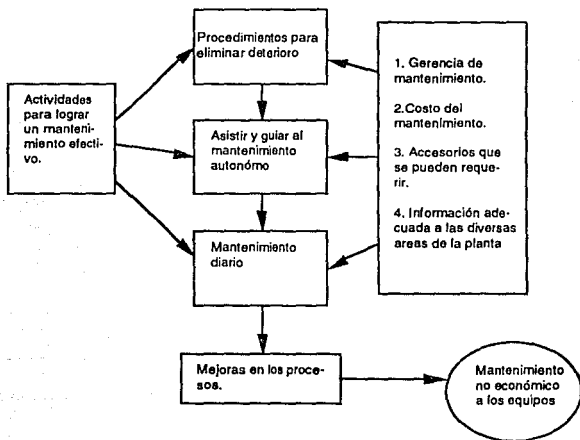


FIG.3.11
MANTENIMIENTO PLANEADO

Dentro de la planeación del mantenimiento es muy importante tener en cuenta el grado de conocimientos con que cuenta nuestro personal. De acuerdo a estadísticas de un 100 % de conocimientos técnicos, 40 % son conocimientos de nivel básico, otro 40 % son de un nivel considerado medio y un 20 % son conocimientos de alto nivel. Este alto nivel, es el nivel que requerimos para implementar el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**.

El mantenimiento programado o planeado que se muestra en la figura 3.11 puede estar basado en dos condiciones principalmente:

1. Prevención basada en tiempo.
2. Prevención basada en condición.

La prevención basada en tiempo es aquella que contiene acciones que se implementan con cierta periodicidad; por ejemplo, cambios de aceite, inspección interna anual de los equipos, cambio de filtros, reconstrucciones periódicas, calibraciones periódicas, etc.

La prevención basada en condición, es aquella que toma en cuenta las características reales de los equipos. Estas acciones pueden ser tomadas en cualquier momento, es decir, no obedecen a un período; por ejemplo, análisis de vibración de los equipos, estudios infrarrojos en equipos eléctricos, calibraciones durante la operación de los equipos, análisis ferrográficos de los aceites utilizados en los diversos equipos, análisis de ultrasonido, pintura sensible a la temperatura, etc.. Como se puede observar, esta prevención puede quedar contenida en el concepto de mantenimiento predictivo, ya que el monitoreo de vibración es uno de los parámetros que se tienen disponibles en la industria que contiene más información intrínseca; es importante concientizar que se tienen muchos recursos para conocer información sobre los estados de los equipos; estos recursos no se están utilizando debidamente debido a los enfoques existentes en las industrias.

Dado que la precisión en el mantenimiento es la clave para el buen funcionamiento de las plantas, se pueden desarrollar sistemas para los diferentes tipos de equipos, por ejemplo, casi todos los equipos de funcionamiento rotativo pueden ser prevenidos con los siguientes puntos:

- 1.- Balancear con un alto grado de precisión.
- 2.- Alineación de precisión usando las técnicas y aparatos de tecnología de punta.
- 3.- Monitorear la vibración regulamente.
- 4.- Utilizar los resultados de los monitoreos de vibración para programar el mantenimiento de las partes de rotación.

Otra de las metas del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** es el entrenamiento al personal de operación y al personal de mantenimiento. Es fundamental el entrenamiento, ya que para la implementación del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** y para lograr la filosofía del cero defectos se requieren técnicos con un buen grado de entrenamiento.

Cuando se tiene entrenamiento también se puede lograr compromiso entre los involucrados en el desarrollo de los trabajos.

Es importante colocar tiempos para la consecución de las metas de esta manera se puede medir el avance de los cambios y tomar acciones para lograr conseguirlos en el corto plazo.

Se debe implementar un sistema de lecciones de un solo punto, esto es, un sistema de fichas con las cuales se puede saber exactamente y de manera sencilla los pasos a seguir para el mantenimiento de diversos equipos, en base a aprendizajes obtenidos de mantenimientos anteriores.

También se debe hablar del papel de la gerencia en el entrenamiento:

- Saber cuándo y en qué se requiere entrenamiento.
- Proveer entrenamiento y educación.
- Saber las necesidades de entrenamiento adicional.
- Llevar a cabo el liderazgo poniendo el ejemplo de las acciones.

Por último se hablará de la meta número 5, la administración a tiempo de equipos y recursos. Dentro de esta meta tenemos la administración temprana de equipos, esto es, proveer las necesidades para arranques de equipo nuevo con cero defectos, es decir, desde el principio de la vida útil de los equipos se puede procurar la política de los cero defectos; con esto, se logra prevenir el deterioro temprano de los mismos; además, deben proveerse también las necesidades para un costo mínimo en el ciclo de vida de los equipos y, por último, se debe procurar que los equipos tengan las necesidades de bajo mantenimiento. Observemos la siguiente gráfica, donde se muestran las diferentes fases de la ejecución de los proyectos. Nos damos cuenta de que el proceso para lograr toda la logística del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** comienza desde mucho antes de que los equipos estén operando, esto es, la fusión del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** con la calidad total y también observamos la existencia de los clientes internos, ya que existen normalmente diferentes responsables en las etapas aquí mostradas; por lo tanto, en las instalaciones de equipos nuevos, lo mejor es comenzar a pensar en la calidad total y en el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** desde la concepción de los proyectos para que, de esta manera sea más sencillo lograr nuestras metas.

La siguiente gráfica, también muestra elementos para la toma de decisiones para equipos y atributos de un proceso; esta gráfica nos muestra las diferentes fases que tiene la instalación y operación de un proceso de producción, observemos que existen atributos intrínsecos y atributos de operación en los equipos de cualquier proceso del que se este hablando, todos estos atributos habrán de tomarse en cuenta desde la instalación de los equipos y evidentemente también en el mantenimiento a los mismos, el objetivo que se esta persiguiendo es lograr que la operabilidad sea mayor que la capacidad de mantenimiento.

TOMA DE DECISIONES PARA EQUIPOS Y ATRIBUTOS DE PROCESO

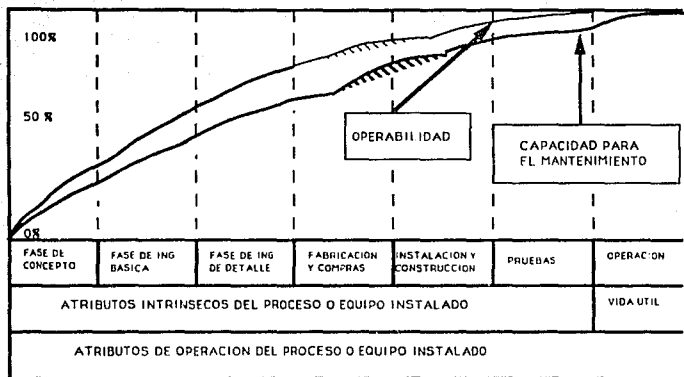


FIG. 3.12

Después de haber analizado uno a uno los objetivos del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**, la pregunta es: ¿cómo lograr la implementación y lograr que todos estos conceptos funcionen al mismo tiempo? El siguiente capítulo trata de la implementación de estos conceptos pero podemos adelantar las siguientes conclusiones:

- 1.- Aprender de las mejoras hechas por pequeños grupos de actividades.
- 2.- Aprender de las mejoras hechas en mantenimiento.
- 3.- Aplicar un buen diseño de ingeniería.
- 4.- Desarrollar un sistema para implementar los 3 puntos anteriores.

En resumen, se deben desarrollar normas para el desarrollo de ingeniería que incluyan las experiencias desprendidas de la operación y el mantenimiento.

CAPITULO IV: IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO.

Como ya se ha mencionado en el capítulo anterior, ha llegado el momento de poner todos los conceptos que hemos analizado juntos para implementar la filosofía del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**. Se pueden enlistar doce pasos para su implementación:

1. Aviso de la alta gerencia sobre la decisión de implementar el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**.
2. Lanzar la educación y campaña para introducir **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**.
3. Crear una organización para promover el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**.
4. Establecer el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** con sus compromisos y metas.
5. Formular un plan maestro.
6. Combatir las resistencias contra el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**.
7. Mejorar la efectividad de los equipos.
8. Desarrollar el mantenimiento autónomo.
9. Desarrollar un programa de mantenimiento.
10. Guiar el entrenamiento hacia la mejora en operación y los conocimientos para el mantenimiento.
11. Desarrollar un programa para la administración temprana de los equipos.
12. Perfeccionar el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** y alcanzar nuevos niveles.

Como todos sabemos, la elaboración de un plan maestro es fundamental para el buen funcionamiento del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**.

La pregunta es: ¿qué es lo que estamos buscando y hacia dónde se van a dirigir los esfuerzos?

Para dar respuesta a esta pregunta hablaremos del mantenimiento autónomo a través de 7 pasos; estos pasos serán analizados posteriormente. También hablaremos de que las actividades de mantenimiento planeadas deben integrarse a la evolución del mantenimiento autónomo.

Los siete pasos para lograr la evolución del mantenimiento son los siguientes:

- 1.- Limpieza inicial.
- 2.- Mediciones en la fuente de los problemas.
- 3.- Limpieza y lubricación de rutina.

Estos tres primeros puntos están orientados a los equipos.

- 4.- Inspección general.
- 5.- Inspección autónoma.
- 6.- Orden en la ejecución de trabajos.
- 7.- Mantenimiento autónomo completo.

Los últimos cuatro puntos están orientados más bien a la parte del personal, el cual debe hacer algunas variaciones en la forma de trabajo para lograr implementar en su totalidad y con éxito el mantenimiento autónomo.

En resumen, lo que estamos buscando es tener el conocimiento y saber a dónde debemos llegar para, de esta manera tener la motivación.

PASO	NOMBRE	COMENTARIOS SOBRE ACTIVIDADES
1	LIMPIEZA INICIAL	TODO LO RELACIONADO CON LA LIMPIEZA DE POLVO Y GRASA EN EL EQUIPO Y LA IMPLEMENTACION DE LUBRICACION Y AJUSTE, DE EQUIPOS.
2	MEDICIONES CONTRA FUENTES DE PARO	PREVENIR FALLAS CAUSADAS POR POLVO Y GRASA ASI COMO OTROS AGENTES, MEJORANDO LUGARES DIFICILES DE LIMPIAR Y LUBRICAR, REDUCIR EL TIEMPO REQUERIDO PARA LIMPIEZA Y LUBRICACION.
3	FORMULACION DE NORMAS DE LIMPIEZA Y LUBRICACION	FORMULAR NORMAS PARA HACER POSIBLE MANTENER LIMPIAS Y LUBRICADAS TODAS LAS PIEZAS DE LAS MAQUINAS EN MENOS TIEMPO.
4	REVISIONES GENERALES	ENTRENAMIENTOS EN REVISIONES CON AYUDA DE LOS MANUALES, EXPOSICION Y RESTAURACION DE PEQUEÑOS DEFECTOS EN LOS EQUIPOS A TRAVES DE LAS REVISIONES.
5	REVISIONES AUTONOMAS	FORMULACION E IMPLEMENTACION DE REVISIONES AUTONOMAS CON FORMATOS ESPECIALES.
6	ORDEN Y LIMPIEZA	ESTANDARIZAR VARIOS TIPOS DE TAREAS E IMPLEMENTARLAS COMO UN SISTEMA A SEGUIR: - NORMAS PARA LIMPIEZA, REVISIONES Y LUBRICACION - NORMAS PARA LA DISTRIBUCION FISICA Y ERGONOMICA - NORMAS PARA LA RECOPIACION DE DATOS - NORMAS PARA LOS MATERIALES Y HERRAMIENTAS - NORMAS PARA DISEÑO LIMPIO
7	ADMINISTRACION AUTONOMA	DESARROLLAR POLITICAS Y METAS PARA QUE EXISTAN MEJORAS SIEMPRE EN TODAS LAS ESTRATEGIAS INVOLUCRADAS EN ESTE PROCESO.

FIG. 4.1 PASOS PARA INVOLUCRAR AL MANTENIMIENTO AUTONOMO:

1.- LIMPIEZA INICIAL:

ACTIVIDAD.

- Durante la actividad retirar el polvo y grasa de los equipos y remover las partes no necesarias.
- Identificar áreas sucias crónicas y áreas de difícil acceso.

METAS PARA EL EQUIPO:

- Eliminar causas de deterioro diferentes a la operación de equipos.
- Eliminar polvo y grasa e implementar inspecciones de calidad.
- Descubrir y tratar defectos ocultos.

Es recomendable la utilización de tablas tipo lista para la implementación temprana del mantenimiento autónomo.

1. Lista de inconformidad y deterioro.

FECHA	DETERIORO INCONFORMIDAD	O MEDICIONES	DEPTO.	RESP.	FECHA DE TERM.	ESTADO

Esta lista nos ayuda a conocer el estado de funcionamiento de los equipos y del personal que esta trabajando en el desarrollo del mantenimiento de los mismos.

2. Lista de preguntas.

FECHA	PREGUNTA	ACCION	RESP.	FECHA DE TERM.	ESTADO

3. Lista de fuente de contaminación.

4. Lista de trabajo difícil (areas inaccesibles)

FECHA	DÓNDE	QUÉ	CÓMO	PORQUE	ACCION	PROGRAMA

Las tablas anteriores son herramientas que nos van a auxiliar a la mejor implementación del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** en su etapa preliminar. Como es de esperarse, se pueden modificar de acuerdo a las necesidades de nuestro caso; son sólo ejemplos del contenido recomendable.

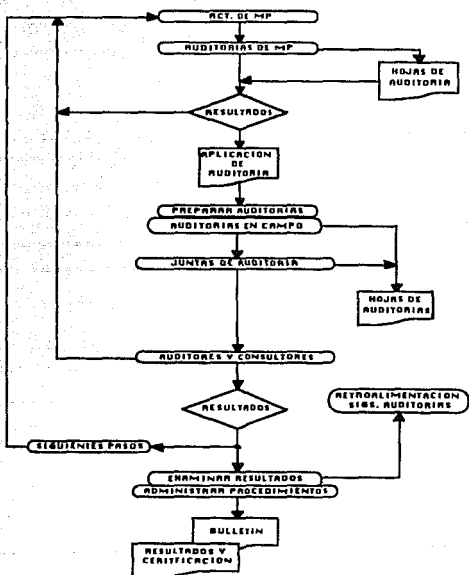


FIG. 4.2 AUDITORIAS

La figura 4.2 es un diagrama de flujo que muestra el proceso para la auditoría de mantenimiento autónomo. Esta auditoría con ayuda de las tablas que hemos observado nos ayudará en la implementación del mantenimiento autónomo y, a su vez, en la implementación del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**.

Hemos analizado el contenido del punto 1 de la lista para lograr la evolución del mantenimiento.

A continuación seguiremos con el paso 2, llamado Mediciones:

ACTIVIDAD:

- Eliminar fuentes de polvo y engrasamiento.
- Mejorar los problemas de difícil limpieza.

METAS PARA EQUIPO:

- Incrementar la confiabilidad previniendo contaminantes por acumulación.
- Elevar el tiempo de mantenimiento mejorando la limpieza y la lubricación.

3. NORMAS DE LIMPIEZA:

ACTIVIDAD:

- Establecer normas de limpieza y lubricación que sean fáciles de mantener.

METAS PARA EL EQUIPO:

- Mantener las condiciones básicas de equipos.

4. INSPECCIONES GENERALES:

ACTIVIDAD:

- Desarrollar entrenamiento en conocimientos de inspección de acuerdo con los manuales. Encontrar la manera de mantener los defectos mínimos.
- Modificar el equipo para simplificar la inspección.

METAS PARA EQUIPO:

- Inspecciones visuales de partes grandes de los equipos; reparar deterioro.
- Facilitar la inspección con métodos cada vez mejores.

5. INSPECCION AUTONOMA:

ACTIVIDAD:

- Desarrollar y utilizar formatos para el mantenimiento autónomo.
- Estandarizar actividades de mantenimiento e inspección.

METAS PARA EQUIPOS:

- Mantener las condiciones óptimas una vez que el deterioro fue corregido, implementar mejoras.
- Utilizar sistemas de control visual mejores para hacer las inspecciones más sencillas.

6. LIMPIEZA Y ORDEN:

ACTIVIDADES:

- Estandarizar normas de acuerdo al lugar de trabajo para incrementar el flujo de trabajo y la seguridad.

METAS DE EQUIPOS:

- Revisar y actualizar el diagrama del proceso (layout) de la planta productiva.
- Estandarizar el control de los procesos, herramientas, etc.

7. MANTENIMIENTO AUTONOMO:

ACTIVIDADES:

- Desarrollar metas a nivel empresa para trabajos subsecuentes.
- Continuar mejorando actividades.

METAS DE EQUIPOS:

- Recolectar y analizar datos para mejorar equipos futuros.
- Señalar deficiencias en equipos y procesos y mejorarlos.

Como ya se ha mencionado, una parte importante en este proceso es el mantenimiento preventivo; este tipo de mantenimiento tiene 4 fases:

1. Reducir variabilidad en la vida útil de los equipos.
 - Restaurar deterioros por descuido.
 - Eliminar los deterioros acelerados.

Es importante terminar primero con la restauración para regresar al equipo a su condición original.

2. Incrementar el promedio de la vida útil de las partes.
 - Aumentar la vida de partes específicas.
 - Eliminar fallas esporádicas debidas a errores.
 - Restaurar deterioros externos.
3. Reparar periódicamente el deterioro de equipos.
 - Estimar la vida útil de las partes y restaurarlas periódicamente.
 - Detectar anomalías tempranamente.
4. Predecir fallas en diferentes partes.
 - Monitorear las condiciones de los equipos para poder tener un diagnóstico.
 - Analizar fallas críticas, estimar la vida útil de las partes y alargarla.

Se tienen otros siete pasos para la operación del mantenimiento preventivo.

1. UTILIZAR CONDICIONES BASICAS:

ACTIVIDADES:

- Encontrar y restaurar partes deterioradas y así eliminar paros.
- Establecer condiciones de operación.

METAS DE EQUIPOS:

- Incrementar la confiabilidad eliminando las causas de los paros.
- Identificar condiciones no ejecutables.

2. MEDICIONES:

ACTIVIDADES:

- Establecer mediciones entre operación deseada y operación real.

METAS DE EQUIPOS:

- Mejorar las condiciones de operación y conocimientos de los operadores sobre la importancia de esas condiciones.
- Mejorar la confiabilidad eliminando problemas de diseño.

3. NORMAS DE OPERACION:

ACTIVIDADES:

- Preparar normas de operación y aclarar tareas con el personal.

METAS DE EQUIPOS:

- Mantener las condiciones básicas.
- Asegurar las necesidades de los equipos para confiabilidad.

4. ALARGAR LA VIDA UTIL:

ACTIVIDADES:

- Regular y mejorar las condiciones de operación.
- Analizar fallas e instalar sistemas para tomar mediciones.

METAS DE EQUIPOS:

- Eliminar paros esporádicos causados por errores en la operación o en la reparación.
- Incrementar la vida útil de los equipos.

5. INSPECCIONES EFICIENTES:

ACTIVIDADES:

- Estudiar y mejorar las normas de mantenimiento.
- Mejorar las inspecciones con metas a las innovaciones.

METAS DE EQUIPOS:

- Los equipos mejorarán a medida que las inspecciones sean más fáciles y efectivas.
- Los esfuerzos para las inspecciones disminuyen gracias a las mejoras.

6. MANTENER LA CALIDAD:

ACTIVIDADES:

- Implementar análisis de mantenimiento de calidad en los equipos.
- Establecer sistemas para aseguramiento de la calidad.
- Identificar relaciones entre la calidad y los equipos.

METAS DE EQUIPOS:

- Mejorar la calidad.
- Mejorar la reparación, mantener la calidad y mejorar las técnicas.

7. USO OPTIMO:

ACTIVIDADES:

- Aplicar mantenimiento predictivo a los equipos.
- Utilizar técnicas de diagnóstico para lograr el uso óptimo de equipos.

Como pudimos observar, el mantenimiento autónomo y el mantenimiento preventivo cuentan con siete pasos para su implementación; se puede hacer un análisis de las metas que se están persiguiendo en cada paso:

En los primeros tres pasos, tanto en el mantenimiento autónomo como en el mantenimiento preventivo, se están tratando de conseguir las condiciones básicas para la operación de los equipos.

En los pasos número 4 se busca definir factores determinantes importantes.

En los pasos 5, se busca normalizar el sistema para asegurar un buen nivel de eficiencia.

En los pasos 6, se está persiguiendo la funcionalidad de las implementaciones que se están llevando a cabo.

Y por último, en los pasos 7 se trata de perseguir la perfección en ambos mantenimientos.

De esta manera, nos queda solamente aclarar y resaltar que para la implementación de los diferentes preceptos que seguimos, se requiere de un esfuerzo sobre correcciones y cambios sobre las organizaciones existentes pero se puede afirmar que si se logran todas estas modificaciones se tendrán líneas de producción con mucho mayor eficiencia y, a la larga, las inversiones aplicadas a estas políticas se verán amortizadas por una producción limpia, de calidad y con un bajo costo en mantenimiento.

Debemos contestar algunas preguntas para poder dar inicio a la implementación de estas políticas: ¿cómo vamos a iniciar la implementación?, ¿cuánto equipo se necesita?, ¿donde debe estar el o los equipos?, ¿qué tan seguido se planea trabajar?

Como parte de la implementación se debe desarrollar un modelo con el cual podamos comenzar a aplicar las políticas. Dicho modelo es muy importante, ya que nos ofrecerá los siguientes beneficios:

- Ayudar al aprendizaje a través de la práctica.
- Fijar estándares para ser seguidos por otros.
- Implementación de pruebas piloto para sistemas y trabajos.
- Incrementar el entendimiento de la organización.

Es importante hablar de lo que se está entendiendo como modelo en estas líneas. Un modelo utilizado para implementar el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** es un área que tenga las siguientes características:

- Gran impacto.
- Visible / maltratada
- Equipo dinámico contra equipo estático.
- De tamaño razonable.
- Que pueda ser sacado de operación con facilidad.
- Que tenga cierto impacto en la calidad.

Para poder conocer exactamente cuáles son los parámetros utilizados para la asignación de este modelo, se tienen las siguientes bases de diseño:

El criterio para escoger la parte de una planta que nos sirva como modelo para implementar el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** es que el área escogida sea visible, que requiera mantenimiento (es decir, que esté sucia, vieja o que necesite una reparación), y que el equipo contenido sea el mismo equipo que se va a tener en el momento de implementar el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**.

Los participantes del proyecto deben ser los miembros del equipo de **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**, junto con gerentes y técnicos que se requieran para corregir defectos y dirigir prácticas de limpieza segura.

La duración del proyecto será aproximadamente de 4 a 8 semanas, 2 a 3 días por semana y 2 horas por día.

El proyecto consistirá en una limpieza inicial a un punto de reparación. Todos los defectos serán identificados y señalados. Todos los defectos que se encuentren serán corregidos inmediatamente y se debe llevar una estadística de los mismos. Cuando los defectos sean corregidos, los equipos deben pintarse.

Después se deberán tomar medidas para mejorar las condiciones de lubricación, así como de acceso para la lubricación y mejoras en procedimientos de operación.

Durante este proceso deben tomarse fotos de todas las fases del mismo, ya que con estas medidas lograremos tener material para futuros entrenamientos.

Como parte de las 2 horas al día dedicadas al proyecto, el equipo responsable tendrá juntas después de las limpiezas para establecer críticas de los eventos, para así tener información para entrenamientos.

Cuando un equipo sea seleccionado, se realizará un inventario de toda la información técnica existente para asegurar la restauración total, así como asegurar que la lubricación de los equipos se haga de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

Es de suma importancia que el área y equipos queden perfectamente identificados como una demostración de mantenimiento autónomo, y las fronteras de dicha área dejen en claro las diferencias entre el modelo ejemplificado y el sistema existente.

Esta actividad es una buena oportunidad para desarrollar memorias de arreglos simplificadas en procesos de limpieza, estándares de lubricación, sistemas para llevar los records y procedimientos para reparaciones menores.

El plan debe ser anunciado al departamento correspondiente en el momento que empieza y esta información deberá ser actualizada a medida que progresa el proyecto.

Las experiencias adquiridas en las discusiones acerca de los aprendizajes derivarán en mejor nivel de educación para todos los empleados.

2.- Selección de personal:

Dentro de la organización existente se debe conocer o buscar a las personas idóneas para ser involucradas en el proyecto de mejora.

Se debe tener atención en el equipo de gerencia del proyecto, ya que éste es el momento en que realmente se puede entender la filosofía que se está implementando.

3.- Preparación:

Para lograr una preparación adecuada, deben tenerse en cuenta los diversos planes de seguridad haciendo análisis de seguridad de acuerdo a los trabajos. Se debe colocar un pizarrón que informe de las actividades del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** junto con un método para arreglar los defectos; se deben publicar comunicaciones a todos los departamentos involucrados, obtener fotografías antes de comenzar los trabajos, se deben elaborar juntas para establecer tiempos y programas de ejecución, se deben

diseñar etiquetas para identificar defectos y, por último, debemos tener en claro cuáles van a ser los procedimientos y materiales que se van a utilizar en las limpiezas y reparaciones.

4.- Entrenamiento inicial.

Se deberá tener en claro los siguientes puntos:

- Qué se va a hacer y porqué
- Procedimientos para utilizar las etiquetas de defectos.
- Descripción de flujo de los procesos.
- Estándares tentativos para inicio de trabajos.

5.- Comenzar con la implementación de los 7 pasos vistos anteriormente, tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. En limpieza inicial se debe contar con las siguientes listas:

- Lista de áreas inaccesibles.
- Lista de fuentes de contaminación.
- Lista de defectos.
- Lista de dudas o preguntas.

2. Utilizar las auditorías para lograr medir los progresos de acuerdo a la figura 4.2.

También es importante tomar en cuenta los siguientes puntos clave:

1. Determinar el tiempo real para estar listos.
2. Estar preparado para cuando haya ausentismo.
3. Trabajar frecuentemente pero de forma breve.
4. Tener un equilibrio entre juntas y desarrollo de trabajos.
5. Siempre hacer preguntas para así aprender.
6. Definir bien un plan maestro.
7. Involucramiento desde el principio de las partes correspondientes.

Se deben tener las siguientes precauciones:

1. Que la alta gerencia esté comprometida.
2. Que la alta gerencia no pierda entusiasmo.
3. Entrega de trabajos de gerentes clave.
4. Comparación de pequeños progresos en un período de un año.
5. No pensar que solo se trata de un ejemplo de mantenimiento.
6. Continuar con la implementación del modelo de mantenimiento sin afectar la operación normal de la planta.
7. Mantener el trabajo en equipo, el enfoque en todo el trabajo.

- compromiso, etc.
- 8. Mantener el mayor rendimiento de los trabajadores.
- 9. Eliminar los tiempos muertos y las barreras para lograr un trabajo efectivo.
- 10. Mantener una organización que arroje mejoras continuas.

Podemos ahora hablar de cuáles pueden ser nuestros aprendizajes.

1. Enfocar los esfuerzos a la terminación de los trabajos.
2. Entrenar primero a los gerentes.
3. Esperar crecimiento en los conocimientos requeridos.
4. Asignar trabajos y esperar resultados rápidos y hacerlos visibles.
5. La paciencia en el cambio es vital para la obtención de resultados.

Por último, debe establecerse el perfil de las personas involucradas en la implementación de este modelo de mantenimiento.

1. Liderazgo.

- Capacidad para negociar.
- Hacer que las cosas pasen, no solo dejar que pasen.
- Involucrar a la organización.

2. Aprender e incrementar el nivel de entendimiento; solo así se logrará una liderazgo real.

3. Mantenerse en los principios del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**

- No rendirse con resultados en corto plazo.
- No dejar que nadie se rinda con resultados en corto plazo.

Estimado de costos para la implementación de MTP.

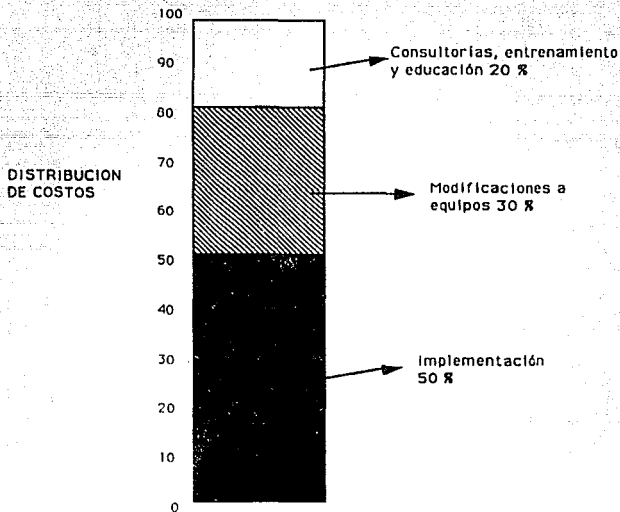


FIG. 4.3 DISTRIBUCION DE COSTOS PARA IMPLEMENTACION

El MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO ha sido implementado normalmente con un costo de 10 horas por empleado durante el primer año. Dado que el tiempo empleado consume aproximadamente 50% de los costos, de acuerdo a la fig 4.3, multiplicar por dos el costo por hora es un método razonable para estimar el costo de la implementación del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**.

De acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Número de empleados} \times \text{Hrs/mes} \times \text{Costo/empleo-hr} \times 2 = \text{costo de implementación}$$

Ejemplo:

Número de empleados = 50

Costo por hora por empleado = N\$ 20.00/ Hr.

El costo esperado para la implementación temprana del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** considerando que todo se va a realizar en tiempo extra sera el siguiente:

$$\frac{50 \text{ empleados} \times 10 \text{ hrs}}{\text{mes}} \times \frac{\text{N\$ } 20.00}{\text{empleado-hr.}} \times 2 = \text{N\$ } 20,000 / \text{mes}$$

CAPTULO V: EL CASO DEL INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD.

Antes de dar paso al capítulo de conclusiones y a un ejemplo de aplicación del modelo para mantenimiento en estudio, es importante ejemplificar la manera en que se debe elaborar un análisis que revele un problema existente o potencial en una instalación o equipo para que, de esta manera, nos sea posible delimitar fácilmente los alcances de los trabajos enfocados a dar mantenimiento a una planta de producción; para realizar dicha ejemplificación, se tomará un pequeño dispositivo muy utilizado en la actualidad en la automatización y control de procesos, que contiene al mismo tiempo parte mecánica y parte eléctrica a muy pequeña escala, se trata de un interruptor de proximidad o de posición.

El interruptor de proximidad es un dispositivo electromecánico que contiene un juego de contactos en su interior que es accionado por un pie o palanca que se encuentra en contacto con el dispositivo al cual se requiere controlar en cuanto a posición; dependiendo de la lógica con que se alambre el dispositivo, el juego de contactos permitirá o interrumpirá el paso de corriente, accionando así algún otro dispositivo de control, llámese arrancador, PLC, etc.

Supongamos que en cierto equipo se tienen instalados varios interruptores de proximidad, en cierto conjunto de clutches para sobrecarga. Es muy importante hacer notar que la importancia de dichos conjuntos clutches-interruptor de proximidad es grande, ya que protegen a dispositivos muy costosos previniendo el daño por bloqueo o atasque en los diferentes motores del equipo por medio de señales eléctricas emitidas por un controlador lógico programable que, además de deshabilitar al arrancador del motor correspondiente, acciona una alarma de advertencia al operador de la máquina.

A continuación se presenta un diagrama de los interruptores de proximidad, que sirve para la comprensión del tipo de dispositivos del que se está hablando.

INTERRUPTOR DE POSICION

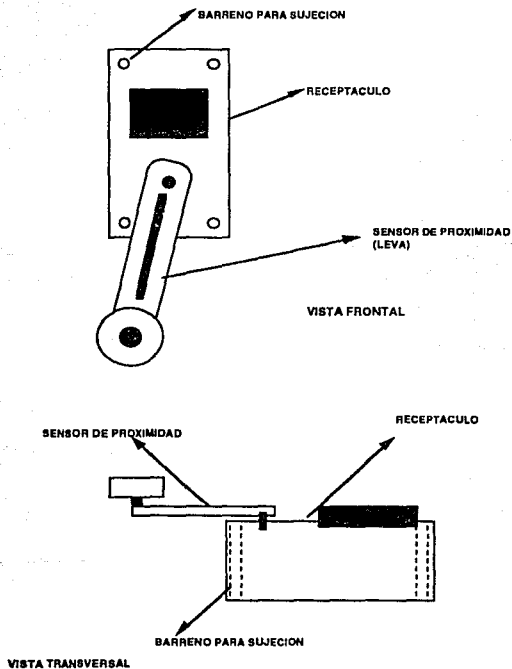
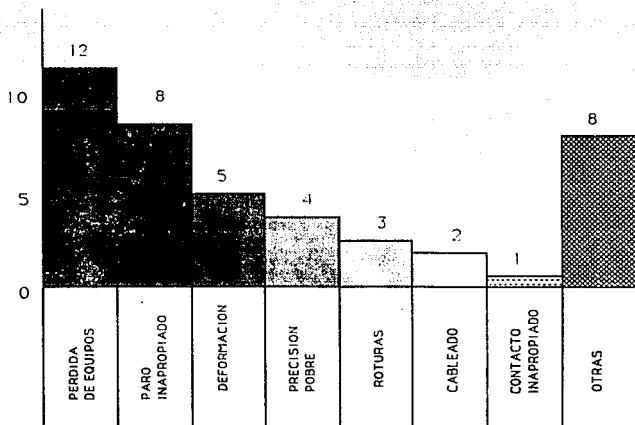


FIG. 5.0 INTERRUPTOR DE PROXIMIDAD

En la instalación de nuestro ejemplo, se están teniendo problemas con los interruptores de proximidad, entonces se realizó un estudio para llevar el control de las fallas y se clasificaron en 8 posibles causas. Estas causas se muestran en la fig. 5.1

CLASIFICACION DE CAUSAS DE PARO

TOTAL DE NUMERO DE PAROS = 43



CONCLUSION:
EXISTE UN PROBLEMA DE
INTERRUPTORES DE
POSICION.

FIG. 5.1 CLASIFICACION DE CAUSAS DE PARO

En la figura 5.1 se observa que el mayor número de casos de falla se debe a la pérdida de la posición de los interruptores de proximidad, lo cual nos lleva a hacer un análisis de la manera en que están instalados los equipos mecánicamente.

Después de hacer un recuento de todos los interruptores instalados en nuestra máquina de producción encontramos los siguientes datos:

Tipo de tornillo	Número de dispositivos	2 tornillos	4 tornillos	3 tornillos
Cabeza hexagonal	16	5	10	1
Cabeza Allen	46	22	21	3
Cabeza redonda	145	82	56	7
Total dispositivos	207	109	87	11

FIG. 5.2 TABLA DE INSTALACION MECANICA

Nos damos cuenta de que el 70 % de los dispositivos están sujetos mecánicamente por tornillos de cabeza redonda y es aquí donde se tiene el mayor número de fallas; por otro lado, se observa que el tornillo de cabeza Allen ofrece menos problemas en la instalación; el tornillo de cabeza hexagonal resulta muy incómodo para el mantenimiento.

Por lo tanto la conclusión de este análisis es que es conveniente cambiar todos los tornillos a tornillos de cabeza Allen de acuerdo a las siguientes gráficas obtenidas del fabricante:

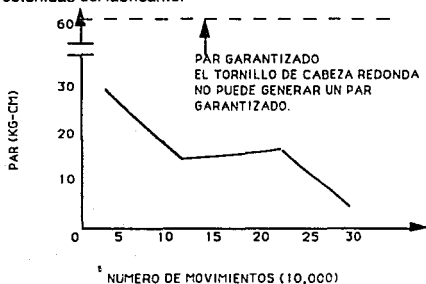


FIG. 5.3 GRAFICA DE TORNILLO CABEZA REDONDA

TORNILLO DE CABEZA ALLEN

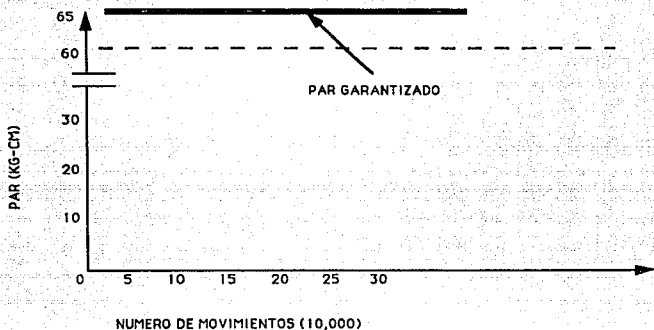


FIG. 5.4 GRAFICA DE TORNILLO CABEZA ALLEN.

Como se puede observar en las figuras 5.3 y 5.4, es preferible instalar tornillería cabeza Allen, ya que contamos con un par garantizado de 65 Kg-cm; de esta manera, cuando 4 tornillos de cabeza Allen sean utilizados para sostener el interruptor de posición con un par > 65 Kg-cm, < 80 Kg-cm, los paros causados por problemas de pérdida de piezas estarán prevenidos.

Es definitivo que cambiar toda la tornillería existente en nuestra máquina no es un trabajo fácil ni inmediato, ya que se requeriría asignar muchos recursos en dicha tarea. Tales recursos normalmente se encuentran aprovechados en el desarrollo de otras prioridades, por lo tanto, se debe dar un cierto tiempo para llevar a cabo el cambio necesario. Supongamos que se empieza a desarrollar el cambio en el mes de junio obteniendo la siguiente gráfica de resultados:

RESULTADOS

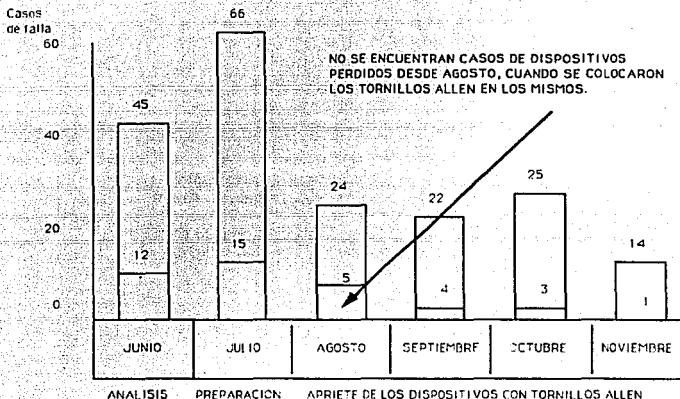


FIG. 5.5 GRAFICA DE RESULTADOS EN EL CAMBIO DE TORNILLOS

Con los resultados contenidos en la figura 5.5 observamos que en el mes de junio se presentaron 12 casos de pérdida de equipos; en ese mes nos encontramos en la etapa de análisis del problema. En el mes de julio los casos por pérdida de equipos aumentaron a 15; en el mes de agosto, los problemas por pérdida de equipos comenzaron a reducirse hasta llegar al resultado presentado en el mes de noviembre, por lo que se puede asegurar que al terminar el cambio de los tornillos hemos logrado reducir de forma considerable las fallas por pérdida de equipos; lo que nos resta ahora es desarrollar unas instrucciones para asegurar que las futuras instalaciones se desarrollen como es debido. Estas instrucciones constituyen los estándares que hemos mencionado anteriormente.

ESTANDAR PARA LA INSTALACION DE INTERRUPTORES DE PROXIMIDAD O POSICION:

- ①**
 - 1.- La instalación de los interruptores de posición debe ser por medio de tornillos cabeza Allen tipo TPS (TA-32-5235)
 - 2.- Para el apriete de tornillos utilice una llave Allen de 6 mm usando el codo de la misma para lograr un par de 80 Kg-cm.

- ②**

INSTALACION DEL INTERRUPTOR: Cómo deben apretarse los tornillos:

 - 1.- Coloque todos los tornillos en los respectivos orificios sin apretar sirviendo dichos tornillos como sostén del equipo.
 - 2.- Apriete uno de los tornillos, apriete después el tornillo diametralmente opuesto; repita la operación para el siguiente par de tornillos como se muestra en la fig. 5.6

INTERRUPTOR DE POSICION

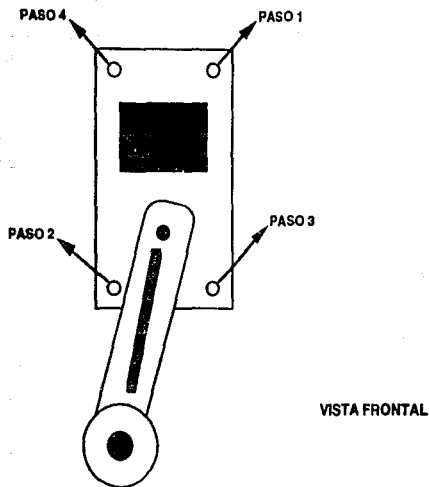


FIG. 5.6 SECUENCIA DE APRIETE DE TORNILLOS

En resumen, esta manera de analizar los problemas se traduce en soluciones que permanecen en el aprendizaje y nos ayudan a elaborar estos estándares, claro está que el caso del interruptor de posición es un ejemplo muy sencillo de la filosofía aquí expuesta y que, para realizar análisis de equipos más complicados, será necesaria la inversión de mayor tiempo y recursos.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y EJEMPLO

El presente capítulo tiene como finalidad esclarecer, por medio de un ejemplo práctico real, los conceptos que han sido expuestos a lo largo de este trabajo para que, de esta manera, después de establecer elementos clave para la satisfactoria implementación de este modelo de mantenimiento en la práctica, podamos llegar a conclusiones satisfactorias.

Para este ejemplo se va a seleccionar el área de servicios de cierta planta. Esta área de servicios corresponde a la infraestructura requerida para una máquina de producción de centros de pañal desechable, la cual requiere de aire comprimido y de manejo de polvo de papel; esta área contiene equipos mecánicos, neumáticos, eléctricos y de control, resumiendo de esta manera la gama de equipos involucrados en una instalación industrial.

A continuación se enumeran los equipos involucrados en el área escogida para después hablar de manuales de operación y de problemas de mantenimiento.

- Colector de polvos de bolsas.
- Colector y procesador de polvos de tambor.
- Compresor de aire.
- Post enfriador.
- Tanque de almacenamiento de aire comprimido.
- Equipos para control de los equipos anteriores (relevadores, contactores, etc.)
- Equipos para alimentación de fuerza de los equipos anteriores (CCM)

Se presenta un diagrama de flujo para conocer las conexiones de los equipos mencionados; como se ha dicho, se tienen tres sistemas diferentes involucrados en esta área de servicios: aire comprimido, colector de polvos de tambor y colector de polvos de bolsa.

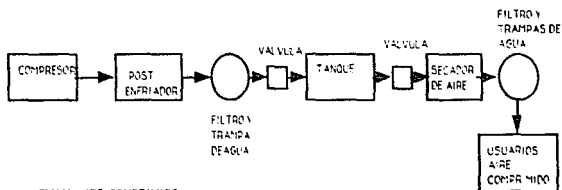


DIAGRAMA 6.1 FLUJO AIRE COMPRIMIDO



DIAGRAMA 6.2 FLUJO COLECTOR DE POLVOS BOLSA

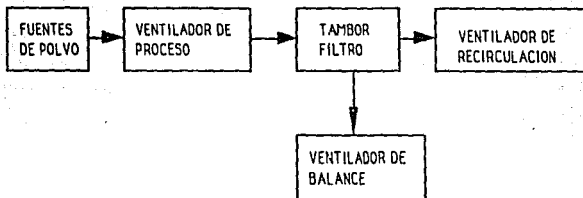


DIAGRAMA 6.3 FLUJO COLECTOR DE POLVOS TAMBOR

Para lograr ejecutar un buen mantenimiento es importante conocer el equipo que se está operando; para tal efecto se pueden crear manuales de operación y un sistema de entrenamiento para la gente que se va a encargar de mantener y operar los equipos, para poder asegurar que el entendimiento de los conceptos físicos que se aplican en los diferentes dispositivos sea correcto. Ya se ha mencionado la necesidad de implementar un programa de entrenamiento que contenga los conceptos principales pero de una manera muy sencilla. A continuación, se presenta una copia de la información contenida en este entrenamiento y un ejemplo de exámen utilizado para medir la retención de los conceptos en dicho exámen. Se puede observar la simplicidad de las preguntas contenidas:

AREA DE SERVICIOS

INTRODUCCION

El área de servicios provee a la línea de producción de aire a presión o de vacío, ya sea para instrumentos de control como para el proceso. Las características del aire a usarse para cada una de las aplicaciones es distinta. De acuerdo a cada una de estas características, se definieron las especificaciones del equipo.

En lo que respecta al aire comprimido, los puntos importantes de diseño son: la humedad relativa del aire, el consumo en ft^3/min y, la presión de operación. La humedad relativa debe ser muy baja debido al polímero ultra absorbente y a la

tinta del codificador de cajas. El equipo se especificó para un punto de rocío de 2°C, es decir, es necesario enfriar el aire a 2°C para obtener condensación. La temperatura real de descarga del aire oscila entre 25 y 30°C. El consumo total de una línea de producción incluyendo servicios y empaque, es de 130 a 150 ft³/min a 100 Psi. El equipo se diseñó para manejar hasta 238 ft³/min a 100 Psi. El equipo está sobrado debido a un factor de seguridad y al equipo disponible por el vendedor.

El vacío requirió de un arreglo más complicado. El convertidor tiene dos puntos de aplicación para el vacío de proceso, uno para la formación del núcleo, y el otro para el manejo de la tira de material. Aunque ambos procesos requieren aproximadamente los mismos niveles de vacío, la formación del núcleo requiere también de altos flujos de aire. Si a esto aunamos la necesidad de reciclar la pulpa de papel excedente del proceso de formado del núcleo, podemos concluir en la necesidad de dos equipos por separado, uno para manejo de la tira de material (colector de polvo), y el otro para la formación del núcleo (Colector de tambor).

Existe otra aplicación de vacío en el convertidor. Esta es la de limpieza. Actualmente estamos usando una parte de la capacidad del colector de polvo para este fin, además de las aspiradoras.

Más adelante veremos las capacidades y limitaciones de estos equipos.

CONCEPTOS.

-Presión. Un equipo de aire comprimido toma aire a presión atmosférica y le aumenta la presión reduciendo el volumen que ocupa dicho aire. Este aumento de presión sigue la ecuación del comportamiento de los gases:

$$PV = mRT$$

donde P representa la presión, V el volumen, m la masa, T la temperatura y R la constante de cada gas. En un sistema como el nuestro, la masa y R se consideran constantes, es decir, no cambian. Sin embargo, las otras tres variables se afectan entre ellas. Si despejamos la fórmula anterior podemos ver que el producto y división de las tres principales variables es constante (teóricamente):

$$PV/T = \text{cte.}$$

por lo tanto si tenemos aire en condiciones 1 y modificamos las condiciones para obtener una situación 2:

$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2$$

de aquí podemos ver que la relación entre las variables para obtener una misma constante es:

- P sube V baja y/o T sube
- P baja V sube y/o T baja

Donde vemos que, al comprimir un gas, también aumentamos su temperatura.

La única diferencia que existe entre el aire comprimido y el vacío, es que el aire comprimido trabaja sobre la presión atmosférica y el vacío por debajo de ésta. Sin embargo, en términos absolutos, la presión atmosférica tiene un valor (14.7 Psi) por lo que podemos hablar de presión en ambos casos.

Un manómetro, mide la diferencia que existe entre la presión real de un sistema y la presión atmosférica. El vacío se mide en forma distinta. Una pulgada de agua equivale a la diferencia de presión necesaria aplicada de un

lado de un manómetro "U" para desplazar una columna de agua una pulgada. En Psi, esta presión equivale a 0.036 Psi. En otras palabras, para crear 14.7 Psi de vacío, lo necesario para llegar a 0 Psi en presión absoluta, una columna de agua se movería 407 in.

-Energía.

La energía necesaria para crear cualquier condición de presión y temperatura debe ser proporcionada por un motor. La energía necesaria depende de la cantidad de aire y de la presión, sin dejar de considerar las pérdidas por calor. En términos de energía, podemos decir que la presión y el vacío se comportan igual. Dado que ambos sistemas están diseñados para mantener una presión dada y compensar las variaciones de flujo, el factor importante para calcular la carga del sistema es el flujo de aire solamente. En el caso del compresor, podemos ver que mientras las líneas no corran, el compresor sigue funcionando, pero se cierra la válvula de admisión de aire, eliminando el flujo de aire y consumiendo menos corriente. Conforme aumentamos los requerimientos de aire, la válvula se abre proporcionalmente para compensar. En el caso de un ventilador, también sobrecargamos el motor cuando aumentamos el flujo de aire.

-Humedad relativa.

Las bajas temperaturas ayudan a la condensación del vapor de agua. El contenido de agua en el aire es fijo para un cierto volumen de aire sin importar la temperatura; lo que sí depende de la temperatura es el estado físico en el que se encuentre el agua. Si la temperatura es alta, el agua se encuentra en estado gaseoso, si la temperatura es baja, el agua se condensa al estado líquido. Si queremos remover el agua del aire, es más fácil si la tenemos en estado líquido que en gaseoso, ya que en el primer caso el líquido cae por gravedad.

En un ciclo de compresión, el volumen original de aire se reduce en un cierto número de veces de acuerdo a la presión final requerida. Por lo tanto la cantidad de agua por ft^3/min después de la compresión será mucho mayor que la cantidad en un ft^3/min antes de la compresión. Otro fenómeno importante es el hecho de que el proceso de compresión aumenta la temperatura, de esta manera el agua se encuentra en estado gaseoso. El polímero ultra absorbente es capaz de absorber agua en cualquier estado, por lo que debemos eliminar el agua en el aire comprimido. La mejor forma de hacerlo es enfriando el aire para promover la condensación y luego filtrando este aire a través de mallas más pequeñas que una partícula de agua.

-Flujo de aire.

El aire fluye de un punto de mayor presión a un punto de menor presión. Si reducimos el volumen de una cantidad de aire, éste reaccionará tratando de recuperar el volumen original. El aire tratará de expandirse en todas direcciones. Consideremos que se trata de un pistón que al realizar su carrera comprime el aire contra un cilindro. Si este cilindro tiene una válvula, y la abrimos, el aire saldrá por la válvula, ya que afuera del cilindro existe una presión menor. Si afuera del cilindro existe una presión igual a la de adentro, el aire no fluirá.

-Transferencia de calor.

Partimos del hecho de que sólo existe el calor, el frío no existe. El hecho de que en ciertos lugares la temperatura sea más baja que en otros sólo significa que la cantidad de calor en dicho lugar es menor que en otro. Todas las cosas tienen una cierta energía calorífica. El hecho de enfriar un objeto, es quitarle esa energía calorífica. Una vez que el objeto ha llegado a una temperatura baja, si dejamos de quitarle energía calorífica, se calentará.

Un enfriador (chiller) es un equipo que le quita energía calorífica a las partes de la máquina donde necesitamos bajas temperaturas. Este calor debe ser eliminado por el equipo en alguna manera. Es por esto que el equipo despidió calor. El principio de operación se basa en un gas/líquido que es capaz de absorber energía al expandirse. El equipo debe ser capaz de llevar a las partes a una cierta temperatura, y después mantenerlas a esa temperatura. Existe un flujo de calor del ambiente o del proceso hacia las partes enfriadas. Este calor también debe ser removido del sistema por el chiller. De aquí también podemos deducir que el calor se mueve de un punto de mayor temperatura a un punto de menor temperatura. Al igual que en la presión, existe un punto de referencia cero para la temperatura, en el cual se dice que un objeto a esa temperatura tiene una cantidad de calor igual a cero (-273 °C). (La temperatura más baja encontrada en la tierra es de -50°C).

Una vez expuesta la teoría básica involucrada en el área de servicios que se escogió para servir como ejemplo del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**, es necesario medir el aprendizaje y comprensión de los conceptos por parte de los operadores de los equipos. Con este fin, se ha desarrollado un examen de conceptos que forma parte del entrenamiento que se debe brindar a dichos operadores y que nos ayuda a determinar si los conceptos fueron comprendidos por los operadores.

EXAMEN DE SERVICIOS

NOTA: LEA CUIDADOSAMENTE LAS PREGUNTAS Y CONTESTE BREVEMENTE.

- 1. INDIQUE Y EXPLIQUE CADA UNO DE LOS PASOS PARA EL ARRANQUE DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.**
- 2. ¿CUALES PUEDEN SER LAS CAUSAS DE UNA CAIDA EN LA PRESION DE LA LINEA?**
- 3. ¿PORQUE SE REDUCE LA CAPACIDAD DE UN EQUIPO DE ENFRIAMIENTO CUANDO CAMBIA LA TEMPERATURA DEL MODULO?**
- 4. EL AIRE SE MUEVE DE _____ A _____ PRESION.**
- 5. ¿CUALES SON LOS TRES TIPOS DE ALARMA DEL COLECTOR DE TAMBOR?**

6. INDIQUE Y EXPLIQUE EL PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE DEL COLECTOR DE TAMBOR, Y PORQUE SE ARRANCAN LOS VENTILADORES EN ESE ORDEN.

7. CUAL ES LA DIFERENCIA ENTRE LOS VENTILADORES DEL COLECTOR DE TAMBOR Y LOS VENTILADORES DE LAS BOMBAS DE VACIO O ROTRONES?

8. CUANDO HAY UN ATASQUE DE PULPA, SE PIERDE LA PULPA DE PAPEL MOLIDA DEL TAMBOR FORMADOR. ¿COMO AFECTA ESTO AL COLECTOR DE TAMBOR?

9. ¿COMO AFECTA UNA FUGA DE POLIMERO ULTRA ABSORBENTE AL COLECTOR DE TAMBOR?

10. ¿QUE FUNCION TIENEN LAS SOLENOIDES EN EL COLECTOR DE POLVO?

****VALOR DE LAS PREGUNTAS ANTERIORES: 1 pto. c/u. ****

-PREGUNTAS EXTRAS CON VALOR DE 1/2 pto.

1. ¿DE QUE COLOR SE PINTAN LOS DUCTOS QUE MANEJAN AIRE, LOS DUCTOS QUE MANEJAN AGUA CORRIENTE Y LOS DUCTOS QUE MANEJAN AGUA CONTRA INCENDIO?

2. ¿ COMO SE DEBEN DE LIMPIAR LOS RADIADORES O CONDENSADORES DE LOS EQUIPOS DE SERVICIOS?

3. DIGA CUALES SON LAS MODIFICACIONES FUTURAS AL COLECTOR DE TAMBOR.

Como puede observarse, las preguntas van enfocadas a problemas frecuentes en el área de servicios, problemas que se analizarán mas adelante cuando se hable de los resultados de los mantenimientos en el área en cuestión; una vez analizado el formato y las preguntas del exámen, veamos ahora las respuestas para apreciar también el grado de dificultad contenido en dicha evaluación:

EXAMEN DE SERVICIOS

NOTA: LEA CUIDADOSAMENTE LAS PREGUNTAS Y CONTESTE BREVEMENTE.

1. INDIQUE Y EXPLIQUE CADA UNO DE LOS PASOS PARA EL ARRANQUE DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.

1.- Verificar que las válvulas estén cerradas

2.- Subir los interruptores de los equipos.

3.- Verificar que la presión en el compresor sea cero.

4.- Arrancar el compresor y esperar a que llegue a 100 Psi.

- 5.- Arrancar el postenfriador
- 6.- Empezar a abrir la válvula del tanque cuidando que la presión del compresor no caiga por debajo de 80 Psi. Para continuar, esperar a que la presión del tanque haya llegado a 100 Psi.
- 7.- Abrir lentamente la válvula de entrada al secador.
- 8.- Arrancar el secador
- 9.- Abrir la válvula que da aire a la línea.

2. ¿CUALES PUEDEN SER LAS CAUSAS DE UNA CAIDA EN LA PRESION DE LA LINEA?

- 1.- El secador se congeló.
- 2.- Uso excesivo de aire en la línea (calibración alta).
- 3.- Fugas en el sistema.

3. ¿PORQUE SE REDUCE LA CAPACIDAD DE UN EQUIPO DE ENFRIAMIENTO CUANDO CAMBIA LA TEMPERATURA DEL MODULO?

Porque el condensador ya no es capaz de remover todo el calor retirado de las aplicaciones, por lo tanto, la temperatura de la aplicación se eleva.

4. EL AIRE SE MUEVE DE mayor A menor PRESION.

5. ¿CUALES SON LOS TRES TIPOS DE ALARMA DEL COLECTOR DE TAMBOR?

- Contra incendios
- Tambor atorado
- Alta diferencia de presión

6. INDIQUE Y EXPLIQUE EL PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE DEL COLECTOR DE TAMBOR, Y PORQUE SE ARRANCAN LOS VENTILADORES EN ESE ORDEN.

- 0.-Verificar que el sistema tiene presión de aire.
- 1.-Subir desconectores.
- 2.-Arrancar el ventilador de balance. Esperar a que la corriente baje a su nivel de operación normal.
- 3.-Arrancar el ventilador de proceso. Esperar a que la corriente baje a su nivel de operación normal.
- 4.-Arrancar el ventilador de recirculación.
- 5.-Arrancar el motor del tambor.

Si se arranca el equipo invirtiendo los pasos 2 y 3, se botan las compuertas contra explosión.

7. ¿CUAL ES LA DIFERENCIA ENTRE LOS VENTILADORES DEL COLECTOR DE TAMBOR Y LOS VENTILADORES DE LAS BOMBAS DE VACIO O ROTRONES?

Que los ventiladores del colector de tambor manejan mucho flujo de aire, poco vacío y son capaces de manejar polvo. Los rotrones manejan poco flujo de aire, mucho vacío y no pueden manejar polvo.

8. CUANDO HAY UN ATASQUE DE PULPA, SE PIERDE LA PULPA DE PAPEL MOLIDA DEL TAMBOR FORMADOR. ¿COMO AFECTA ESTO AL COLECTOR DE TAMBOR?

En que, al no tener pulpa de papel molida, no existe resistencia alguna para que entre el aire y el colector de tambor va a tomar aire en exceso, sobrecargándose y botando los elementos térmicos.

9. ¿COMO AFECTA UNA FUGA DE POLIMERO ULTRA ABSORBENTE AL COLECTOR DE TAMBOR?

En que el polímero ultra absorbente tapa el filtro del tambor y se eleva la diferencia de presión, apagando el equipo.

10. ¿QUE FUNCION TIENEN LAS SOLENOIDES EN EL COLECTOR DE POLVO?

La de crear una diferencia de presión en sentido contrario al flujo de aire, con lo cual el polvo se desprende de las bolsas y cae a la tolva.

****VALOR DE LAS PREGUNTAS ANTERIORES: 1 pto. c/u.****

-PREGUNTAS EXTRAS CON VALOR DE 1/2 pto.

1. ¿DE QUE COLOR SE PINTAN LOS DUCTOS QUE MANEJAN AIRE, LOS DUCTOS QUE MANEJAN AGUA CORRIENTE Y LOS DUCTOS QUE MANEJAN AGUA CONTRA INCENDIO?

- Agua corriente: azul
- Aire: verde
- Agua contra incendio: rojo

2. ¿ COMO SE DEBEN LIMPIAR LOS RADIADORES O CONDENSADORES DE LOS EQUIPOS DE SERVICIOS?

-Sopleteando con aire a presión en el sentido de flujo del aire que enfría al radiador y/o tallando con un cepillo muy suave en sentido de las laminillas del radiador.

Como se observa, las respuestas son también muy sencillas para que el personal involucrado pueda retenerlas fácilmente y además aplicarlas en la práctica de sus actividades.

También es importante conocer cuáles son las metas para dar por finalizados los entrenamientos que se decida brindar a los operadores y personal de mantenimiento. A continuación se presenta un criterio para finalizar el entrenamiento:

CRITERIOS PARA FINALIZAR EL ENTRENAMIENTO:

1. Entender la teoría de manejo de flujos de aire, de tal manera que logre predecir el comportamiento de un sistema neumático ante cambios inducidos en el sistema, de manera intencional o no intencional.
2. Conocer los puntos relevantes sobre el funcionamiento, mantenimiento, reparación y capacidad disponible de nuestro equipo de aire comprimido, vacío, presión positiva y colección de polvos.
3. Conocer la interacción del equipo de servicios con la línea y cómo afectan los cambios en el comportamiento de este equipo.
4. Establecer contacto con proveedores de equipo y mantenimiento y saber utilizar estos recursos y conocer sus limitantes.
5. El entrenamiento se da por terminado cuando el técnico sea capaz de profundizar sus conocimientos usando la teoría aprendida y los contactos establecidos.

Es importante aclarar que este ejemplo de entrenamiento es muy sencillo; dependiendo del proceso podrá ser más complicado o diferente. El objetivo de citarlo es reforzar el conocimiento de la necesidad que se tiene de mantener al personal entrenado.

Una vez que se ha hablado del entrenamiento del personal involucrado, se debe continuar con las estrategias que se van a tener en cuanto a los equipos, como los distintos procedimientos necesarios para arranque de equipos, manuales de herramientas etc.

Como ya se sabe, se tienen dos problemas fuertes en el mantenimiento. En primer lugar es un manual de refacciones; de esta manera, se puede conocer qué refacciones se llegan a requerir en un momento determinado; en segundo lugar, se necesita saber que se le debe hacer al equipo y cuándo; esta respuesta es contestada por el manual de operación del equipo correspondiente. Este manual de operación contiene, como se mostrará más adelante, las revisiones pertinentes en diferentes intervalos de tiempo y además determina el tamaño de dichos intervalos de acuerdo a los manuales de los fabricantes y a sus recomendaciones.

Se comenzará por hablar de los procedimientos de arranque y paro que consisten en instrucciones simples y detalladas para llevar a cabo los arranques y los paros necesarios en los equipos existentes; de este modo, se pueden evitar daños en el equipo y arranques difíciles.

ARRANQUE:

Sistema	Secuencia	Calibración	Notas
Aire comprimido	1. Subir los interruptores en el tablero eléctrico		1. Interruptores: compresor de aire postenfriador y secador de aire. En algunos casos alguno de estos interruptores pueden estar en el tablero de alumbrado.
Aire comprimido	2. Checar que las válvulas de entrada al tanque, de salida del secador y las dos de interconexión estén cerradas		
Aire comprimido	3. Arrancar el compresor	100 PSI < 90 °C	Antes de continuar, esperar que la presión llegue a 100 PSI
Aire comprimido	4. Arrancar el postenfriador		
Aire comprimido	5. Abrir lentamente la válvula de entrada al tanque	100 PSI	Al abrir la válvula, cuidar que la presión en el compresor no caiga de 80 PSI. Antes de continuar, esperar que la presión llegue a 95 PSI.
Aire comprimido	6. Arrancar el secador de aire	PE= 95 PSI PS= 94 PSI TE=Ta+3°C	
Aire comprimido	7. Abrir la válvula de salida del secador de aire		Abrir lentamente
Colector de tambor	1. Levantar el interruptor del tablero principal		
Colector de tambor	2. Energizar el tablero de alimentación al Colector de tambor		
Colector de tambor	3. Activar señal de línea		Cuando la señal esta activada se prende la luz blanca.
Colector de tambor	4. Arrancar ventilador de balance	I= 33 Amp	Antes de continuar, la corriente del ventilador debe regresar a su valor normal.
Colector de tambor	5. Arrancar ventilador de proceso	I= 62 Amp	Antes de continuar, la corriente del ventilador debe regresar a su valor nominal
Colector de tambor	6. Arrancar ventilador de circulación		
Colector de tambor	7. Arrancar motor del tambor		
Colector de polvo	1. Subir interruptores del tablero principal		Interruptores: colector de polvo y válvula solenoide (tablero de alumbrado)
Colector de polvo	2. Abrir la válvula de aire comprimido	90 PSI	
Colector de polvo	3. Arrancar ventilador de colector de polvo		

FIG 6.1 PROCEDIMIENTOS DE ARRANQUE

PARO

Sistema	Secuencia	Calibración	Notas
Aire comprimido	1. Cerrar válvula de salida del secador de aire		
Aire comprimido	2. Apagar secador de aire		
Aire comprimido	3. Cerrar la válvula de entrada al tanque		
Aire comprimido	4. Apagar postenfriador		
Aire comprimido	5. Apagar compresor		Revisar que el compresor desfogue la presión en caso contrario, hacerlo manualmente y reportar.
Colector de tambor	1. Apagar ventilador de proceso		Esperar que se detenga
Colector de tambor	2. Apagar ventilador de balance		Esperar que se detenga
Colector de tambor	3. Apagar ventilador de recirculación		
Colector de tambor	4. Apagar motor de tambor		
Colector de polvos	1. Apagar ventilador del colector		Esperar 5 minutos antes de continuar
Colector de polvos	2. Apagar válvulas solenoides		Cerrar la válvula de alimentación de aire si se va a trabajar en las válvulas solenoides

FIG. 6.2 PROCEDIMIENTOS DE PARO

Como se había mencionado otro recurso muy necesario es un control en la información de la herramienta e instrumentos. A continuación se presenta un ejemplo de dicho control:

CLAVE	INSTRUMENTO	APLICACION	PRIORIDAD
I-1	TERMOMETRO	AIRE COMPRIMIDO Y BALEROS	CORTO PLAZO
I-2	ANALIZADOR DE VIBRACIONES	VENTILADORES Y COMPRESOR	LARGO PLAZO
I-3	TUBO PITOT	MEDICION DE FLUJOS DE AIRE	COMPRADO
I-4	*MANOMETRO DIFERENCIAL 0-25 **H ₂ O	MEDICION DE FLUJOS DE AIRE	COMPRADO
I-5	MULTIMETRO	GENERAL	CORTO PLAZO
I-6	CALCULADORA	GENERAL	CORTO PLAZO
I-7	BASCULA	MONITOREO DE POLVO	CORTO PLAZO
CLAVE	HERRAMIENTA	APLICACION	PRIORIDAD
H-1	LLAVE DE FILTROS	AIRE COMPRIMIDO	CORTO PLAZO
H-2	EXTRACTOR DE POLEAS	GENERAL	CORTO PLAZO
H-3	EXTRACTOR DE BALEROS	GENERAL	CORTO PLAZO
H-4	JUEGO DE LLAVES	GENERAL	LARGO PLAZO
H-5	LLAVES ALLEN	GENERAL	LARGO PLAZO
H-6	DESARMADORES	GENERAL	LARGO PLAZO
H-7	MARTILLOS	GENERAL	LARGO PLAZO
H-8	PERICOS Y STEELSON	GENERAL	LARGO PLAZO
H-9	JUEGO DE DADOS	GENERAL	LARGO PLAZO
H-10	NAVAJAS Y CUCHILLOS	GENERAL	LARGO PLAZO
H-11	MACHUELOS Y TARRAJAS	GENERAL	LARGO PLAZO
H-12	EXTRACTOR DE TORNILLOS	GENERAL	CORTO PLAZO
H-13	TALADRO	GENERAL	LARGO PLAZO
H-14	SEGUETAS	GENERAL	LARGO PLAZO
H-15	TEFLON	GENERAL	LARGO PLAZO
H-16	CINTAS DIVERSAS	GENERAL	LARGO PLAZO
H-17	BROCAS	GENERAL	LARGO PLAZO
H-18	EXTENSION	GENERAL	CORTO PLAZO
H-19	MANGUERA DE AIRE CON PISTOLA	SOPLETEO	CORTO PLAZO

FIG. 6.3 LISTA DE INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS

Observamos en la fig. 6.3 que se tienen en esta lista las aplicaciones de cada una de las herramientas e instrumentos utilizados y las prioridades correspondientes. Como es de esperarse, esta forma de organizar los recursos en el departamento de mantenimiento nos prestará mucha ayuda en la práctica.

Es realmente difícil incluir en este trabajo todos los manuales de operación de los diferentes equipos utilizados en el área escogida. A manera de ejemplo se incluyen tres de ellos, los correspondientes al colector de polvos de tambor, al colector de polvos de bolsa y al compresor.

H-1-2

CLAVE	AUDITORIA	UNIDAD	AJUSTE	FREC
O1-1	VACIO EN LA ZONA A	***H2O*	SEGUN FC	DIARIA
O1-2	VACIO EN LA ZONA B	***H2O*	SEGUN FC	DIARIA
O1-3	VACIO EN LA ZONA C	***H2O*	SEGUN FC	DIARIA
O1-4	FLUJO DE ENTRADA VENTILADOR DE PROCESO	CFM	10000±500	MENSUAL
O1-5	POSICION COMPUERTA DESIZABLE DELANTERA	CM		DIARIA
O1-6	POSICION COMPUERTA DESIZABLE TRASERA	CM		DIARIA
O1-7	PRESION DIFERENCIAL	PSI	1.0 ± 0.5	DIARIA
O1-8	VACIO EN LA ZONA 1 DEL TAMBOR	***H2O*	20 ± 2	MENSUAL
O1-9	VACIO EN LA ZONA 2 DEL TAMBOR	***H2O*	20 ± 2	MENSUAL
O1-10	VACIO EN LA ZONA 3 DEL TAMBOR	***H2O*	20 ± 2	MENSUAL
O1-11	PRESION COMPUERTA #1 DE ASPIRADORAS	PSI	35	SEMANTAL
O1-12	PRESION COMPUERTA #2 DE ASPIRADORAS	PSI	35	SEMANTAL
O1-13	*PRES COMP VS INCENDIO, VENTIL RECIRC.*	PSI	35	SEMANTAL
O1-14	*PRES COMP. VS INCENDIO, VENTIL BALANCE*	PSI	35	SEMANTAL
O1-15	*PRESION DE LA **Y***	PSI	35	SEMANTAL
O1-16	FLUJO DE SALIDA VENTILADOR DE BALANCE	CFM	10000±500	MENSUAL
O1-17	CORRIENTE DEL VENTILADOR DE PROCESO	AMP		DIARIA
O1-18	CORRIENTE DEL VENTILADOR DE BALANCE	AMP		DIARIA
O1-19.1	TEMP BALERO VENTIL PROCESO LADO POLEAS	°C		SEMANTAL
O1-19.2	TEMP BALERO VENTIL PROCESO LADO ROTOR	°C		SEMANTAL
O1-19.3	TEMP BALERO MOTOR PROCESO LADO POLEAS	°C		SEMANTAL
O1-19.4	TEMP BALERO MOTOR PROCESO LADO ROTOR	°C		SEMANTAL
O1-19.5	TEMP BALERO VENTIL BALANCE LADO POLEAS	°C		SEMANTAL
O1-19.6	TEMP BALERO VENTIL BALANCE LADO ROTOR	°C		SEMANTAL
O1-19.7	TEMP BALERO MOTOR BALANCE LADO POLEAS	°C		SEMANTAL
O1-19.8	TEMP BALERO MOTOR BALANCE LADO ROTOR	°C		SEMANTAL
O1-19.9	TEMP BALERO VENTIL RECIRC. LADO POLEAS	°C		SEMANTAL
O1-19.10	TEMP BALERO VENTIL RECIRC. LADO ROTOR	°C		SEMANTAL

01-19.11	TEMP BALERO MOTOR RECIRC. LADO POLEAS	°C		SEMANAL
01-19.12	TEMP BALERO MOTOR RECIRC. LADO ROTOR	°C		SEMANAL
01-19.13	TEMP BALERO TAMBOR LADO ENTRADA	°C		SEMANAL
01-19.14	TEMP BALERO TAMBOR LADO SALIDA	°C		SEMANAL
01-19.15	TEMP CAJA DE REDUCCION	°C		SEMANAL
01-19.16				
01-20	RESULTADOS DEL ANALISIS DE VIBRACIONES			
CLAVE	MANTENIMIENTO		REFACCIONES	FREC
OM-1	ENGRASAR BALEROS		OR-8	SEMANAL
OM-2	CAMBIAR BALEROS		OR-1	6 MESES
OM-3	CHECAR ALINEACION Y TENSION DE BANDAS			2 MESES
OM-4	CAMBIAR BANDAS		OR-2	2 MESES
OM-5.1	MANTENIMIENTO AL MOTOR DE PROCESO		*OR-3.1, 13.1*	6 MESES
OM-5.2	MANTENIMIENTO AL MOTOR DE BALANCE		*OR-3.2, 13.2*	6 MESES
OM-5.3	MANTENIMIENTO MOTOR DE RECIRCULACION		*OR-3.3, 13.3*	6 MESES
OM-5.4	MANTENIMIENTO AL MOTOR DEL TAMBOR		*OR-3.4, 13.4*	6 MESES
OM-6	ANALISIS DE VIBRACIONES			2 MESES
OM-7	CAMBIAR JUNTAS DE DUCTOS		OR-4	FALLA
OM-8	LIMPIEZA			SEMANA
OM-9	CAMBIAR FILTRO		OR-5	2 MESES
OM-10	CAMBIAR SELLO		OR-6	MES
OM-11	LUBRICAR SELLO		OR-7	SEMANA
OM-12	LUBRICAR CADENA		OR-8	SEMANA
OM-13	LUBRICAR REDUCTOR		OR-9	2 SEMAN
OM-14	SELLOS DE LAS PUERTAS		OR-10	2 MESES
OM-15	CAMBIAR MANGUERAS DE LAS ASPIRADORAS		OR-11	FALLA
OM-16	REPARAR FUGAS DE AIRE		OR-12	FALLA
OM-17	APRETAR OPRESORES DE LOS BALEROS			2 MESES

H-2-2

FIG. 6.4 MANUAL DE OPERACION COLECTOR DE POLVOS DE TAMBOR

CLAVE	REFACCIONES	MARCA	# ALMACEN	# FABRICANTE
OR-1.1	BALEROS DEL VENTILADOR DE PROCESO	LINK BELT	2-16-16/P347	
OR-1.2	BALEROS DEL VENTILADOR DE BALANCE	LINK BELT	P-B224227H	
OR-1.3	BALEROS VENTILADOR DE RECIRCULACION	SEAL MASTER	MP-35-2-3/16	
OR-1.4	BALEROS DEL TAMBOR		RP-31X 1 15/16 BORE	
OR-2.1	BANDAS DEL VENTILADOR DE PROCESO	GATES	3524329	BX-59
OR-2.2	BANDAS DEL VENTILADOR DE BALANCE	GATES	3541001	BX-108
OR-2.3	BANDAS VENTILADOR DE RECIRCULACION	GATES	3586583	5VX-950
OR-2.4	BANDAS DEL MOTOR DEL TAMBOR	GATES		4L-480
OR-3.1	MOTOR DE PROCESO		P36G319J 611PR	
OR-3.2	MOTOR DE BALANCE		P32G0312JG2NR	
OR-3.3	MOTOR DE RECIRCULACION		P216372 J QR	
OR-3.4	MOTOR DEL TAMBOR		001-2012	
OR-4	NEOPRENO			
OR-5	FILTRO DEL TAMBOR		2084X6-3-SPOODLE	
OR-6	SELLOS			
OR-7	GRAFITO			
OR-8	GRASA	MOBILITH		SHC-460
OR-9	ACEITE DEL REDUCTOR			30
OR-10	SELLOS DE LAS PUERTAS			
OR-11	*MANGUERA DE 4***			
OR-12.1	PISTON COMPUERTA DEL VENTIL. BALANCE			600-500
OR-12.2	*PISTON ASPIRADORA RECIRCULACION E **V****			DP-12-4
OR-12.3	PISTON COMPUERTA VS INCEN VENTIL RECIR			DS-12-6
OR-13.1	FUSIBLES PARA VENTILADOR DE PROCESO	RELIANCE		LESRK80

OR-13.2	FUSIBLES PARA VENTILADOR DE BALANCE	RELIANCE		LESRK80
OR-13.3	FUSIBLES VENTILADOR DE RECIRCULACION			
OR-13.4	FUSIBLES PARA MOTOR DEL TAMBOR	IUSETRON		FRS-R-2
OR-13.5	FUSIBLES GENERALES	RELIANCE		AHJ 250
OR-14	REDUCTOR		5CTD# SERIE 005XCTD9X000NH	

H-2-2

FIG 6.5 MANUAL DE REFACCIONES COLECTOR DE TAMBOR

De la figura 6.5 se pueden desarrollar conjuntos de instrucciones para ser realizadas en las diferentes fechas de inspección. Dichas fechas se encuentran contenidas en la columna de frecuencia. Realizando instrucciones para inspección diaria, semanal, 2 semanas, mensual, 2 meses, 6 meses, falla, etc. se logrará tener un programa completo para estos equipos; la misma aseveración puede hacerse para la parte de refacciones, ya que se encuentran enlistadas las partes a cambiar y su periodicidad; con esto, se puede asegurar la existencia de refacciones en el almacén.

CLAVE	AUDITORIA	UNIDAD	AJUSTE	FREC
P1-1	VACUOMETRO DIFERENCIAL	*** H2O*	2 ±0.5	DIARIA
P1-2	PRESION DE LAS SOLENOIDES	PSI	60 ±5	DIARIA
P1-3	TIEMPO DEL PULSO DE SOPLADO	SEG	0.06	MENSUAL
P1-4	TIEMPO ENTRE PULSOS DE SOPLADO	SEG	3±1	MENSUAL
P1-5	FLUJO DE ENTRADA AL FILTRO	CFM	10000±500	MENSUAL
P1-6	FLUJO DE SALIDA DEL FILTRO	CFM	10000±500	MENSUAL
P1-7.1	TEMP. BALERO VENTILADOR DEL LADO POLEAS	°C		SEMANAL
P1-7.2	TEMP. BALERO VENTILADOR DEL LADO ROTOR	°C		SEMANAL
P1-7.3	TEMP. BALERO DEL MOTOR DEL LADO POLEAS	°C		SEMANAL
P1-7.4	TEMP. BALERO DEL MOTOR DEL LADO ROTOR	°C		SEMANAL
P1-8	RESULTADOS DEL ANALISIS DE VIBRACIONES	MMS	MAX. 3.0	MENSUAL
CLAVE	MANTENIMIENTO		REFACCIONES	FREC
PM-1	LIMPIEZA DE LAS LONAS			SEMANAL
PM-2	LIMPIEZA Y CHEQUEO SOLENOIDES Y BOBINAS		*PR-1, 7, 8*	MENSUAL
PM-3	ENGRASAR RODAMIENTOS (VER P1-7)		PR-11	SEMANAL
PM-4	CAMBIAR BANDAS		PR-3	FALLA
PM-5	ALINEAR Y TENSAR BANDAS			FALLA
PM-6	MANTENIMIENTO AL MOTOR		PR-4	FALLA
PM-7.1	ANALISIS DE VIBRACIONES MENOR			MENSUAL
PM-7.2	ANALISIS DE VIBRACIONES MAYOR			6 MESES
PM-8	CAMBIAR JUNTAS		OR-4	6 MESES
PM-9	CAMBIAR LONAS		*PR-2, 10*	6 MESES
PM-10	CAMBIAR SELLOS		PR-5	2 MESES
PM-11	REPARAR FUGAS DE AIRE			FALLA
PM-12	MANTENIMIENTO DE SEGURIDAD		PR-9	6 MESES
PM-13	APRETAR OPRESORES DE LOS BALEROS			2 MESES

FIG. 6.6 MANUAL DE OPERACION COLECTOR POLVOS BOLSA

CLAVE	AUDITORIA	UNIDAD	AJUSTE	
P1-3	TIEMPO DEL PULSO DE SOPLADO	SEG	0.06	MENSUAL
P1-4	TIEMPO ENTRE PULSOS DE SOPLADO	SEG	3±1	MENSUAL
P1-5	FLUJO DE ENTRADA AL FILTRO	CFM	10000±500	MENSUAL
P1-6	FLUJO DE SALIDA DEL FILTRO	CFM	10000±500	MENSUAL
P1-8	RESULTADOS DEL ANALISIS DE VIBRACIONES	MM/S	MAX. 3.0	MENSUAL
CLAVE	MANTENIMIENTO		REFACCIONES	FREC
PM-2	LIMPIEZA Y CHEQUEO SOLENOIDES Y BOBINAS		*PR-1, 7, 8*	MENSUAL
PM-7.1	ANALISIS DE VIBRACIONES MENOR			MENSUAL

FIG. 6.7 REVISION MENSUAL COLECTOR POLVOS BOLSA

Para terminar de ejemplificar la parte de las instrucciones para las diferentes revisiones de los equipos estudiados, se presenta a continuación un análisis más completo del compresor de aire:

H-1-2

CLAVE	AUDITORIA	UNIDAD	AJUSTE	FREC
C1-1	PRESION DE SALIDA	PSI	100	DIARIA
C1-2	TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	80 +-5	DIARIA
C1-3	PRESION DEL SEPARADOR DE ACEITE	PSI	98+-1	DIARIA
C1-4	NIVEL DE ACEITE	CM	3+-1	DIARIA
C1-5	TEMPERATURA DE ENTRADA POSTENFRIADOR	°C		SEMANAL
C1-6	TEMPERATURA DE SALIDA POSTENFRIADOR	°C		SEMANAL
C1-7	PRESION DEL TANQUE	PSI	96+-4	DIARIA
C1-8	PRESION DE ENTRADA AL SECADOR	PSI	96+-4	DIARIA
C1-9	TEMPERATURA DE ENTRADA AL SECADOR	°C	32+-5	DIARIA
C1-10	PRESION DE SALIDA DEL SECADOR	PSI	96+-4	DIARIA
C1-11	TEMPERATURA DE SALIDA DEL SECADOR	°C	32+-5	DIARIA
C1-12	PRESION DEL REFRIGERANTE	PSI		DIARIA
C1-13	FLUJO DE AIRE	CFM	130+-20	SEMANAL
C1-14	RESULTADOS DEL ANALISIS DE VIBRACIONES			MENSUAL
CLAVE	MANTENIMIENTO		REFACCIONES	FREC
CM-1	DRENAR CONTROL DE FLUJO			TURNO
CM-2	SOPLETEAR RADIADOR DEL COMPRESOR			DIARIA
CM-3	SOPLETEAR FILTRO DE AIRE			DIARIO
CM-4	COMPENSAR NIVEL DE ACEITE		CR-4	SEMANAL
CM-5	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE		CR-2	MENSUAL
CM-6	CAMBIAR FILTRO DE AIRE		CR-1	SEMANAL
CM-7	CAMBIAR SEPARADOR DE ACEITE		CR-3	2 MESES
CM-8	CAMBIAR SEPARADOR DE HUMEDAD		CR-5	6 MESES
CM-9	ANALISIS DE VIBRACIONES			MENSUAL
CM-10	ENGRASAR RODAMIENTOS		OR-8	MENSUAL
CM-11	CHEQUEO DE BALEROS			SEMANAL
CM-12	SOPLETEAR RADIADOR DEL POSTENFRIADOR			DIARIA
CM-13	CHECAR MOTORES ELECTRICOS		CR-16	
CM-14	CAMBIAR EL REPUESTO DEL FILTRO		CR-7	
CM-15	LIMPIAR Y CHECAR TRAMPA DEL FILTRO		CR-8	2 SEM
CM-16	LIMPIAR Y CHECAR TRAMPA DEL TANQUE		CR-8	2 SEM
CM-17	CAMBIAR REPUESTO DEL PREFILTRO		CR-9	
CM-18	CAMBIAR REPUESTO DEL POSTFILTRO		CR-10	
CM-19	LIMPIAR Y CHECAR TRAMPA DEL PREFILTRO		CR-8	2 SEM
CM-20	LIMPIAR Y CHECAR TRAMPA DEL POSTFILTRO		CR-8	2 SEM
CM-21	DRENAR MANUALMENTE TRAMPA SECADOR			4 HORAS

CM-22	CHECAR Y LIMPIAR DREN AUT SECADOR			2 SEM
CM-23	SOPLETEAR RADIADOR DEL SECADOR			SEMANAL
CM-24	MANTENIMIENTO CONTRATADO DEL SISTEMA			SEMANAL
CM-25	MANTENIMIENTO VALVULAS DE ALIVIO			

H-2-2

FIG. 6.8 MANUAL DE OPERACION COMPRESOR

CLAVE	REFACCIONES	MARCA	#ALMACEN	#FABRICANTE
CR-1	FILTRO DE AIRE DEL COMPRESOR	GARDNER-DENVER		52109/2008616
CR-2	FILTRO DE ACEITE DEL COMPRESOR	GARDNER DENVER		2116110
CR-3	SEPARADOR DE ACEITE	LAGRANGE PRODUCTS		NHTLBD No.135343
CR-4	ACEITE DEL COMPRESOR			
CR-5	SEPARADOR DE HUMEDAD			
CR-6	REFACCIONES DEL CONTRATISTA			
CR-7	ELEMENTO DEL FILTRO ANTES DEL TANQUE	HANKISON		C300-12F-205
CR-8	TRAMPAS AUTOMATICAS DE CONDENSADOS	HANKISON		0504-1
CR-9	ELEMENTO DEL PREFILTRO	HANKISON		T300-12F-205
CR-10	ELEMENTO DEL POSTFILTRO	HANKISON		A300-12F-381
CR-11	***O** RINGS Y SELLOS TRAMPA DEL SECADOR*			
CR-12	MANOMETROS DE 0-100 PSI			
CR-13	REGULADORES DE PRESION DE 0-100 PSI	WARMING		X249 TU1/4N
CR-14	*MANGUERA DE 1/4**			
CR-15	*MANGUERA DE 3/8***			
CR-16.1	FUSIBLES PARA EL COMPRESOR	GOULD		A4J200
CR-16.2	FUSIBLES PARA EL POSTENFRIADOR			
CR-16.3	FUSIBLES PARA EL SECADOR	GOULD		YUW624835/1AM

FIG. 6.9 MANUAL DE REFACCIONES COMPRESOR

CLAVE	AUDITORIA	UNIDAD	AJUSTE	FREC
C1-1	PRESION DE SALIDA	PSI	100	DIARIA
C1-2	TEMPERATURA DE DESCARGA	°C	80 ±5	DIARIA
C1-3	PRESION DEL SEPARADOR DE ACEITE	PSI	88±1	DIARIA
C1-4	NIVEL DE ACEITE	CM	3±1	DIARIA
C1-7	PRESION DEL TANQUE	PSI	96±4	DIARIA
C1-8	PRESION DE ENTRADA AL SECADOR	PSI	96±4	DIARIA
C1-9	TEMPERATURA DE ENTRADA AL SECADOR	°C	32±5	DIARIA
C1-10	PRESION DE SALIDA DEL SECADOR	PSI	96±4	DIARIA
C1-11	TEMPERATURA DE SALIDA DEL SECADOR	°C	32±5	DIARIA
C1-12	PRESION DEL REFRIGERANTE	PSI		DIARIA
CLAVE	MANTENIMIENTO		REFACCIONES	FREC
CM-21	DRENAR MANUALMENTE TRAMPA SECADOR			4 HORAS
CM-2	SOPLETEAR RADIADOR DEL COMPRESOR			DIARIA
CM-12	SOPLETEAR RADIADOR DEL POSTENFRIADOR			DIARIA
CM-3	SOPLETEAR FILTRO DE AIRE			DIARIO
CM-1	DRENAR CONTROL DE FLUJO			TURNO

FIG. 6.10 INSPECCION DIARIA COMPRESOR

CLAVE	AUDITORIA	UNIDAD	AJUSTE	FREC
C1-5	TEMPERATURA DE ENTRADA POSTENFRIADOR	°C		SEMANAL
C1-6	TEMPERATURA DE SALIDA POSTENFRIADOR	°C		SEMANAL
C1-13	FLUJO DE AIRE	CFM	130±20	SEMANAL
CLAVE	MANTENIMIENTO		REFACCIONES	FREC
CM-4	COMPENSAR NIVEL DE ACEITE		CR-4	SEMANAL
CM-6	CAMBIAR FILTRO DE AIRE		CR-1	SEMANAL
CM-11	CHEQUEO DE BALEROS			SEMANAL
CM-23	SOPLETEAR RADIADOR DEL SECADOR			SEMANAL
CM-24	MANTENIMIENTO CONTRATADO DEL SISTEMA			SEMANAL

FIG. 6.11 INSPECCION SEMANAL COMPRESOR

CLAVE	AUDITORIA	UNIDAD	AJUSTE	FREC
CI-14	RESULTADOS DEL ANALISIS DE VIBRACIONES			MENSUAL
CLAVE	MANTENIMIENTO		REFACCIONES	FREC
CM-5	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE		CR-2	MENSUAL
CM-9	ANALISIS DE VIBRACIONES			MENSUAL
CM-10	ENGRASAR RODAMIENTOS		OR-8	MENSUAL
CM-13	CHECAR MOTORES ELECTRICOS		CR-16	
CM-14	CAMBIAR EL REPUESTO DEL FILTRO		CR-7	
CM-17	CAMBIAR REPUESTO DEL PREFILTRO		CR-9	
CM-18	CAMBIAR REPUESTO DEL POSTFILTRO		CR-10	
CM-25	MANTENIMIENTO VALVULAS DE ALIVIO			

FIG. 6.12 REVISION MENSUAL COMPRESOR

Después de presentar los formatos de las revisiones de los equipos, las únicas actividades que quedan por hacer son, de acuerdo a las necesidades existentes en la planta, establecer los diferentes días para la realización de las revisiones siempre cumpliendo con los períodos mencionados en las auditorias y en los manuales de operación; también es importante mantener el almacén de refacciones actualizado de acuerdo con las recomendaciones de los manuales de refacciones presentados; dichos manuales deben elaborarse para todos y cada uno de los equipos que se tengan en la planta; los inventarios de refacciones deben ser tales que garanticen el control de las piezas y, de esta manera, la existencia de refacciones en el momento de una falla o de un cambio debido a mantenimiento, como se observa en las auditorías, se tienen claves para conocer las refacciones requeridas en cada uno de los posibles cambios; esta política es recomendable ya que agiliza la localización de las piezas, el fabricante y nos revela el costo, el tiempo de entrega y la marca; por esta razón, es muy recomendable la creación de un catálogo que contenga todas las piezas que se utilicen en los equipos.

CONCLUSIONES:

Utilizando esta forma de organización se pueden esperar resultados satisfactorios en la implementación del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**.

Es importante hacer hincapié en la parte de los resultados. Es totalmente comprensible que éstos no podrán ser inmediatos, por lo que, como se había mencionado antes, los esfuerzos deben mantenerse durante un período apropiado en razón del estado en que se encuentren los equipos que se han escogido para implementar como prueba el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**. En dicho período se van a encontrar diversas complicaciones que se deben ir resolviendo; de estas soluciones se deben desprender los aprendizajes para aplicación posterior; estos aprendizajes pueden ser utilizados para el mantenimiento de los equipos con los que se está trabajando o bien para el mantenimiento de equipos que aún no están dentro del programa de **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**, pero que posteriormente lo estarán. Se debe recordar que la filosofía del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** ya ha dado excelentes resultados en empresas líder a nivel mundial, de manera que si se desea utilizar este método de mantenimiento en empresas mexicanas, los resultados deben ser también satisfactorios. Es comprensible que se dé la necesidad de seguir profundizando en este tema para poder innovar procedimientos de control y de auditoría que, a su vez, comiencen a involucrar al mantenimiento con la construcción de instalaciones, esto es, el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** podrá ser tomado en cuenta desde el diseño de las instalaciones industriales, el montaje de maquinaria, la adquisición de equipo para la producción, etcétera, de esta manera, se está buscando integrar en un solo grupo varios departamentos involucrados en la operación de equipos para la producción, siguiendo el principio de que el trabajo en equipo arroja mejores resultados en la práctica que si se mantienen departamentos como producción, mantenimiento, construcción, almacén-compras, separados, sin más interacción que en los momentos de urgencia.

Como conclusión a este trabajo es deseable presentar un resumen de los puntos más importantes del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**, así como sus metas y objetivos, esperando que la utilización de esta filosofía se traduzca en mejoras e innovaciones a los programas de mantenimiento tradicionales.

El **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** es un conjunto de políticas para lograr una mejor administración de los recursos destinados al mantenimiento de plantas industriales; para tal efecto se requiere ejercer modificaciones sobre las políticas tradicionalmente empleadas en las empresas. Estas nuevas políticas se pueden resumir en los siguientes conceptos:

El concepto preventivo.

El concepto de cero defectos.

El concepto de involucramiento total de los empleados de las plantas.

Es necesario recordar que el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** se puede enmarcar dentro de las políticas de la calidad total utilizando el concepto de cliente interno y desarrollando procedimientos para que los fallos puedan ser prevenidos desde la adquisición y aplicación de la materia prima al proceso existente.

Por su parte, las metas que se están persiguiendo en la aplicación de este modelo de mantenimiento se pueden resumir en 6 puntos:

- 1- Incremento en la efectividad de los equipos.
- 2- Medición de la confiabilidad y reportes.
- 3- Implementación del mantenimiento autónomo
- 4- Planeación del mantenimiento.
- 5- Entrenamientos y educación.
- 6- Administración correcta de los equipos.

Dentro de la implementación de el **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO**, los puntos principales que se tocaron fueron el concepto y adecuación del mantenimiento autónomo, los métodos de auditorías, que fueron complementados en este capítulo con un ejemplo real, la elaboración de formatos para llevar el control de listas de problemas, dudas o trabajos, la administración del mantenimiento planeado. También se habló de la integración del mantenimiento preventivo con el mantenimiento autónomo, así como de el modelo para lograr un buen aprendizaje y además se mencionó la actitud que se debe de tener con la descripción del comportamiento y compromiso, que es necesario tanto en el operador como en el jefe de turno, ya que en este último, estriba la responsabilidad de tratar de resolver al máximo todos los problemas encontrados en su turno; es necesario que el jefe de turno sea un ingeniero calificado, de igual manera para el jefe de mantenimiento que además de contar con la licenciatura de ingeniería este entrenado para afrontar los problemas relacionados con el manejo de personal y familiarizado con los problemas técnicos posibles, por ello es muy importante resaltar la importancia de la capacitación en el personal involucrado en el mantenimiento industrial, para de esta manera, evitar los problemas mayores que ocasionan grandes pérdidas de tiempo y la realización de retrabajos.

Otro punto importante a tocar dentro de las conclusiones es el programa de incentivos después de la obtención de resultados, se deben implementar también métodos para reforzar de forma positiva a los elementos que estén desarrollando debidamente su trabajo, así como reforzamientos negativos a aquellos que no estén alineados con las políticas de la gerencia, estos reforzamientos dependen de las políticas internas en las diferentes compañías.

Como se puede observar, todos los esfuerzos del **MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO** están orientados a la minimización de los retrabajos que son causa de costos mayores, a la organización exacta de programas de trabajo y recursos y en general a mantener el proceso de mantenimiento dentro de límites de control involucrando al almacén y, en el mejor de los casos involucrando también al departamento de construcción para de esta manera sentar las bases para tener una producción con calidad total.

BIBLIOGRAFIA:

- 1.- Nakajima Seiichi Introduction to TPM Total productive maintenance Ed. Productivity Press, Inc. Cambridge, Massachusetts, 1988.
- 2.- Shirose Kunio TPM for workshop leaders Ed. Productivity Press, Inc. Cambridge, Massachusetts, 1992.
- 3.- Nakajima Seiichi TPM Development program, Implementing Total Productive Maintenance Ed. Productivity Press, Inc. Cambridge, Massachusetts, 1989.
- 4.- Tajiri Masaji & Gotoh Fumio TPM Implementation a Japanese approach Ed McGraw-Hill Inc. U.S.A., 1992.
- 5.- Gotoh Fumio Equipment planning for TPM maintenance prevention design Ed. Productivity Press, Inc. Cambridge, Massachusetts, 1991.