



CON ADMIRACIÓN Y RESPETO DE **electro SERTEC** POR LA PROPIEDAD INTELECTUAL DE LOS AUTORES ORIGINALES DE ESTE ARTICULO LO PONEMOS A DISPOSICIÓN DE QUIENES VISITEN NUESTRA TIENDA YA QUE ESTAMOS SEGUROS DE QUE EL MISMO CONTRIBUIRA A SU DESARROLLO PERSONAL Y PROFESIONAL.

MANTENIMIENTO AYER Y HOY

RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE

MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

TPM

Total Productive Manintenance"
Mantenimiento Productivo Total

MANTENIMIENTO AYER Y HOY

RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE

MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

TPM

Total Productive Manintenance” o Mantenimiento Productivo Total

INTRODUCCIÓN

AYER

El avenimiento de la Industria Aeronáutica para satisfacer las demandas de la Aviación militar y Civil, planteó desde sus orígenes la necesidad de contar con metodologías que aseguraran el mantenimiento de las unidades en óptimas condiciones operativas y garantizaran la seguridad de tripulaciones y pasajeros.

Paralelamente el escalamiento en la complejidad de las instalaciones industriales fue planteando dentro de su propio ámbito los mismos desafíos, y alineando a los equipos de Ingenieros y planificadores tras la manera de mantener la maquinaria y los equipos trabajando al 100% a fin de lograr los Objetivos de Producción , optimizando el costo del Mantenimiento.

Fueron así surgiendo diversas técnicas para resolver los aspectos metodológicos y hacer frente al ingente incremento en los costos de Mantenimiento y a la Inversión inmovilizada en partes y piezas requeridas para asegurar la reparación en cuanto algún equipo saliera de servicio. .

El Arte en un comienzo, y La Tecnología del Mantenimiento luego, transcurrieron por diversos estadios, desde el mantenimiento "reactivo", cuando el único objetivo era mantener los equipos en condiciones de producir cada vez que se malograban, pasando por el Mantenimiento Preventivo con el cual se pensaba que podría preverse económicamente y/o planificarse la salida de servicio de los equipos de producción.

En un principio solo se buscaba mantener el equipamiento de producción en condición simplemente "operativa" , en una época en que este era bastante simple y en la que las paradas de producción por fallas eran tomadas naturalmente ya que su incidencia en los costos del producto no era muy significativa.

A medida que la Industria se volvía cada vez más competitiva se comenzaron a volver intolerables las pérdidas de producción, se pasó entonces a volcar

todos los esfuerzos a la prevención de las fallas antes de que ellas ocurrieran, y se pensó que “**Programando**” el Mantenimiento podrían eliminarse las paradas de producción, planeando, en base al análisis del envejecimiento de los componentes (wear out model of failure), la sustitución de las piezas bajo la forma de frecuentes overhauls de la maquinaria o equipo.

Este modelo sin embargo, pasaba por alto las características técnicas de las fallas y suponía que lo que se debía hacer era prevenir Todas las fallas. Su fracaso se debió no tanto al incremento de costo de mantenimiento implícito en su propia ineficacia, sino en que al ser esencialmente un método intrusivo, la probabilidad de fallas aumentaba en muchos casos por errores humanos al intervenir los equipos, casos en los que el remedio pasaba a ser peor que la enfermedad, aparte de ser extremadamente costoso en si mismo.

El incremento en los costos de mantenimiento debido al incremento en la frecuencia del Mantenimiento Programado, sin embargo, no llegaba, overhauls mediante, a mejorar significativamente la confiabilidad de los equipos, ni a disminuir la gran cantidad de accidentes que se presentaban sobretodo en la industria de la Aviación, lo que llevó a la introducción de los conceptos de Mantenimiento Preventivo.

En esta tercera etapa, posterior a la segunda guerra mundial y que coincide con una marcada tendencia hacia la alta sofisticación de equipos de producción y aeronaves, se pasa de simplemente reparar o cambiar las piezas que se supone desgastadas , a tratar de prevenir que se presenten las fallas. Para esto era necesario estudiar profundamente la naturaleza y los modos de falla que llevaban al colapso de los componentes para determinar qué acciones de prevención aplicar, y desarrollar una metodología de Mantenimiento que compatibilizara seguridad con economía.

A instancias del apoyo y financiamiento de la FAA(Federal Aerospace Administration), preocupada por la gran cantidad de accidentes aéreos, un grupo de trabajo (Steering Group) conformado por representantes de la propia FAA, de los fabricantes Aeronáuticos y de las Aerolíneas, estudió estas situaciones y desarrolló la necesaria metodología, constituyendo esta lo que se llamó MSG-1 (Maintenance Steering Group 1), actualizada más tarde bajo el nombre de MSG-2.

Posteriormente, United Airlines, con fondos del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, desarrollaría un estudio acerca de las relaciones entre Mantenimiento, Confiabilidad y Seguridad (Airline/Manufacturers Maintenance Program Planning Document) o MSG-3.

Este último reporte, preparado por Stanley Nowlan y Howard Heap entre 1971 y 1978 fue denominado “Reliability Centered Maintenance” o **RCM**, nombre con el que es conocido el MSG-3 fuera de la Industria Aeronáutica.

MANTENIMIENTO HOY

En esta era de Cambios y de Gerenciamiento en que los activos de las empresas pasan a tener un valor estratégico determinante, los conceptos acerca del Management de los mismos cambian

dramáticamente, y con ello, cambian los conceptos acerca del Mantenimiento, tanto desde el punto de vista técnico, para encarar la creciente complejidad de equipos e instalaciones, como en la transformación estratégica de la manera en que entendemos las fallas y el modo de encarar actividades de mantenimiento planificado y la manera de entender el Rol del más importante de los agentes del Mantenimiento El Recurso Humano.

PREDICTIVO

La enorme complejidad de las modernas aeronaves y de las instalaciones industriales solo ha podido ser adecuadamente domada en cuanto a su diseño y mantenimiento con la llegada de las computadoras y de los sistemas expertos.

La globalización de las operaciones en esta era del conocimiento y de las comunicaciones abiertas plantea una gran oportunidad de optimización que no puede ser desaprovechada por quienes tienen la responsabilidad de asegurar la competitividad de sus empresas.

Hoy se habla de Mantenimiento Proactivo

Se ha comprobado que el Mantenimiento debería y puede ser encarado como negocio no como Centro de Costos. Como todo Negocio debe generar valor a un precio competitivo para los consumidores, en este caso los clientes internos. Como tal, debe entonces ser definido en sus objetivos, gerenciado y controlado; de esta manera el Mantenimiento puede generar importantes contribuciones a las utilidades de la Empresa.

Hoy, hablamos de participación a todos los niveles de la empresa, de Organizaciones que Aprenden, y lo que buscamos en el fondo es hacer las cosas correctas, hacerlas correctamente, continuar mejorándolas. Esto último lleva a la necesidad de recoger y evaluar continuamente la información relevante, tanto a nivel de Campo como de Conocimiento experto, que lleven a mejorar los procedimientos en cuanto a su alcance, planificación, programación, implementación, mano de obra calificada, reducción del costo de servicios y materiales y confiabilidad de los equipos.

Hoy, los objetivos de las empresas se miran desde la óptica no solo de la producción de bienes y servicios, sino de las relaciones con el personal, la comunidad, la seguridad y el impacto sobre el Medio Ambiente.

El elevado grado de competencia que existe en el mundo globalizado exige el aseguramiento de la capacidad productiva de las instalaciones para alcanzar los niveles requeridos de competitividad.

En resumen Si estudiamos la curva de aprendizaje trazada para la disciplina de Mantenimiento desde la Revolución Industrial, y construimos su Modelo de Maduración (AMS Maturity Model) podemos distinguir 5 niveles que van de

Level 1, 100% reactivo, a Level 5 PROACTIVO (actively engaged in self-assessment and promoting continuous improvements), *pero en el fondo de la cuestión, y salvando la enorme cantidad de siglas acuñadas en Inglés durante su evolución, lo que sigue tratando esta disciplina de determinar es **Qué** es lo que se debe hacer y **Cuándo**, para que los equipos continúen entregando lo que de ellos se espera.*

NIVELES :

- NIVEL 1 - REACTIVO
- NIVEL 2 - PROGRAMADO
- NIVEL 3 - PREVENTIVO
- NIVEL 4 - PREDICTIVO
- NIVEL 5 - PROACTIVO

MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

RCM, es una metodología participativa para definir estrategias de Mantenimiento, e intenta dar una respuesta al manejo de la complejidad y del costo de mantenimiento. Se basa en una concepción funcional y sistémica del rol del mantenimiento en una organización, que permita asegurar el cumplimiento de los objetivos en el más amplio sentido del término, transformando los programas de mantenimiento y la manera en que la función del Mantenimiento es percibida dentro de la organización.

Desde sus orígenes en los años 30 en la Industria de la Aviación y hasta el día de hoy, constituye una de las alternativas más estructuradas para sistematizar el conocimiento, generalmente disperso, que yace en la gente encargada de la Ingeniería y del mantenimiento de los equipos, considerándolos como parte de un entorno, aprovechando el soporte y experiencia de los fabricantes, e incorporando el aprendizaje que se va obteniendo a través del tiempo.

RCM es una metodología ideal para instalaciones nuevas, especialmente equipos complejos, donde al no existir historia poco o nada se sabe del comportamiento de los equipos y de su operación dentro de un entorno que cambia de instalación en instalación. Esta incertidumbre es mitigada a través de RCM por medio de un análisis integral y sistemático de funciones, fallas funcionales, modos de falla y sus consecuencias, llevado a cabo en forma participativa por personal de Ingeniería, Operación, Mantenimiento y con el apoyo de los fabricantes.

IMPLANTACIÓN DEL RCM

Objetivo : Determinación de los requerimientos de mantenimiento, identificando las tareas que realmente contribuyen a mantener la confiabilidad de los equipos, y por lo tanto de la planta.

Principios : de los miles de Modos de Falla posibles en una instalación, cada uno tiene un efecto diferente sobre Seguridad, Operaciones, Costo o Medio Ambiente. Es la consecuencia de la falla por lo tanto lo que determina qué recursos se deben arbitrar para prevenir o resolver su ocurrencia. De esto también se desprende que la consecuencia de la falla depende también de dónde se halla colocado el equipo bajo estudio.

Metodología : RCM es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado consistente en Identificar las características y consecuencias de posibles fallas en los sistemas y utilizar esta información a fin de asignar las tareas de mantenimiento más efectivas, e implica :

- definir las relaciones e interfases entre los sistemas y subsistemas .
- Evaluación de cada activo y su impacto en las funciones deseadas y niveles requeridos de performance.
- conducir análisis participativos de riesgos de falla, a fin de determinar los posibles modos de falla, sus causas y sus consecuencias, por medio de entrevistas y reuniones de trabajo con personal experto de Ingeniería y producción de modo de definir objetivos de performance, límites de batería y funciones clave de los sistemas.
- requiere que se realicen y contesten las siguientes preguntas:
 - . ¿Cuáles son las funciones?
 - . ¿De qué forma puede fallar?
 - . ¿Qué causa que fallen?
 - . ¿Qué sucede cuando falla?
 - . ¿Qué ocurre si falla?
 - . ¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos?
 - . ¿Qué sucede si no puede prevenirse el fallo?
- Aplicar los procedimientos de análisis de riesgo a través de árboles de decisión, etc.
- Documentar los supuestos y decisiones tomadas durante la etapa de análisis, utilizando tablas relacionales de tipos de equipo, modos de falla, causas de falla y potenciales actividades a desarrollar como parte del MP y del mantenimiento correctivo. Implica que se escoja el sistema de administración de mantenimiento apropiado(CMMS)
- Planificación de mejoras.
- Determinar el nivel de soporte logístico

Estos análisis son llevados a cabo en Grupos conformados por supervisores de mantenimiento con gran experiencia y especialistas en determinados equipos si fuera necesario. Lo fundamental es lograr que toda la gente involucrada dentro de la organización sea capacitada a través del entrenamiento y la realización de workshops para operadores y personal de mantenimiento.

La implementación de un RCM exige personal suficiente, trabajo riguroso, disciplina, sistemas, una metodología correcta y presión gerencial.

Ventajas :

- lo que se gasta en mantenimiento se gasta donde produce beneficios
- potenciar los objetivos de negocios, desarrollando un programa optimizado de monitoreo de la condición de los

equipos y de mantenimiento en el cual la confiabilidad de los activos y la disponibilidad de los equipos mecánicos es gerenciada proactivamente de manera responsable y en un ambiente seguro, ambientalmente consciente y de manera económica.

- Las gerencias encuentran un lenguaje y una sistemática común, y el mantenimiento es llevado a cabo en una manera consensuada entre el personal de producción y el de mantenimiento, logrando mejor integración y motivación de los equipos de trabajo .
- Incremento de la performance operativa.
- Incremento en la vida útil de los activos
- Base de Datos de mantenimiento más amplia
- Retroalimentación de resultados
- Formación en metodología de Optimización
- Implementación de un sistema adecuado de previsión de la demanda de repuestos y de gestión del Inventario de partes y piezas .

Frecuencia de Mantenimiento : RCM está más orientado al WHAT que al When , dando muchas más respuestas sobre todo en plantas nuevas, a qué actividades deben ser realizadas, que a cuándo esas actividades se deben llevar a cabo, sobre todo si se quiere evitar la sobreestimación de tareas que una posición demasiado conservadora acarrea.

En este sentido, la experiencia en Plantas similares, las recomendaciones de los fabricantes de la maquinaria y equipo y el Buen Juicio son las mejores guías en un comienzo, conjuntamente con un buen sistema de monitorización de la condición de los equipos y de registro de eventos, integrado al Sistema de Administración de Mantenimiento (CMMS) .

Estandarización : La SAE(Society of Automotive Engineers) ha emitido en 1999 una norma la SAE JA1011 "Criterios para evaluación de Procesos RCM" , la cual fija las condiciones que debe cumplir un proceso que aspire a constituir una RCM. Cualquier sistema que no cumpla con la Norma No debería ser llamado RCM.

Según esta norma se consideran 7 elementos básicos para que un proceso de diseño de mantenimiento pueda considerarse un proceso RCM, estos elementos son:

1. Identificación del equipo/sistema a analizar,
2. Determinación de las funciones del equipo/sistema,
3. Determinación de lo que constituirá un fallo de esas funciones,
4. Identificación de las causas de esos fallos funcionales,
5. Identificación de los efectos de esos fallos,
6. Utilización de la **lógica RCM** (Campbell y Jardine, 2001, p. 197) para seleccionar la táctica de mantenimiento adecuada,
7. Documentación del programa de mantenimiento y refinado del mismo conforme se gana experiencia en la operación del equipo/sistema.

TPM **Total Productive Maintenance” o Mantenimiento Productivo Total**

Es un método para la realización de mantenimiento productivo mediante la colaboración de todo los empleados a través de actividades en pequeños grupos (Nakajima, 89).

► **Proceso del TPM**, El Instituto Japonés de Ingenieros de Planta (posteriormente Instituto Japonés para el Mantenimiento de Plantas JIPM) define en el año 1971 el término TPM incluyendo cinco objetivos en el mismo:

1. Maximización de la eficacia del equipo (mejorando la eficiencia total del mismo mediante un adecuado mantenimiento preventivo utilizando al máximo técnicas que permitan conocer la condición del equipo),
2. Desarrollo de un sistema de mantenimiento productivo para la vida del equipo (incluye prevención del mantenimiento en la fase de diseño, y mantenimiento preventivo y mejora de la mantenibilidad en la fase de operación del equipo),
3. Involucración de todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan, o mantienen los equipos, en la implantación del TPM (I+D, producción y mantenimiento).
4. Involucración activa de todos los empleados – desde la dirección hasta los operarios de planta,
5. Promoción del TPM a través de herramientas de gestión de la motivación: actividades de pequeños grupos autónomos, etc.

Bibliografía Básica:

- SAE JA1011. 1999. Evaluation criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) processes. Society for Automotive Engineers. Agosto.
- Nowlan, F.S., Heap, H. 1978. Reliability-Centered Maintenance. Report AD/A066-579. National Technical Information Service, Diciembre.
 - MSG-3. 1993. Maintenance Program Development Document. Revisión 2. Washington, DC. Air Transport Association.
 - MIL-STD 2173. (AS), Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapon Systems and Support Equipment, US Naval Air Systems Command; NAVAIR 00-25-403, Guidelines for the Naval Aviation Reliability-Centered Maintenance Process, US Naval Air Systems Command; S9081-AB-GIB-010/MAINT – Reliability-Centered Maintenance Handbook, US Naval Sea Systems Command.
 - Smith, A.M. 1993. Reliability-Centered Maintenance. New York. McGraw-Hill.
 - Moubray, J. 1997. Reliability-Centered Maintenance. 2nd ed. Oxford. Butterworth-Heinemann.
 - MIL STD 1629A, Notice 2. Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis. Washington, DC. US Department of Defense.
 - Campbell J.D., Jardine A.K.S., 2001. Maintenance Excellence. Marcel Dekker.

Algunos casos prácticos:

- Deshpande, V.S., Modak, J.P. 2002. Application of RCM to medium Scale Industry. *Reliability Engineering and System Safety*. Article in print.
- Moreu, P., Crespo Márquez, A., Pajaro, A., Sánchez Herguedas, A. 2000. Aplicación de técnicas RCM al mantenimiento de líneas de transporte de energía eléctrica. *Gestión de Activos Industriales* . 12 . 45-50. Nakajima, S. 1988. Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Cambridge. Productivity Press.
- Nakajima, S. 1988. TPM: Development Program. Portland. Productivity Press. Cambridge. 1989.
- Japan Institute of Plant Maintenance. 1997. Autonomous Maintenance for Operators. Productivity Press.
- Tsuchiya, S. 1992. Quality Maintenance. Zero Defects Through
- McKone, K.E., Schroeder, R.G., Cua, K.O. 2001. The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. *Journal of Operations Management*. Vol 19, Iss 1, January, 39-58.
- Chand G., Shirvani, B. 2000. Implementation of TPM in cellular manufacture. *Journal of Materials Processing Technology*. Vol. 103. Iss 1. June. 149-154.
- Wang, K., Lee, W. 2001. Learning curve analysis in total productive maintenance. *Omega*. Vol 29. Iss 6. December. 491-499