

# METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CON POSIBLE APLICACIÓN EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL

## *MAINTENANCE METHODOLOGY WITH POTENTIAL APPLICATION IN AGROINDUSTRIAL SECTOR*

Germán García Monsalve<sup>1</sup>, Hugo González S<sup>2</sup>, Elkin Cortés M<sup>3</sup>.

Recibido el 17 de julio de 2009 y aceptado el 20 de noviembre de 2009

### Resumen

La metodología propuesta para el diseño e implementación de un programa integral de mantenimiento, en el sector de producción agroindustrial, enfoca los aspectos relevantes, que una gerencia debe considerar como estrategia técnica en la gestión empresarial de sus procesos productivos. La estructura de esta metodología considera los aspectos estratégicos relacionados con la administración, la organización, las técnicas de planificación y de ejecución del mantenimiento que los directivos, ingenieros y personal encargado del mantenimiento de la planta productiva, deben tener presente al momento de gestionar el proyecto de mantenimiento, y cuyos propósitos tangibles se enfocan a garantizar la operación confiable y rentable de sus equipos; minimizar el tiempo improductivo, el desperdicio y los costos directos de intervención; maximizar los niveles de calidad, productividad, y la disponibilidad de los activos de producción; finalmente, a proporcionar algunos indicadores claves que reflejen el logro de la gestión.

### Palabras clave

Estrategia agroindustrial, metodología de mantenimiento, metodología 5QS, planeación y control de procesos.

### Abstract

The methodology proposed for the design and implementation of an integral program of maintenance, in the field of agroindustrial production, focuses on the relevant aspects that should be implemented as a management technique of business management strategy in production processes to guarantee the reliable and profitable operation of its equipments, minimizing the time outs, the waste and the direct costs of intervention, maximizing the levels of quality, productivity, availability and reliability of the components and production machines, showing indicators that reflect the achievements of the administration. The treated topics consider administrative, organizational, strategic aspects, technicians and operative that the Directive, Engineers and the person in charge direct of the maintenance they should consider to the moment to manage a project of appropriate maintenance to a plant of agroindustrial production. This methodology is product of the investigative work and of the experience obtained in managing the maintenance acquired in different productive sectors in Colombia.

### Key words

Agro industrial strategy, maintenance methodology, 5QS Methodology, Planning, process control.

---

Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, Facultad de Minas,  
Grupo de Diseño Mecánico Computacional (DIMEC). E-mail: [glgarcia@unal.edu.co](mailto:glgarcia@unal.edu.co).  
Profesor Asistente de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias,  
Grupo de Ingeniería Agrícola. E-mail: [hagonzal@unal.edu.co](mailto:hagonzal@unal.edu.co).  
Profesor Titular de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias,  
Grupo de Ingeniería Agrícola. E-mail: [ecortes@unal.edu.co](mailto:ecortes@unal.edu.co).

## Introducción

Es notoria la falta de importancia que se le da a la adquisición de repuestos y a asignar adecuado mantenimiento a los equipos, lo que evidencia la carencia de tecnificación en el sector agroindustrial Colombiano <sup>(4)</sup>. Los equipos no están siendo remplazados y a los existentes se les da poco mantenimiento, lo que implica mayores volúmenes de desperdicios, reducción en la calidad del producto, desmejora en las condiciones de competitividad nacional y un mayor distanciamiento de los estándares internacionales.

Se ha determinado, que en el caso particular de la agroindustria Cubana, los costos asociados al mantenimiento de sus plantas productivas y a las actividades logísticas de almacenamiento y distribución llegan a significar entre el 40% y 60% de los costos totales. De tal manera que cualquier reducción en estos costos, conlleva a incrementar los niveles de competitividad de determinada agroindustria <sup>(9)</sup>.

Un programa de mantenimiento no solo debe garantizar un óptimo funcionamiento de los equipos sino que, igualmente, debe hacerlo económicamente, manejando eficientemente recursos humanos, técnicos e insumos. La gestión del mantenimiento involucra aspectos técnicos, económicos y administrativos, en un proceso integrado y convergente que da como resultado una mayor eficiencia, optimización de los recursos y de costos.

En las estructuras modernas el mantenimiento, se considera como un área con gestión propia. Su adecuado tratamiento asegura la calidad, genera beneficios (incremento de producción, disminución de averías, reducción de consumos, entre otros aspectos) y garantiza el cumplimiento de las políticas de medio ambiente, seguridad industrial y salud.

El enorme crecimiento de las plantas agroindustriales como resultado del desarrollo de la técnica y de la necesidad de reducir costos para ampliar mercados y ser competitivos, obligaron al diseño de equipos de mayor capacidad y más automatizados. Esto exige una nueva concepción integral del mantenimiento. Igualmente, con el desarrollo de la agroindustria, la planificación, programación, ejecución y control del mantenimiento ha adquirido una nueva dimensión y una importancia relevante para las empresas y sus directores.

Durante los últimos años se ha hecho evidente que el mantenimiento ha evolucionado por diferentes razones tecnológicas (complejidad en el diseño de los equipos), de seguridad, ambientales, de gestión técnica (impacto de las fallas), de gestión de procesos (mantenimiento como estrategia), costos y competitividad, entre otras. Estas situaciones han obligado a los gerentes de todo el mundo a desarrollar nuevos enfoques para el mantenimiento. Se plantea que los directores del mantenimiento en las empresas “*Buscan a cambio una estructura estratégica que sintetice los nuevos desarrollos en un modelo coherente, para luego evaluarlo y aplicar el que mejor satisfaga sus necesidades y las de la compañía*”, lo que evidentemente ilustra la dinámica del mantenimiento en el proceso productivo <sup>(5)</sup>.

En Colombia, algunas empresas de carácter global y multinacional han implementado estrategias y herramientas de mejoramiento continuo en sus procesos productivos, destacándose entre otras, el Mantenimiento Productivo Total (TPM), el Control Total de la Calidad (TQC), el Control Estadístico de Proceso (SPC), las normas ISO 9000, el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), el Justo a Tiempo (Just In Time), el método de las 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke), los sistemas de mejora continua como el Kanban <sup>(4)\*</sup>, Kaizen <sup>(5)\*\*</sup> y Poka yoke <sup>(6)\*\*\*</sup>.

La mayoría de las grandes empresas, al igual que algunas PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) en menor proporción, presentan una tendencia a implementación parcial de este tipo de técnicas, destacándose las 5S, el JIT, la aplicación de normas ISO 9000 y la implementación parcial de algunos pilares del TPM. Por otro lado, la industria de la aviación es pionera en la implementación de herramientas de mantenimiento centradas en la confiabilidad (RCM), además están en la obligación de cumplir con los estándares internacionales en materia de aeronavegación.

El servicio de *outsourcing* o de tercerización del mantenimiento se ha intensificado fuertemente en las áreas de servicios generales, seguridad, mantenimiento eléctrico, mecánico, electrónico, metrología, diagnóstico y monitoreo predictivo, planes de reparación y de diagnóstico especializado de equipos, entre otros.

\*Etiqueta de instrucción que detalla las especificaciones del cliente durante el proceso de producción, para evitar algún desvío innecesario.

\*\*Flujo planeado de trabajo que lleva integrado un análisis continuo del proceso de calidad en cada una de las etapas de la cadena productiva, evitando al final productos defectuosos.

\*\*\*Se interpreta como “a prueba de errores”, es decir, propone la implementación de equipos, dispositivos y accesorios diseñados para evitar el error humano, durante el proceso productivo.

Se percibe que en Colombia los empresarios han tomado consciencia progresivamente de la importancia de los beneficios que reporta una adecuada gestión de mantenimiento y con mayor énfasis cuando se ha puesto en marcha la regulación de las normas de calidad ISO 9000 y de seguridad ISO 14000 a partir de los años 1994, y aún más fuerte con la vigencia de la versión 2000. Con la entrada en vigencia, a partir de mayo de 2005, del reglamento de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y de las normas NTC 2050, se ha dado una mayor responsabilidad civil y capacidad de gestión a la dirección del mantenimiento. Por otro lado, algunas PYMES han venido implementando modelos simples de mantenimiento correctivo, preventivo y utilización parcial de técnicas de mantenimiento predictivo en las áreas básicas (Lubricación, Eléctrica y Mecánica - Sistemas, LEM).

El objetivo básico del mantenimiento, es alcanzar el grado óptimo de eficiencia del equipo (máquina) o proceso. La oportunidad y calidad de los productos elaborados o de la operación ejecutada, será el resultado de la disponibilidad y confiabilidad de ellos. Pero garantizar un adecuado funcionamiento de máquinas y equipos; igualmente, implica hacerlo económicamente, administrando eficientemente recursos técnicos, humanos e insumos. Paradas recurrentes significan, obviamente pérdidas de producción, y crecimiento del inventario de repuestos, lubricantes, herramientas y personal. El concepto de mantenimiento debe asociarse con una inspección que evidencia una posible falla funcional, para corregirla en un período de tiempo que permita preparar una intervención, sin que haya un paro o tenga consecuencias graves.

El presente artículo ilustra una metodología para llevar a cabo la planeación, el diseño, la implementación y la evaluación de proyectos de mantenimiento que pueden tener potencial aplicación en múltiples sectores de la agroindustria colombiana. Parte del procedimiento consiste en resolver una serie de interrogantes claves, que cada director o encargado de mantenimiento debe conocer y/o resolver en cada caso particular.

### **La función de mantenimiento**

Hoy en día se define al mantenimiento como la función empresarial que por medio de sus actividades de control, predicción, revisión, mejoramiento y reparación, permiten garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de los equipos e instalaciones. Simplificando y resumiendo, se puede decir que el mantenimiento hoy en día es: asegurar que todo activo físico, continúe desempeñando las funciones deseadas. Dada esta definición se debe plantear el

objetivo de mantenimiento como algo medible, cuantificable, que exprese lo dicho en ella; dicho objetivo es: asegurar la competitividad de la empresa garantizando la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada, cumpliendo con los requisitos del sistema de calidad de la empresa, cumpliendo con todas las normas de seguridad y medio ambiente, al menor costo ó máximo beneficio global.

Un equipo o máquina con mal mantenimiento produce averías inoportunas y requiere tiempo adicional, para terminar los trabajos. Estos aumentos de tiempo extra magnifican los costos de operación, por el uso adicional de combustible y lubricantes, los incrementos salariales, el desgaste adicional de la maquinaria y el retraso de los demás trabajos.

### **Modelo teórico para la implementación de una metodología de mantenimiento**

Cuando los gerentes o ingenieros de mantenimiento diseñan, planifican, programan, organizan, y controlan el sistema de mantenimiento, se encuentran con problemas que deben enfrentar y para ello deben tomar decisiones oportunas y adecuadas.

*“En muchas ocasiones estos problemas se pueden simplificar empleando modelos apropiados. Sin embargo, si estos no representan al mantenimiento como un sistema integrado, probablemente los resultados no obedecen a soluciones óptimas”* <sup>(2)</sup>. Todo proceso de mantenimiento agroindustrial debe tener en cuenta los principios funcionales de producción, donde el productor es responsable de la entrega de un bien o servicio que “satisfaga los requerimientos de sus clientes”, de manera eficaz, competitiva, a costos razonables, siempre y cuando genere las utilidades esperadas por sus accionistas.

Para este propósito, debe contar con una infraestructura organizacional adecuada, en que la estructura funcional del mantenimiento sea un factor clave de éxito en la rentabilidad del negocio, que se incorpore a las funciones estratégicas de la cadena de valor y que permita alinear la visión de mantenimiento con las políticas empresariales.

*“La cadena está compuesta de procesos de producción o primarios y procesos de apoyo o secundarios. Los procesos de apoyo son funcionales y permiten llevar a cabo los procesos primarios de fabricación y distribución”* <sup>(1)</sup>. Por lo tanto, es necesario que las máquinas e instalaciones de producción agroindustrial gocen de la suficiente vida económica, que operen bajo condiciones técnicas

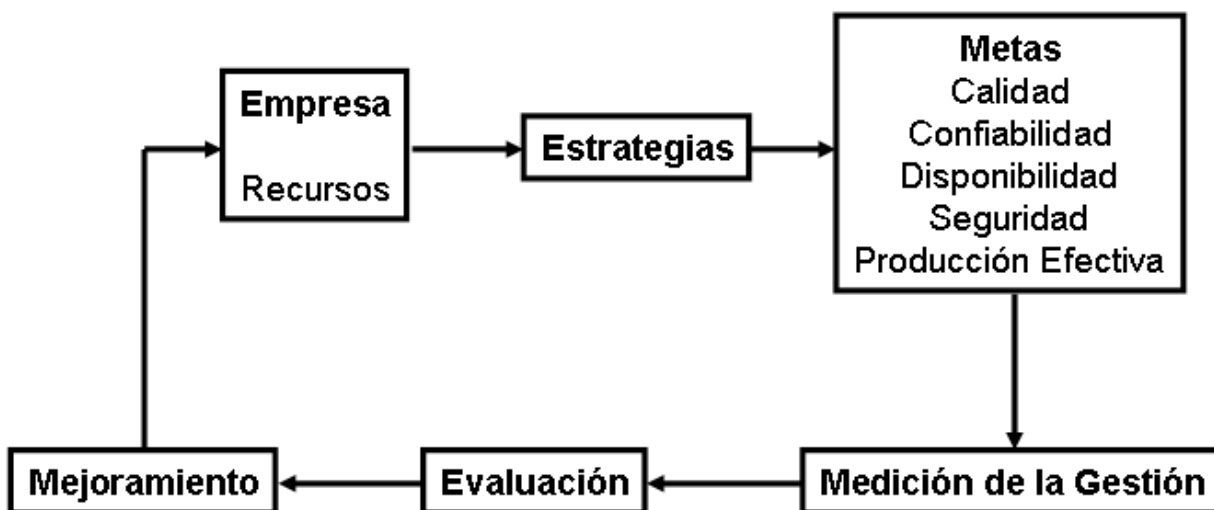
controladas, que garanticen niveles óptimos de confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, seguridad, productividad con calidad y eficiencia.

Lo anterior sólo es posible con la utilización apropiada de recursos financieros, administrativos, técnicos, tecnológicos, computacionales y humanos. “*La labor de mantenimiento incluye todas las actividades necesarias para asegurar de la mejor manera posible la continuidad de las características originales y una disponibilidad máxima*”<sup>(10)</sup>.

La Figura 1, presenta un modelo básico de bloques, con lazo cerrado, diseñado para evaluar la gestión de mantenimiento que se puede aplicar en una empresa de producción agroindustrial. La interpretación de este modelo se realiza en la siguiente forma: una agroindustria destina los recursos necesarios para cumplir con las metas propuestas en el plan de mantenimiento (confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, seguridad, calidad, producción efectiva, entre otras), para este fin, se vale de varias estrategias o caminos posibles (gestiones de mantenimiento).

Para cuantificar los resultados de la gestión es necesario establecer los indicadores que muestren la tendencia real, los cuales a su vez son sometidos constantemente a procesos de evaluación por parte de la gerencia de mantenimiento. Finalmente, y de acuerdo con las desviaciones que muestren los indicadores con respecto a los estándares o valores esperados, se toman las acciones correctivas, preventivas y de mejoramiento continuo. Este proceso de iteración permanente permite fortalecer la dinámica del proyecto de mantenimiento.

**Figura 1.** Evaluación dinámica de la gestión de mantenimiento.



Antes de poner en práctica una “filosofía” de mantenimiento es necesario analizar integralmente las variables internas de naturaleza técnica, tecnológica, operativa, económica y estratégica que afectan los procesos productivos de una organización y análogamente se debe estudiar el impacto externo que estas generan. El mantenimiento debe proyectarse como una inversión programada en el tiempo, debe involucrarse en la cadena de valor y no debe mirarse como un gasto.

“*El mantenimiento era considerado como una actividad auxiliar cuyo coste siempre parecía excesivo, ahora ha pasado a ser parte integrante del proceso productivo*” y se ha incorporado como un componente vital en los costos totales de fabricación<sup>(10)</sup>. Es necesario desagregarlo en términos de objetivos, metas y planes a corto, mediano y largo plazo, de

acuerdo con las directrices y políticas organizacionales.

### **Propuesta de metodología para el mantenimiento agroindustrial**

Una aproximación valiosa a la agroindustria, donde se desee diseñar e implementar el plan de mantenimiento consiste en realizar un diagnóstico de la situación actual, que considere aspectos relacionados con las necesidades y alcances del mantenimiento, el tipo y tamaño de la agroindustria, sus procesos, maquinaria, fallas, instalaciones, tecnología, políticas internas y externas, recursos físicos y humanos, lugar de trabajo, productos y servicios. La propuesta que se presenta para discusión en este artículo se ilustra esquemáticamente en las Figuras 2 y 5.

La metodología denominada “5QS” para el diseño e implementación de planes para mantenimiento, se construye con base en las respuestas dadas a los interrogantes planteados en cada una de cinco fases o etapas que la constituyen. Las fases identificadas en la Figura 2, corresponden a: 1) fase de diagnóstico, 2) fase de diseño, 3) fase de implementación, 4) fase de medición y 5) fase de mejoras.

### **Fase Uno - Fase de diagnóstico**

Es el punto de partida, que muestra la realidad empresarial, donde se evalúa integralmente la agroindustria (políticas, jerarquías, objetivos, alcances, misión, visión, cadena de valor) y se estudian los recursos potenciales (máquinas, equipo técnico, personal, inversiones, almacenes, repuestos), que la organización debe destinar para el mantenimiento de sus activos fijos.

En esta fase se establecen los siguientes interrogantes:

¿Qué características tienen los procesos productivos? ¿Qué políticas de calidad, productividad, capacitación y mejoramiento continuo se tienen implementadas? ¿La cadena de valor es clara y detallada? ¿Cuánto es factible invertir y cuál podría ser su retorno? ¿Se contratan servicios de mantenimiento? ¿En donde se realiza el mantenimiento? ¿Cuál es la necesidad para realizar mantenimiento? ¿A dónde se desea llegar con la implementación? ¿Cuánto mantenimiento debe darse? ¿Qué beneficios genera su implementación? ¿Qué equipos, instalaciones y áreas técnicas cubre? ¿Los equipos son de bajo costo? ¿Existen equipos en stand-by?.

¿Hay equipos críticos? ¿Hay equipos obsoletos? ¿Qué estrategias se aplican? ¿Se conocen los problemas técnicos? ¿Existe información de los patrones de falla? ¿Se conocen las probabilidades de falla? ¿Los costos de reparación son mayores a los de reemplazo? ¿Quiénes son los responsables? ¿Cómo se mide la gestión de mantenimiento? ¿Qué recursos técnicos, tecnológicos y humanos requiere la gestión?

Muchos otros interrogantes podrían generarse y muy probablemente algunos de ellos no tienen una respuesta previa.

El diagnóstico permite caracterizar con detalle el entorno empresarial interno y externo, define el estado real y tendencia del mantenimiento en la agroindustria, muestra las posibles variables a controlar en un caso particular.

Además, debe reportar la información necesaria para proponer nuevos objetivos y metas de mantenimiento.

Como procedimiento de ilustración de esta primera Fase, se presenta el caso en el cual un diagnóstico general del sistema de producción, de una empresa A, cuya característica de producción es el procesamiento de alimentos concentrados para animales, muestra una política inadecuada de mantenimiento correctivo, con personal poco capacitado en mantenimiento, presencia de fallas frecuentes en componentes principales de la maquinaria (sistemas de transporte de alimentos, motores de molinos, cajas de transmisión, sistemas de lubricación, sistemas hidráulicos, sistemas de control y partes eléctricas).

Lo anterior tiene incidencia directa en la calidad del producto final. Adicionalmente, la empresa está obligada a certificar sus procesos y productos, bajo un sistema de calidad. Parte de la información obtenida durante la etapa de diagnóstico, muestra la falta de historial de las actividades de mantenimiento, la ausencia de fichas técnicas y formatos formales para la planeación, programación, realización y control del mantenimiento. El equipo de diagnóstico, se propone buscar una solución que se enfoque en mejorar los tiempos de producción, el control de paradas y fallas en las máquinas más críticas del proceso productivo. Además, enfocan el proyecto en función de la certificación, dada la exigencia del mercado nacional.

### **Fase Dos - Fase de diseño**

Una vez realizado el diagnóstico previo y teniendo conocimiento particular sobre los recursos potenciales que puede proveer o generar la agroindustria con la puesta en marcha de una gestión técnica y administrativa de mantenimiento, se procede a recomendar las diferentes estrategias o combinación de éstas, viables para cada caso, de acuerdo con las características técnicas, administrativas, tecnológicas, políticas externas e internas, costos, áreas productivas, complejidad industrial, criticidad y funcionalidad de los equipos, naturaleza de las fallas potenciales y modos de falla, fallas funcionales e impacto de las fallas en la producción, el ambiente, la seguridad industrial, el mantenimiento, el personal, normatividad y regulaciones vigentes, entre otras características.

La etapa de diseño, permite dimensionar, seleccionar o diseñar la combinación apropiada de gestiones de mantenimiento y herramientas de gestión administrativa y técnica, que muestren coherencia del mantenimiento con las políticas y visión del

negocio. Permite diseñar y seleccionar el perfil del personal interno como de prestación de servicios por outsourcing. Finalmente, permite diseñar y seleccionar todos los documentos de trabajo y las posibles herramientas de software, para la optimización de la actividad de mantenimiento.

Para ilustrar, esta Fase II, continuando con el caso anterior de la empresa A, el equipo de trabajo se propone algunos objetivos durante el proyecto:

Generar una propuesta de mantenimiento acorde con las necesidades de la empresa y exigencias del mercado, considerando el alcance económico de la misma para implementarlo.

Plantear actividades coherentes con el plan de mantenimiento seleccionado, lo cual le permitirá generar un modelo de trabajo particular, que considere elevar el nivel de capacitación, la cultura de mantenimiento del personal y la consciencia de todo el personal, tanto en las áreas técnicas, productivas y de administración.

Evaluar métodos de producción para aumentar la productividad, disminuir los trabajos de emergencia de mantenimiento correctivo, minimizar los tiempos muertos y el impacto de los paros en la producción.

Como parte del procedimiento que debe llevarse a cabo se procede a:

Seleccionar las máquinas más críticas de los procesos de producción, considerando el mantenimiento de las mismas, la seguridad humana e industrial, con el fin de implementar en ellas un plan de mantenimiento que ofrezca un mayor nivel de planeación.

Analizar con mayor detalle las fallas que se presentan en los equipos y plantear soluciones que se enfoquen a la disminución de los tiempos muertos en la producción. Debe implementarse algún método de análisis de fallas como el Pareto, los análisis causa raíz.

Diseñar las fichas técnicas en cada máquina y los formatos de trabajo (órdenes de trabajo, programaciones, instructivos, manejo de repuestos), para optimizar la producción, la planeación del mantenimiento y el buen uso de los recursos en toda la planta.

Diseñar el plan de mantenimiento para cada máquina, considerando, actividades, frecuencias, fallas potenciales, recursos, insumos y personal propio como contratado o

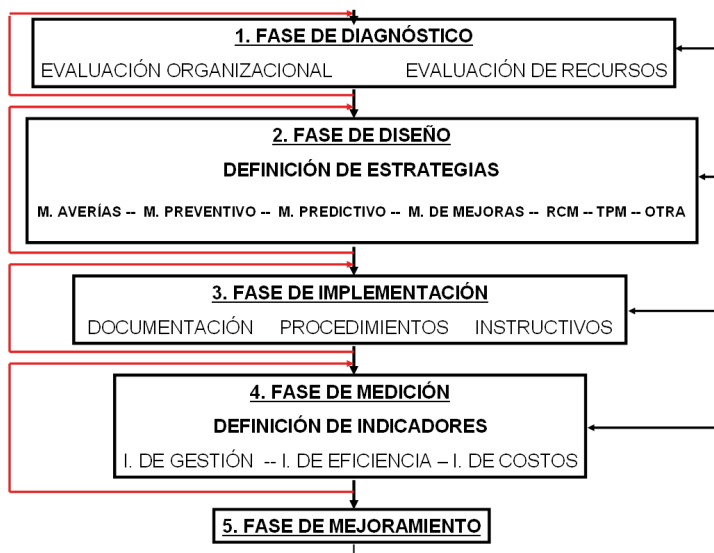
especializado (si fuera el caso), considerando los costos que intervienen.

### Fase Tres - Fase de implementación

En esta tercera fase, se ponen a prueba las diferentes estrategias, herramientas, seleccionadas o diseñadas en la fase anterior y se procede a documentar toda la información técnica disponible para las instalaciones, equipos, componentes, partes específicas, insumos, repuestos, reparaciones, personal, entre otras. Se elaboran todos los documentos y papeles de trabajo como órdenes de trabajo, solicitudes de trabajo, requisiciones, salidas de almacén y otros reportes de mantenimiento (historiales, informes periódicos de gestión, informes ejecutivos, programación, entre otros) (ver figura).

Se levantan los procedimientos e instructivos necesarios para la ejecución de las acciones de mantenimiento en todas las áreas específicas (lubricación, eléctrica - electrónica, mecánica, neumática, hidráulica, control - instrumentación, otras áreas).

**Figura 2.** Metodología “5QS” para el diseño e implementación de planes de mantenimiento.



En las fases de diseño e implementación de estrategias debe resolverse el siguiente interrogante: ¿Cuáles son los logros cuando se implemente el mantenimiento? Existe múltiples respuestas o tendencias que podrían guiar y/o redefinir el futuro del mantenimiento en las plantas agroindustriales. Algunas apreciaciones, podrían ser:

Posible reposiciones de los componentes que fallan o que han agotado su vida útil o que ya no tienen vida económica.

- Conservación de equipos e instalaciones, inspección y monitoreo que garantizarán la disponibilidad y confiabilidad de los sistemas.
- Control del presupuesto (costos, gastos, inversiones).
- Se garantiza y controla permanentemente la calidad del producto.
- Hay control permanente sobre el desgaste de los diferentes elementos de máquina.
- Se debe conocer el grado de envejecimiento y deterioro que sufren los componentes.
- Interesa un programa detallado de fallas.
- Con el mantenimiento se pueden mejorar los procesos y los métodos de trabajo.
- Ayuda a incrementar la productividad.
- Es un requisito que exigen los proveedores para dar garantía a los equipos nuevos (las compañías de seguro lo exigen).
- Es un requisito que deben cumplir los procesos de certificación de calidad ISO 9000.
- Es necesario identificar los diferentes componentes del costo (directos, indirectos, servicios especializados, de reposición, contratación, consultorías y asesorías entre otros).
- Sus costos hacen parte de los costos de operación de las máquinas.
- Permite controlar las pérdidas de energía.
- Hace más competitiva la empresa.
- El TPM involucra en sus pilares el mantenimiento autónomo, mantenimiento planeado, mejoras enfocadas, seguridad, gestión ambiental y aseguramiento de la calidad.
- Brinda seguridad operacional al personal en las instalaciones, y al producto; permitiendo controlar los tiempos de paro.

En general todos estos logros se pueden obtener con la implementación de proyectos de mantenimiento a diferente escala en cada agroindustria, la clave está en seleccionar apropiadamente la combinación de factores de acuerdo con las expectativas, exigencias técnicas y operativas, seguridad, vida económica, presupuesto, políticas internas y externas de la compañía.

De acuerdo con el ejemplo de aplicación propuesto para la Empresa A, la propuesta de mantenimiento pretende convertir el mantenimiento correctivo en una acción poco necesaria, y maximizar la implementación de una mayor planeación del mantenimiento (mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo). Como se planteó en el diagnóstico, en la empresa no existen manuales, ni procedimientos, ni instructivos de máquinas para el cuidado adecuado de las máquinas. Por ejemplo, se utiliza el mismo aceite industrial en todos los reductores de las máquinas, no tienen soluciones ingenieriles que reduzcan la implementación del mantenimiento correctivo, lo cual afecta fuertemente a los procesos productivos. Para este caso particular la propuesta se puede orientar en tres frentes de trabajo:

Implementación de mantenimiento preventivo y reducción del mantenimiento correctivo.

Solución de problemas técnicos de origen mecánico, eléctrico, instrumentación y control, y otros sistemas fundamentales que finalmente afectan la calidad de la producción.

Actividades que busquen la certificación de procesos y productos, para lo cual todo el plan de mantenimiento debe ser coherente con las normas vigentes de calidad.

Algunas actividades que podrían proyectarse para la ejecución del plan de mantenimiento son:

**Actividad 1:** Diseñar fichas técnicas para las máquinas, lo cual permite planear con más detalle el mantenimiento planeado y a la vez aplicar mejor las recomendaciones de los fabricantes, lo cual redundará en un mayor control del sistema de información y toma de decisiones en el área técnica (ver figura 3).





Para ilustrar algunas actividades técnicas, administrativas y de logística, podrían citarse las siguientes:

**Actividad 3:** Solucionar problemas mecánicos, eléctricos, de instrumentación y control, entre otros que afectan la dinámica de la empresa, mediante el rediseño mecánico, la escogencia de lubricantes adecuados, el uso de repuestos y componentes apropiados para cada reparación, que cumplan con las especificaciones técnicas del fabricante.

**Actividad 4:** Seleccionar las máquinas críticas en los procesos, de acuerdo con los cuellos de botella, costo del equipo, tipo de falla que presente (oculta, crónica), impacto de la falla en el proceso (para el proceso, afecta la calidad), dificultad en la realización del mantenimiento y el impacto en la seguridad y el medio ambiente, entre otras características.

**Actividad 5:** involucrar y capacitar a todos los operarios de producción y a los jefes y administradores en las actividades de producción, mantenimiento, control de calidad, seguridad y cuidado del medio ambiente. Podría ser de interés desarrollar actividades de 5QS, al igual que es imprescindible el desarrollo de los manuales de calidad, la puesta en práctica de los procedimientos e instructivos, tanto por parte del operario de la máquina como por el personal de mantenimiento (ver figura 5).

Es conocido que cada gestión de mantenimiento tiene sus propios alcances, ventajas y desventajas que la habilitan para aplicar en determinados equipos e instalaciones de acuerdo con sus características de diseño, tecnología, confiabilidad, condiciones de operación y ambiente, seguridad, criticidad, y mantenibilidad, entre otros aspectos.

**Figura 5.** Evaluación integral del plan de mantenimiento mediante “5QS”.



## Fase Cuatro - Fase de Medición

Una vez obtenidos los primeros resultados de la gestión de mantenimiento, el gerente del proyecto procede a definir los indicadores de gestión, de eficacia y de costo que se deseen medir.

En la fase de medición puede darse respuesta a la siguiente pregunta: ¿Por qué se requiere la ingeniería de mantenimiento? Son necesarios estudios puntuales y diagnósticos de variables técnicas y operativas para evaluar la tendencia a la falla, de los diferentes componentes de un equipo productivo con el fin de minimizar los tiempos muertos en el proceso productivo, optimizar los costos totales de mantenimiento, incrementar la productividad, la eficacia y la competitividad del negocio.

El cálculo de los indicadores de confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, productividad y calidad son claves para conocer el desempeño de un equipo o una planta productiva. Es necesario medir y controlar las variables que inciden en el mantenimiento, mediante la implementación de prácticas para el monitoreo de condiciones y la evaluación periódica de los indicadores de gestión. La organización, análisis, diagramación y control de la información de mantenimiento se facilita con la utilización de herramientas informáticas como son las bases de datos y los sistemas computarizados, para la administración del mantenimiento (CMMS- Computerized Maintenance Management System).

Para el caso planteado es posible definir algunos indicadores que faciliten la medición y control del proceso de mantenimiento. Podrían mencionarse los siguientes:

Indicadores de gestión: reflejan la situación de los trabajos de mantenimiento en determinado período de tiempo, como por ejemplo:

$$\text{Horas de Mantenimiento} = \frac{\text{horas hombre de mantenimiento planeado}}{\text{horas hombre totales de mantenimiento}} * 100$$

$$\text{Costo de mantenimiento} = \frac{\text{costo total de mantenimiento planeado}}{\text{costo total de mantenimiento}} * 100$$

Indicadores de planeación: son herramientas para la planeación y para la evaluación de los programas realizados, como por ejemplo:

$$\text{Trabajos terminados} = \frac{\text{trabajos terminados}}{\text{trabajos programados}} * 100$$

$$\text{Índice de rendimiento} = \frac{\text{horas hombre prevista}}{\text{horas hombre reales}} * 100$$

$$\text{Índice de cumplimiento} = \frac{\text{trabajos programados}}{\text{trabajos realizados}} * 100$$

$$\text{Índice de tiempos de paro} = \frac{\text{horas equipo de paro}}{\text{horas equipo de funcionamiento}} * 100$$

Indicadores de costo: indican la precisión del presupuesto.

$$\text{Costo de mantenimiento} = \frac{\text{costo de mantenimiento}}{\text{costo de producción}} * 100$$

$$\text{Desviación del costo} = \frac{\text{costo real}}{\text{costo presupuestado}} * 100$$

$$\text{Costo directo} = \frac{\text{costo directo}}{\text{costo total de mantenimiento}} * 100$$

Indicadores de fiabilidad y mantenimiento.

$$\text{Frecuencia de fallos} = \frac{\text{número total de paradas por}}{\text{tiempo de carga}}$$

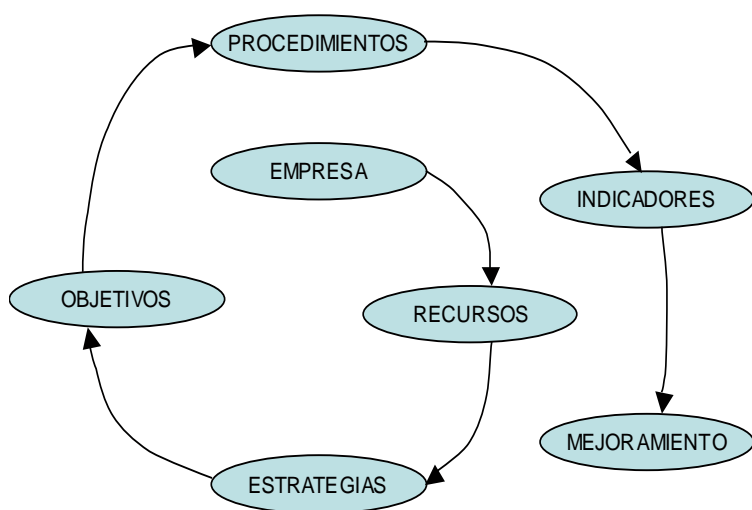
$$\text{Tiempo medio entre fallos (mtbf)} = \frac{\text{tiempo total de operación}}{\text{número de paradas}}$$

$$\text{Tiempo medio para la reparación (mttr)} = \frac{\text{tiempo total de parada}}{\text{número de paradas}}$$

## Fase Cinco - Fase de Mejoramiento

En esta fase, se establece un proceso de evaluación periódica a la metodología “5QS”, soportado en las herramientas gerenciales que posea la organización y apoyándose en los indicadores de gestión, se procede a realizar los ajustes integrales al proyecto. Es una fase donde se hace evaluación global, la cual permite el mejoramiento continuo del proceso de mantenimiento. La Figura 6 muestra claramente el proceso de evaluación integral de los factores constitutivos de la metodología “5QS”. Puede apreciarse que la evaluación organizacional de la agroindustria, implica analizar los factores relacionados con los recursos, las estrategias, los objetivos, los procedimientos y los indicadores de gestión (ver figura 6).

**Figura 6.** Evaluación periódica del proyecto de mantenimiento implementado con la metodología de las “5QS”.



Un procedimiento de evaluación global que es bien conocido y aplicado universalmente por la mayoría de las industrias en sus procesos de mejoramiento son las auditorías internas o externas de mantenimiento. Este proceso se ilustra en forma general, en la Figura 6, la cual esquematiza un proceso en espiral para la evaluación global y cíclica del proyecto de mantenimiento mediante la metodología “5QS”.

La característica de esta evaluación, es mantener una dinámica permanente de mejoramiento continuo de la gestión o gestiones de mantenimiento implementadas. Esta fase final que plantea un proceso continuo de mejoras, también podría dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Por qué es necesaria la gerencia de

mantenimiento? Es necesario aceptar los compromisos y asumir las responsabilidades gerenciales que conllevan a la toma de decisiones técnicas, administrativas y de reestructuración organizacional, con el fin de garantizar el direccionamiento correcto de la gestión de mantenimiento que se aplica integralmente a los equipos e instalaciones agroindustriales.

Algunas herramientas utilizadas por las organizaciones en la toma de decisiones son los diagramas de espina de pescado, los diagramas de dispersión, el análisis de Pareto, la teoría de colas, los resultados de los estudios del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC), estudios de riesgo, sistemas expertos, los resultados de los modos de falla y el análisis de efectos (FMEA-Failure Modes And Effects Analysis), la evaluación mediante herramientas 5'S, JIT(Just in Time), TPM, calidad total, Kaisen, Kankan, Poka yoke y las auditorías de mantenimiento.

*“Los desafíos claves que enfrentan los gerentes de mantenimiento se resumen en seleccionar las técnicas más apropiadas para manejar los distintos procesos de falla satisfaciendo las expectativas de los dueños de los activos y la sociedad en general de la manera más perdurable y efectiva en cuanto a costos con el apoyo y la cooperación de todas las personas involucradas”<sup>(5)</sup>.*

## Conclusiones

El éxito en la aplicación de la metodología “5QS” en una organización, depende exclusivamente de validez de las respuestas entregadas a los cuestionamientos realizados en cada una de las fases, siendo muy importante la objetividad en la concepción de la Fase 1, puesto que es el punto de partida, aunque la flexibilidad de la metodología permite realizar los ajustes de acuerdo con las características integrales de la organización, para satisfacer y garantizar las expectativas reales de mantenimiento en cada uno de los equipos e instalaciones agroindustriales.

La implementación de “5QS” se puede llevar a cabo en forma progresiva recorriendo cada Fase, comenzando con la Fase 1, la cual es sometida a una primera “evaluación de fase”, para ajustar y optimizar recursos de partida, luego se continua el mismo tratamiento para las siguientes Fases hasta terminar el primer ciclo, donde se hace la primera “evaluación global”. Es claro que también es posible realizar evaluaciones

a un grupo de fases al mismo tiempo, lo que hace de esta metodología un proceso bastante flexible y de fácil aplicación.

En la medida que se conozca con propiedad la situación real, se haga uso de una buena planeación, se proyecten razonablemente los objetivos empresariales incluyendo los de mantenimiento, la metodología “5QS”, es una herramienta adecuada para desarrollar el proyecto de mantenimiento, puesto que ella misma, con la información suministrada y evaluada en cada una de las Fases, permite avanzar progresivamente, evitando caer en errores de “implementación de modas

o tipos de mantenimiento”, ya que previamente han sido identificadas algunas variables relevantes que inciden fuertemente en el cumplimiento de metas, lo cual garantiza resultados coherentes.

En general esta herramienta metodológica puede aplicarse para diseñar e implementar cualquier proyecto a cualquier escala, ya que los planteamientos que se hacen en cada una de las fases tienen fundamentos universales bien conocidos y ampliamente estudiados por varios autores (Moubrey<sup>(5)</sup>, Duffuaa<sup>(2)</sup>, Nakajima<sup>(6)</sup>, Patton<sup>(8)</sup>, Lyonnet<sup>(3)</sup>, Newbrough y Ramond<sup>(7)</sup>, entre otros).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Domínguez GG. 1998. Indicadores de Gestión. Biblioteca Jurídica Diké. Colombia. 141 p.
2. Duffuaa, Raouf, Dixon. 2002. Sistemas de mantenimiento, planeación y control. Editorial Limusa Wiley. México. 419 p.
3. Lyonnet P. 1991. Maintenance planning. Methods and mathematics. Chapman & may. New York. 224 p.
4. Medina Cepeda J. 2004. Herramientas técnicas, tecnológicas y de gestión en la empresa familiar mediana y pequeña del distrito capital en el sector de las flores y plantas y muebles y madera proyecto de investigación. Universidad de la Salle. Bogotá.  
[http://appserver.lasalle.edu.co/cedef/media/Gestion\\_Empresas\\_de\\_familia.pdf](http://appserver.lasalle.edu.co/cedef/media/Gestion_Empresas_de_familia.pdf) [Citado 10 de Abril de 2009].
5. Moubray John. 1992. Reliability Centered Maintenance. Industrial Press Inc. USA. 423 p.
6. Nakajima Seiichi. 1989. Implantación del mantenimiento productivo total. Productivity Press. Cambridge, Massachusetts. 3423 p.
7. Newbrough ET., Ramond Inc. 1982. Administración de mantenimiento industrial. Editorial Diana. México. 413 p.
8. Patton Joseph D. 1995. Preventive maintenance. Instrument Society of America. USA. 202 p.
9. Pérez Falco G. y Godoy Collado, M. 1999. Costos de Mantenimiento en Complejos Agroindustriales. Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”. <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/revistas/index/assoc/HASH0144/c337a2b0.dir/doc.pdf> [Citado 15 de Abril de 2009].
10. Rey Sacristán F. 2001. Manual del mantenimiento integral en la empresa. Fundación Confemetal, España. 465 p.