

## **La futura dimensión del mantenimiento**

Ing. Julio Carvajal Brenes  
Vicepresidente Comité Panamericano de  
Ingeniería de Mantenimiento

### **Introducción**

Sabemos que el mundo está evolucionando de una manera veloz como nunca antes sucedió, afectando todos los ámbitos de nuestras realidades. Desde luego, la gestión del mantenimiento no puede estar ajena a ese cambio acelerado y, por lo tanto, se ve influenciado y obligado a dinamizarse y a ser creativo para dar la respuesta que de él se espera.

A continuación presentaré algunas ideas que estimo revolucionaran, en un sentido fundamental, todos los sectores de la ingeniería de mantenimiento.

Es la intención reflexionar sobre estos aspectos, considerando ante cada uno de ellos si ocurrirá. “No importa si sucede tarde o temprano, solo piensen si creen que ocurrirá. Si creen que no, entonces no hace falta que cambien nada de lo que están haciendo. Pero si creen que sucederá, entonces solo es cuestión de tiempo, y deberían empezar a preparar el cambio desde ahora”. (1)

### **El profesional del mantenimiento**

Los gerentes de mantenimiento están sustituyendo los viejos valores por paradigmas de excelencia de mayor nivel. Es así como han empezado a hablar y practicar la ingeniería de fiabilidad, el trabajo en equipo, la gestión de activos, la medición de la función que desempeñan y la gestión de la disponibilidad. Utilizan tecnología moderna y comienzan a incursionar en las técnicas de análisis para atacar la raíz de los problemas.

“Los jefes de mantenimiento han reexaminado las funciones tradicionales y han descubierto que más que mantener equipos, lo que hacen es gestionar activos tangibles. Su misión es gestionar económicamente activos en forma de equipos”. (2)

Este enfoque los ha conducido a tener claro el aspecto de rentabilidad en la gestión que realizan y a preocuparse realmente por reducir sus costes de mantenimiento.

Un estudio australiano de pequeños y medianos fabricantes mostró que un 58 % de los trabajos eran requeridos en caso de avería, pudiendo por lo tanto ser clasificados en el modo caro de reacción; un 27 % en el modo preventivo o basado en tiempo; y un 15 % eran del modo predictivo basado en resultados de monitorización del estado de equipos o en el análisis de la causa raíz.

Según el mismo estudio, las empresas que ya adoptaron una política de gestión de activos aumentaron sus beneficios entre un 25 y un 60 %, reduciendo sus costes de mantenimiento en un 30 %. (2)

### **La herramienta informática**

Hoy el uso de la computadora como herramienta en el ámbito del mantenimiento se empieza a apreciar considerablemente. Unos la usan para programar los controladores lógicos programables (PLC), otros para llevar los controles y analizar tendencias y espectros de sus mantenimientos predictivos. Y cada vez más la están utilizando para la gestión de mantenimiento de su compañía. En el futuro los trabajadores utilizarán cotidianamente una computadora para cumplir con sus tareas laborales.

Es viable pensar que las aplicaciones digitales llegarán a ser comunes para la mayoría de los trabajadores durante la mayor parte de la jornada.

“Las empresas dispondrán de un sistema nervioso digital con capacidad para funcionar de manera fluida y eficiente, para reaccionar con prontitud a las emergencias y oportunidades, para llevar con rapidez la información valiosa a los miembros de la organización que la necesitan, para tomar decisiones enseguida”.(1)

Las tareas repetitivas desaparecerán o serán cambiadas a puestos de mayor valor añadido que utilicen las aptitudes de un trabajador con preparación superior. Los datos en tiempo real de los sistemas de producción permitirán programar el mantenimiento antes de que nada se estropee.

El personal de mantenimiento estará necesariamente inmerso en este medio, pues de lo contrario su contribución a la productividad de la compañía no será posible.

### **La Internet**

Una importante mayoría de los profesionales participantes en los eventos de mantenimiento que se llevan a cabo en América, han contestado afirmativamente en cuanto al uso de la Internet. Aquí podemos referirnos a dos usos: uno que ya es relativamente común: la comunicación por correo electrónico. Y el otro que empieza a abrirse paso: el comercio electrónico (comercio-e).

Mediante el primero la comunicación será sumamente ágil, siendo por lo tanto fácil mantenerse al corriente de lo que está sucediendo, así como de dar instrucciones cuando sea preciso. También por medio de la red será muy común estar controlando procesos a distancia y estar corrigiendo las desviaciones que

se puedan presentar, tal como se hace hoy, por ejemplo, con el monitoreo de calderas a distancia.

Mediante el segundo, el comercio electrónico, donde ya se comercializan productos químicos, piezas electrónicas y maquinaria industrial, será sumamente sencilla la adquisición de partes, estableciéndose una comunicación directa entre cliente - proveedor (fábrica – fábrica), con transparencia, interactividad y funcionalidad mayores que hoy. Viéndose afectados, entre otros, los costos de transacción y adquisición.

Además, se accederá directamente a las listas y planos del equipo en el propio sitio del fabricante, desapareciendo prácticamente en forma total los posibles errores de pedido.

“Nuestras investigaciones muestran que para el 2001, el comercio en línea ascenderá a un valor de 62.300 millones de dólares en toda Europa, de los que 57.000 millones corresponderán al empresa – empresa” (3)

“Para el 2003, alrededor del 24% del comercio interempresario estadounidense se realizará *online*, en comparación con el 11 % de Europa Occidental. Y tan solo seis ramos (minoristas, automóvil, transporte, equipos industriales, alta tecnología y sector público) reunirán el 65% del comercio-e entre empresas”(4)

Mas aún, muy posiblemente el software que se utilice en la planta del cliente para llevar el control de las existencias o el mantenimiento preventivo, dará acceso directa y automáticamente al proveedor, pidiendo la cantidad requerida de partes, indicando dónde deben embarcarse, para qué fecha exacta se requiere y la forma en que la refacción será cancelada.

Endorsia.com es un mercado *online* creado por SKF y diseñado para enlazar a fabricantes industriales, distribuidores y usuarios finales. Un sitio piloto en la red ha estado funcionando en Finlandia desde noviembre de 1999 y el servicio se ha introducido en todos los principales mercados europeos.

En la actualidad, el sitio ofrece un sofisticado servicio de pedidos. Los compradores pueden examinar y pedir catálogos en línea con información detallada sobre los productos, incluida su disponibilidad y plazos de entrega. Pronto tendrá servicios de valor agregado como información sobre mantenimiento y formación. (5)

### **Las técnicas predictivas**

Cada vez se perfeccionan más, se simplifica la toma de las mediciones y su interpretación empieza a ser sencilla. Ya son utilizadas por las empresas

líderes y quienes aspiren a mantenerse en estos competitivos mercados tendrán forzosamente que hacer uso de ellas.

Son las herramientas utilizadas para monitorear el estado de los equipos, analizar los datos y de acuerdo a la tendencia, actuar.

Son sistemas que ya hoy envían información en tiempo real y que toman decisiones para interrumpir o no el funcionamiento de una maquina. Algunas de esta técnicas, como el análisis de vibraciones y el análisis de aceites, son antiguas, sin embargo han tomado en los últimos años un valor inusitado para la adecuada gestión. Otras, como la termografía y el alineamiento por rayos láser han irrumpido con gran fuerza y no se duda del importante aporte que están realizando.

Más novedoso resultan las herramientas diseñadas para el análisis de circuitos eléctricos, los cuales pueden identificar señales tempranas de un estado eléctrico o mecánico que conducen a averías en un circuito motor.

Es de esperar que pronto se harán de uso común técnicas como el de la utilización del boroscopio y se desarrollarán con la aplicación de la tecnología nuevas alternativas de monitorización de la maquinaria, lo cual incidirá en la forma de visualizar el mantenimiento.

Estudios realizados en empresas petroquímicas estadounidenses demostraron que existe un ahorro de aproximadamente un 30% al pasar de mantenimiento correctivo a preventivo, y que existirá otro 30% de ahorro al pasar de mantenimiento preventivo al predictivo.

Para el futuro cercano, la información de las diferentes tecnologías predictivas utilizadas hoy, será plenamente compatibles entre ellas. De hecho esta barrera ya tiende a desaparecer ante la presión de los defensores de sistemas abiertos o estandarizados, y la Machinery Information Management Open Systems Alliance (MIMOSA) está trabajando en normas universales abiertas para el intercambio de información sobre equipos en todas las empresas industriales (6).

Es fácil suponer que en el futuro los equipos y maquinaria vendrán con sus sensores de fábrica, los cuales estarán constantemente supliendo información en línea sobre el comportamiento de estas máquinas y por lo tanto actuándose sobre ellas, mucho antes de que ello se haga visible al operador.

La compañía francesa Leroy – Somer, fabricante de motores eléctricos CA, motores sincrónicos y motores CC entre otros, produce 12.000 motores diarios en sus 34 fábricas en el mundo. Desde principios de los 80 introdujo motores diseñados especialmente para trabajar con variadores electrónicos de velocidad. Una de las ventajas de esta variación de velocidad es que permite

reducir el consumo de energía. Así por ejemplo, los motores eléctricos controlados electrónicamente en bombas para sistemas de abastecimiento de agua, se pueden adaptar al variar las necesidades de agua con el tiempo.

Los progresos continuarán impulsando el desarrollo de componentes “inteligentes” que permitirán controlar los procesos productivos regulando las tracciones, sincronizando movimientos, los cuales serán monitoreados constantemente. (7)

La instrumentación logra maravillas en maquinas mecánicas simples, que desempeñan trabajos rudos como en una bomba para líquidos corrosivos fabricada por la Alef. La misma trae instrumentos que miden el desgaste axial y radial de los cojinetes en tiempo real y lo indican en un tablero de control luminoso. Este sistema de protección está basado en la tensión usada por la máquina. Un microprocesador controla todo el sistema y una salida serial lleva los datos a una computadora que puede vigilarla 24 horas al día, exhibiendo hasta las órbitas de su eje. (12)

### **Relaciones interpersonales**

La manera de relacionarse las personas en su lugar de trabajo, variará. En primera instancia, por el uso de la computadora, en donde toda la información correrá por medios digitales y mucha comunicación de informes y coordinaciones de trabajo así se harán.

Los informes de avances en la producción, problemas de paros (por la razón que sea), cambios de producto en las líneas, etc., avances en los trabajos de mantenimiento, fluirán en la red en tiempo real, permitiendo a cada cual tomar las decisiones del caso.

En segundo lugar, con el advenimiento del Mantenimiento Productivo Total (TPM), la relación del personal de operación y mantenimiento variará sustancialmente, entrecruzándose los roles que hasta hoy mantienen y dándose origen a nuevas responsabilidades del personal de operación y del personal de mantenimiento.

El trabajo con altos grados de autonomía y en equipo será lo normal.

El trabajador será altamente especializado ya sea para operar la maquinaria, o bien darle el mantenimiento adecuado que pueda necesitar. La capacitación, por lo tanto, será realmente constante, pues así lo requerirá la edad del conocimiento y será la forma de obtener provecho del activo que se explota.

Por todo lo anterior, el ser humano será ampliamente valioso en su conocimiento y en su actitud, siendo por lo tanto la motivación del trabajador,

permanente. La importancia que se le dará al ser humano le guiará hacia un trabajo desafiante, con visión de oportunidad y por lo tanto a mantener constantemente una actitud proactiva.

### **La subcontratación**

En los próximos años se desarrollarán y crecerán empresas especializadas en el campo de la ingeniería de mantenimiento, que ofrecerán sus servicios en cualquier área que las empresas y los equipos lo requieran.

Con esto se generalizará la subcontratación o contratación de terceros, debiendo estar preparados para ese cambio conceptual y de forma de trabajar. El que sea responsable del mantenimiento de estas empresas deberá de contar con personal altamente adiestrado y preparado desde el punto de vista técnico en la supervisión de los trabajos que se realizan y ser un profesional con alto contenido ético en virtud de las relaciones que deben de mantener con los proveedores.

La contratación de terceros empieza a hacer hoy común y no hay duda de que se incrementará ampliamente en el futuro. De hecho la venta de servicios es una de las actividades humanas que más se ha desarrollado en los últimos años.

La empresa Jaques, uno de los más grandes grupos de ingeniería pesada australiana, diseña y fabrica una inmensa variedad de equipos que van desde trituradores para laboratorios hasta grandes plantas de trituración de piedra. En la actualidad tiene fábricas en Australia, Estados Unidos, Malasia y Tailandia, así como almacenes en Canadá, China y la India.

Esta empresa también se dedica a la venta del servicio de mantenimiento de sus productos. Para ello entrega sus refacciones de acuerdo a un programa de mantenimiento recomendado por ellos, adaptado a ubicaciones específicas y a aplicaciones de las condiciones de funcionamiento de los equipos vendidos, dando una garantía de seis meses sobre los mantenimientos llevados a cabo por su personal.

Jhon Miltos, director de servicio de Jaques, indica que además prestan otros servicios como “eliminación de tensiones internas, tratamientos térmicos, fabricación de herramientas, mecanizado y soldadura en general. Todos los días tengo varios retos nuevos y puede tratarse de una avería en alguna mina de oro en Kalgoorlie, de alguna cuestión de mantenimiento general en una cantera en Sydney o bien un fallo sin especificar en una planta en Nueva Guinea. Cada uno de ellos ha de recibir igual atención a fin de cumplir la palabra dada al cliente”. (8)

El gigante sudafricano de productos químicos Sasol, ha firmado con Babcock Kraftwerkstechnik GMBH un contrato por diez años para el mantenimiento de sus pulverizadoras de carbón, empresa dedicada a ese campo. Antes de entrar en vigencia el contrato en 1996, el mantenimiento se realizaba en la planta de Secunda de manera convencional, esto es, se llamaba a una empresa de servicio para que llevara a cabo una reparación u operación específica de mantenimiento, o una revisión o inspección programada.

Lo poco corriente del contrato, afirma Gregor Tomasen, director de productos de Babcock y quien negoció el acuerdo, “es que tiene una duración de 10 años y cubre todos los aspectos de las actividades de mantenimiento”.

El contrato vincula estrechamente la relación entre las dos empresas pues hay multas y primas. La empresa recibe un pago según los resultados; si el carbón se mantiene en marcha, va bien. Si los molinos no cumplen los requisitos o si se produce un incidente contaminante, Babcock es multada. Si Babcock idea algo que reduzca costos, recibe parte de los ahorros. Es un trato pionero y se espera que resulte modelo para negociaciones futuras. (9)

### **Menos contaminación**

Los desafíos del Desarrollo Sostenible son insoslayables y las empresas que adquieran compromisos e introduzcan controles de no contaminación serán las que logren ganar el favor del público y, por lo tanto, mantener a la vanguardia su producto o servicio.

Los cambios que ocurrirán en los materiales que conformarán la maquinaria conducirá a una “mezcla” de los mismos, en busca de alcanzar economía en los combustibles y estructuras más livianas.

Es posible vislumbrar el desarrollo de equipos y maquinaria que tendrán niveles de ruido muy inferiores a los de hoy. También como emisores mucho menos pululantes. El cambio de aceites será cosa del pasado, utilizándose lubricantes de alta durabilidad, aliviándose incluso el problema de la eliminación del aceite usado.

Joe Coates, de Coates & Jarret Inc, afirma que los materiales a desarrollar hasta el 2025 serán materiales para una vida sustentable, donde la búsqueda para mayores períodos de vida de los productos, reutilización de los materiales, seguridad de uso y manipuleo y ambientalmente amigables serán los más buscados. Surgirán nuevas categorías de materiales con un amplio predominio de compuestos de cerámica y nuevas formas de uso de los materiales tradicionalmente procesados. (10)

En los próximos años empezaremos a escuchar sobre los Índices de Sustentabilidad, de los cuales ya han sido expuestos conceptos y resultados

preliminares en el campo de la industria extractiva de origen mineral y que poco a poco se irán extendiendo a las otras actividades de desarrollo humano. (11)

Para terminar este apartado, hemos de indicar que el concepto de lucro será ampliado para introducir otros valores, mencionándose ya el lucro social, el cual sería extraído de un balance social, considerándose las ganancias y pérdidas atribuidas a las empresas por sus contribuciones positivas y/o negativas a causas sociales, especialmente salud, educación, medio ambiente y desde luego el desarrollo autosostenido.

### **La maquinaria y sus materiales**

La maquinaria de producción será altamente automatizada y como ya se ha mencionado, estará monitoreada constantemente por sensores que indicarán los detalles de su funcionamiento.

“Entre los procesos de producción, las máquinas y el hombre se interpone un sistema de instrumentación y control que anota, mide e identifica problemas y después los coloca ante el hombre en una escala que los sentidos humanos pueden percibir”. (12)

La lectura de todos esos datos serán en tiempo real y en forma exacta, como resultado del desarrollo de la instrumentación. Ejemplo actual de esta visión lo encontramos en la ciudad brasileña de Campo Largo en Paraná, donde la Tritec instaló su fábrica para suministrar un motor por minuto para el proyecto Neón de la Chrysler. Esta línea de producción tendrá solo siete personas.

En el área de las máquinas herramientas ya se está trabajando en el sentido de instalar microcámaras que obtienen la imagen de la herramienta que se está utilizando. Un software compara esta imagen contra los parámetros ideales y el equipo determina el mejor momento para sustituir la herramienta. Como consecuencia se reducen los costos y se aumenta la calidad del proceso.

Los materiales “inteligentes” serán parte normal de la maquinaria, trabajando con fluidos especiales para sistemas de respuesta flexibles. De igual manera estos materiales que conforman el equipo deberán ser altamente durables y reciclables. Se invertirán tiempo y recursos económicos en las llamadas memorias que se encuentran nuevamente sobre el foco de su aplicación.

Los estudios actuales en los materiales y las máquinas están enfocados hacia el estudio de los problemas de esfuerzos de fatiga de materiales, tribología, métodos de construcción, control de procesos de manufactura y la ingeniería robusta como una constante búsqueda de soluciones para los problemas de desgaste por abrasión y corrosión química de los equipos



Desde luego, la producción de estos materiales estará controlada por el gerenciamiento ambiental. De tal manera que los desarrollos en compuestos y plásticos de ingeniería serán seguros para la humanidad. Su utilización como uniones de alta resistencia ya se está explorando ampliamente en el sector aéreo-espacial, el cual como un todo está invirtiendo cerca de 40 billones de dólares. (13)

La miniaturización de aparatos conducirá a la fabricación de chips y transistores impresos. Estos serán más flexibles y la electrónica alcanzará nuevas aplicaciones, estando por lo tanto presentes en el equipo industrial.

### **Algunas Conclusiones**

- El perfil profesional del hombre del mantenimiento futuro combina virtudes del intelectual, el investigador, el administrador y sobre todo las del ingeniero.
- Deberá de ser una persona con fuerte enfoque a la utilización de índices que permitan valorar constantemente la gestión que está llevando a cabo.
- Un ingrediente importante de su personalidad debe de ser hacia el trabajo en equipo y la motivación constante hacia su personal. No existirá por lo tanto, interés por las jerarquías
- Debe de tener una profunda comprensión de su organización y dotes naturales de mando. Sensibilidad para escuchar y sentido de oportunidad para intervenir.
- Hoy estamos interconectados por la computadora desde nuestros respectivos puestos de trabajo. Pronto los dispositivos portátiles nos tendrán en contacto permanente con los sistemas fabriles y otras personas.
- La maquinaria y los equipos (hasta los contadores de agua, electricidad y los automóviles) estarán conectados y notificarán sus parámetros de uso y estado.
- Las personas colaboran prácticamente a la velocidad con la que actuaría un individuo que poseyera los conocimientos de todo un equipo.
- Todas las comunicaciones internas (y en gran medida las externas) de las empresas correrán por medio de correo electrónico, reaccionándose con gran velocidad.
- El acceso y estudio online de los parámetros de monitoreo de la maquinaria, garantizaran respuestas inmediatas ante las variaciones prefijadas.
- Al estar gran cantidad de trabajadores en línea, el aporte de todos ellos a la resolución de un problema será inmediato, con los consiguientes beneficios para la organización.
- Las jerarquías laborales prácticamente desaparecerán, siendo el don máspreciado el conocimiento y el uso que de él se haga.
- En las transacciones comerciales empresa – empresa desaparecerá el intermediario, reduciéndose entre otros, los tiempos de respuesta.

- Los pocos operarios fabriles, lo harán en un ambiente completamente diferente al que conocemos hoy (sin contaminación, esfuerzos físicos, atribulaciones)
- Métodos operacionales de alta tecnología están dando al mantenimiento una nueva dimensión, lo están eliminando en la forma en que lo conocemos hoy (14).
- La subcontratación del mantenimiento conducirá a la contratación de verdaderos especialistas en cada campo, compartiéndose las responsabilidades y deberes de esta alianza entre el contratante y el contratado.
- La fusión de mantenimiento y producción será total, desapareciendo el mantenimiento, no su función (15)

## Epílogo

“No importa si estos cambios sucederán tarde o temprano, sólo piensen si creen que ocurrirá. Si creen que no, entonces no hace falta que cambien nada de lo que están haciendo. Pero si creen que sucederá, entonces sólo es cuestión de tiempo, y deberían empezar a preparar el cambio desde ahora”.

## Referencias

- (1) Bill Gates, “Los negocios en la era digital”
- (2) Revista Evolution No. 4/1999.
- (3) Joe Sawyer, analista principal de servicios europeos en Internet de Forrester Research en los Países Bajos.
- (4) Boston Consulting Group
- (5) Matthew Reed, Revista Evolution No. 2/2000
- (6) [www.mimosa.org](http://www.mimosa.org)
- (7) [www.leroysoner.fr](http://www.leroysoner.fr)
- (8) [www.canica-jaques.com](http://www.canica-jaques.com)
- (9) Michael Lawton, Revista Evolution No. 4/1998
- (10) Joe Coats, “Los escenarios para USA y sociedades Globalizadas afectadas por el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología” en Materiales XXI, USA,
- (11) Roberto C. Villas – Boas, “Cambios pragmáticos en la producción y uso de materiales y los desafíos del desarrollo sustentable” en Materiales XXI.
- (12) [www.neisla.com.br](http://www.neisla.com.br)
- (13) Jhon W. Douglas, “Los desafíos de la industria aero – espacial” en Materiales XXI
- (14) Robert C. Baldwin, director de Maintenance Technology Magazine
- (15) Carlos M. Jaramillo. IV Congreso Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento, agosto 2000