

Aplicación de un sistema de gestión del mantenimiento basado en un RCM adaptado

APPLICATION OF A MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM BASED ON A TAILORED RCM

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/3908> | Recibido: 01/09/2013 • Aceptado: 10/02/2014



Gorka Unzueta-Aranguren, Aitor Goti-Elordi,
Josune Garitano-Aranda, Iker Sánchez-Ganchegui

Departamento de Mecánica y Producción Industrial. Escuela Politécnica Superior de Mondragón. C. Loramendi, 4 - 20500 Mondragón (Guipuzkoa). Tfno: +34 943 794700. gunzueta@mondragon.edu

RESUMEN

En este artículo se presenta el resultado de la aplicación de una versión adaptada de la metodología RCM (*Reliability Centered Maintenance*), mediante la cual tres empresas de distintos sectores han podido establecer un programa de mantenimiento preventivo a medida de cada caso, realizando aportaciones al mantenimiento autónomo. De esta manera han conseguido reducir la carga de trabajo de mantenimiento sin reducir la disponibilidad de las instalaciones. El trabajo realizado ha servido a dichas empresas para poder establecer las bases de la implementación o mejora de un programa de gestión del mantenimiento asistido por ordenador.

Palabras clave: Mantenimiento, RCM, Mantenimiento preventivo sistemático, Implantación de un GMAO, Gestión del Mantenimiento en una PYME (pequeña y mediana empresa).

ABSTRACT

• This paper presents the results of the application of an adapted version of the RCM (Reliability Centered Maintenance) methodology. Through its implementation, three companies of distinct industrial sectors have been capable of establishing customized preventive maintenance program, having done contributions to the autonomous maintenance. Thus, the workload of the maintenance staff has been reduced without altering equipment unavailability. The work has been also useful to establish the bases for the implementation or the improvement of a computerized maintenance management system.

• **Keywords:** Maintenance, RCM, Systematic preventive maintenance, implementation of a CMMS, Maintenance Management in SMEs.

1. INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del incremento en la automatización de sistemas y debido también a unos estándares de servicio al cliente cada vez más severos, la disponibilidad de los medios en la fase de operación ha cobrado una creciente importancia.

Cada etapa del ciclo de industrialización de un activo influye en mayor o menor medida en los distintos costes de su ciclo de vida. Sin embargo, la gran mayoría de estos costes ocurrirán durante la fase de operación, por lo que se aprecia necesario desarrollar sistemáticas de mejora de disponibilidad orientadas a esta fase del ciclo de vida. El *Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad* (*Reliability Centered Maintenance*, RCM) de Moubroy (1999) es una sistemática que cumple con estas características, pues puede ser aplicado tanto en la fase de diseño como en la de operación. P.ej., Ben-Daya (2004) afirma que el RCM ofrece un marco sólido para la optimización del esfuerzo de mantenimiento y obtener el máximo de los recursos comprometidos para el *Mantenimiento Preventivo* (MP) del programa.

El proceso RCM cuenta con una aceptación generalizada entre las empresas industriales (Goti et al. 2008), y está orientado a mejorar la seguridad y disponibilidad de los medios mediante la recomendación e implementación de mejoras, rediseños, tareas de mantenimiento y modificaciones en la operación. Para ello el RCM implica responder sistemáticamente las siguientes siete preguntas sobre el sistema en estudio:

- 1) ¿Cuáles son las funciones y normas de comportamiento asociadas al activo en su contexto operativo actual?
- 2) ¿De qué manera hace esto que no llegue a cumplir sus funciones?

- 3) ¿Cuál es la causa de cada fallo funcional?
- 4) ¿Qué sucede cuando ocurre cada fallo?
- 5) ¿De qué manera afecta cada fallo al sistema, su entorno y su misión?
- 6) ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada fallo?
- 7) ¿Qué debe hacerse si no se puede encontrar una tarea proactiva adecuada?

Las grandes empresas pueden llegar a gastar grandes sumas de dinero para responder con rigor a las preguntas presentadas en el proceso de RCM. Sin embargo, la mayoría de las empresas (pequeñas y medianas empresas, PYMEs, por ejemplo) no pueden invertir tanto, ya que, como Storey (1994) indica, las principales limitaciones a las que se enfrentan las PYMEs comprenden unos recursos financieros muy ajustados, falta de personal y tiempo, poca o ninguna experiencia en la iniciativa, y una escasa confianza en la aplicación de nuevos sistemas.

Las restricciones a las que se enfrentan la mayoría de las empresas demandan la aplicación de herramientas sistemáticas pero sencillas. Considerando esta manejabilidad, autores como Kelly (1984) determinan que la aplicación del RCM puede ser “una iniciativa anti-datos”: teniendo en cuenta los antecedentes expuestos y considerando que el 55% de las empresas no utiliza un programa de *Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador* (GMAO) para la gestión del mantenimiento (Goti, Egaña, & Iturrutxa 2009), parece claro que esta característica no tiene por qué ser una desventaja para la aplicación del RCM. En caso de que las empresas cuenten con datos, podrán aplicar la sistemática con mayor rigor, mientras que si no se cuenta con los mismos se tendrán que recopilar las experiencias de las personas relacionadas con el sistema a estudiar. Considerando esta carencia o no disposición de datos, también cabe señalar que “el concepto original de RCM se modifica con el fin de ajustarse mejor a las necesidades específicas en términos de requisitos técnicos y de organización de la empresa en cuestión (Pintelon, Nagarur, & Van Puyvelde 1999)”.

Este capítulo expone una gestión sistemática de la disponibilidad en la operación basada en la sistemática RCM y adaptada a empresas que cuentan con las limitaciones de recursos mostradas por Storey (1994). Esta versión adaptada del proceso de RCM ha sido probada en seis unidades de negocio de dos PYMEs y una planta de producción mediana de una empresa de aproximadamente 800 empleados. La primera entidad es una planta industrial de tamaño medio de la Corporación MONDRAGON (conocida hasta 2008 como Mondragón Corporación Cooperativa, MCC, la tercera compañía más grande de España), donde se fabrican componentes de plástico para los sectores de automoción y de electrodomésticos. Esta compañía ha tomado parte en varios proyectos orientados a la mejora y optimización del mantenimiento, cuyos casos se muestran en varias Refs., p.ej. (Astoreka & Goti 2008). La segunda compañía fue Inquitex S.A. (Inquitex), que a posteriori de su liquidación fue transformada en la actual Eko-REC S.L, empresa que mantiene la base de activos y conocimiento de la anterior Inquitex.

Una empresa donde se fabrican productos de poliéster y PET mediante procesos continuos. La empresa ha trabajado en numerosos proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación relacionados con la fiabilidad (probabilidad de que

un dispositivo realice adecuadamente su función prevista a lo largo del tiempo, por lo tanto, tiempo medio entre pérdidas de función de la instalación) y mantenibilidad (Tiempo necesario para restablecer la pérdida de función de una instalación), cuyos resultados se muestran en la Ref. (Goti, Egaña, Iturrutxa, & Gardella 2008). En tercer lugar se encuentra Goizper S. Coop. Goizper trabaja en tres negocios diversificados: Industrial, Pulverización y Biotecnología. En el sector Industrial desarrolla componentes de transmisión de potencia (Sistemas de giro, Levas, Elevadores, Frenos, Embragues, Freno-Embragues...). La unidad de negocio de Pulverización diseña y fabrica pulverizadores manuales y espolvoreadores para tratamientos en agricultura, jardinería, industria... y por último en el negocio de Biotecnología se investiga y formula soluciones a situaciones de plagas de cultivos, salud ambiental y alimentaria, etc. Como en el resto de casos, Goizper lleva a cabo varios proyectos de I+D y mejora continua.

Estas tres empresas han implementado con éxito la iniciativa de RCM. Así, todas las figuras y tablas elaboradas en este trabajo han sido tomadas de sus implantaciones, las cuales son muestra de las actividades realizadas. En las siguientes secciones se describe la metodología adaptada de RCM, junto con las conclusiones más importantes obtenidas durante las implantaciones.

2. PROCEDIMIENTO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN EL RCM

Como todo proyecto de sistemática, es necesario contar con una organización temporal que pueda ejecutar las etapas operativas de la implantación. En concreto, en los casos mostrados, el esfuerzo de coordinación y la ejecución técnica han sido la labor de un ingeniero novel dedicado al proyecto a tiempo completo. En los tres casos detallados, el ingeniero novel ha sido un estudiante de ingeniería dirigido por un tutor universitario y un jefe de mantenimiento. El ingeniero novel ha sido tutelado a lo largo de las siguientes fases:

- Control de la documentación
- Análisis de los modos de fallo y sus causas
- Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo
- Desarrollo del sistema de gestión del mantenimiento
- Panel de mando: retroalimentación continua y resultados.

El rol principal de este ingeniero novel ha sido la coordinación de las tareas, ya que no podemos olvidar que un escolar no es capaz de hacer frente a la responsabilidad de la gestión de personas con experiencia en la empresa. Evidentemente, la responsabilidad del éxito o fracaso del proyecto han sido compartidas entre la dirección de la planta y el profesional de la universidad que desempeña el tutelaje del ingeniero novel.

Los proyectos se han llevado a cabo a lo largo de un curso (septiembre-septiembre). Durante este curso, para la implementación del sistema de gestión del mantenimiento basado en un RCM adaptado, se ha llevado a cabo una sistemática de reuniones semanales en los que se han aplicado numerosas técnicas y metodologías como AMFE (análisis modal de fallos y efectos), Ishikawa, Pareto, Matrices de selección ponderada, etc. para documentar el conocimiento y el saber hacer de los

técnicos y profesionales de mantenimiento, y poder trasladar este conocimiento a los planes de mantenimiento preventivo y al desarrollo del sistema de gestión del mantenimiento. Por lo tanto, el esfuerzo realizado por parte de los equipos temporales ha estado supeditado a la sistemática de reuniones semanales y a tareas puntuales realizadas para la correcta implementación del sistema de gestión del mantenimiento.

2.1. CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN

De acuerdo con el procedimiento presentado aquí, y como primera tarea, es necesario priorizar qué equipamiento va a ser estudiado en virtud de este procedimiento. Para este fin se pueden utilizar iniciativas de priorización tales como la matriz de selección ponderada.

En segundo lugar, el ingeniero novel tiene que recopilar todo el conocimiento explícito de los equipos a mantener previamente priorizados. Esta tarea incluye recopilar toda la documentación relacionada con la máquina (catálogos, manuales, instrucciones, folletos, etc.), la cual se utilizará en la fase siguiente (véase la sección 2.2, Análisis de modos de fallo y sus causas).

El análisis de la documentación de diseño, operación y mantenimiento realizada en este primer paso es, además, útil para llevar a cabo un control de la documentación. La documentación relacionada sobre todo con el mantenimiento tiende a ser crucial cuando ocurren averías correctivas complejas. Por esa razón, se recopila toda la documentación relacionada, siguiendo los siguientes pasos:

1. Elección del equipo
2. Recolección de la información
3. Generación de una tabla de contenidos
4. Organización de la documentación de acuerdo con dicha tabla
5. Clasificación de la carpeta en el repositorio común.

Así, gracias a las tablas de contenidos y la clasificación en el repositorio común creados, los técnicos de mantenimiento pueden rápidamente acceder a la documentación ante cualquier incidencia que requiera una consulta. Este trabajo sirve para reducir la mantenibilidad (Tiempo necesario para restablecer la pérdida de función de una instalación) de los activos, y asimismo para familiarizar al técnico novel en los activos que tendrá que analizar.

2.2. ANÁLISIS DE LOS MODOS DE FALLO Y SUS CAUSAS

Toda la información recogida en la fase anterior, está destinada a responder a las tres primeras preguntas de los siete pasos del RCM (1 - las funciones y normas de comportamiento asociadas, 2 - los modos de fallo y 3 - las causas); para ello será necesario combinar el trabajo realizado por los diseñadores de los activos, plasmados en los manuales de instrucciones de Operación y Mantenimiento y en las experiencias de los técnicos de mantenimiento.

Los proveedores y diseñadores de equipos

invierten una gran cantidad de recursos en la definición de cómo debe ser utilizado el equipo, de qué forma puede fallar y por qué puede fallar. Después, teniendo en cuenta estos hechos, desarrollan modificaciones en el diseño o planean actividades orientadas a reducir o evitar esos fallos. Como consecuencia, los manuales de instrucciones de mantenimiento traen consigo numerosas acciones de MP: gracias a esas acciones recogidas en los manuales de mantenimiento, se evitan los diferentes modos de fallo y sus causas, y el equipo del proyecto no tiene que malgastar tiempo ni recursos en tareas realizadas previamente. Así, se obtiene una base importante para establecer un plan de MP.

2.3. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En una segunda fase, con la ayuda de la colaboración y el esfuerzo de los técnicos y profesionales de mantenimiento, son afrontados los pasos del cuarto al séptimo del análisis del RCM (4- Análisis de las consecuencias, 5- Selección de eventos de mayor impacto, 6- Acciones preventivas o predictivas para evitar la generación de un evento, y 7- Acciones alternativas). Adicionalmente, aprovechando la presencia de los técnicos, se lleva a cabo una revisión de los modos de fallo del equipamiento, incluyendo el conocimiento implícito y las experiencias de los técnicos y profesionales de mantenimiento y operarios de producción.

 		MANTENIMIENTO PREVENTIVO		Num: 66D013 Nivel: 00 Fecha: 2008/XX/XX Aceptado: Director de calidad: Hoja 1 / 1				
GARANTIA DE CALIDAD		MÁQUINA: CORREA 0013						
NUM. GAMA	NUM. NORMA	OPERACIONES A REALIZAR	DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	SEMESTRAL	ANUAL	
1	1	Auditoria interna al automantenimiento.						
	2	Limpiar los depósitos y bombas de taladrina.						
	3	Limpiar (en caso necesario sustituir) los filtros del tanque de taladrina.						
	4	Equipo de tratamiento de taladrina: Lubricar los rodamientos (6 rodamientos).						
	5	Limpiar las boyas de las micro boyas.						
	6	Mantenimiento del armario eléctrico de Correa: Si fuera necesario cambiar cables.						
	7	Comprobar y limpiar los detectores.						
	8	Lubricar las partes móviles de la máquina en general.						
	9	Lubricar la cadena del almacén de herramientas.						
	10	Lubricar el manipulador de la grúa.						
	11	Lubricar el intercambiador.						
	12	Lubricar las pinzas del manipulador.						
	13	Lubricar la cadena del manipulador.						
	14	Comprobar que la diferencia de voltaje es +/- 5% del valor nominal.						
	15	Inspección global de las partes eléctricas: masa, conectores y transformadores.						
	16	Revisión del movimiento de los ejes X,Y,Z.						

ATENCIÓN!!!!

VERIFICAR QUE LA MÁQUINA ESTÁ APAGADA MIENTRAS SE REALIZAN LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO

Fig. 1: Ejemplo de un plan sistemático de MP

 		AUTOMANTENIMIENTO		Num: 66D013 Nivel: 00 Fecha: 2008/XX/XX Aceptado: Director de Calidad Hoja 3 / 3			
GARANTIA DE CALIDAD		MÁQUINA: CORREA IGMZ0013					
NUM. GAMA	NUM. NORMA	OPERACIONES A REALIZAR	DIARIO	SEMANAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
1		1. Eje central , limpiar la superficie de contacto entre mandrino y herramienta.					
		2. Comprobar las presiones de la central hidráulica (derec. 70 bar izq. 130 bar) y verificar niveles.					
		3. Comprobar el cabezal UAD . Verificar la presión de las bombas de aceite y el nivel de aceite. Cuando sea necesario llenar. Aceite de engranaje ISO VG-68 (KLUBERSYNT GH 6-80).					
		4. Compensación hidráulica . Comprobar que la presión que hay es el que se especifica en el apartado 5. (P=115bar). Comprobar posibles fugas.					
2		5. Durante la semana limpiar la máquina (por fuera) y colocar cada utensilio en su lugar.					
		6. Limpiar toda viruta y suciedad de la máquina con productos de limpieza no irritantes y lubricar las zonas pulidas (por dentro). Limpiar las defensas telescópicas. La limpieza se deberá realizar mientras la telescópica este abierta. Una vez se haya limpiado se procederá a su lubricación exterior.					
		7. Verificar que las conexiones del flujo hidráulico y el flujo neumático del plato divisor se encuentran en perfecto estado.					
		8. Comprobar que la presión y el nivel de aceite del plato divisor están en perfecto estado. (P=80 Bar).					
		9. Comprobar las posibles fugas de aceite de la máquina .					
		10. Vaciar el deposito si se aprecian sobras de lubricante en el cabezal UAD .					
		11. Comprobar que el nivel del agua refrigerante y que este en T=22°C y P=4bar.					
		12. Comprobar el nivel de aceite ZF de la caja de velocidades y rellenar si se considera oportuno. Aceite hidráulico ISO VG-32 (TELLUS 37).					
3		Medidas de seguridad: ⚠					
		13. Mientras este en marcha las puertas no se podrán abrir y en caso de que estén abiertas la maquina no funciona en automático.					
		14. Emergencias (stop). Comprobar el botón de emergencia.					
		15. Filtrado del aire . Verificar el cartucho del filtro del aire. En especial, el silenciador del filtro aire-aceite.					
4		16. Desmontar y limpiar el filtro del aire del lubricador del cabezal UAD .					
		17. Comprobar los consumos de los ejes principal, X, Y, Z : %X=%12; %Y=%13; %Z= % ; %S=%4.					
		18. Limpiar la entrada y salida del enfriador del armario eléctrico.					
		19. Cambiar la pila de Renishaw .					

NOTA:

MIENTRAS SE MANTENGA LA MAQUINA EN MARCHA SI SE APRECIA ALGUN RUIDO EXTRAÑO, CAMBIO DE TEMPERATURA, ETC. AVISAR A MANTENIMIENTO MEDIANTE OT.

Fig. 2: Ejemplo de un plan autónomo de MP (nota: el color de cada instrucción sirve de planta para identificar su periodicidad)

En la mayoría de los casos las acciones de MP incluidas en los manuales de Operación y Mantenimiento están sobredimensionadas, debido a que los diseñadores no disponen de información sobre las consecuencias de los modos de fallo que se deben evitar y sus causas. Así, ciertos fallos pueden no importar, siendo la acción correctiva su acción de mantenimiento idónea. Teniendo en cuenta este hecho, en el proyecto se definen y analizan las consecuencias, su impacto y las acciones que deben tomarse, y se adaptan a cada caso específico. Por consecuencia, considerando las probabilidades de fallo y el impacto de sus consecuencias, los técnicos de mantenimiento deberán ajustar la periodicidad de las acciones de MP, modificando o incluso eliminando algunas actividades del manual de mantenimiento. Además, los técnicos acumulan una experiencia incalculable que les será útil para adoptar otras acciones de mantenimiento, y esta información será recopilada con el fin de incluir las actividades de MP que eviten los modos de fallo

y las causas que no fueron incluidas cuando se diseñó el manual de mantenimiento.

Gracias a estas iniciativas es posible establecer un plan inicial de MP, que deberá ser actualizado periódicamente en función de la evolución de las frecuencias de fallos y las consecuencias. Estas actividades de MP tendrán que ser ejecutadas por operarios de producción y profesionales de mantenimiento, quienes compartirán las tareas en función del nivel de implicación de los operarios de producción en la realización de actividades de mantenimiento. Por lo tanto, se diseñará un plan sistemático de MP (ejecutado por técnicos de mantenimiento) y un plan de mantenimiento autónomo (realizado y ejecutado por operarios de producción) para cada instalación. En las Figuras 1 y 2 se muestran un ejemplo de cada uno, los planes sistemático y autónomo de MP respectivamente, que corresponden a un torno de Goizper:

Además de los planes globales de MP mostrados en las Figuras 1 y 2, es esencial definir el nivel de definición adecuado de cada tarea a realizar. En el presente trabajo, esta definición se ha realizado teniendo en cuenta la complejidad de la tarea y la experiencia del ejecutor, y con el fin de describir las normas que deben realizarse, se han establecido los tres siguientes niveles de detalle para diseñar una norma de MP:

1. Para la ejecución de las tareas que no necesiten ningún detalle para llevarse a cabo correctamente, será suficiente la línea incluida en el plan global de MP (véase ejemplo en la Figuras 1 y 2).
2. Para las operaciones que para ser completadas requieran una breve descripción, serán incluidos documentos de instrucción que describan los puntos clave de la operación, y éstas se facilitarán a la persona que vaya a ejecutar la tarea (véase ejemplo en la Figura 3).
3. Para las acciones que requieran un procedimiento detallado, será documentado un procedimiento de operación exhaustivo, e incluido en la documentación de MP desarrollado para el técnico (véase ejemplo en la Figura 4).

Gracias a la descripción incluida, todos los operarios son capaces de completar las actividades de MP que deban realizar, así la dirección sólo debe establecer un sistema de control para analizar si se ejecutan las acciones, siendo este indicador una entrada más para la mejora continua del plan de mantenimiento preventivo.

2.4. DESARROLLO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

El proceso de RCM no sólo es útil para definir un plan de mantenimiento preventivo inicial, sino que también es adecuado para mejorarlo de manera secuencial. Para ello, se con-

Operación	Procedimiento y material necesario	Situación	Criterio	Responsable	≈ Tiempo	Frecuencia	Referencia
15. Filtrado del aire. Verificar el cartucho del filtro del aire. En especial, el silenciador del filtro aire-aceite.	Realizar el drenaje del tercer filtro apretando el pulsador y verificar que solo sale aire.	Máquina en marcha	Si se observa que sale agua y aire al mismo tiempo, avisar a mantenimiento.	Operario máquina	≈ 1 min	Mensual	
16. Desmontar y limpiar el filtro del aire del lubricador del cabezal UAD.		Máquina parada	Si el filtro presenta mucha suciedad.	Operario máquina	≈ 5 min	Mensual	

Fig. 3: Ejemplo de un plan de MP detallado por partes (nota: el color de cada instrucción representa su periodicidad)

sidera necesario establecer un proceso para implementar un sistema de retroalimentación que recoja lo que ocurre en el equipamiento a mantener.

Evidentemente, una herramienta GMAO puede ser una mejor herramienta que este sistema, principalmente manual, para llevar una gestión eficiente de las actividades realizadas. No obstante, y en relación con la automatización de las operaciones de gestión del mantenimiento, O'Hanlon (2003) indica que cambiar tanto el modo de trabajar para adaptarlo al nuevo GMAO, como el GMAO para adaptarlo al modo de operar de la empresa, puede acarrear numerosos riesgos. En este caso se considera más adecuado determinar inicialmente cómo funcionará la gestión de la fiabilidad y la mantenibilidad en la

técnicos y profesionales de mantenimiento y producción. Por último, una vez consolidada la forma de funcionar, es relativamente fácil automatizar el proceso sobre un GMAO adaptado a las necesidades y modo de operar de las empresas.

2.5. PANEL DE MANDO OPERATIVO A OBTENER

Tal y como Galar-Pascual, Berges-Muro, & Royo-Sánchez (2010) indican, el mantenimiento tiene que ser gestionado como una unidad de negocio y, por tanto, basada en indicadores. Esto significa que el panel de mando de mantenimiento debe incluir las cuatro perspectivas de negocio definidas por Kaplan & Norton (1992), perspectivas 1- Financiera, 2- De cliente, 3- De aprendizaje y crecimiento y 4- De

operación, y después escoger y adaptar el GMAO a lo que se quiera obtener.

La investigación divide este proceso en tres pasos: inicialmente se diseña el panel de mando que la empresa necesita para gestionar adecuadamente el mantenimiento. En segundo lugar, la información a recabar para implementar el panel de mando debe ser recogida en unos campos, que deberán ser plasmados en una orden de trabajo de mantenimiento, la cual deberá ser implementada en la planta, siendo continuamente actualizada y adaptada a las necesidades tanto de la dirección, como de los

 		NORMAS DEL AUTOMANTENIMIENTO		Num.: 66D013b Nivel: 00 Fecha: 2008/XX/XX Aceptado: Director de Calidad Hoja 2 / 3	
GARANTIA DE CALIDAD					
Nº Norma: 1	Nº Máquina: CORREA IGMZ0013				
NOMBRE: Desmontar y limpiar el filtro del aire del lubricador del cabezal UAD			RESPONSABLE: Operario de máquina		
HERRAMIENTAS NECESARIAS: Escalera, trapo y pistola de aire comprimido.			TIEMPO NECESARIO: ≈ 10 min		
ATENCIÓN  CERCIORARSE DE QUE LA MÁQUINA ESTÁ APAGADA!!!!					
OPERACIONES:		Fotos			
1	Soltar la tapa de abajo.				
2	Extraer el filtro girándolo (tiene rosca).				
3	Limpiar la caja protectora (con el trapo).				
4	Limpiar el filtro con aire comprimido.				
5	Montar todo de nuevo.				
		1.Operación	2.Operación	3.Operación	4.Operación

Fig. 4: Ejemplo de una actividad detallada de MP

procesos internos. Así, los directores de mantenimiento de cada empresa deben definir cómo medir la realización de sus actividades. La Figura 5 muestra un ejemplo de la perspectiva del cliente del Panel de mando integral de Goizper:

En la Figura se observan 4 indicadores, Disponibilidad (relación entre el tiempo de buen funcionamiento y el tiempo total de funcionamiento programado en %), MTTR (*Medium Time To Repair*, o tiempo medio hasta haber reparado la avería), Tiempo de respuesta para actividades de correctivo urgente (tiempo medio de respuesta a las averías ocurridas mensualmente) y Tiempo de respuesta para actividades de correctivo programado (tiempo medio de respuesta a las solicitudes de actividades de mantenimiento correctivo que no han supuesto una pérdida de función permanente en la instalación o equipo).

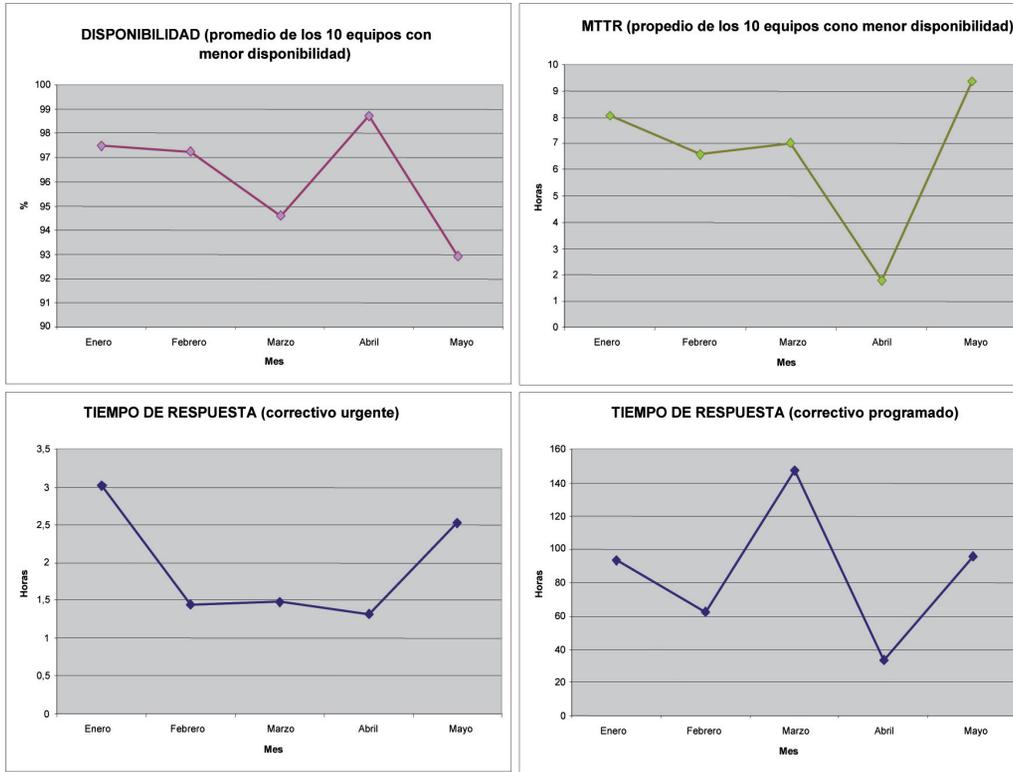


Fig. 5: Ejemplo de la perspectiva del cliente del Panel de mando integral de Goizper

La implementación de este panel de mando sirve, como Gardella et al. (2010) indican, para establecer prioridades a la hora de asignar recursos con el objetivo de mejorar los valores de los indicadores del panel de mando, además de consolidar la revisión y mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo, y establecer necesidades de mejora en las instalaciones para disminuir la mantenibilidad de las mismas.

Como se muestra en la sección anterior, los directores de planta deben diseñar y gestionar un panel de mando de mantenimiento. Con este fin, los técnicos de mantenimiento tienen que cumplimentar los campos creados para recopilar todos los datos relativos a la intervención, de modo que es posible convertir esos datos en información.

2.5.1. Diseño, implementación y consolidación de la orden de trabajo

Estos datos deben ser recogidos en una orden de trabajo, ya que de lo contrario no es posible obtener toda la información

		PARTE DE INTERVENCIÓN		Fecha: _____ Nº: _____	
SOLICITUD DE INTERVENCIÓN					
Solicitante: _____ Departamento: PET				AVERÍA SUBSANADA SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
Línea: _____ Bandera: _____ Reifenhauer: _____	Máquina parada: _____ SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Hora solicitud: _____	Firma: _____	PENDIENTE	
Descripción Anomalia: _____					
RESUMEN DE LA INTERVENCIÓN					
Recepción	Fecha/HH.MM	Tiempo reparación	VºBº Solicitante		
En marcha	Fecha/HH.MM	0:00			
Nombre		HH:MM	Final	Total	
		HH:MM	HH:MM	HH:MM	
1				0:00	
2				0:00	
3				0:00	
DESCRIPCIÓN TRABAJO REALIZADO: _____					
¿LOS 5 POR QUÉ?					
1º		POR QUÉ SE HA PARADO LA LÍNEA?			
2º		POR QUÉ 1º?			
3º		POR QUÉ 2º?			
4º		POR QUÉ 3º?			
5º		POR QUÉ 4º?			
Grupo funcional: _____ Defecto: _____ Acciones: _____		Elemento: _____ Causas: _____ Clasificación: _____			
COSTE DE INTERVENCIÓN					
		Horas	Tasa	Importe	€
Personal interno					€
Personal externo					€
Materiales					€
COSTE DE PRODUCCIÓN					
		Horas	Tasa	Importe	€
Línea Bandera					€
Línea Reifenhauer					€
COSTE TOTAL _____ €					
FECHA DE CIERRE PI: _____					
FIRMA: _____					

Fig. 6: Orden de trabajo de mantenimiento de Inquitex

deseada en el panel de mando. Cabe señalar que esta sistemática aún no considera el uso de un programa de GMAO para recopilar la información. Así, resulta difícil implementar en una orden de trabajo toda la información a mostrar en el panel de mando de mantenimiento, por el excesivo tamaño que tendría la orden en formato papel. Por tanto, la orden de trabajo en formato papel habitualmente considerará aquellos campos de importancia que puedan obtenerse con relativa facilidad. Como ejemplo, la Fig. 6 muestra la orden de trabajo de mantenimiento de Inquitex.

Por lo tanto, todas las acciones de mantenimiento correctivo tienen que tener su respectiva orden de trabajo. Todas estas órdenes deberán ser completadas por los técnicos de mantenimiento, que a la vez estarán respaldados por el ingeniero novel. El ingeniero novel supervisará que todos los técnicos cumplimenten debidamente las órdenes de trabajo. Por ejemplo, para la empresa no es permisible no incluir una acción llevada a cabo en una avería, y no realizarla utilizando la lista de acciones estándares de la unidad de negocio, ya que de lo contrario la dirección no detectará las averías repetitivas cuya reparación podría ser estandarizada. Aquí, el ingeniero novel, junto con el técnico que no haya cumplimentado el campo 'acción' de la orden de trabajo, deberá establecer cuál es la acción real adoptada, utilizando la lista estandarizada de acciones. En caso de que sea necesario incluir un nuevo tipo de acción, el ingeniero novel deberá también actualizar la lista de acciones, para que el tipo de acción de la incidencia también sea considerado en un futuro.

El ejemplo mostrado en el párrafo anterior deriva en que la lista de defectos, causas y acciones debe ser actualizada continuamente por el ingeniero novel, con el fin de reflejar la realidad de la planta. Teniendo en cuenta un ejemplo real relacionado con este hecho, cabe señalar que la orden de mantenimiento de Goizper fue actualizada 15 veces durante los primeros 6 meses de la implantación de la sistemática.

Una vez realizado todo este trabajo, el ingeniero novel es el responsable de obtener el informe mensual de mantenimiento. Una vez se haya obtenido el informe, deberán ser tomadas las decisiones sobre la validez del informe, la gestión global del mantenimiento y las acciones realizadas por el mantenimiento. Una lección aprendida de estos seis casos es que si las empresas quieren tener técnicos motivados para hacer el papeleo necesario para implementar esta sistemática, los beneficios de hacerlo deben reflejarse lo antes posible.

2.5.2. Implantación de un GMAO

O'Hanlon (2003) determina que el 57% de las implantaciones de GMAO no generan la rentabilidad esperada de la inversión y, como una de las razones principales para ello, argumenta la falta de una definición adecuada de las necesidades. En este caso, se ha realizado un gran esfuerzo en la definición, ya que las empresas han definido de antemano cómo quieren gestionar su mantenimiento. Una vez definido qué información se necesita para gestionar el mantenimiento adecuadamente, es factible considerar la posibilidad de implementar un GMAO.

En este caso, es altamente recomendable

diseñar una lista de control donde estén incluidas todas las especificaciones que se implementarán en el GMAO. Como base, es posible obtener una lista de control estándar para la elección de un GMAO a través de, por ejemplo, foros de Internet. En esta investigación se ha optado por el Synterprise Global Consulting, Pre CMMS Planning/ Vendor Evaluation (Synterprise 2004). La anterior referencia, adaptada y mejorada mediante las necesidades propias de cada caso fue enviada a los proveedores: estos proveedores responden si su GMAO cumple los requisitos exigidos, e informan sobre la facilidad con la que responden a cada especificación (incluyendo, si es necesario, capturas de pantalla y videos). Así, como clientes potenciales, los directores de planta pueden analizar la aptitud de cada GMAO para cumplir los requisitos que deben satisfacer los productos informáticos. Merece destacar que este proceso fue ejecutado en Goizper e Inquitex, ya que la tercera empresa contaba ya previamente con un GMAO operativo.

3. RESULTADOS

Es una afirmación general de gestión que "lo que no se mide difícilmente mejora", y "lo que se mide y no mejora, contiene un problema importante". Es necesario decir que no existen datos sobre la gestión del mantenimiento anteriores a los proyectos presentados en este artículo, por lo que no es posible realizar la comparación cuantitativa del antes y el después de dichos proyectos. Sin embargo, vale la pena señalar

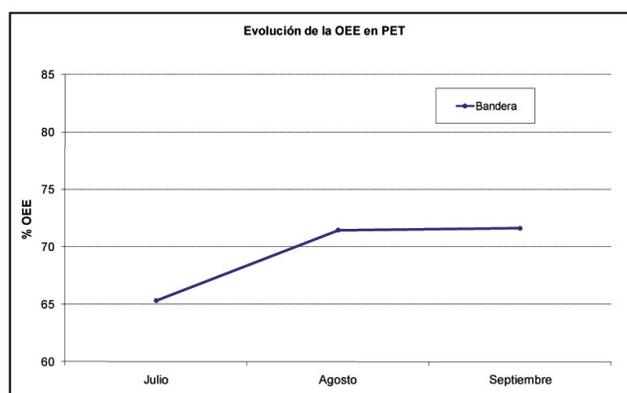


Fig. 7: Evolución de la OEE en una línea de producción de PET de Inquitex

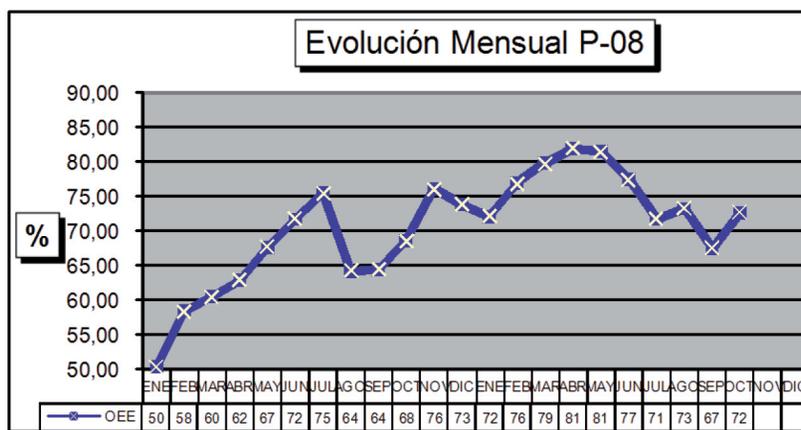


Fig. 8: Evolución mensual de la OEE en la estación de pintado P-08 de la planta del grupo Mondragón dedicada a la fabricación de componentes de plástico (Astoreka & Goti 2008)

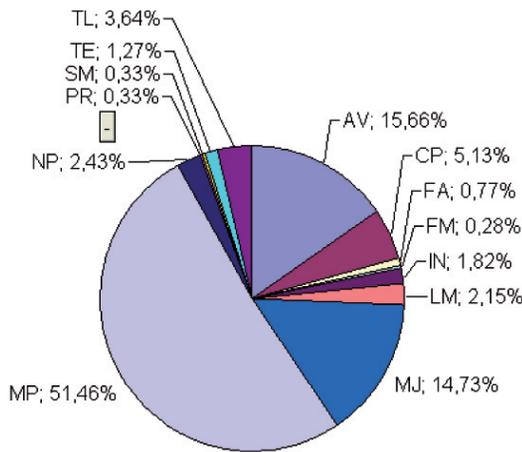


Fig. 9: Desglose de carga de trabajo por tipos de actividades en Inquitex

Actividad	Código
Avería	AV
Defecto	CP
Mto.Prevent.	MP
Mejoras / Innovación	MJ
Predictivo	PR
Seguridad / Medio Amb.	SM
Formación (Maestro)	FM
Formación (Alumno)	FA
Trabajos especiales	TE
Nuevo Proyecto	NP
Orden y limpieza	LM
Inspección	IN
Taller, Oficina	TL

ponde a las cuestiones básicas definidas por Moubray, y tiene en cuenta las severas restricciones con las que deben tratar las empresas que trabajan en entornos de producción ajustados y PYMES en general. Adicionalmente, el proceso seguido en este documento podría ser válido también como un paso previo para poner en práctica un GMAO, ya que la definición de cómo quiere funcionar el mantenimiento de una empresa se lleva a cabo antes de implantar el software.

que las empresas mencionadas han creado un sistema de retroalimentación continua que permite mejorar la calidad de las decisiones que toman, ya que tienen más y mejor información sobre los procesos que tienen que gestionar. Así, las compañías pueden analizar el tiempo necesario para restablecer el funcionamiento de las instalaciones, tiempo incurrido en la ejecución de las distintas actividades relacionadas con el mantenimiento (véase ejemplo en la Figuras 1 y 2),... para su posterior análisis y mejora de los procesos y las tareas de mantenimiento. Además, cabe subrayar que las compañías están encarando la implantación de un GMAO, con el objetivo de mejorar administrativamente su mantenimiento. Como ejemplo de la mejora cuantitativa, la Figura 7 representa la evolución positiva de la Efectividad Global del Equipo (Overall Equipment Effectiveness, OEE) de una línea de producción de PET en Inquitex, obtenida gracias a la adopción de acciones de mejora del mantenimiento basados en esta metodología de RCM adaptado.

En cuanto a la planta industrial de la Corporación MONDRAGON, los resultados mostrados en la Ref. (Astoreka & Goti 2008), resumidos en la Figura 8, demuestran la efectividad de la iniciativa presentada.

Adicionalmente, se ha podido obtener información sobre a qué se dedica la plantilla de mantenimiento (ver ejemplo de Inquitex en la Figura 9).

4. CONCLUSIONES

La disponibilidad de los equipos de planta queda en gran medida supeditada a las decisiones tomadas en las fases de diseño y desarrollo. Sin embargo, la tendencia a automatizar sistemas, y las cada vez más exigentes demandas de los clientes requieren gestionar sistemáticamente la fiabilidad y la mantenibilidad de los equipos en fase de operación. Esta investigación presenta la implantación de una gestión del mantenimiento sistemática basada en RCM. El RCM ha sido planteado como una herramienta adecuada para la gestión de la disponibilidad en la operación sistematizando el mantenimiento preventivo y autónomo, y discriminando las acciones de mantenimiento correctivo. El proceso desarrollado res-

AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto ha sido cofinanciado a través del proyecto de investigación "RCMTOOLS": Desarrollo e implantación de una herramienta de Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad simplificada (Proyecto financiado por el Gobierno Vasco, Departamento de educación, universidades e investigación, código UE2010-03).

BIBLIOGRAFÍA

- Moubray, J. 1999, *Reliability centered maintenance*, 2 edn, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Ben-Daya, M. 2004, "You may need RCM to enhance TPM implementation", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 82-85.
- Goti, A., Egaña, M. M., Iturrutxa, A., & Gardella, M. 2008, "RCM for Small- To Medium-Sized and Lean Organizations", *Maintenance Technology* no. December, pp. 13-17.
- Storey, D. J. 1994, *Understanding the small business sector* Routledge, London.
- Kelly, A. 1984, *Maintenance Planning and Control* Butterworths, Oxford.
- Goti, A., Egaña, M. M., & Iturrutxa, A. 2009, "Encuesta sobre el estado del mantenimiento industrial en España", *Revista DYNA*, vol. 84, no. 3, pp. 225-230.
- Pintelon, L., Nagarur, N., & Van Puyvelde, F. 1999, "Case study: RCM - yes, no o maybe?", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 5, no. 3, pp. 182-191.
- Astoreka, J. L. & Goti, A. OEE como herramienta para el análisis de la eficiencia de equipos productivos. *Ingeniería y Gestión de MANTENIMIENTO* [57], 54-57. 2008. Madrid, Ed. Alción. 2006.
- O'Hanlon, T. CMMS Best Practices. *Reliabilityweb.com*. 2003. 20-7-2004.
- Galar-Pascual, D., Berges-Muro, L. F., & Royo-Sánchez, J. 2010, "La problemática de la medición del rendimiento en la función mantenimiento", *Revista DYNA*, vol. 85, no. 5, pp. 429-438.
- Kaplan, R. & Norton, D. 1992, "The balanced scorecard - measures that drive performance", *Harvard Business Review*, vol. 70, no. 1, pp. 71-79.
- Gardella, M., Goti, A., Egusquiza Pérez, E., & Escaler, X. 2010, "Management of costs and incidences in industrial plant equipment", *Hydrocarbon Processing*, vol. 89, no. 1, pp. 55-61.
- Synterprise. Synterprise Global Consulting, *Pre CMMS Planning/ Vendor Evaluation*. Synterprise Global Consulting. 2004.