

Análisis comparativo de sistemas de organización de mantenimiento: RCM, TPM y Mantenimiento efectivo

Javier Conde Collado¹, Javier Cárcel Carrasco², Manuel Rodríguez Méndez³

¹Doctor Ingeniero Industrial, ETSICCP de la UCLM, Campus Universitario s/n, Ciudad Real,
Javier.Conde@uclm.es

² Doctor Ingeniero Industrial, Dpto. de Construcciones arquitectónicas, UPV, Valencia, jcarcel@teleline.es

³ Doctor Ingeniero Industrial, Schwarzkopf & Henkel, Aptdo. 1070, 15080 La Coruña,
Manuel.Rodriguez@henkel.es

RESUMEN

El RCM y el TPM, complementarios en muchos aspectos, alternativos o sustitutivos en otros, son todavía referencia obligada entre las opciones tácticas o sistemas de gestión u organización de mantenimiento. Aunque no se puede negar su evolución en el terreno de los principios, ni en el de su aplicación, existen respuestas no satisfactorias a determinados aspectos, ligados a la rápida evolución y adaptación progresiva obligada de la configuración y estructura de la planta industrial y de los modelos de producción. Esto sugiere una revisión o superación, siquiera parcial, de estos sistemas. El mantenimiento efectivo ha sido planteado bajo estos supuestos, al objeto de ofrecer respuestas a los requerimientos de los profesionales del mantenimiento industrial. Esta comunicación, en la que se presenta el mantenimiento efectivo, estudia además las diferencias y analogías de los tres sistemas referenciados.

Palabras clave: RCM, TPM, Mantenimeinto efectivo, Mantenimiento basado en el conocimiento.

1. Introducción.

El modelo RCM [6] está basado en la fiabilidad y surge en los años sesenta como respuesta a los problemas en aquel momento planteados: crecientes costes de mantenimiento, bajos niveles de disponibilidad, insatisfactoria efectividad del mantenimiento preventivo, etc. Básicamente utiliza los conocimientos y experiencia del personal de mantenimiento y de producción para identificar, a partir de las metas de producción, los requerimientos de mantenimiento de cada unidad operativa, optimizar los rendimientos de esas unidades y alcanzar los resultados esperados.

El TPM [8] es un modelo cuyo planteamiento opera sobre la gestión de los activos físicos, y que entiende como básica la implicación del operario como responsable de la calidad del producto y la fiabilidad operativa. Fue definido por primera vez en 1971, y como Nakayima [7 y 8] indicó, el TPM tiene tres significados diferentes: Búsqueda de la eficacia económica, prevención del mantenimiento a través del “diseño orientado al mantenimiento”, y participación total de los trabajadores mediante el mantenimiento autónomo.

El mantenimiento efectivo es un modelo basado en la gestión del conocimiento con objeto de eliminar los esfuerzos innecesarios y poco productivos. Ese conocimiento está basado no sólo en la experiencia existente sobre la base de los datos técnicos de equipos de planta, sino también, de los económicos y de organización.

Suele afirmarse que el RCM es un sistema que orienta los problemas y sus soluciones de arriba a abajo, mientras que el TPM lo hace de abajo (grupos autónomos) a arriba. Pues bien, el sistema propuesto [3], que utiliza como referencia el RCM y el TPM, se caracteriza por poseer una orientación mixta.

2. La Gestión del Conocimiento en la actividad del mantenimiento industrial.

A partir del análisis de los aspectos tácticos y estratégicos de la aplicación de los modelos considerados: RCM, TPM y Mantenimiento efectivo, a la planta industrial, se han obtenido las siguientes consideraciones en relación con las carencias y dificultades que se presentan en la gestión del conocimiento, que se genera, adquiere, almacena, transmite y utiliza en la actividad de mantenimiento. En especial, se considera lo relativo a la experiencia y su conversión en conocimiento, a los problemas e interés en una buena transmisión, y a los procesos de entrenamiento y aprendizaje.

En concreto, se pueden extraer las siguientes consideraciones básicas:

- I. *Relevancia del conocimiento.* El conocimiento afecta a los elementos estratégicos en los sistemas de Gestión de Mantenimiento, pero también a los tácticos y al desempeño. El mantenimiento requiere conocimientos técnicos y de organización muy especiales, habilidades y experiencia, no sólo conocimientos teóricos, sino fundamentalmente prácticos.
- II. *Características del conocimiento: los datos históricos.* Las fuentes de conocimiento estratégico (proceso y cadena de fallo, disponibilidad, etc.) y táctico (opciones tácticas y sistemas de organización, etc.) tienen dos orígenes fundamentales: la experiencia habida en la planta industrial y los planteamientos teóricos.
- III. *Tipos de experiencia.* Habría, al menos, tres tipos de experiencia a considerar:
 - i. La experiencia que proporciona la vida operativa de la planta.
 - ii. La derivada de los experimentos controlados.
 - iii. El conocimiento histórico explícito o registrado.
- IV. *Características del conocimiento: los modelos explicativos.* Si bien las técnicas de predicción, pronósticos, expectativas, se han aplicado profusamente en la aplicación del mantenimiento predictivo, en general, los modelos explicativos y, en especial, los que contienen variables de proceso, muestran, todavía, un elevado grado de imperfección, por lo que se continúa investigando en este campo de análisis.
- V. *Características del conocimiento: la experiencia no registrada.* El conocimiento basado en la experiencia (tácito) es difícil de extraer y formalizar, pues es un

conocimiento fragmentado, complejo, presenta pocas regularidades, confuso, recolectado de imprevistos, guiado por urgencia, con imposiciones de tiempo y espacio, surgido de actividad poco “regulable”, y escasamente “protocolizable”, incompleto, aislado, infrecuente, local y contingente.

- VI. *Características del conocimiento: los experimentos.* La traza del fallo no se suele registrar y la experiencia, en general, es fragmentaria. La “vivencia temporal definida” de los fenómenos físicos observados se muestra discontinua, y las posibilidades de “repetibilidad” de los experimentos en planta son, generalmente, escasas.
- VII. *Características del conocimiento: los datos históricos.* Los datos históricos no suelen almacenarse seleccionados o filtrados, y mucho menos orientados a las metas o en bases relacionales. La información que contienen está fragmentada y suele ser poco fiable, por lo que su utilidad efectiva suele ser escasa.
- VIII. *Aprendizaje y entrenamiento.* Los sistemas de organización del mantenimiento promueven con decisión el que la adquisición y transmisión de conocimiento, y su actualización, se consigan de forma eficiente y efectiva a través del entrenamiento, aprendizaje y formación de los recursos humanos, piedra angular, sobre todo del TPM.
- IX. *Enfoque logístico.* Estos sistemas, en especial el TPM, plantean un enfoque del mantenimiento que podría calificarse de logístico, basado en las siguientes propuestas:
 - i. Una visión integrada de los recursos: físicos y humanos.
 - ii. Una visión global ajustada al ciclo de vida de los equipos. No se pueden controlar o dominar científicamente esos equipos disgregando el análisis de sus componentes, sin recuperar una visión global de los fenómenos y de los activos físicos en su “habitat natural”. Se precisa, también, una visión integrada del tratamiento de todos los recursos.
 - iii. Una idea-fuerza cercana a la de servicio al cliente: externo e interno.
- X. *Sistemas de información de mantenimiento.* Los pequeños grupos autónomos manejan los GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador) o los “microsistemas de información”, cada vez en mayor medida vinculados a la red. Se ha demostrado, en la práctica de la planta industrial, la efectividad de estos grupos, reforzada por estos sistemas de información, especialmente en los procesos de búsqueda de soluciones ante problemas complejos y en los procesos de mejora.

3. Esquema Comparativo.

Se presenta en la tabla 1 un esquema comparativo del RCM, el TPM y el Mantenimiento efectivo o Mantenimiento basado en el conocimiento (ME-MBC). En él, se recogen las similitudes y diferencias básicas entre los tres sistemas, en diferentes aspectos básicos, lo que permite ubicar el sistema propuesto, entre los dos sistemas de referencia actuales.

| RCM | TPM | Mantenimiento Efectivo |
|--|--|---|
| Metas de productividad; capacidades y requerimientos | Eficacia global | Efectividad global. Optimización relación efectividad/riesgo. |
| Gestión de la duración. | Productivo para ciclo de vida | LCC, con microinversiones periódicas y retornos intangibles |
| Células, y motivación basada en resultados | Grupos autónomos implicados. Automantenimiento | Grupos de oportunidad o grupos de negocio. |
| Formación para la implantación. | Entrenamiento y formación | Autoaprendizaje con retorno de la experiencia. |
| Consideración de fallos funcionales y rendimientos. | Atención a las seis grandes pérdidas. | Atención a los ajustes y cambio de formato. CRM. |
| Relación entre proceso y mantenimiento. | | Gestión de cambios en la configuración. Registro de buenas prácticas. |
| Análisis AMFEC. | Gestión total. | Gestión ligera y ágil. |
| Retroalimentación de datos. | Microsistemas de gestión. | Sistemas de información basados en la utilidad. Gestión de la contribución. |
| Difusión fluida de conocimientos. | | Gestión del conocimiento. |

Tabla 1: Esquema comparativo de sistemas de organización del mantenimiento.

4. Análisis de los Principios.

Se comentan a continuación, de forma sucinta, los principios (recogidos en la tabla anterior) en que se basa el sistema propuesto:

- *Efectividad global.* Los objetivos de la actividad de mantenimiento se fijan en base a los requerimientos (necesarios o útiles) del sistema productivo y de distribución, y a los riesgos subyacentes.
- *Consideración del LCC:* El coste del ciclo de vida del equipo y del proceso es el elemento evaluador básico. Se contemplan pequeñas inversiones de mejora, incluyendo retornos intangibles. Frente al RCM y al TPM, se considera el ciclo de vida de los grupos funcionales y de los equipos o activos de negocio.
- *Grupos de oportunidad o de negocio.* A diferencia de los grupos autónomos, conforman verdaderos centros de negocio interno o externo.
- *Autoaprendizaje con retorno de la experiencia:* en la línea del TPM (de dotar de autonomía a los grupos de trabajo), el autoaprendizaje tiene un doble objetivo: ceder autonomía en los objetivos formativos y de entrenamiento, y obtener por esta vía, de forma indirecta, el necesario retorno de la experiencia.

- *Atención a las relaciones cliente-proveedor internas (ajustes y cambio de formato) y externas (subcontratación).* Estos aspectos disminuyen notoriamente el riesgo de la actividad de mantenimiento. A la cultura, de la atención a los pequeños fallos y de la calidad total, del RCM y el TPM, el Mantenimiento efectivo añade la de disminución del riesgo de quiebra y de daños personales.
- *Gestión de la configuración integrada con flujo de trabajo (registro de buenas prácticas).* El sistema integra la información base de la configuración de equipos reparables, con la proveniente del flujo de trabajo de la planta. Aquí, se combinan las informaciones relativas a la fiabilidad de diseño, con las de la fiabilidad operativa y la mantenibilidad, a partir de la relación fabricación-mantenimiento (RCM).
- *Gestión ligera y ágil:* El Mantenimiento efectivo une la propuesta de “gestión ligera” del mantenimiento (libre de actividades u operaciones innecesarias), con las de la fluidez y la agilidad en la búsqueda obligada de conocimiento para la toma de decisiones.
- *Sistemas de información basados en la utilidad y Gestión de la contribución.* Se trata de uno de los mecanismos que permite el aligeramiento de los sistemas informativos y la agilidad en la decisión.
- *Gestión del conocimiento:* La base del sistema consiste en prestar atención a los procesos del conocimiento ligados a la gestión de los activos de la planta y, en especial, a los tres tipos de experiencia.

5. Aplicación.

El modelo que se presenta: ME-MBC, se ha aplicado, a una línea de envasado de productos cosméticos adaptando sus principios a la realidad de la planta. En consecuencia, se ha debido aplicar el modelo parcialmente en base a las posibilidades concretas que se nos ofrecieron, a la cultura de producción de la empresa y a las metas establecidas por la Dirección. Como consecuencia, para cada principio del modelo se fijaron unos objetivos concretos a alcanzar, desarrollando puntualmente determinados aspectos específicos que se relacionan en la tabla 2.

6. Conclusiones.

El RCM busca metas de productividad, mejorando la implantación y las políticas basadas en los cálculos de la fiabilidad de diseño. El TPM se abre a la eficacia global atendiendo más a la operativa y a la actividad de mantenimiento, involucrando a los trabajadores. El Mantenimiento efectivo desarrolla una filosofía de la utilidad y la necesidad, tanto a nivel de procesos (de gestión u operativos) como de conocimiento sustantivo.

La aplicación parcial de los Principios del Mantenimiento efectivo a una planta de envasado permitió obtener mejora de la efectividad del orden del 15%. También se pudieron estudiar algunos problemas de implantación derivados del recelo del personal en la adjudicación de las horas extras.

| Principios del Mantenimiento Efectivo | Consideraciones de la aplicación |
|--|---|
| Efectividad global | <p>Se realizaron pequeñas inversiones de mejora, que consiguieron incrementos de efectividad del orden del 15%. Se prestó especial atención a la depuración de las actividades no necesarias, aligerando las operaciones de mantenimiento periódico, que se limitaron, para el conjunto de la línea, a las siguientes:</p> <p>En el Posicionador de frascos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisión, y reposición, de los niveles de aceite ✓ Vaciado de los purgadores de aire ✓ Ajuste de la salida de los frascos en el posicionador <p>En la llenadora Mengibar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisión de todo el circuito de llenado tolva-boquillas ✓ Revisión de los niveles de aceite, y, si procede, reposición de aceite en la máquina. ✓ Revisión de piezas sometidas a desgaste: estrellas, bajadas de rampa. ✓ Vaciado de purgadores de aire. ✓ Revisión circuitos de aire a presión, y de vacío. <p>En la Etiquetadora:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisión, y si procede se reemplazará, del aceite de la máquina. ✓ Revisión, y cambio, de las gomas de pegado de etiqueta al frasco. ✓ Limpieza de los rodillos <p>En la bandejadora:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Limpieza de cintas y de cadenas ✓ Engrase de la máquina. ✓ Revisión y limpieza del circuito de vacío. ✓ Limpieza del circuito de vacío. <p>En General:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Puesta a punto de la línea. ✓ Realización de pequeñas mejoras propuestas en el grupo. |
| Consideración del LCC. Grupos de oportunidad o de negocio | Cada línea de producción tenía su plan de trabajo, el cual era definido en las reuniones del grupo de mejora correspondiente a esa línea. |
| Autoaprendizaje con retorno de la experiencia | Se ensayaron métodos de autoaprendizaje y se aplicaron sistemas de aprendizaje on-line, con contenidos relativos a la seguridad de las operaciones de mantenimiento de primer nivel. |
| Atención a las relaciones cliente-proveedor interno. | El personal se constituyó en proveedor de servicios de cada línea, con lo que se sincronizaron mejor las operaciones de automantenimiento y las programadas. |
| Registro de buenas prácticas. | Se registraron y exhibieron las buenas prácticas a nivel de cada línea. |
| Gestión ligera y ágil basada en la Gestión de la Contribución. | Se aplicaron valoraciones de contribución especialmente a nivel de las horas extra en mantenimiento tanto del personal de producción como el de mantenimiento, lo que se utilizó para determinar la relación de carga óptima para ambos. |
| Gestión del conocimiento | Se prestó especial atención al registro y utilización del cuaderno de buenas prácticas en nuevos casos; también a la transmisión del conocimiento de los operarios de mantenimiento a los de producción. |

Tabla 2: Esquema de aspectos desarrollados relativos a cada principio del Mantenimiento efectivo.

Bibliografía.

- [1] Barbera, F.; Schneider, H.; Kelle, P., “A condition Based Maintenance Model with Exponential Failures and Fixed Inspection Intervals”, *Journal of the Operations Research Society*, 47, pp. 1037-1045, (1996).
- [2] Bhilcott. J.U.; Christer, A.H., “Modeling of Condition Based Maintenance at the Coal Lacey”. *International Journal of Production Economics*, 22, pp. 1-11, (1991).
- [3] Conde, J.; “El Mantenimiento efectivo: principios y métodos”. Working paper, GIO-0500-UCLM, Ciudad Real (1999).
- [4] Christer, A H.; Wang, W., “A Model of Condition Monitoring of a Production Plant”, *International Journal of Production Research*, 30, pp. 2199-2211 (1992).
- [5] Christer, A.H.; Wang, W.; Baker, R.D.; Sharp, J., “Modeling Maintenance Practice of Production Plant Using the Delay-Time Model”, *IMA. Journal of Mathematics Applied in Business and industry*, 6, pp. 67-84, (1995).
- [6] Moubray, J., “Reliability-Centered Maintenance”, *Butterworth-Heinemann*, Oxford (1991).
- [7] Nakajima, S., “Introduction to TPM”, *Productivity Press*, Cambridge, MA, (1988).
- [8] Nakajima, S., “TPM Development Program”, *Productivity Press*, Cambridge, MA, (1989).
- [9] Sherwin, D., “A Review of Overall Models for Maintenance Management”, *Journal of quality on Maintenance Engineering*, 6, nº 3, pp.138-164, (2000).
- [10] Vanneste, S.O.; Van Wassenhove, L. N., “An Integrated Approach to Improve Maintenance”, *European Journal of Operations Research*, 82, pp. 241-257, (1995).
- [11] Wang, F.I.Z.; Pham, H , “Some Maintenance Models and Availability with Imperfect Maintenance on Production Systems”, *Journals of Operations Research*, 91, pp. 305-318, (1999).