

T.P.M. EN LA INDUSTRIA QUIMICA

Los avances en la organización del mantenimiento conseguidos en la industria japonesa del automóvil tienen también aplicación en nuestra industria química. El presente artículo muestra las posibilidades de entrar en estas técnicas potenciando el mantenimiento autónomo.

EMILIO LEZANA GARCIA
Director- Gerente de T.M.I., S.L.

1. INTRODUCCION

Aunque T.P.M. (*Total Productive Maintenance*) se creó y desarrolló en la industria automovilística japonesa (Toyota, Nissan, Mazda, etc.), posteriormente se introdujo en otros sectores del área manufacturera y de ensamblaje con relevantes logros y mejoras.

La industria química, la del caucho, del petróleo, alimentación, centrales eléctricas, papeleras, siderurgia pesada, cemento, etc., no pueden ni deben quedar al margen de los beneficios reportados por T.P.M. Pero especiales atenciones y cuidados merece este T.P.M. adaptado a este tipo de empresas, que presentan rasgos muy diferentes al del sector de manufactura, y que de no tenerse en cuenta pueden desembocar en un fiasco completo o en una pérdida de dinero y tiempo.

Desde 1995, en Estados Unidos y Japón se trabaja con T.P.M. en empresas del sector químico, papelerero y petroquímico, obteniéndose mejoras de productividad en más del 30%.

Adoptemos un talante optimista y pensemos que ¿por qué en España no puede ser del 40%?.

2. OBJETIVOS DEL T.P.M. QUIMICO

En este artículo damos por sentado que el lector conoce bien los fundamentos del T.P.M. y, siguiendo la línea optimista citada, diremos que produce dos tipos de beneficios a la empresa: tangibles e intangibles.

- Tangibles

- Aumento de eficiencia global: 40%.
- Descenso de la tasa de defectos de los procesos: 90%.
- Descenso de reclamaciones de los clientes: 70%.
- Reducción de los costes de producción: 30%.
- Reducción de *stocks* de productos y trabajos en curso: 50%
- Accidentes: 0
- Incidentes de polución: 0
- Mejoras: 6 veces más que antes.

- Intangibles

- Asunción de responsabilidad por parte de los trabajadores que no

Fig.1. La industria química tiene características muy distintas a la manufacturera



- Diversidad de equipos y sistemas.
- Utilización de equipo estático.
- Control centralizado.
- Muy pocos operarios.
- Corrosión, obstrucciones, fugas, fisuras, desgaste, roturas, quemaduras, fatiga, cortocircuitos, cables rotos, cavitación... y otras lindezas.
- Muy alto consumo de energía y fluidos: electricidad, gas, agua, aire comprimido, vapor...
- Uso de equipos redundantes activos y pasivos.
- Elevado riesgo de accidentes, incidentes y de contaminación.
- Ambiente de trabajo oneroso y difícil.
- Grandes paradas anuales para hacer mantenimiento, que implica un importante monto de pérdida de producción. Estas paradas están programadas, previstas y aceptadas por la empresa.

recurrirán tanto a departamentos indirectos.

- Eliminación de múltiples averías, fallos, disfunciones.
- Ambiente de "puedo hacerlo yo".
- Lugares de trabajo limpios, brillantes, estéticos.
- Clientes más contento.

3. CARACTERISTICAS DE LA INDUSTRIA QUIMICA

Evidentemente, la industria química reúne unas características muy distintas a la manufacturera (Fig. 1). Y que son:

- Regímenes de producción diversos, variedad de productos, producción continua integrada, producción por lotes.

El T.P.M. Químico tendrá presente estas características, muchas de las cuales no tienen los sectores pioneros y beneficiarios del mismo (sector automóvil y auxiliares).

4. ETAPAS DE T.P.M. EN LA INDUSTRIA QUIMICA

Por sus especificidades, en la industria química es menester trabajar sobre 12 etapas, que resumidamente vamos a esbozar:

1. Optimización.
2. La eliminación de las pérdidas.
3. El mantenimiento autónomo.
4. El mantenimiento planificado.
5. Formación y adiestramiento.
6. El L.C.C. (*Lyfe Cicle Cost*) de los equipos.

7. Hacia un mantenimiento de calidad.
8. Actividades de departamento administrativo y de apoyo.
9. Gestión de seguridad y medio ambiente.
10. Diagnósticos y mantenimiento predictivo.
11. Gestión del equipo.
12. Desarrollo de productos y diseño de equipos.

5. OPTIMIZACION DE LA EFICACIA GLOBAL DE LA PLANTA Y REDUCCION DE SUS PERDIDAS

En la industria química y similares, es más importante optimizar la eficacia global de una planta que hacerlo sobre las unidades del sistema o de equipo individuales. Este es un punto de diferenciación respecto al sector manufacturero.

Los *inputs* del proceso de producción son mano de obra, máquinas, materiales (incluida energía) y métodos, es decir, las 4 M, que producen numerosas y notables pérdidas.

Los *output* son productividad, calidad, costes, entregas, seguridad y medio ambiente y motivación, es decir, P Q C E S M, que deben ser maximizados.

Con la reducción de las pérdidas de 4 M elevo el output P Q C E S M, al modo de los brazos de un peso (Fig. 2).

De la misma manera que lo hizo Nakajima en el sector automovilístico al definir la Tasa de Rendimiento Sintético (TRS), hagámoslo con la Eficacia Global de una planta química (E.G.P.), que se refiere a un componente de las 4 M: máquina. La mejora de la eficiencia de las otras 3 M la veremos en el punto 6.

$$E.G.P. = \text{Disponibilidad de la planta} \times \text{Tasa de rendimiento diario u horario} \times \text{Tasa de Calidad} =$$

$$= D \times R \times C =$$

$$= \frac{\text{Producción útil vendible}}{\text{Producción según diseño}}$$

Estos tres factores multiplicadores se definen en una planta química de la siguiente manera:

$$\text{Disponibilidad } D = \frac{\text{Tiempo de calendario} - \text{paradas programadas y fallos / avería}}{\text{Tiempo calendario}} \times 100$$

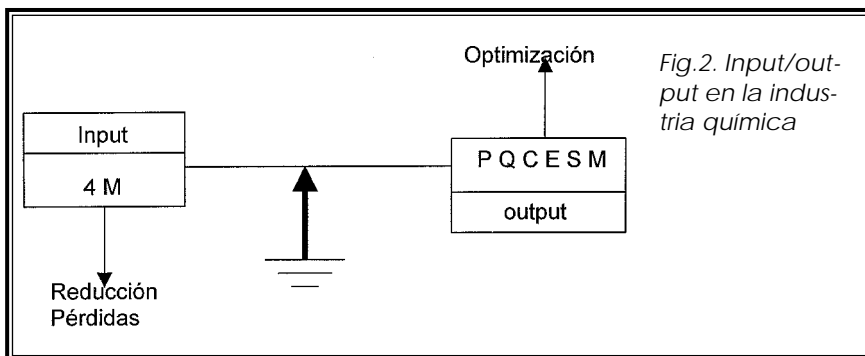


Fig.2. Input/output en la industria química

$$\text{Tasa de rendimiento } R = \frac{\text{Producción actual en t/h}}{\text{Producción diseño en t/h}} \times 100$$

$$\text{Tasa de calidad } C = \frac{\text{Producción actual en t - rechazos de calidad}}{\text{Producción actual en t}} \times 100$$

En la Tabla I se resumen los factores que determinan la eficacia global de la planta y sus pérdidas asociadas.

Hagamos algunas aclaraciones a estas pérdidas:

1. Pérdidas por paradas programadas

La mayoría de las plantas químicas o de proceso paran una vez al año para mantenimiento, y de esta forma se asegura su rendimiento y su seguridad.

Se nos plantea un problema. Estas paradas ¿son pérdidas?

T.P.M. las considera pérdidas y trata de minimizarlas ¿Cómo? Aumentando el rendimiento del mantenimiento predictivo, redundancias, criticidades, etc.

2. Pérdidas por ajustes de producción

Obedecen a la pérdida de tiempo en los cambios de suministros o en la demanda. Por ello, la empresa evitará estas pérdidas si sobresale en calidad, reducción de costes, desarrollo de productos nuevos, etc.

3. Pérdidas por fallos mecánicos o eléctricos de los equipos

Pueden ser totales o parciales.

4. Pérdidas por fallos de proceso

Ocurren por errores en los procesos, tanto en primeras materias como en válvulas obstruidas, que accionan alarmas y disfuncionamientos de tipo eléctrico.

La causa puede radicar en las propiedades de los materiales que se procesan o en fenómenos de corrosión, abrasión, o dispersión de polvo.

Estas pérdidas son típicas de la industria química.

5. Pérdidas en arranques, cambios de formatos, calentamientos y enfriamientos

Estas pérdidas deben contabilizarse

Tabla I Pérdidas asociadas a las factorías que intervienen en la eficacia global de una planta	
Factor	Pérdidas
Disponibilidad	- Paradas programadas - Ajustes de producción - Fallos de equipos - Fallos de proceso
Tasa de rendimiento	- Tiempos de arranque, de cambio de formatos, calentamientos, enfriamientos. - Baja velocidad o baja carga
Tasa de Calidad	- Rechazos de calidad - Reprocesos

zarse durante el período de funcionamiento normal de la planta química.

Su evitación pasa por impedir que paren los equipos que sufren estas pérdidas, o diseñarlos para que arranquen inmediatamente, libres de dificultades.

6. Pérdidas por baja velocidad o baja carga

Son pérdidas de rendimiento; cuando la planta produce por debajo de las toneladas/horas en funcionamiento (sin paradas).

7. Pérdidas por defectos de calidad

Corresponden a:

- Tiempo perdido en producir productos rechazados.
- Pérdidas de los deshechos irre recuperables.
- Pérdidas financieras por mal producto.

8. Pérdidas por reprocesamiento

Son debidas al reciclado del producto rechazado, que es menester volver a procesarlo para volverlo aceptable.

5.1. EJEMPLO DE CALCULO DE LA EFICACIA GLOBAL

Determinar la eficacia global de una planta que produce sal cristalizada, y de la que se disponen los siguientes datos:

- Trabaja a tres turnos.
- Tasa de producción estándar 1.000 t/día.

- *Pérdidas medidas de disponibilidad:*

- Paradas programadas: 20 horas/ mes.
 - Ajustes de producción: 18 horas/ mes.
 - Fallos de equipos: 25 horas/mes.
 - Fallos de proceso: 10 horas/mes.
- Total: 72 horas /mes**

Pérdidas de disponibilidad = 72 horas/mes = 3 días/mes

- *Pérdidas de rendimiento* (no medidas directamente, pero deducidas de la producción horaria y nº de días):

$$\left. \begin{array}{l} 1^{\text{a}} \text{ quincena: } 6 \text{ días} \times 1.000 \text{ t/d} \\ \quad \quad \quad 5 \text{ días} \times 800 \text{ t/d} \\ \quad \quad \quad 1 \text{ día} \times 500 \text{ t/d} \\ \quad \quad \quad 1 \text{ día} \times 400 \text{ t/d} \end{array} \right\} = 10.900 \text{ t}$$

$$\left. \begin{array}{l} 2^{\text{a}} \text{ quincena: } 12 \text{ días} \times 1.000 \text{ t/d} \\ \quad \quad \quad 2 \text{ días} \times 500 \text{ t/d} \\ \quad \quad \quad 1 \text{ día} \text{ nada} \end{array} \right\} = 13.000 \text{ t}$$

Total = 23.900 t

- *Pérdidas de calidad*

Se producen 200 t de productos rechazables.

• *Solución*

$$\text{Disponibilidad} = \frac{30 \text{ días} \times 24 - 3 \times 24}{30 \times 24} \times 100 = 90\%$$

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{23.900 / 27}{1.000} = \frac{885 \text{ t/d}}{1.000 \text{ t/d}} \times 100 = 88,5\%$$

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{23.700 \text{ t}}{23.900 \text{ t}} \times 100 = 99,4\%$$

Eficacia global de la planta (EGP) = 0,9 x 0,885 x 0,994 x 100 = 79%

Es decir, hay unas pérdidas de 100 - 79 = 21%, que deben eliminarse.



Fig.3. La mejora de la eficiencia de los equipos se controla por medio de la eficacia global de la planta (E.G.P.)

6. MEJORA DE LOS OTROS INPUTS DE PRODUCCION

La mejora de la eficiencia de los equipos: máquinas, instalaciones y procesos la controlamos por medio de la eficacia global de la planta (E.G.P.). Veámos ahora, tal como lo ve T.P.M., la posible mejora de las otras 3 M.

6.1. REDUCCION DE PERDIDAS DE MATERIALES Y ENERGIA

Son dos costes muy elevados en la industria química, y sus ratios deben controlarse:

$$\text{Consumo unitario de fuel: } \frac{\text{Fuel consumido}}{\text{Producción}} \quad (\text{t/t})$$

$$\text{Consumo unitario de energía eléctrica} = \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{t}}$$

$$\text{Consumo unitario de materias auxiliares} = \frac{\text{kg}}{\text{t}}$$

Consumo unitario material de embalaje = unidades t

Consumo unitario de materia prima = t/t

Por ejemplo:

- Un transportador o cadena tenía pérdidas de materia prima que se caía durante el transporte. Se calculó en 50 t/mes.

Un equipo de trabajo analizó los puntos de caída y presentó soluciones, de tal suerte que en tres meses la pérdida pasó a 10 t/mes.

- En una fábrica de papel había una pérdidas de 1.000 t/año de materia en el agua de salida. El equipo de trabajo estudió y mejoró

el proceso y redujo las pérdidas en 500 t/año.

Además, dos bombas que trabajaban a tope, quedaron descargadas y una de ellas pasó a redundante. Con lo cual el ahorro de energía eléctrica anual llegó a 23 millones de pesetas.

En la industria química es común la modificación de viejas plantas para introducir o mejorar los productos. La más usual es añadir el nuevo equipo y dejar el equipo obsoleto, a veces con miras a que sea redundante o de apoyo.

Ello acarrea una complicada red de araña de unidades estáticas, tuberías, máquinas, cableado, instrumentación, que "ensucian" la planta y ocasionan pérdidas de materias y de energía.

Una razonable eliminación de estos equipos, que a veces funcionan a bajo rendimiento, supone notable ahorro en espacio, mano de obra, energía y fugas y pérdidas.

Otros materiales que se deben mejorar son los de mantenimiento.

En la industria química, el T.P.M. hace la siguiente recomendación:

Establecer dos grupos de repuestos y materiales:

1. Almacenados en un almacén central, y con carácter permanente, y con un mínimo muy ajustado.

2. Almacenados en áreas o secciones: unidades de reserva, piezas de consumo, herramientas.

Un objetivo seguido por el T.P.M. es reducir el número de repuestos diferentes en un 30% (normalizar), y su valor y cantidad en un 40%.

6.2. REDUCCION DE LAS PERDIDAS DE MANO DE OBRA

Las pérdidas de mano de obra se producen en una planta química por las siguientes causas:

- Anormalidades y averías → Inspecciones, informe, ajustes.
- Fugas, derrames, atascos y obstrucciones → Emergencias, seguimiento, etc.
- Suciedad → Horas hombre para limpiar.

6.3. REDUCCION DE PERDIDAS DE GESTION

Se refieren a:

- Aumento de cambios de formatos o útiles motivados por imprevisiones del plan de producción.
- Deficiente manutención y distribución de materias y materiales.
- Burocracia y deficiencias administrativas.
- *Test* y análisis manuales y no automáticos *on line*, por ejemplo.

7. TP.M. Y LA MEJORA CONTINUA EN LA INDUSTRIA QUIMICA

T.P.M. contempla la mejora continua en la industria química con la misma atención que en una fábrica de automóviles.

La mejora debe ir avanzando a través de las siguientes etapas:

a) Evitando fallos de proceso que hagan necesaria la parada de la planta

Sus causas son:

- Propiedades físicas de los materiales.
- Fugas por corrosión o por fisuras.
- Obstrucciones.
- Contaminación.
- Dispersión del polvo.
- Errores humanos de operación.

La solución radica en la localización de la fuente u origen.

- Las fugas por corrosión o fisuras tienen su origen en la pintura del material, su protección o su composición. Por ello, desde el diseño es menester solucionar este problema.

- Las *obstrucciones* se producen por incrustaciones y escamas, materias extrañas, humedad, polimerización, etc. Soluciones adecuadas pueden ser:

- Mejorando el perfil de las tolvas y tuberías.
- Recubrimientos internos de poco coeficiente de rozamiento.
- Predicción de obstrucciones - medida de caídas de presión, distribución de temperaturas, medida de conductividad, técnicas láser, ultrasonidos, etc.

- En cuanto a *contaminación*, entendemos por tal aquellas materias que se esparcen por el interior de la planta o se adhieren a las máquinas, tuberías, cableados, etc.

Las fuentes de contaminación en una planta química son:

- Juntas de estanqueidad de bombas, centrífugas, u otras máquinas rotativas.
- Tuberías fisuradas, perforadas.

La solución descansa en el mantenimiento autónomo con el apoyo del mantenimiento especializado.

- Referente a la *dispersión del polvo*, lo producen y es ostensible en los siguientes equipos:

- Elevadores de cangilones.
- Cintas transportadoras.
- Molinos y machacadores.
- Secadores.
- Hornos rotativos, etc.

El uso de *cortinas* de protección es útil. Lo mismo ocurre con elementos *laberínticos* de protección o de impedimento.

Las fuentes de polvo deben localizarse, aislarse y protegerse.

Antes de aplicar el mantenimiento autónomo a estas instalaciones se debe resolver su eliminación previa.

- Finalmente, los *operarios* producen fallos de proceso y sus causas son:

- Olvidos.
- Confusiones.
- Falta de atención.
- Ignorancia.
- Trabajo en equipo deficiente.

Para ello es menester el desarrollo de buenos manuales de operación, regulación y ajuste de los equipos.

El mantenimiento autónomo efec-

tuado por estos operarios incluye inspecciones generales de los equipos (mantenimiento preventivo de 1er. nivel).

b) Eliminación de los fallos de máquina

Por medio de seis medidas tendentes al cero averías:

- Llevar a la máquina hacia sus condiciones básicas (limpieza, engrase, apretado de tornillos).
- Aplicar y seguir estrictamente las condiciones de uso.
- Eliminar las condiciones que causan el deterioro acelerado.
- Evitar el deterioro y envejecimiento.
- Corregir debilidades de diseño.
- Mejorar las capacidades de las personas (producción y mantenimiento).

Estas seis medidas no deben emprenderse a la vez, sino en cuatro fases, utilizando el mantenimiento autónomo y especializado. Son:

1. Reducir la dispersión de los intervalos entre fallos.
2. Alargar la vida útil de los equipos.
3. Comprobar periódicamente el desgaste y deterioro.
4. Predecir los tiempos de vida de los equipos.

c) Fomentar medidas contra fallos y daños de los equipos

En la industria química conviene dividir los sistemas en cinco grupos a los que T.P.M. recomienda ciertas medidas (ver Tabla II).

d) Fomentar medidas contra los defectos de calidad

Hay que intentar "meter la calidad a través del equipo" y esto debe lograrse abandonando el concepto de que el personal de la planta detecta y corrige las condiciones defectuosas solamente cuando se inspecciona el equipo o se detecta un defecto.

Al revés, el personal medirá periódicamente (Fig. 4) los cambios en

Tabla II Medidas contra fallos de los equipos	
Grupo	Medidas
1. Maquinaria rotativa	Las explicadas anteriormente + análisis de vibraciones
2. Columnas y tanques	Técnicas de diagnóstico, medición, líquidos penetrantes, radiografía, etc. realizadas por mantenimiento especializado
3. Tuberías y válvulas	Revisión de tuberías y soportes por mantenimiento especializado. Chequeos diarios por mantenimiento autónomo para encontrar fugas, obstrucción, corrosión, vibraciones y válvulas defectuosas. Antes de pintar tuberías cerciorarse de que no tiene óxido, fugas, etc.
4. Equipo eléctrico	Por razones de seguridad sólo el personal de mantenimiento especializado intervendrá en pupitres, celdas, subestaciones. Los problemas en equipos de control por relés y de detección pueden reducirse estableciendo limpieza, engrase y apretado de pernos y restableciendo cotas, tolerancias, etc.
5. Instrumentación	En un programa de mantenimiento autónomo diario se puede incluir chequeo de contaminación interna, entrada de polvo, obstrucción de filtros, defectos elementales de instrumentos. La mayor parte de las imprecisiones, bloqueos y otras anomalías de los instrumentos obedecerá a esas causas.



Fig.4. El personal medirá los cambios en los elementos que afectan a la calidad

ciertos elementos de inspección que afecten a la calidad. Y tomar acción correctiva antes de desviarse de rangos aceptables. Es decir, se debe pasar del control reactivo, basado en verificación de efectos, al proactivo basado en el chequeo de causas.

8. EL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Uno de los pilares básicos del T.P.M. es el mantenimiento autónomo (mantenimiento realizado por el servicio de producción):

• Factores básicos de mantenimiento autónomo:

- Profundidad + mejora continua + entrenamiento + formación del personal.
- Continuidad + mejora continua + entrenamiento + formación del personal.

La evolución del mantenimiento autónomo en la mayoría de las plantas químicas y de proceso se muestra en la Tabla III.

Llegamos entonces a la conclusión de que el binomio mantenimiento autónomo - mantenimiento progra-

mado o especializado debe funcionar bien coordinado.

Estos dos equipos humanos realizarán dos funciones:

- De mantenimiento.
- De mejora.

Otorgándose primacía a la prevención del deterioro (mantenimiento básico) y así abonar adecuadamente el campo de mantenimiento planificado y predictivo.

Del esquema de la figura 5 se deduce que:

- El Departamento de Producción debe:

a) Prevenir y evitar el deterioro del sistema:

- Con operación correcta - sin errores humanos.
- Ajuste correcto - sin errores de proceso (fallos de calidad).
- Establecer condiciones básicas del equipo (limpieza, lubricación, apriete de tuercas y tornillos).
- Rapidez en la predicción y detección de anomalías - impedir fallos y accidentes.
- Retroalimentar información para evitar repetición de fallos y averías, creando diseños que eviten el mantenimiento.

b) Medir el deterioro

- Chequeo diario poniendo los cinco sentidos.
- Chequeo periódico colaborando durante la parada de la planta para mantenimiento.

c) Restaurar el deterioro

- Pequeños servicios - reemplazo de piezas simples, medidas de emergencia.
- Información rápida y puntual de fallos y problemas.
- Asistencia en la reparación de fallos inesperados.

- El departamento de mantenimiento debe:

- Medir y restaurar el deterioro - por medio del mantenimiento planificado, predictivo y modificativo - elevando la fiabilidad - mantenibilidad del sistema. Esto significa su puesta al día en tecnología y métodos de mantenimiento.

- Apoyar al mantenimiento autónomo en crear la información, formar al personal y facilitar procedimientos.

Tabla III Evolución del mantenimiento autónomo	
Periodo	¿Cómo se hacía o se hace el mantenimiento autónomo?
1920-1945	Los operarios de la planta mantenían su equipo chequeándolo regularmente, llegando incluso a desmontar conjuntos completos (bombas, válvulas, etc.). Había un elevado nivel de mantenimiento autónomo.
1950-1975	Las plantas se fueron agrandando y los sistemas se volvieron más complejos y sofisticados. Con la aparición del mantenimiento preventivo, el mantenimiento se fue especializando. Las crisis del petróleo divinizaron el concepto de la reducción el coste y las plantas químicas vieron mermadas notablemente sus plantillas de personal de operación. Arreció la teoría Tayloriana, del "yo fabrico - tu reparas".
1975-1998	Como los costes se deben reducir todavía más, renace con insistencia el mantenimiento autónomo. La informática permite la automatización y la operación sin presencia de personal, pero ¿qué hacemos con los sensores soporte de la automatización, las fugas, los derrames, obstrucciones, averías, fallos de proceso? Algo se debe hacer. No podemos eliminar el mantenimiento autónomo.

- Desarrollar técnicas de análisis de fallos y evitar la repetición de los mismos.
- Control de repuestos, herramientas y soporte logístico del mantenimiento.

En T.P.M., cuando se trata el mantenimiento autónomo, se busca un claro objetivo:

Establecer y mantener las condiciones básicas del sistema

La causa de la mayoría de los fallos en los sistemas provienen de deterioro de equipos, que puede ser de dos tipos:

- Deterioro natural: envejecimiento y utilización.
- Deterioro acelerado: inducido artificialmente o forzadamente.

Establecer las condiciones básicas del equipo es eliminar las causas del deterioro acelerado, y como ya hemos dicho incluye:

- Limpieza técnica: remover trazas de polvo y suciedad para erradicar defectos ocultos.
- Lubricación: evitar desgaste y calentamientos.
- Apretado de tuercas: para evitar disfunciones y averías mayores.

Pero en T.P.M. no se contenta con esto. Es menester llevar al sistema a las condiciones óptimas.

Las máquinas no se averían por sí mismas, hay algo intencional y doloso, es decir ¿Es el personal el que por acción u omisión produce las averías? T.P.M. responde afirmativamente, y resuelve el problema con el establecimiento de las condiciones básicas. Llevar el sistema a las condiciones óptimas significa que alcance las prestaciones ideales. Por ejemplo, las condiciones óptimas de funcionamiento de una correa de transmisión son:

- Sin fisuras.
- Sin abultamiento.
- No estiradas.
- No retorcidas.
- No desgastadas.
- Limpias.
- Sin daño alguno.

Si no se chequean las correas, estas condiciones irán fallando una por una, y el sistema irá perdiendo correas hasta que no pueda funcionar.

Si no se efectúa la limpieza aparecerán:

- Fallos mecánicos y eléctricos.
- Defectos de calidad.
- Deterioros acelerados (fallos ocultos).
- Pérdidas de velocidad, que influyen en la E.G.P.

Pero en T.P.M., la limpieza es inspección para hallar fallos ocultos, y he aquí unas cuantas sugerencias para hallarlos:

- Buscar holguras, pequeñas vibraciones, ligeros calentamientos.
- Buscar poleas y correas desgastadas, cadenas de mando sucias, filtros obstruidos.
- Comprobar si el sistema es fácil de limpiar, lubricar, inspeccionar, operar y ajustar. Identificar obstáculos para ello.

- Asegurarse de que los aparatos de medida funcionan bien y bien marcados los valores de consigna.
- Investigar la corrosión interior en el material aislante de tuberías, columnas y tanques, y las obstrucciones en canales y toberas.

En la industria química es muy típico señalar estándares de inspecciones, que a veces son casi rituales y automáticos, sin fomentar la capacidad y sensibilidad. Por ello se deben diseñar estándares “fáciles de entender” y tener a los operarios formados en ellos. T.P.M. recomienda que cada empresa haga los siguientes estándares de chequeo:

- 1) Puntos a chequear para tuercas y pernos.

Fig.5. Coordinación del mantenimiento autónomo y el mantenimiento programado o especializado

FUNCION	ACTIVIDAD	TAREA			PROD.	MTO.
		Prev. deterioro	Med. deterioro	Rest. Deterioro		
De Mto.	Op. Normal	Op. Correcta			X	
		Ajustes correctos			X	
	Mto. diario	Limpieza- descubrir deficiencias			X	
		Lubricación			X	
		Apretar tuercas			X	
		Chequeo diario de deterioro y condiciones			X	
		Pequeño servicio			X	
	Mto. periódico	Chequeo periódico			X	X
		Inspección periódica (test)				X
	Mto. Predictivo	Tendencias				X
		Serv. a intervalos medio y largo			X	X
	Mto. Correctivo	Diagnóstico, acción e informe de anomalías				
		Prevención Repeticiones			X	X
		Reparaciones de emergencia				X
	De Mejora	Fiabilidad	Simplificación			X
Nivelar cargas			X	X		
Mejorar precisión del Control			X	X		
(Mto. Modificativo)		Desarrollar equipos y técnicas de comprobación de condiciones			X	X
		Mejorar trabajos de inspección				X
Mantenibilidad	Mejorar trabajo de servicio				X	
		Mejorar calidad de servicio				X

- 2) Puntos de chequeo para lubricación.
- 3) Puntos de chequeo de sistemas de transmisión.
- 4) Puntos de chequeo de sistemas oleohidráulicos.
- 5) Puntos de chequeo de sistemas eléctricos.
- 6) Puntos de chequeo de sistemas de bombas.
- 7) Puntos de chequeo de sistemas de válvulas.
- 8) Puntos de chequeo de sistemas de agitadores.

9. EL MANTENIMIENTO ESPECIALIZADO EN INDUSTRIAS QUIMICAS

El mantenimiento especializado o el practicado por el Dpto. de mantenimiento tiene dos grandes rúbricas de actividades:

- Mejora de la tecnología y habilidades de mantenimiento, es decir, aumentar su capacidad para:

- Reparar equipos.
- Inspeccionar y medir.
- Diagnosticar.
- Informatizar.

- Mejora de los sistemas (máquinas) a través de:

- Apoyo al mantenimiento autónomo.
- Mantenimiento modificativo.
- Mantenimiento predictivo.
- Prevención o eliminación del mantenimiento.

T.P.M. contempla y establece criterios para centralizar o descentralizar el mantenimiento especializado. Para ello recomienda:

- Plantas de tamaño medio o pequeño → Centralizado (parten de un centro común)

- Plantas de gran tamaño → Mecánicos descentralizados, Eléctricos e Instrumentistas centralizados

El indicador básico de la eficacia es la proporción (*output/input*), que de forma simplificada puede quedar en:

$$\frac{\text{Ahorros de costes anuales}}{\text{Coste de mantenimiento} + \text{Amortización anual de inversión en mejoras}}$$

El coste de mantenimiento = Mantenimiento preventivo (*on condition, hard time*, predictivo) + mantenimiento correctivo o de averías.

No se debe perder de vista que la reducción del coste de manteni-

miento pasa por la "exploración" de nuevos conceptos de mantenimiento, tal como puede ser el R.C.M. (*Reliability Centered Maintenance*), que puede resultar de aplicación en la industria química.

10. EPILOGO

El objetivo de T.P.M. es reforzar la empresa mediante el logro de cero defectos, cero fallos y cero accidentes, es decir, eliminando todas las posibles pérdidas.

Aunque los defectos y accidentes son importantes, T.P.M. sobrestima los fallos y averías por la siguiente razón:

Los mayores accidentes ocurren en tanto no se solucionan los fallos de los sistemas. Muy pocos tienen lugar cuando los procesos operan con normalidad o los operarios chequean y supervisan los equipos.

Lo mismo ocurre con la mayoría de los defectos de proceso o de producto, que suceden cuando las plantas se paran por averías o se están reparando y poniendo de nuevo en marcha. Es decir, el cero averías es el modo más rápido y seguro de eliminar accidentes y defectos en las plantas químicas.

Aunque finalmente el artículo presente podría extenderse en detalles más profundos de T.P.M. aplicado a este sector, no cabe duda que hemos intentado presentar las peculiaridades que T.P.M. ofrece a las plantas químicas, muy distintas en todos los aspectos a las fábricas de automóviles y similares.

11. BIBLIOGRAFIA

- [1] J.I.P.M. - T.P.M. Promotion in Process Industries (1992).
- [2] Tokutaro Suzuki -New Directions in T.P.M. (1997).
- [3] Sakaguchi, Y. "Plant Engineer" (1996).
- [4] Lezana, E. "Curso de Fundamentos de T.P.M. (1992).
- [5] Lezana, E. "Curso de T.P.M. aplicado a industrias de Proceso (1997).
- [6] Lezana, E. "Curso Superior de mantenimiento industrial (1997).
- [7] Fotografías, Cortesía de Inquinasa (Industrias Químicas de Navarra, S.A.).

Puede suscribirse a

INGENIERIA QUIMICA

Por:

Teléfono: 914 40 29 24

Fax: 914 40 29 31

Internet: www.alcion.es

Correo: Edif. ECU
c/ Medea, 4
28037 Madrid

