



**UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

TRABAJO DE DIPLOMA

**TÍTULO: FUNDAMENTACIÓN Y PROPUESTA DE CAMBIOS A LA POLÍTICA
DE MANTENIMIENTO TÉCNICO A LA MAQUINARIA AGRÍCOLA EN
CUBA.**

Autor: Pedro Pablo Méndez Osés

Tutor: Ing. Manuel Acevedo Darías

Santa Clara, Cuba.

2017

RESUMEN

En el trabajo se analizaron las principales ventajas e insuficiencias del Sistema Preventivo Planificado de Mantenimiento Técnico y Reparación a la Maquinaria Agrícola (SPPMTRMA) por sus siglas, aplicado en el sector agropecuario cubano desde la década de los años 60, con el objetivo de buscar nuevas alternativas que permitan hacer de la gestión del mantenimiento a la maquinaria agrícola un sistema verdaderamente competitivo, una vez eliminadas las insuficiencias que el actual sistema posee. Para la obtención del resultado se elaboró la base metodológica de la investigación y se estudiaron la esencia, ventajas y desventajas de otros métodos utilizados para planificar la gestión del mantenimiento en países más desarrollados, lo que permitió fundamentar y proponer una nueva forma de planificar y ejecutar las mismas en las condiciones cubanas. El trabajo está expuesto en un total de 76 páginas, incluyendo 11 tablas y 9 figuras, cuenta con la Introducción, tres capítulos, conclusiones y recomendaciones. Para su confección se utilizaron 28 fuentes y bibliografías que forman un volumen general del mismo de 79 páginas.

ABSTRACT

This paper analyzes the main advantages and shortcomings of the Planned Preventive System for Technical Maintenance and Repair of Agricultural Machinery (SPPMTRMA), which was applied in the Cuban agricultural sector since the 1960s, in order to find new Alternatives that allow the management of maintenance to the agricultural machinery a truly competitive system, once the shortcomings that the current system has been eliminated. To obtain the result, the methodological basis of the research was elaborated and the essence, advantages and disadvantages of other methods used to plan maintenance management in more developed countries were studied, which allowed to base and propose a new form of planning and execution the same in Cuban conditions. The work is presented in a total of 76 pages, including 11 tables and 9 figures, has the Introduction, three chapters, conclusions and recommendations. For its preparation were used 28 sources and bibliographies that form a general volume of the same of 79 pages.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
1. Tipos y sistemas de mantenimiento.....	7
1.2 Mantenimiento Preventivo.....	10
1.3. Mantenimiento predictivo.....	11
1.4 Mantenimiento Productivo Total. (TPM).....	13
1.5 Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador. (GMAO).....	19
1.6. Sistema Alternativo de Mantenimiento. (SAM).	19
1.7 Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM) por sus siglas en inglés, o Mantenimiento Basado en la Fiabilidad (MBF)	22
1.8. Mantenimiento basado en la categorización de las máquinas y su clasificación.	23
1.9. Mantenimiento Basado en Riesgo. (MBR).	26
2 Paradigmas actuales del mantenimiento.....	26
CAPITULO II. PROGRAMA Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
2.1 Programa general de la investigación.	30
2.2 Metodología para investigar la esencia, ventajas y desventajas del SPPMTRM y otras formas de planificar y ejecutar las operaciones de asistencia técnica.	31
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
3.1 Resultados del estudio para analizar la esencia, ventajas e insuficiencias del SPPMTRM, aplicado en el sector agropecuario cubano.	32
La carga anual planificada (s) para los tractores y otras máquinas similares se determina a través de la siguiente ecuación (6) como:	42
3.2. Resultados del estudio para determinar la esencia, ventajas y desventajas, de otros métodos existentes para planificar la gestión del mantenimiento.....	44
3.2.1. Mantenimiento Correctivo (o basado en el fallo).....	44
3.2.2 Mantenimiento Preventivo.....	45
3.2.3. Mantenimiento Predictivo	48
3.2.4. Mantenimiento Productivo Total. (TPM)	50
3.2.5. Sistema de mantenimiento asistido por ordenador. (GMAO).....	51
3.2.6. Sistema Alternativo de Mantenimiento. (SAM)	52
3.2.7. Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad. (RCM).	54
3.2.8. Mantenimiento Basado en la Categorización de las Máquinas.	55
3.2.9. Mantenimiento Basado en Riesgo. (MBR).	56

3.3 Resultados del estudio para fundamentar y proponer una nueva forma de planificar y ejecutar las operaciones de asistencia técnica a la maquinaria agrícola en Cuba.....	56
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

INTRODUCCIÓN

El desarrollo y evolución de la gestión del mantenimiento, ha estado marcado desde la década del 40 por tres generaciones fundamentales, en las que han quedado evidenciados los cambios ocurridos como se muestra en la figura 1.

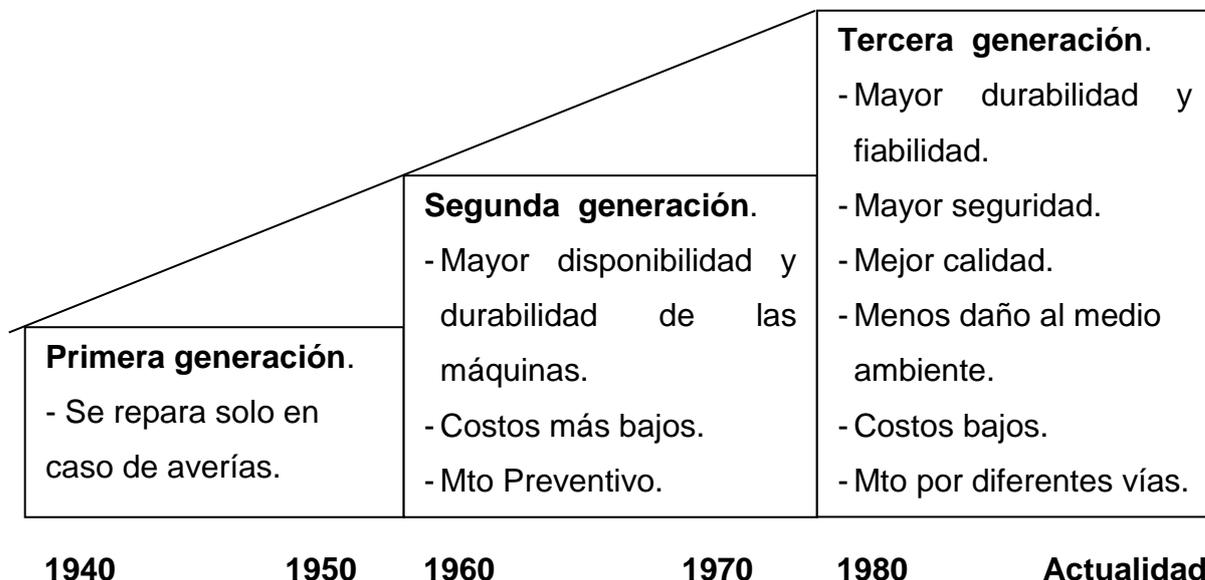


Figura 1. Desarrollo y evolución del mantenimiento a partir de la década del 40.

De la misma se infiere que en la década del 40 al 50 se reparaba solo en caso de avería, es decir, después de haberse producido la falla y por tanto, se usaba el mantenimiento correctivo. En la década del 60 al 70, cuando existe una mayor disponibilidad de las máquinas, las mismas son más duraderas y sus costos son más bajos, se hace necesario entonces introducir el mantenimiento preventivo, y finalmente, desde la década del 80 hasta la actualidad, se ejecutan las operaciones de asistencia técnica por diferentes vías, toda vez que los equipos son más duraderos y confiables, más seguros, de mejor calidad, ejercen una menor influencia sobre el medio ambiente y sus costos son relativamente bajos. Sin embargo, no es correcto considerar que el desarrollo de la gestión del mantenimiento se circunscriba solo a esas fechas, pues varios son los hechos que se pueden considerar como históricos para que existiera la necesidad de desarrollar ciencias que se ocuparan del mismo, así como del estudio de los factores que motivan la pérdida de la capacidad de trabajo de los elementos de máquinas (Alvares, 2002).

Se puede asegurar que los mismos se iniciaron en el Neolítico, específicamente

en los países de Egipto, Mesopotamia y Asiria, donde se han encontrado evidencias arqueológicas de encajes de piedra para ejes de puertas, ruedas de alfareros en madera y piedra, así como cojinetes de ruedas y rodillos lubricados, lo que indica que ya se conocía el papel que ejercía alguna sustancia lubricante, en la mitigación del desgaste como causa principal del por qué es necesario el mantenimiento técnico.

En la Edad de Bronce apareció el uso de betunes y aceites minerales filtrados, más adelante, en la Edad de Hierro, surgieron los primeros cojinetes de bolas y en la Edad Media, específicamente en Grecia y Roma, se usaban piedras antidesgaste insertadas en elementos de madera, aceites vegetales y grasas de origen animal.

Durante el Renacimiento se realizaron los primeros estudios científicos sobre el tema, ejecutados por el eminente científico Leonardo de Vinci al abordar el tema de la fricción, el desgaste y los cojinetes.

Sin embargo, no fue hasta la Revolución Industrial que se formularon las leyes que hoy se conocen sobre la fricción, gracias a las investigaciones de los científicos Amontons, Coulomb y Leslie, aparece el metal Babbit y se reportan los estudios realizados por Petrov, Tower, Reynolds y Kingsbury sobre el mismo tema.

Por ello, algunos investigadores aseguran aun hoy que el mantenimiento técnico adquirió importancia solo después de la Revolución Industrial y eso es un error, pues como demuestran las evidencias, la realidad es que ha tenido importancia siempre y ello ha estado condicionado fundamentalmente por la necesidad de tener que mitigar los gastos en que se incurre por concepto de desgaste y pérdida de la capacidad de trabajo de las máquinas.

En general, muchos han sido los estudiosos que han expuesto lo que para ellos significa la palabra mantenimiento y su contenido, en la medida en que el mismo se ha ido desarrollando como ciencia, por ejemplo: (Golman, 2000), plantea que son todas las acciones necesarias para mantener un artículo en funcionamiento, abarcando el servicio, la reparación, modificación, modernización, revisión, inspección y la determinación de condiciones.

Por su parte, (Peter, 2016), considera que el término conlleva a la idea de un mantenimiento constante del equipo en buenas condiciones, mientras que (Portuondo, 2016), considera que son todos aquellos trabajos destinados a conservar las máquinas, equipos, instalaciones, redes técnicas y otros, en un

estado técnico que les permita cumplir eficientemente sus funciones productivas o de servicios.

En Cuba, (Acevedo, 2000; Daquinta, 2008; Liudmila, 2011), consideran que el mantenimiento es el conjunto de acciones que se hacen sobre un objeto para mantener su capacidad de trabajo entre límites permisibles.

A primera vista pudieran parecer opiniones divergentes, sin embargo, todas son acertadas independientemente de que se enfoquen de manera diferente, pues se puede asegurar que el objetivo de mantenimiento es lograr con el mínimo coste, el mayor tiempo en servicio de las instalaciones y maquinarias productivas, con el fin de conseguir la máxima disponibilidad y productividad con la máxima seguridad de funcionamiento.

Específicamente para el sector agropecuario, tal y como ha ocurrido con la industria, la necesidad de disponer de un sistema de asistencia técnica justo a la medida para la maquinaria agrícola ha sido una necesidad que ha pasado por diferentes etapas a escala global y en Cuba específicamente.

Así por ejemplo, a inicios del desarrollo de la mecanización, en el país no existía un sistema planificado de asistencia técnica a la maquinaria agrícola, debido entre otras cuestiones, a que la misma era muy escasa y se encontraba casi toda en manos de particulares que asumían con sus medios y recursos la reparación de las mismas, por ello, esas operaciones se hacían generalmente cuando ocurría la falla y no de manera planificada.

Después del triunfo de la Revolución, con la masiva incorporación de maquinaria al sector agrícola cubano, surge la necesidad de tener que mantener su capacidad de trabajo de manera planificada, aun cuando en aquellos tiempos no se había desarrollado a plenitud la teoría de la fiabilidad y el análisis probabilístico de los fallos no se aplicaba a esta esfera, pues se creía que el plazo de servicio de las piezas era rigurosamente determinado y no se podía influir sobre el mismo. Por ello, los servicios técnicos en aquellos años se correspondían con dichos plazos de servicios y tenían su descripción con números, a veces se realizaban incluso hasta 12 mantenimientos a una misma máquina, muchos de ellos de manera innecesaria.

Posteriormente, con la acumulación de la experiencia en la explotación del parque de máquinas, el mantenimiento como sistema se perfeccionó, y se llegó a la conclusión de que para mantener la capacidad de trabajo de las mismas, lo que se

necesitaba era ejecutar acciones de mantenimiento técnico y reparación de manera preventiva y planificada, y que para ello solo era necesario disponer de especialistas calificados, de una base técnico-material adecuada y de una documentación técnico -normativa actualizada en función de las características del parque de máquinas a atender.

Es así como se introduce en Cuba en la década de los años 60 el Sistema Preventivo Planificado de Mantenimiento Técnico y Reparación a la Maquinaria (SPPMTRM) por sus siglas.

Éste es el sistema que aun hoy se aplica en el sector agropecuario cubano, con las ventajas de ser preventivo porque comprende las medidas técnico ingenieriles preventivas correctamente fundamentadas que anticipan el surgimiento de averías como consecuencia de los desgastes prematuros de las piezas, y planificado porque las diferentes operaciones se planifican de ante mano en correspondencia con una periodicidad determinada.

En general, es un sistema complejo que incluye las operaciones de asentamiento, servicio técnico diario o revisión diaria, mantenimientos técnicos periódicos de diferentes complejidades, chequeos técnicos, reparaciones sencillas y complejas, además de las operaciones de conservación para la maquinaria agrícola en general, las que se planifican en dependencia del consumo de combustible, hectáreas elaboradas, moto horas de trabajo, kilómetros recorridos, etc.

Sin embargo, desde su propia concepción el mismo posee una serie de desventajas e insuficiencias que han ido quedando demostradas con el paso del tiempo y fundamentan hoy la necesidad de un cambio.

Por ejemplo, como demuestra la práctica, no siempre equipos de una misma marca llegan al mantenimiento con el mismo estado técnico aun cuando hayan consumido la misma cantidad de combustible, lo que implica que no debe ser de obligatorio cumplimiento ejecutar todas y cada una de las operaciones que el fabricante planifica para sus máquinas, si no se tiene en cuenta las condiciones de explotación de las mismas, no es posible asegurar que el combustible consumido por el equipo haya sido realmente utilizado en funciones de trabajo útil, por tanto, lo real es que no se deben seguir ejecutando operaciones de asistencia técnica sin tener en cuenta el verdadero estado técnico de los equipos y el costo económico que esas operaciones representan.

Por estas razones, en la actualidad se hace necesario pasar del mantenimiento técnico y la reparación reglamentada en dependencia del tiempo de trabajo, consumo de combustible, hectáreas elaboradas, etc, al sistema que supone la realización del mismo en dependencia del estado técnico real de equipo.

Es decir, pasar del carácter obligatorio actual una vez alcanzada una norma de elaboración, al carácter necesario en correspondencia con el estado técnico real del equipo(Liudmila, 2011).

Por ello, **el objeto de estudio** del trabajo lo constituye el SPPMTRM vigente en Cuba, y el **problema científico** consiste en la necesidad de buscar nuevas alternativas a la gestión del mantenimiento adecuadas a los adelantos que en esta esfera existen hoy a escala global, a partir de las insuficiencias de éste sistema.

El **objetivo** buscar nuevas alternativas para hacer de la gestión del mantenimiento a la maquinaria agrícola en Cuba un sistema competitivo, mediante el análisis de las ventajas y desventajas del SPPMTRM, y a través del estudio de las políticas de mantenimiento implementadas en países más desarrollados. Se emplea para ello la siguiente **hipótesis de trabajo**: Si se estudian las ventajas y desventajas de todos y cada uno de los métodos existentes para planificar y ejecutar las operaciones de asistencia técnica a la maquinaria agrícola, se podrán proponer variantes donde queden excluidas las insuficiencias del método actualmente utilizado.

Para dar cumplimiento al objetivo propuesto, se declaran los siguientes **objetivos específicos**:

- 1- Investigar las principales ventajas e insuficiencias del SPPMTRM aplicado actualmente a la maquinaria agrícola en el sector agropecuario cubano.
- 2- Estudiar la esencia, ventajas y desventajas de otros métodos existentes para planificar la gestión del mantenimiento.
- 3- Fundamentar la necesidad de cambio de sistema de asistencia técnica.
- 4- Proponer una nueva forma de planificar y ejecutar las operaciones de asistencia técnica a la maquinaria agrícola en Cuba.

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Tipos y sistemas de mantenimiento.

Diferentes autores, entre los que se pueden citar a (Knecevic, 2011; Amandola, 2016; Moubray, 2016; Tavares, 2016), utilizan los términos de: “Políticas de Mantenimiento”, “Sistemas de Mantenimiento”, “Tipos de Mantenimiento”, y “Estrategias de Mantenimiento”, para referirse a lo mismo.

Es común además que algunos utilicen el término “Tipos de Mantenimiento”, para identificar solo el tipo de acción específica que se ejecuta en un momento determinado sobre un objeto, mientras que el término “Sistemas de Mantenimiento”, lo refieren al sistema que se aplica a todo el equipamiento o a grupos de objetos similares o diferentes, sobre cuya base se desarrolla la gestión del mantenimiento con su correspondiente planificación, organización, ejecución y control.

De igual forma, en la literatura se pueden consultar otras clasificaciones para los “Sistemas de Mantenimiento”, que dependen fundamentalmente de los criterios de los autores, y/o de la forma en que se aplica el mismo.

De éste modo aparecen en la bibliografía por ejemplo:

1. Sistema de Mantenimiento Correctivo, Sistema de Mantenimiento Preventivo y Sistema de Mantenimiento Condicionado.
2. Sistema de Mantenimiento Correctivo, Sistema de Mantenimiento Preventivo, Sistema de Mantenimiento Predictivo y Mantenimiento Productivo Total.
3. Sistema de Mantenimiento Correctivo, Sistema de Mantenimiento Periódico en función del tiempo, Sistema de Mantenimiento Preventivo Basado en la Inspección Previa.
4. Sistema de Mantenimiento Basado en el Fallo, Mantenimiento Basado en la Inspección Previa, Sistema de Mantenimiento Basado en la Condición, Sistema de Mantenimiento Preventivo Basado en el Negocio, etc.

Las normas AFNOR X60010 y 60011 por su parte, clasifican los mantenimientos como se muestra en la figura 1.1.

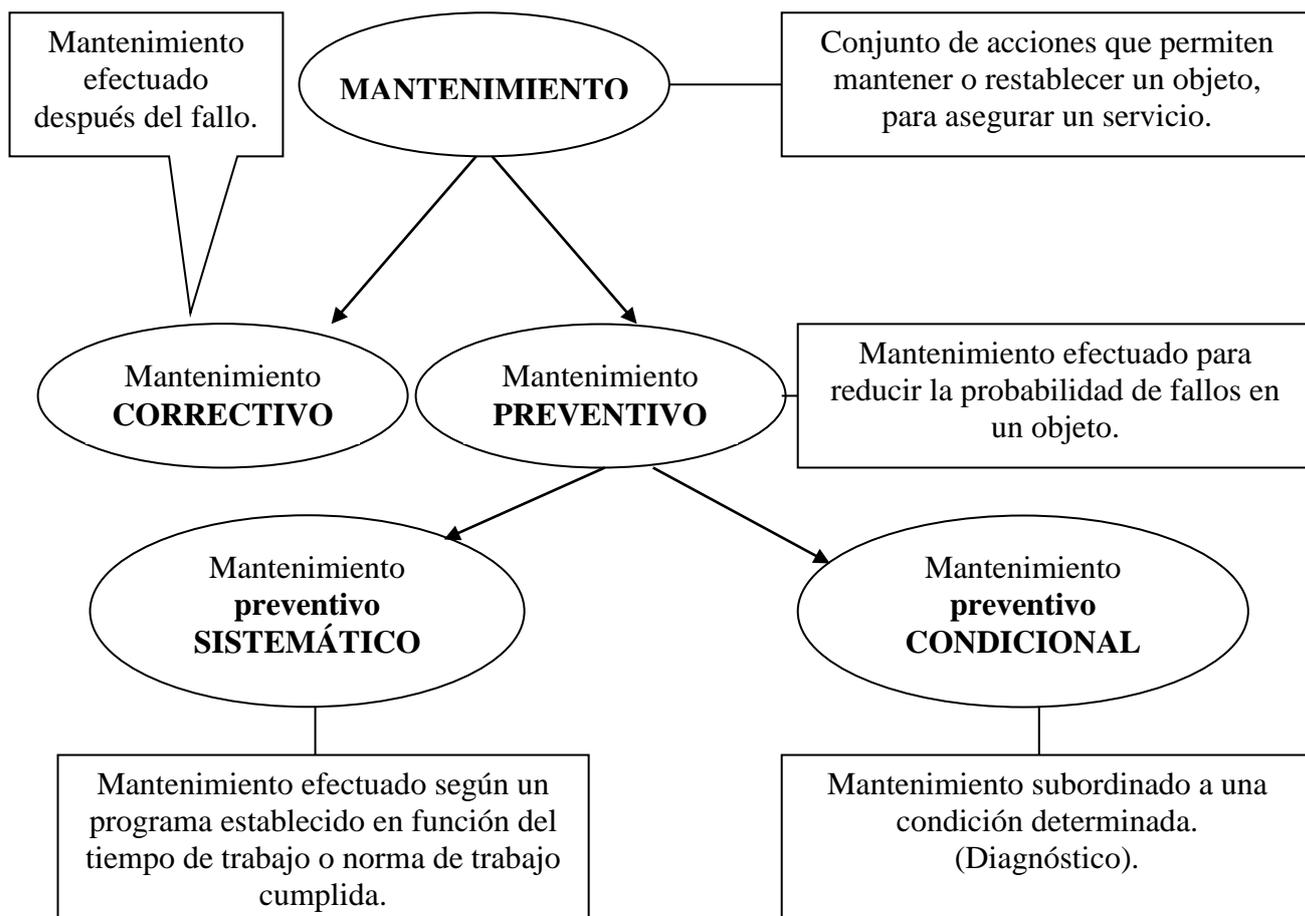


Figura 1.1. Clasificación de los mantenimientos según las normas AFNOR X 60010 y 60011

Según ésta, el mantenimiento puede ser solo correctivo o preventivo, pudiendo ser éste último de dos formas: preventivo sistemático, o preventivo condicional.

En este caso, y de acuerdo con (Acevedo, 2000; Torres, 2005; Daquinta, 2008; Shkiliova, 2010), el mantenimiento correctivo es aquel que se realiza una vez aparecida la falla, y el preventivo es sistemático si se efectúa según un programa establecido en función del tiempo de trabajo, siendo condicional si se ejecuta de acuerdo a una condición determinada del objeto.

Se reconocen además como sistemas o políticas de mantenimiento el Reliability Centered Maintenance (RMC) por sus siglas en inglés, o Mantenimiento Centrado en Confiabilidad según (Moubray, 2016), identificado en España como un mantenimiento basado en la fiabilidad.

(Zineb, 2006; Amandola, 2016), reconocen tres sistemas básicos de mantenimiento, que coinciden en su esencia con los más aceptados de acuerdo a las formas de intervención o acción que se realizan sobre el objeto. Estos son:

- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Predictivo.

Sin embargo, (Garcia, 2012; Ballesteros, 2016; Gamara, 2016; Monsalves, 2016; Moubray, 2016; Tavares, 2016), reconocen además el Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM), el Sistema de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO), el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM), el Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM), el Mantenimiento Basado en la Categorización de las Máquinas (MBCM) y el Mantenimiento Basado en Riesgo (MBR), sistemas que en la actualidad se consideran “Nuevas filosofías de la gestión del mantenimiento”.

1.1.1. Mantenimiento Correctivo (o basado en el fallo).

De acuerdo con (Zweig, 1992), es la forma más antigua que existe de ejecutar el mantenimiento, y consiste en corregir las fallas cuando éstas se presentan, por lo que usualmente se realiza sobre una base no planificada, respondiendo solo a la solicitud del operario o usuario del equipo dañado, o sea, se reparan todos aquellos defectos que han ocurrido o que en el momento de la reparación se detecta que han de ocurrir.

Aunque en sentido general éste tipo de mantenimiento se identifica como un sistema de mantenimiento con bajos costos para su aplicación, contradictoriamente se caracteriza por ser el más caro, pues los costos son crecientes en función del tiempo transcurrido como se muestra en la figura 1.2. Además, los coeficientes de disponibilidad de los equipos son muy bajos comparados con los demás sistemas de manteniendo.



Figura 1.2. Comportamiento del costo del mantenimiento correctivo con el tiempo.

1.1.2 Mantenimiento Preventivo.

Este tipo de sistema de mantenimiento se encuentra entre los más usados, y consiste en la realización de rondas de supervisión o de sustitución de partes y piezas en periodos fijos de tiempo.

Se puede definir por tanto, como la programación de una serie de inspecciones (de funcionamiento y de seguridad), ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, etc, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan y no a una demanda del operario, por lo que se identifica realmente como “Mantenimiento Preventivo Planificado” (MPP) por sus siglas.

Como se observa en la figura 1.3, las acciones de mantenimiento planificadas demandan inversiones iniciales superiores a las necesarias para el sistema de mantenimiento correctivo, sin embargo, los costos disminuyen paulatina y significativamente al decursar el tiempo.

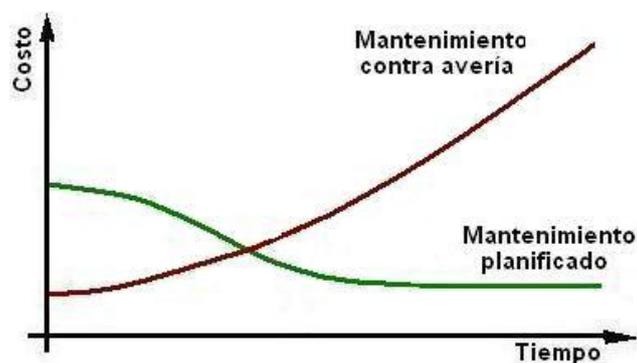


Figura 1.3. Comportamiento del costo inicial del mantenimiento planificado, contra el costo inicial del mantenimiento correctivo en función del tiempo.

El mantenimiento preventivo realizado a intervalos de tiempos regulares es por tanto un avance comparado con el mantenimiento correctivo respecto a la prevención de fallas y se desarrolla en dos formas fundamentales:

- Mantenimiento Preventivo por Tiempo
- Mantenimiento Preventivo por Estado.

El Mantenimiento Preventivo por Tiempo, se aplica cuando los servicios preventivos son preestablecidos y se desarrollan a través de una programación preventiva sistemática, (lubricación, inspección, etc.), definidos en unidades calendario (día, semana) o en unidades no calendario (horas de funcionamiento, toneladas de productos, cantidad de artículos, kilómetros recorridos, hectáreas laboradas, consumo de combustible, etc.).

El Mantenimiento Preventivo por Estado, se aplica cuando los servicios preventivos son ejecutados en función de la condición operativa del equipo (reparación de defectos, predictivo, reforma o revisión general, etc.).

Los tipos fundamentales de atenciones técnicas que comprende el MPP son:

- Asentamiento.
- Servicio técnico diario o revisión diaria.
- Mantenimientos técnicos periódicos de diferentes complejidades.
- Chequeos técnicos
- Reparación compleja.
- Conservación.

Se incluyen además los Mantenimientos correctivos no previstos, identificados por (Acevedo, 2000; Daquinta, 2008; Shkiliova, 2010), como una Reparación Corriente o de Explotación, las que al ser fortuitas y no previstas no se programan, pero sí se tiene en cuenta su incidencia para determinar por ejemplo, la cantidad de trabajadores de mantenimiento al determinar los fondos de tiempo necesario para las ejecuciones, el consumo de repuestos, los presupuestos para gastos, etc.

Este tipo de atención técnica correctiva, se ejecuta debido a las fallas o roturas no previstas que ocurren durante la explotación del objeto, causadas generalmente por deficiencias de explotación, baja calidad de los mantenimientos, o por defectos en el diseño o fabricación de las piezas, etc.

La mayor o menor ocurrencia de estas, en gran medida depende de cuan objetiva sea la planificación de las atenciones técnicas programadas, tomando en cuenta el comportamiento estadístico y distribución de las inspecciones y revisiones técnicas, técnicas predictivas aplicadas, posibilidad de disponer de operarios experimentados para prevenirlas, etc.

1.1.3. Mantenimiento predictivo.

Según (Mosquera, 2001), es el tipo y sistema de mantenimiento que mejor asegura un correcto estado de funcionamiento de los equipos, ya que es un mantenimiento que aplica técnicas predictivas a las máquinas y equipos. Por ello, es considerado por muchos más que un método una filosofía de trabajo.

Se basa fundamentalmente en el análisis de parámetros de funcionamiento, cuya evolución permite detectar un fallo antes de que suceda, dando tiempo entonces a

corregirlo; para ello es imprescindible el uso de instrumentos de diagnóstico y la aplicación de pruebas no destructivas.

En general, el mantenimiento predictivo consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, de esta manera se puede determinar en qué periodo de tiempo ese fallo va a tomar relevancia, y así se pueden planificar las intervenciones con tiempo suficiente para que esa falla nunca tenga consecuencias graves.

Una de las características de este tipo de mantenimiento es que no debe alterar el funcionamiento normal del equipo mientras se está aplicando. Por ello, el principio del mantenimiento predictivo es que la intervención se realiza solo cuando las mediciones indican que es necesario.

La tendencia actual que más interés suscita en el mantenimiento predictivo, apunta hacia el uso de equipos de vigilancia permanente o de monitorización, en los que el análisis de los datos se puede efectuar por medio de sistemas autónomos que mejoran el nivel de supervisión de la máquina y disminuyen los costes del personal que debería tomarlos.

Esto tiene dos implicaciones importantes:

- Exige un mayor conocimiento de la máquina, de los fallos y sus causas;
- aporta un notable grado de automatización al diagnóstico y control subsiguiente del equipo.

A diferencia del Mantenimiento Preventivo, que debe aplicarse en conjunto, el Mantenimiento Predictivo puede aplicarse por pasos. Sin embargo, es necesario tener presente que este tipo de mantenimiento constituye en sí una forma racionalizada del mantenimiento preventivo, pues la actividad predictiva no constituye un mantenimiento completo en sí, sino un complemento de las formas de mantenimiento preventivo u otras.

La inspección de los parámetros puede aplicarse de forma periódica o de forma continua, dependiendo de diversos factores tales como: el tipo de equipo, los tipos de fallos a diagnosticar y la inversión que se quiera realizar.

Un factor importante para determinar la conveniencia de aplicar el sistema de Mantenimiento Predictivo es el estado de conservación de los equipos, pues es evidente que resultaría un desperdicio de tiempo y de dinero aplicar técnicas modernas a equipos que deberían haber sido sometidos a una reparación general o capital hace tiempo.

En este tipo de mantenimiento, las mediciones a intervalos fijos se sustituyen por mediciones de ciertos síntomas o parámetros a intervalos fijos, a lo que se denomina control y seguimiento de la condición, o “*Monitoreo de la condición*” (*Condition monitoring*), cuyos objetivos son:

➤ Vigilancia de las máquinas. Su objetivo es indicar cuándo existe un problema. Debe distinguir entre condición buena o mala, y si es mala, cuán mala es.

➤ Protección de las máquinas. Su objetivo es evitar fallas catastróficas.

Una máquina está protegida si cuando los valores que indican su condición al llegar a valores considerados peligrosos, detienen automáticamente la misma.

La hipótesis base del mantenimiento predictivo asume que hay características medibles u observables, las cuales definen exactamente la condición de la máquina.

En la figura 1.4 se representa el comportamiento del costo del mantenimiento preventivo por predicción.

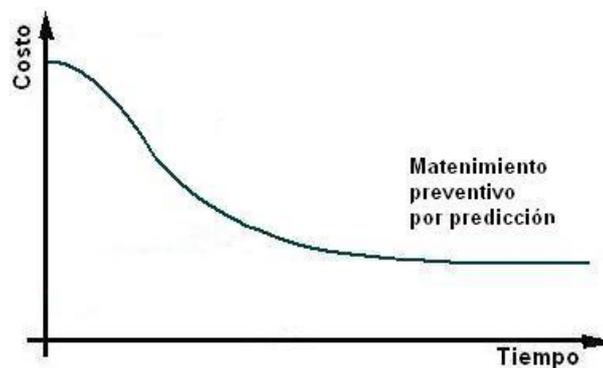


Figura 1.4. Comportamiento del costo del mantenimiento preventivo por predicción.

Como se observa en la figura, aunque inicialmente se necesita de una inversión costosa, con el decursar del tiempo la misma se justifica debido a que los costos de mantenimiento se reducen casi de manera exponencial.

1.1.4 Mantenimiento Productivo Total. (TPM).

El Mantenimiento Productivo Total, ó "*Total Productive Maintenance*", es una técnica desarrollada y concretada en Japón en 1971, específicamente por el Instituto Japonés de Ingeniería de Plantas (JIP), actualmente Instituto Japonés para el Mantenimiento de Plantas (JIPM: *Japan Institute Plant Maintenance*), que se dedica como organización a la investigación, consultoría y formación de ingenieros para la producción. (Nakajima, 1988)

El TPM tiene como concepto básico "la reformulación y mejora de la estructura empresarial a partir de la reestructuración y mejora de las personas y de los equipos", con el compromiso de todos los niveles jerárquicos y el cambio de la postura organizacional.

Su objetivo principales realizar el mantenimiento de los equipos con la participación del personal de producción, dentro de un proceso de mejora continua y una gestión de calidad total.

Considera que no existe nadie mejor que el operario para conocer el funcionamiento del equipo que le fuera confiado y que el técnico de mantenimiento puede conocer muy bien las especificaciones del equipo y haber estudiado sus partes constitutivas, pero que el operario trabaja y convive diariamente con la maquinaria y llega a conocerla como nadie.

Según (Cabral de Carvalho, 1998), constituye una estrategia valiosa para quien quiere hacer competitivo su negocio, pues es un método que involucra a todos los trabajadores directamente interesados y a la dirección de la empresa, en un esfuerzo conjunto para obtener la máxima efectividad del equipo por medio del establecimiento de un sistema de mantenimiento programado que cubra el total de su vida útil.

Los objetivos que persigue esta filosofía de mantenimiento son:

- Maximizar la eficiencia de los equipos;
- establecer, a través de un sistema de mantenimiento preventivo / predictivo, una larga vida y disponibilidad del equipo;
- involucrar en este proceso desde el director hasta el último trabajador;
- promover TPM a través de una acción de dirección para crear los grupos de pequeñas actividades e ideas.

Como objetivo inmediato de su actividad, se encuentra la eliminación total de las pérdidas de producción que implica, "cero" fallas y defectos, mejorando la efectividad del equipo, reduciendo costos y aumentando la productividad.

La mejora de la efectividad se obtiene eliminando las "Seis Grandes Pérdidas" que interfieren con la operación, éstas son:

1. Fallas del equipo que producen pérdidas de tiempo inesperadas.
2. Puesta a punto y ajustes de las máquinas que producen pérdidas de tiempo al iniciar una nueva operación.

3. Marchas en vacío, esperas y detenciones menores durante la operación normal, que producen pérdidas de tiempo.
4. Velocidad de operación reducida, que produce pérdidas de tiempo al no obtenerse la velocidad requerida en las operaciones.
5. Defectos en el proceso, que producen pérdidas de tiempo al rehacer partes de él, reparar piezas defectuosas, o completar actividades no terminadas.
6. Pérdidas de tiempo propias de la puesta en marcha, período de prueba.

El TPM presupone un nuevo concepto de gestión del mantenimiento, que debe ser llevado por todos los empleados y a todos los niveles, se caracteriza por:

- La participación de todo el personal, desde la más alta dirección hasta los operarios de base;
- la creación de una cultura corporativa, orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos;
- la implantación de un sistema de gestión que facilite durante el ciclo de vida del equipo, la eliminación de las pérdidas antes que se produzcan (Cero Defectos, Cero Averías, Cero Accidentes);
- la implantación del mantenimiento preventivo como medio fundamental para alcanzar el objetivo de cero pérdidas, mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyadas en el mantenimiento autónomo;
- la aplicación de los sistemas de gestión en todos los aspectos de la producción.

El TPM es la continuidad de la evolución de metodologías tecnológicas de mantenimiento, según tres etapas precursoras conocidas como:

- Escuela Latina (Francia - mitad de la década de 1960),
- Investigaciones ex URSS al término de la década de 1960,
- Terotecnología (Inglaterra - inicio de la década de 1970).

La escuela latina presupone que el aumento de la productividad se obtiene a través del mantenimiento que, por medio de un Sistema informatizado e integrado, moviliza los recursos y trabajo en equipos de varios segmentos y diferentes niveles de jerarquía, motivados y coordinados bajo una misma dirección, o sea, el mantenimiento coordina grupos de trabajo en diversos niveles de supervisión buscando mayor eficiencia y disponibilidad de los equipos.

En las investigaciones de la exURSS se creó el concepto de "Ciclo de Mantenimiento", definido como el intervalo comprendido entre dos "Revisiones

Generales" que implican todos los trabajos de ajustes y sustituciones realizados durante ese período. Esta teoría se desarrolló posteriormente hasta llegar al llamado Mantenimiento Selectivo.

La terotecnología, es la alternativa técnica capaz de combinar los medios financieros, estudios de confiabilidad, evaluaciones técnico económicas y métodos de gestión, con el objetivo de lograr que los ciclos de vida de los equipos sean cada vez menos costosos.

La terotecnología está relacionada con la especificación y el diseño para la lograr la máxima confiabilidad y mantenibilidad de las máquinas, equipos, estructuras, edificaciones, etc.

En una concepción más amplia, son objetivos del TPM los siguientes:

1. Constituir una estructura empresarial que busque la máxima eficiencia del sistema de producción (o servicio).
2. Implantación, desde el propio local de trabajo, de un sistema de gestión que facilite durante el ciclo de vida del equipo la eliminación de las pérdidas antes que se produzcan. (Cero defectos, Cero averías, Cero accidentes).
3. Aplicación de los sistemas de gestión a todos los aspectos de la producción, comprometiendo a todos los departamentos, comenzando por el de producción (operación + mantenimiento), extendiéndose a los de desarrollo, administración, etc.
4. Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de equipos: (Producción + Gestión de Equipos).
5. Contar con la participación de todo el personal, desde la cúspide de la estructura administrativa hasta los operarios en la base.
6. Implantación del mantenimiento preventivo efectuado por la aplicación del mantenimiento basado en el tiempo y el basado en las condiciones, como medio fundamental para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyadas en el Mantenimiento Autónomo.
7. Mejorar la calidad del personal (operadores, mantenedores e ingenieros).
8. Mejorar la calidad de los equipos a través de la maximización de su eficiencia y de su ciclo de vida útil.
9. Mejorar los resultados alcanzados por la empresa.

De esta forma se puede considerar que el TPM promueve:

- Mejoramiento continuo del personal, a través del cambio de mentalidad de todos. La adopción del mantenimiento espontáneo por los operadores, la capacitación del personal de mantenimiento y el estímulo a la revisión del proyecto de máquinas, con el objetivo de mejorar su vida útil y mantenibilidad;
- mejoramiento de las máquinas a través de la mejora de la eficiencia global, de la eficiencia técnica y del factor de utilización;
- mejoramiento de la cultura general a través de la eliminación de los tiempos de espera, creación de un trabajo seguro y agradable, que al final redundará en buenos resultados económicos.

De acuerdo con informes divulgadas por el JIPM, con la aplicación del TPM se pueden obtener los siguientes efectos tangibles:

- Mejora de la productividad por valor agregado de 1,5 a 2 veces;
- reducción de la proporción de defectos en proceso de 10/1;
- reducción en la proporción de reclamos de los clientes de 4/1;
- reducción de los costos de producción en un 30%;
- reducción del almacenamiento de productos en un 50%
- obtención de cero accidentes en el lugar de trabajo y cero contaminaciones.

Además, se obtienen los siguientes efectos intangibles, principalmente en el factor humano:

- Control totalmente autónomo de los equipos ("JishuHozen"). Culto de la mentalidad "*a mi equipo lo cuido yo*";
- estímulo de la confianza en si mismo, obtenida por la aplicación de la política de "*ejecutando se consigue*", alcanzando el mínimo de falla y el mínimo de defecto;
- desarrollo del "*sentido de responsabilidad*", a través de la aplicación de las "5S";
- construcción de un ambiente de trabajo sano, pues el mismo se torna limpio, sin residuos de lubricantes o suciedades, (sentido de limpieza y sentido de aseo de los "5S").

El TPM en su filosofía, busca eliminar los seis tipos de pérdidas fundamentales que disminuyen la eficiencia de las máquinas y tiene como una de sus bases fundamentales para su implantación y desarrollo el Mantenimiento Autónomo. Además, disponer como uno de los más fuertes aliados en la aplicación de esta

forma de mantenimiento y en los sistemas de gestión de la producción actual, la filosofía de las "5S".

La filosofía básica del Mantenimiento Autónomo radica en que la persona que opera un equipo se ocupe de su mantenimiento.

Este concepto ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, pues si bien es cierto que a comienzos de la gestión del mantenimiento, la sencillez de las máquinas asociadas a un nivel de productividad y calidad no tan exigente, permitía al propio operario llevar a cabo el mantenimiento de su equipo, con el incremento en el tiempo de los niveles de producción, las exigencias de calidad de los productos y la tecnología de las máquinas cada vez más complejas, hicieron que las tareas del operario se fueran encaminando única y exclusivamente a obtener mayor producción. De esta forma se llegó al momento en que era necesaria la intervención de un personal de mantenimiento entrenado y de más calificación, que liberara al operario incluso de las tareas más básicas del mantenimiento como pueden ser la limpieza y la lubricación.

En tales circunstancias, el descuido del equipo por parte del personal productivo provocaba fallas y averías que precisaban de su reparación por parte de operarios especializados con una muy baja eficacia, pues el tiempo necesario para atender esos problemas traía como consecuencia el doble descuido de la maquinaria.

Con la adopción del Mantenimiento Autónomo, el operario asume tareas de mantenimiento productivo incluida la limpieza, así como algunas tareas propias del mantenimiento preventivo. Como consecuencia de la inspección del estado de su propio equipo por estas actividades, podrá advertir de las necesidades de mantenimiento preventivo a cargo del departamento correspondiente. Normalmente, las tareas de mantenimiento autónomo se llevarán a cabo por grupos de operarios que tendrán a su cargo una o varias máquinas. Con esta nueva forma de gestión de equipos se mejoran simultáneamente las tres componentes de la competitividad: Calidad mejorada, Coste reducido, Tiempo reducido.

La mejora de la eficacia y competitividad que puede lograrse con el Mantenimiento Autónomo se deriva de:

- La combinación del trabajo y el mantenimiento que permite ahorrar tiempos (de vacío) y esfuerzos, dando lugar a una actuación más rápida;

- el operador conoce mejor que nadie su equipo, sabe lo que necesita y cuándo lo necesita, por lo que puede darle un mantenimiento rápido y eficiente.
- el operador conoce cuándo el equipo está próximo a una avería o próximo a la necesidad de cambio de algún componente, detectado a través de (un ruido, una holgura, temperatura, algún indicador, etc.)

Para implantar el TPM con la máxima eficacia posible, es imprescindible pasar primero por la previa implantación de un Mantenimiento Autónomo en aras de rentabilizar al máximo al operario de producción, al tiempo que se incidirá en su formación, entrenamiento y motivación, permitiéndole entender el proceso productivo en el que está involucrado y sentirse parte de él.

1.1.5 Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO).

En la práctica, según (Cruz, 2002), se trata de un programa informático (Software), que permite la gestión del mantenimiento de los equipos tanto para el mantenimiento correctivo, preventivo, como predictivo, etc.

Los programas GMAOs suelen estar compuestos de varias secciones o módulos interconectados, que permiten ejecutar y llevar un control exhaustivo de las tareas habituales en los departamentos de mantenimiento como son:

- Control de incidencias, averías, etc.; (historial de máquinas o equipos);
- programación de revisiones y de mantenimiento preventivo: limpieza, lubricación, etc.;
- control de stocks de repuestos y recambios, (control de almacén);
- generación y seguimiento de las "Órdenes de Trabajo" para los técnicos de mantenimiento.

Estos sistemas se deben implementar donde las condiciones sean favorables y donde esté creada una infraestructura que posibilite tal aplicación.

1.1.6. Sistema Alternativo de Mantenimiento. (SAM).

El SAM es un sistema de mantenimiento complejo en el que se integran como sub-sistemas el Sistema de Mantenimiento Correctivo o contra averías, el MPP y el Mantenimiento por Diagnóstico (García, 1987).

Estos tres sistemas integrados forman un sistema único llamado SAM, que aunque con diferentes denominaciones desde hace más de tres décadas se ha venido estudiando y aplicando en algunos países.

Las características fundamentales del SAM son:

- 1- Aplica el sistema de mantenimiento más adecuado a las condiciones y características de cada objeto y a las posibilidades reales.
- 2- Permite una alta disponibilidad de los equipos, pues se ajusta a las características específicas de cada uno y a sus condiciones de explotación.
- 3- Tiende a la reducción de los costes de mantenimiento por efectuarse solamente los trabajos necesarios.
- 4- Disminuye los desgastes, desajustes y desperfectos en los equipos producto de desarmes y armes innecesarios.

Como se muestra en la figura 1.5, los costos en el SAM están dados por el comportamiento aleatorio de los costos de los diferentes sistemas de mantenimiento que se apliquen.

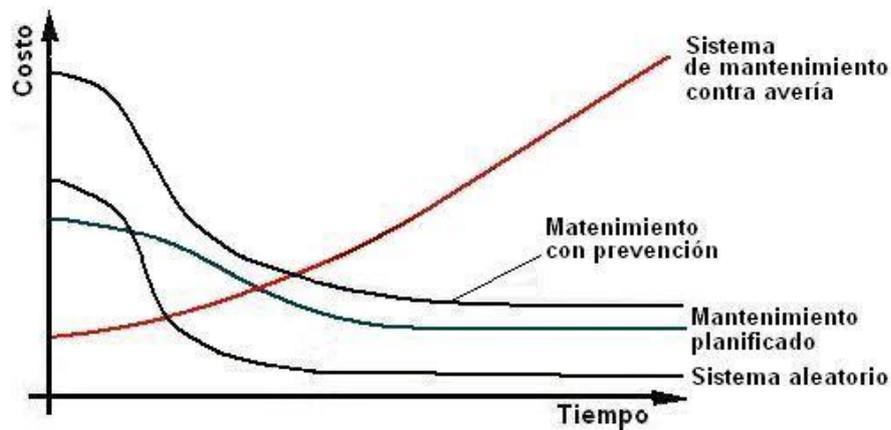


Figura 1.5. Costo de los mantenimientos respecto al tiempo.

En la gráfica se refleja el comportamiento de los costos de mantenimiento para los distintos tipos con relación al tiempo.

El mantenimiento correctivo se presenta a lo largo del tiempo como una curva ascendente, debido a la reducción de la vida útil de los equipos y la consecuente depreciación del activo acompañada de pérdidas de producción o calidad de los servicios, lo que hace que aumente la demanda de repuestos, aumente el “stock” de materia prima improductiva, el pago de horas extras del personal que ejecuta el mantenimiento, ociosidad de mano de obra operativa, pérdida de mercado y aumento de riesgos de accidentes.

Sin embargo, con la planificación y el control que permite la prevención o predicción de la falla, se presenta una configuración de costos invertida, con tasa negativa anual del orden de 20 % y tendencia a valores estables, que pueden representar en el cómputo total un ahorro de 300 a 500 %, más de la mitad del cual es considerado por el costo total de una parada del equipo, como la suma del costo del mantenimiento, que incluye los costos de mano de obra, repuestos, materiales, combustibles y lubricantes, y el costo de indisponibilidad que incluye el costo de pérdida de producción (horas no trabajadas), debido a: mala calidad del trabajo; falta de equipos; costo por emergencias; costos extras para reorganizar la producción; costo por repuestos de emergencia; etc.

Las propiedades de este sistema son:

1. Flexibilidad: Radica en la capacidad de asimilar de manera rápida los cambios provenientes de la producción.
2. Racionalidad: Radica en la capacidad de desarrollar sus funciones y cumplir sus objetivos con los recursos necesarios al costo razonable, disminuyendo sustancialmente el trabajo burocrático en relación con el sistema de MPP.
3. Apertura: Capacidad de relacionarse con otros sistemas de producción, calidad, contabilidad, recursos humanos y aprovisionamiento.
4. Sinergia: Capacidad para involucrar a todos en el cumplimiento de sus objetivos y metas.
5. Simplicidad: Diseño sencillo y estructurado que, con la participación de todos, permite la comprensión de su funcionamiento, aun cuando en el mantenimiento se manejan generalmente muchas variables a la vez.
6. Fiabilidad: Capacidad de funcionar continuamente sin obstaculizar el proceso de toma de decisiones.
7. Mejora continua: Capacidad de ser susceptible de mejoras basadas en la retroalimentación de sus resultados en cada período que se evalúe.
8. Posibilidad de ser automatizado: Todo sistema es susceptible de ser automatizado y de hecho, ya existen algunas experiencias en este sentido.

1.1.7 Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad o Mantenimiento Basado en la Fiabilidad.

El Mantenimiento Basado en la Fiabilidad (MBF) según (Knezevic, 2011), constituye una estrategia de mantenimiento cuyo objetivo principal es preservar las funciones de un determinado sistema, contrario a las políticas convencionales de mantenimiento que tienen como enfoque fundamental la preservación del equipamiento.

Es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente, qué debe hacerse para asegurar que los objetos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario en el contexto operacional y permite identificar las políticas de mantenimiento óptimas para garantizar el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción, ya que reconoce como un aspecto clave, que el mantenimiento asegura el cumplimiento de las funciones de trabajo de un objeto de forma eficiente.

Amándola destaca la definición de Anthony Smith de **RMC** (por sus siglas en inglés), como: “Una filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema o equipo que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema”

El RCM es un sistema que aborda la descripción de los sistemas productivos, sus interfaces, insumos, equipamientos, funciones, modos, causas y efectos de las diversas fallas funcionales.

El resultado del RCM definirá cuáles tareas de mantenimiento son más adecuadas en la prevención de fallas funcionales del sistema, enfatizando en aspectos de seguridad para el hombre y el medio ambiente e importancia para la producción, obedeciendo a un criterio de costo - eficiencia.

Se considera que, desde el punto de vista técnico, existen dos aspectos que influyen en la selección de las tareas:

- La relación entre el tiempo acumulado de operación (edad) del artículo y su probabilidad de fallo;
- lo que sucede cuando la falla comienza a ocurrir.

Una característica importante del RCM, es el hecho de considerar en la definición de la frecuencia de cada tarea preventiva (basada en el tiempo, en la condición o en una prueba), el comportamiento temporal de las tasas de fallas, con lo que se requiere un enfoque desde el punto de vista de la Fiabilidad.

Según (Moubray, 2016), una definición completa de RCM es la siguiente:

Reliability Centered Maintenance, es un proceso utilizado para determinar lo que precisa ser hecho para asegurar que cualquier activo físico continúe cumpliendo sus funciones en su contexto operacional.

Esto es, que el énfasis no debe ser hecho en las tareas preventivas que tiendan a conservar el equipamiento en una condición ideal, sino por el contrario, en aquellas tareas necesarias para mantener el sistema funcionando.

Una importante peculiaridad del RCM es reconocer que la consecuencia de un fallo es mucho más importante que sus características técnicas, y por tanto, solamente merecen esfuerzos de planificación, de predicción, financieros y de recursos materiales o de mano de obra, aquellos fallos que puedan y que realmente valgan la pena ser prevenidos.

El procedimiento de implantación del RCM en los equipos requiere que sean respondidas siete cuestiones básicas:

1. ¿Cuáles son las funciones y los respectivos patrones de desempeño de los activos que integran un determinado contexto operacional?
2. ¿De qué modo fallan al ejecutar plenamente sus funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Cómo se manifiesta cada una de esas fallas?
5. ¿Qué consecuencias (seguridad, producción) trae cada modo de falla?
6. ¿Qué puede ser hecho para prevenir cada falla?
7. En caso de que no se encuentre una tarea preventiva adecuada, ¿qué debe hacerse?

Existen además otros tipos de mantenimiento según criterio de otros investigadores, entre los que se incluyen:

1.1.8. Mantenimiento basado en la categorización de las máquinas y su clasificación.

En muchos países según (Willmott, 1989), se ha utilizado la diferenciación y categorización de las máquinas para poder definir la atención de mantenimiento

necesaria de acuerdo a sus características, habiéndose establecido para ello los siguientes parámetros:

- Intercambiabilidad;
- régimen de operación;
- nivel de utilización;
- parámetro principal;
- mantenibilidad;
- conservabilidad;
- grado de automatización;
- valor de la máquina;
- factibilidad de aprovisionamiento;
- seguridad operacional;
- condiciones de explotación;
- protección del medio ambiente;
- comportamiento operacional precedente;
- calificación del operario;
- caracterización y exigencias del cliente al que se le presta servicio;
- valor de la hora de trabajo de la máquina; etc.

Otros parámetros pueden ser incorporados al análisis, siempre que sean efectivos para diferenciar alguna característica de interés en la máquina.

Cada parámetro es evaluado con una categoría A, B o C: (la categoría A se refiere a la de mayor importancia), la categoría que predomine entre todos los parámetros analizados se le asigna a la máquina en cuestión. La política de mantenimiento que se aplica a cada categoría, viene definida previamente según se señala en la bibliografía tomada como referencia.

Sin lugar a dudas, el objetivo que persigue cualquier sistema de mantenimiento es hacer su negocio más competitivo, más eficiente desde el punto de vista económico y asegurar una mayor disponibilidad de los equipos, sin embargo, para que esto ocurra, es indispensable que se siga siempre la política de la “Mejora Continua”.

Mejorar significa la creación organizada de un cambio ventajoso para el logro de niveles de comportamiento sin precedentes. Un sinónimo es avance, donde mejorar un proceso significa cambiarlo para hacerlo más efectivo, eficiente y

adaptable, donde qué cambiar y cómo cambiarlo, depende del enfoque específico que se le de y del proceso en sí.

Es una conversión en un mecanismo viable y accesible, en el que las empresas de los países en vías de desarrollo cierran la brecha tecnológica que mantienen con respecto al mundo desarrollado.

Otros, definen la mejora como una mera extensión histórica de uno de los principios de la gerencia científica establecida por Frederick Taylor, quien afirma, que todo método de trabajo es susceptible de ser mejorado.

La administración de la calidad total requiere de un proceso constante que será llamado "Mejoramiento Continuo", donde la perfección nunca se logra pero siempre se busca.

Los siguientes conceptos forman parte del modelo para la mejora continua:

- El ciclo de Deming: planear, hacer, chequear y actuar (PHCA);
- estructuración detallada del problema y análisis de los hechos;
- estandarización de la mejora.

El centrarse en el mejoramiento usando algunas de las herramientas para la solución de los problemas es de utilidad ya que:

- Le permite centrarse en el cliente;
- permite predecir y controlar el cambio;
- aumenta la capacidad de competir, velando por los recursos disponibles;
- suministra los medios para realizar en forma rápida, cambios importantes hacia actividades muy complejas;
- apoya a la organización para manejar con efectividad sus interacciones;
- mantiene a la organización centrada en el proceso;
- previene posibles errores;
- ayuda a comprender cómo se convierten los insumos en productos;
- le suministra una medida de sus costos de mala calidad (desperdicios);
- da una visión de cómo ocurren los errores y la manera de corregirlos;
- desarrolla un sistema completo de evaluación de áreas de la empresa;
- ofrece una visión del mejor modelo a utilizar para lograr su objetivo;
- suministra un método de prepararse para cumplir sus desafíos internos.

1.1.9. Mantenimiento Basado en Riesgo (MBR).

El Mantenimiento Basado en Riesgo (MBR), según (Sherif, 1981), es una filosofía de mantenimiento aplicable sobre todo a plantas o equipos con procesos peligrosos, que ya están cercanos o que han llegado al límite de su ciclo de vida y que su sustitución es altamente costosa o se aprecia la posibilidad aún del aprovechamiento de determinada vida residual, siguiendo determinadas acciones bajo el riesgo de la ocurrencia de fallas mayores o catastróficas.

Este sistema se fundamenta en los resultados de inspecciones rigurosas con técnicas avanzadas de inspección y diagnóstico, y la complementación de medios computacionales y software, a partir de las cuales se establecen y programan las diferentes acciones o atenciones de mantenimiento.

El sistema es capaz de evaluar, cuantificar y controlar los riesgos de ingeniería y proponer acciones correctivas capaces de minimizarlos.

Considerando que aproximadamente un 20 % de los equipos pueden tener asociado un 80 % del riesgo, se emplea una evaluación de criticidad para priorizar las acciones y optimizar el empleo de los recursos para inspección aplicándolos prioritariamente a aquellos equipos de alto riesgo.

Por ello se ha difundido su empleo por ejemplo en el mantenimiento de las plantas nucleares y no se ha extendido a otras esferas.

1.2. Paradigmas actuales del mantenimiento.

El estudio constante y desarrollo permanente de la gestión del mantenimiento, han hecho posible el surgimiento de nuevos paradigmas que aunque no se contraponen en esencia del modo de ver las cosas anteriormente utilizado, si las modifican.

En la tabla 1.1 se reflejan los viejos y nuevos paradigmas de la gestión del mantenimiento.

Tabla 1.1. Paradigmas del mantenimiento.

	ANTES	AHORA
1	El principal objetivo del mantenimiento es optimizar la disponibilidad de los equipos al mínimo costo.	El mantenimiento afecta todos los aspectos del negocio y no solo a la disponibilidad y los costos, afecta también a la seguridad, la integridad ambiental, la

		eficiencia energética y la calidad de los productos.
2	El mantenimiento tiene que ver con preservar los activos físicos.	El mantenimiento tiene que ver con preservar las funciones de los activos físicos.
3	La mayoría de los equipos tienden a fallar más en la medida que envejecen.	La mayoría de las fallas no ocurren con mayor frecuencia en la medida en que los equipos son más viejos.
4	El mantenimiento rutinario tiene que ver con prevenir fallas.	El mantenimiento rutinario tiene que ver con evitar, eliminar o minimizar las consecuencias de las fallas.
5	Para la mayoría de los activos físicos se pueden desarrollar programas de mantenimiento genéricos.	Los programas de mantenimiento genéricos son solamente aplicables a equipos con igual contexto operativo, funciones y estándares de rendimientos.
6	Se debe tener disponibilidad de información de fallas antes de desarrollar estrategias de mantenimiento exitosas.	Casi siempre es necesario tomar decisiones en el entorno del mantenimiento, con información de tasas de fallas inadecuadas.
7	Se puede eliminar la posibilidad de fallas proporcionando una protección adecuada.	Como las protecciones también pueden fallar, el riesgo asociado a los sistemas de protección, también debe ser administrado.
8	Si ambos son técnicamente posibles y apropiados, el mantenimiento preventivo será más económico y efectivo que el mantenimiento basado en el monitoreo de condiciones.	Si ambos son técnicamente posibles y apropiados, el mantenimiento basado en el monitoreo de condiciones será más económico (barato) y efectivo que el mantenimiento por reemplazo, a lo largo de la vida del activo.
9	Siempre es posible encontrar una rápida solución a todos los problemas de efectividad del mantenimiento.	Los problemas del mantenimiento se resuelven mejor en dos fases: cambio de la manera de pensar de la gente y lograr que apliquen sus nuevos conceptos

		técnicos y de procesos, a la vez.
10	Hay tres tipos de mantenimiento: productivo, preventivo y correctivo.	Existen cuatro tipos de mantenimiento: predictivo, preventivo, detectivo (proactivo) y correctivo.
11	La frecuencia de actividades del mantenimiento predictivo debe programarse de acuerdo a la frecuencia de fallas y/o a la criticidad del componente.	La frecuencia de las actividades del mantenimiento predictivo debe basarse en los períodos de desarrollo de las fallas, (intervalos de falla o intervalos P-F).
12	Las políticas de mantenimiento deben ser definidas por gerentes y los programas de mantenimiento estructurados por especialistas calificados.	Las políticas de mantenimiento deben ser formuladas por las personas más cercanas a los activos a mantener. La administración debe proveer las herramientas para ayudar a estos a tomar las decisiones correctas y asegurar que las decisiones sean razonables y defendibles.
13	El departamento de mantenimiento puede desarrollar por sí solo un programa de mantenimiento exitoso.	Solamente los mantenedores, en forma conjunta con los operadores de los activos, pueden desarrollar un plan de mantenimiento exitoso y duradero.
14	Los fabricantes de los equipos son los que están en mejor posición para recomendar un plan de mantenimiento a sus nuevos activos.	Los fabricantes de equipos pueden jugar un importante, pero limitado papel en el desarrollo de un programa de mantenimiento para sus nuevos activos.
15	La forma más rápida y segura de mejorar el desempeño de un equipo de baja confiabilidad es actualizar su diseño.	Usualmente es más efectivo mejorar el desempeño de un equipo de baja confiabilidad mejorando la forma en que es operado y la forma en que se realiza su mantenimiento, antes de ser modificado.

16	Los accidentes serios o accidentes catastróficos que involucran fallas son usualmente producto de la mala suerte o “actos de Dios” y esto los hace no gerenciales.	Por lo general, en su gran mayoría las fallas múltiples son una variable manejable, especialmente con sistemas de protección.
----	--	---

Conclusiones parciales.

La diversidad de formas existentes para organizar el mantenimiento técnico, hace que resulte bastante complejo elegir el tipo de mantenimiento a usar en cada caso, por ello, no sin fundamento se dice que la gestión del mantenimiento no puede ser una camisa de fuerza y que debe adecuarse a las condiciones concretas de cada lugar, sin perder de vista en cada caso su costo económico.

CAPITULO II. PROGRAMA Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1 Programa general de la investigación.

El programa de la investigación prevé, en una primera etapa, el estudio de la esencia, ventajas y desventajas del Sistema Preventivo Planificado de Mantenimiento Técnico y Reparación a la Maquinaria (SPPMTRM), vigente en el sector agropecuario cubano para planificar y ejecutar las operaciones de asistencia técnica a la maquinaria agrícola.

En una segunda etapa se estudiarán la esencia, ventajas y desventajas de los demás sistemas existentes, con el objetivo de identificar sus fortalezas y debilidades para al final, sobre la base de lo estudiado, proponer una nueva forma de planificar estas operaciones teniendo en cuenta el estado real del equipo al llegar al taller.

En la tabla 2.1 se exponen las principales etapas de la investigación, los objetos estudiados y los problemas que se analizan en cada caso.

Tabla 2.1 Programa y objetos de la investigación experimental.

ETAPAS PRINCIPALES DE LA INVESTIGACIÓN	OBJETOS ESTUDIADOS	ASPECTOS A ANALIZAR
1- Estudio del sistema actualmente aplicado en el sector agropecuario cubano para planificar y ejecutar las operaciones de mantenimiento y reparación.	<ul style="list-style-type: none">• SPPMTRM	<ul style="list-style-type: none">• Esencia.• Ventajas.• Desventajas.
2- Estudio de otros sistemas utilizados para planificar y ejecutar las operaciones de asistencia técnica.	<ul style="list-style-type: none">• Mantenimiento Correctivo;• Mantenimiento Preventivo;• Mantenimiento Predictivo;• Mantenimiento Productivo Total (TPM);• Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO);• Mantenimiento Alternativo (SAM);• Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM);• Mantenimiento Basado en la Categorización de las Máquinas;• Mantenimiento Basado en Riesgo.	<ul style="list-style-type: none">• Esencia.• Ventajas.• Desventajas

2.2 Metodología para investigar la esencia, ventajas y desventajas del SPPMTRM y otras formas de planificar y ejecutar las operaciones de asistencia técnica.

En una primera etapa de la investigación, como se muestra en la tabla 2.1, se selecciona el SPPMTRM utilizado en el sector agropecuario cubano para planificar y ejecutar las operaciones de asistencia técnica, analizándose del mismo su esencia, ventajas y desventajas, a través del estudio teórico del mismo y del análisis de la experiencia acumulada a través de tantos años de aplicación.

En una segunda etapa, se hace una intensa búsqueda en Internet, libros, folletos y otras fuentes de información científica, sobre la esencia, ventajas y desventajas del Mantenimiento Correctivo; Mantenimiento Preventivo; Mantenimiento Predictivo; Mantenimiento Productivo Total (TPM); Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO); Mantenimiento Alternativo (SAM); Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM); Mantenimiento Basado en la Categorización de las Máquinas y Mantenimiento Basado en Riesgo.

De esta manera se logra hacer una propuesta de sistema para planificar las operaciones de asistencia técnica, donde no existan las insuficiencias del sistema actualmente aplicado y se logre la ejecución de las mismas en correspondencia con el estado técnico real del equipo al arribar a una norma de trabajo preestablecida.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1. Resultados del estudio para analizar la esencia, ventajas e insuficiencias del SPPMTRM, aplicado en el sector agropecuario cubano.

Como se explicó anteriormente, el SPPMTRM se introdujo en Cuba en los primeros años de la década de los años 60, ante la necesidad de tener que planificar las operaciones de asistencia técnica debido a la cantidad y complejidad creciente de la maquinaria agrícola que adquiriría el país.

Fue una copia fiel del sistema aplicado en la antigua URSS, considerándose preventivo al aplicar las medidas técnico ingenieriles preventivas correctamente fundamentadas, que anticipan el surgimiento de averías como consecuencia de los desgastes prematuros de las piezas, y planificado, porque las diferentes operaciones se planifican de ante mano en correspondencia con una periodicidad determinada, lo que constituye una gran ventaja del mismo.

El sistema incluye las operaciones de asentamiento, mantenimiento técnico, chequeo técnico, reparación y conservación.

En este caso, el asentamiento se realiza con el objetivo de asegurar el ajuste adecuado entre las superficies de trabajo, y se desarrolla observando un régimen previsto con aumento paulatino de cargas antes que la máquina sea sometida a explotación.

El mantenimiento técnico puede ser: diario, periódico 1, 2 y 3 para tractores, 1 y 2 para los automóviles, y simplemente periódico para las máquinas combinadas.

En este caso, en el mantenimiento técnico diario se prevé el control del estado técnico de la máquina una vez finalizado el turno de trabajo o antes de comenzar el próximo turno, y se realiza a través de un chequeo visual con verificación auditiva. Durante el mismo se controlan la seguridad de las sujeciones, los niveles de agua, aceite, combustible, y electrolito de las baterías de acumuladores, así como el funcionamiento de los aparatos de control, eliminándose las deficiencias detectadas.

El mantenimiento técnico periódico se desarrolla después que la máquina ha realizado un determinado volumen de trabajo, y su finalidad es la de chequear y restablecer las regulaciones de los mecanismos, uniones, conjuntos y órganos de trabajo, prevenir el desgaste prematuro de las diferentes piezas y conjugaciones

de la máquina, así como asegurar la economía y estabilidad de su funcionamiento.

El mantenimiento técnico temporal se realiza durante el paso a la explotación de la máquina entre una temporada y otra, y es propio de aquellos países donde existen cambios climatológicos significativos, por tanto no ajustado a la realidad cubana.

El mantenimiento técnico después de la temporada se realiza al finalizar la temporada de explotación de la máquina, e incluye el chequeo del estado técnico de la misma sin proceder a su desmontaje, lo que permite determinar las posibilidades de su preparación para la conservación y explotación ulterior.

El chequeo técnico según el sistema, se desarrolla para controlar el cumplimiento de las reglas de explotación y revisar la correspondencia del estado técnico real de la máquina con los requerimientos estipulados en la documentación técnica, además de permitir poder determinar el grado de preparación de las mismas para la realización de su trabajo.

Entre otras cuestiones, permite prevenir las reparaciones prematuras y no planificadas, aumentando así el período de servicio de las máquinas y equipos.

La reparación como tal, es un sistema de medidas encaminado a restablecer la capacidad de trabajo de un objeto que la haya perdido o empeorado como resultado del desgaste normal, desgaste de avería, rotura, o deformación de determinados elementos, y presupone la ejecución de trabajos de sustitución de una gran cantidad de piezas o elementos constructivos, así como el desmontaje total o parcial de la máquina.

La misma puede ser: corriente o de explotación, media, y general o capital.

La reparación corriente o de explotación, se realiza durante el proceso de uso de la máquina, y su magnitud dependerá de la gravedad de la falla o rotura sufrida. Se puede ejecutar tanto en el taller como en condiciones de campo, a través de los medios móviles existentes y puede incluir la reparación de cualquier agregado incluyendo el motor.

Lo más conveniente en este caso es aplicar el intercambio del agregado defectuoso por uno nuevo o reparado y la revisión y reparación de las partes necesarias para lograr el objetivo propuesto.

En este caso, el uso del intercambio de agregados reduce considerablemente el tiempo de permanencia de la máquina en la reparación y estimula la durabilidad

de la misma, pues los agregados adquiridos para hacer el intercambio fueron reparados ya en plantas especializadas o son nuevos.

Durante la reparación media se ejecuta un desmontaje parcial de la máquina, y se realiza la reparación total de por lo menos uno de sus agregados fundamentales, así como el chequeo y la regulación de los restantes, con la correspondiente sustitución de piezas si es necesario.

La reparación media de las máquinas agrícolas menos complejas se realiza cada año al terminar la temporada y se ejecuta en los talleres de las respectivas empresas o granjas.

La reparación general o capital por su parte, prevé el desarme completo de la máquina y la clasificación de sus elementos constructivos y componentes a ser sustituidos o reparados, según sea el caso.

Los gastos en este tipo de reparación a diferencia del resto corren a cuenta de los fondos de amortización, y se realiza de manera planificada según el tiempo en que ésta corresponda de acuerdo a la periodicidad establecida para cada equipo.

Por regla, este tipo de reparaciones se desarrollan en talleres especializados de reparación o en talleres de uso general, siempre que existan el personal y equipamiento necesarios para ello.

Finalmente, la conservación de las máquinas constituye una de las operaciones fundamentales dentro del SPPMTRM y está constituida por un conjunto de medidas encaminadas a prevenir el empeoramiento o pérdida de la capacidad de trabajo de las máquinas como consecuencia de la no puesta en explotación de la misma durante períodos prolongados de tiempo.

Esta operación presupone la protección de las diferentes piezas, de manera tal que las condiciones ambientales tales como: humedad, temperatura, etc., no ejerzan influencias negativas sobre la capacidad de trabajo de la máquina en conjunto.

Antes de proceder a la conservación, la máquina debe ser correctamente lavada y posteriormente desmontada de todos los elementos constructivos que deban permanecer en locales especiales.

En la figura 3.1 se representa de manera esquemática la estructura del SPPMTRM y las operaciones que en el mismo se realizan.

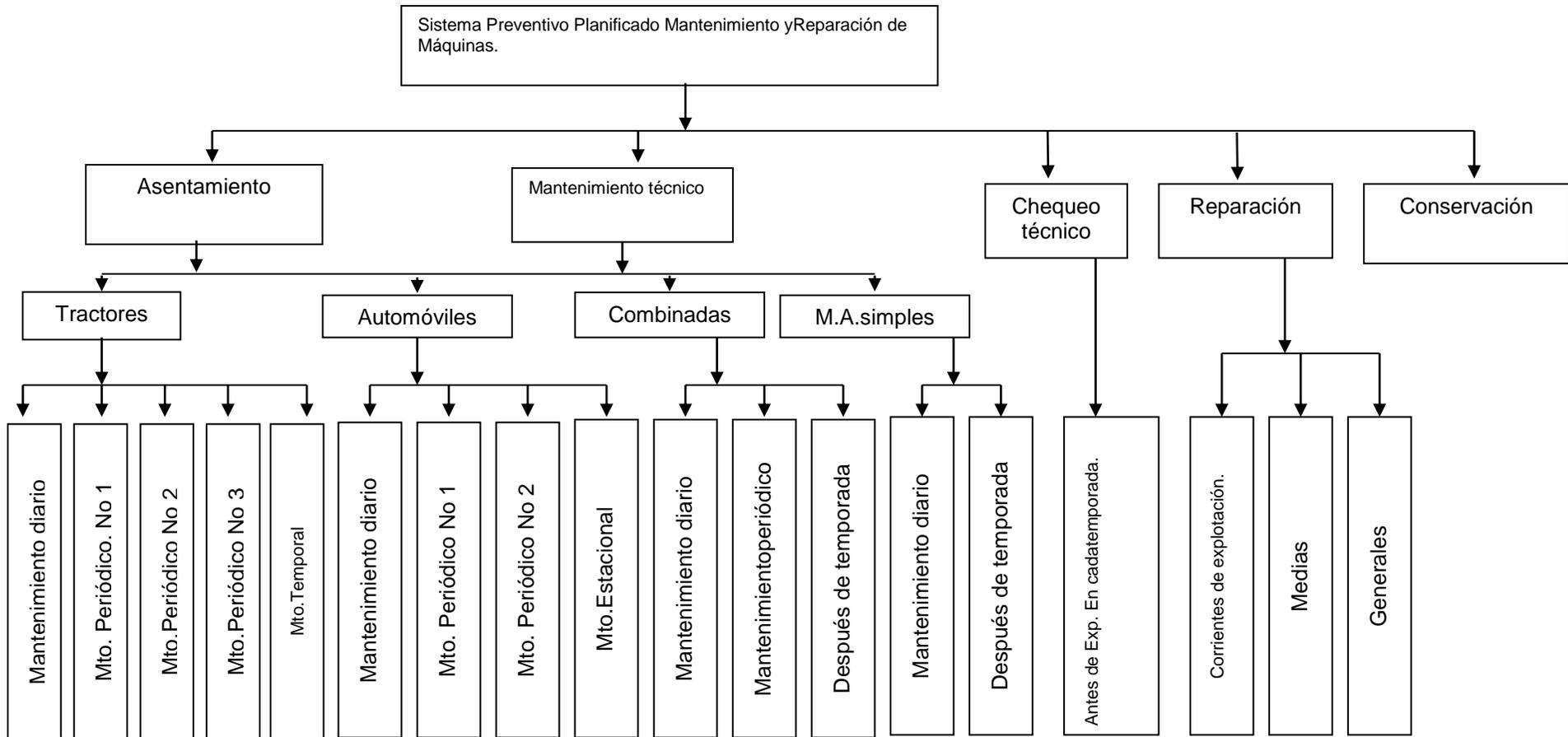


Figura 3.1. Estructura del SPPMTRM y operaciones que en él se realizan.

Como se observa, es un sistema donde se encuentran implícitas todas las operaciones de asistencia técnica a ejecutar en los tractores, automóviles, combinadas y máquinas agrícolas simples o complejas una vez alcanzada determinada norma de trabajo entre reparaciones preestablecidas por el fabricante.

En general, como norma de trabajo entre reparaciones se pueden utilizar las moto-horas de trabajo del motor, las hectáreas laboradas, los kilómetros recorridos y el consumo de combustible del equipo, siendo éste el parámetro que mayor aceptación ha obtenido debido fundamentalmente a las siguientes cuestiones:

- No todos los equipos vienen dotados de odómetros para registrar las horas de trabajo del motor, e incluso, en aquello que los poseen, por ser generalmente dispositivos mecánicos sujetos a desgaste, al final las lecturas registradas difieren de las horas de trabajo realmente trabajadas por el motor.
- No siempre la maquinaria se utiliza en labores que se puedan medir en hectáreas elaboradas y esto constituye una gran limitación para usar éste parámetro como indicador de norma de trabajo para planificar las operaciones de asistencia técnica.
- Los kilómetros recorridos son el indicador que generalmente se acepta como norma de trabajo para los automóviles, pero no así para la maquinaria agrícola (tractores y combinadas).

Por ello, lo más cercano posible a la realidad de las condiciones agropecuarias, ha sido adoptar el consumo de combustible como norma de trabajo para planificar las actividades de asistencia técnica.

Sin embargo, ***¿se puede asegurar que en Cuba todo el combustible consumido por un equipo se haya revertido realmente en trabajo útil realizado?***

En la figura 3.2, se representa a modo de ejemplo una sección de las tablas que se utilizan en condiciones de producción para planificar las operaciones de asistencia técnica de acuerdo al consumo de combustible del equipo.

Los valores son preestablecidos por el fabricante de acuerdo a la marca y modelo del equipo en cuestión.

Consumo horario		8,0	4,4	4,0	3,5	6,2	3,5	2,5	2,3	2,1
Tipo de atención técnica	Consumo de comb. Gls	Komatsu D80 A12	C/T 100	DT 75M	DT 75	K 700	ZT 300	MTZ 80	YuMZ 6 M/R	MT7
1	60	480	264	240	210	372	210			
1	120	960	528	480	420	744	420			
1	180	1440	792	720	630	1116				
2	240	1920	1056	960	840					
1	300	2400	1320	1200						
1	360	2880	1584							
1	420	3360								
2	480	3840								
1	540									

Figura 3.2. Límite de consumo de combustible para planificar las operaciones de asistencia técnica.

Como se observa, subrayado en amarillo y a modo de ejemplo, al tractor DT-75 se le realiza un primer mantenimiento 1 cuando ha consumido 240 gls de combustible, un segundo mantenimiento 1 al llegar a los 480 gls y un tercer mantenimiento 1 al arribar a los 720 gls de combustible consumido.

Después, a los 960 gls le corresponde un mantenimiento técnico número 2 y así comienza de nuevo un ciclo de mantenimientos 1 y 2 hasta arribar a los mantenimientos 3, reparaciones medias y reparaciones generales según lo previsto por el fabricante.

Es de destacar que los fabricantes establecen de manera rígida qué operaciones hay que ejecutar sobre sus equipos de acuerdo al tipo de mantenimiento planificado que le corresponda y constituye una violación no cumplir con las mismas.

Sin embargo, ***¿el estado técnico de un grupo de equipos similares pero explotados en condiciones diferentes, será el mismo al arribar a una misma cantidad de combustible consumido?***

Así por ejemplo, para el caso específico de los tractores de gomas MTZ 80, muy difundidos aun en nuestras empresas agropecuarias, se establece la obligatoriedad de ejecutar las siguientes operaciones de acuerdo al tipo de asistencia técnica, que son de carácter inviolable:

Durante el mantenimiento técnico diario es necesario:

1. Limpiar el equipo con agua a presión, eliminando todas las suciedades, materiales adheridos y residuos vegetales una vez terminada la jornada laboral.

2. Revisar en las pistas de nivel los niveles de aceite en el cárter del motor, cárter de la bomba de inyección y su regulador, así como en el depósito de la bomba del sistema hidráulico y radiador.
3. Drenar el vaso de sedimentos del sistema de alimentación.
4. Comprobar el funcionamiento de la bomba de cebado, accionándola varias veces hasta obtener un flujo continuo de combustible.
5. Engrasar con grasa copilla 2 el buje central de la dirección.
6. Comprobar la tensión de las correas del ventilador, aplicando una presión manual en el centro de los ejes.
7. Verificar el funcionamiento del tablero de control, sistema de frenos, mecanismo de dirección, sistema hidráulico y embrague.
8. Comprobar la hermeticidad de las uniones de las mangueras de agua.
9. Comprobar la hermeticidad de los inyectores y uniones del sistema hidráulico,
10. Comprobar el ajuste de los cojinetes de las ruedas y el estado de su engrase.
11. Revisar la presión de aire de los neumáticos.

Durante los mantenimientos técnicos números 1, el fabricante exige que se deban:

1. Realizar las operaciones que contempla el mantenimiento técnico diario.
2. Engrasar con grasa de copilla No 2 el pivote de las ruedas delanteras, las articulaciones de la dirección, buje del eje giratorio del mecanismo de suspensión, cojinete de empuje del embrague, eje de los pedales del embrague y frenos, eje de la palanca del freno de mano, eje de la palanca de interacción del embrague, barra lateral y central de la dirección, brazo regulable derecho del tercer punto.
3. Cambiar el aceite de la bomba de inyección y regulador.
4. Revisar en las pistas de nivel los niveles de aceite en la caja de cambio de velocidades y el sin fin de la dirección hidráulica.
5. Evacuar los sedimentos del depósito de combustible y filtros de depuración basta y fina.
6. Lavar el filtro del compresor en gasolina y humectarlo en aceite.
7. Desmontar y limpiar el filtro centrífugo de aceite.
8. Limpiar el prefiltro, tubo principal y mallas inferiores del purificador de aire.

9. Limpiar los orificios inferiores del campo del alternador.
10. Revisar el nivel y densidad del electrolito de la batería de acumuladores, así como el estado de los bornes, terminales y orificios de las tapas de los vasos.
11. Comprobar el ajuste de los cojinetes de las ruedas y el estado de su engrase.
12. Revisar la presión de aire en los neumáticos.

Durante los mantenimientos técnicos 1A, se establece:

1. Realizar las operaciones indicadas para el mantenimiento 1.
2. Revisar el estado del filtro principal del sistema hidráulico y cambiarlo en caso de que sea necesario.
3. Revisar la instalación eléctrica eliminando falsos contactos, fusibles alterados o dañados, cables deteriorados, etc.
4. Comprobar la tensión de los vasos de las baterías, así como la sujeción de las mismas.
5. Engrasar el cojinete de la bomba de agua y lubricar la culebra del odómetro con aceite multipropósito B.
6. Revisar y regular el embrague, los frenos y la dirección.
7. Revisar la convergencia de las ruedas delanteras.
8. Comprobar la presión y calidad de la inyección en los inyectores.

Durante los mantenimientos técnicos 2, se deben:

1. Realizar las operaciones que se especifican para el mantenimiento técnico 1A.
2. Cambiar el aceite del cárter del motor.
3. Cambiar los elementos filtrantes de los filtros de combustible.
4. Comprobar el apriete de la culata de los cilindros.
5. Comprobar y regular la holgura de las válvulas y el mecanismo de descompresión.
6. Engrasar ya ajustar los terminales de la dirección, y las tuercas que fijan la el sector y la palanca de dirección.

Para los mantenimientos técnicos 3, el fabricante plantea y exige que sea necesario:

1. Realizar las operaciones del mantenimiento técnico 2.
2. Diagnosticar el trabajo del motor.

3. Lavar el respiradero del tapón de la bomba de inyección y humedecerlo en aceite.
4. Regular los aditamentos del sistema de lubricación e hidráulico.
5. Eliminar las incrustaciones del sistema de enfriamiento.
6. Desmontar y limpiar el cárter del motor y revisar y ajustar los tornillos de los cojinetes de biela.
7. Revisar las dos mitades de los cojinetes de biela.
8. Revisar y ajustar los conjuntos principales de la caja de velocidad y transmisión.
9. Limpiar, desarmar y regular los agregados eléctricos.
10. Empacar los cojinetes del alternador y motor de arranque, así como los cojinetes de las ruedas delanteras.
11. Cambiar de lugar las ruedas delanteras.
12. Desarmar y reparar el sistema de frenos.
13. Revisar y regular el embrague.
14. Revisar el mecanismo de la dirección.

Para el mantenimiento técnico 3A es necesario:

1. Realizar las operaciones implícitas en el mantenimiento técnico 3.
2. Cambiar el aceite en la caja de cambio de velocidades, transmisión, mecanismo de dirección, sinfín de la dirección y sistema hidráulico.
3. Revisar los conjuntos principales de las cajas de cambios de velocidades y transmisión.
4. Desmontar y limpiar los depósitos de combustible y aceite hidráulico.

Para la reparación mediase exige que se debe:

1. Realizar las operaciones del mantenimiento técnico 3A.
2. Cambiar los metales de biela.
3. Cambiar los pasadores del pistón y sus aros.
4. Cambiar los metales del cigüeñal y sus sellos.
5. Desarmar y baquetear el radiador.
6. Desarmar y reparar la caja de cambio de velocidades.
7. Cambiar las fibras del clochet y la caja de bolas del collarín.
8. Desarmar y reparar los frenos.
9. Chequera ele estado de los piñones de la distribución.

10. Chequera el estado de las coronas, satélites, pasadores, piñón de ataque, ruedas motrices y bloque del diferencial.

11. Embujar la dirección.

12. Reparar el conjunto de la dirección.

En la actualidad, el hecho de que constantemente se haga más compleja la construcción de la maquinaria agrícola, a la vez que se incrementa su potencia, las diferentes condiciones ambientales y de explotación, así como las limitaciones de recursos, hacen que resulte difícil aplicar la periodicidad de los mantenimientos técnicos realizando obligatoriamente todas las operaciones implícitas en ellos de acuerdo a su tipo.

Se ha demostrado que en ocasiones la estricta periodicidad y el carácter obligatorio de ejecución de todas las operaciones durante el mantenimiento técnico y la reparación, lo que hacen es provocar el desmontaje prematuro de muchos mecanismos y agregados de manera innecesaria, por lo que en alguna medida se reduce el recurso de trabajo y aumentan los gastos en materiales de explotación.

Otro defecto importante de éste sistema es la limitación que ofrece a un posible incremento del tiempo entre mantenimientos o reparaciones, pues ello sería contraproducente al no estar en correspondencia con lo prescrito por el fabricante.

El programa anual de mantenimiento y reparación según el SPPMTRM, se determina resolviendo las siguientes ecuaciones:

El número de reparaciones generales se calcula como:

$$N_g \equiv \frac{n * s}{W_g} \quad (1)$$

El número de reparaciones medias:

$$N_m \equiv \frac{n * s}{W_m} - N_g \quad (2)$$

El número de mantenimientos 3:

$$N_3 \equiv \frac{n * s}{W_3} - (N_g + N_m) \quad (3)$$

El número de mantenimientos 2:

$$N_2 \equiv \frac{n * s}{W_2} - (N_g + N_m + N_3) \quad (4)$$

El número de mantenimientos 1:

$$N_1 \equiv \frac{n * s}{W_1} - (N_g + N_m + N_3 + N_2) \quad (5)$$

donde:

N_g, N_m, N_3, N_2, N_1 – Número de reparaciones generales, medias y mantenimientos 1, 2, y 3 respectivamente.

S- Carga anual planificada para la máquina expresada en (kg de combustible, gls de combustible, lts de combustible, m- h, ha elaboradas, etc.)

W_g, W_m, W_3, W_2, W_1 – Normas de trabajo entre atenciones técnicas expresadas en las mismas unidades que la carga anual planificada.

La carga anual planificada (s) para los tractores y otras máquinas similares se determina a través de la siguiente ecuación (6) como:

$$s \equiv (D_l * h_j * k * c_h) \quad (6)$$

donde:

D_l – Días laborables planificados en el año.

h_j - Número de horas de la jornada de trabajo diaria.

c_h - consumo horario promedio de combustible de la máquina. (Tabulado o dato de la empresa).

k- Coeficiente que tiene en cuenta los tiempos perdidos por la máquina producto de tener que ejecutarse en ellas operaciones de mantenimiento y reparación, o solucionar roturas imprevistas.

En este caso K se determina por la ecuación (7) como:

$$K = K_i \text{ y } K_t. \quad (7)$$

donde:

K_i - Es el coeficientes de incorporación que depende del tipo de equipo y de su aseguramiento en piezas de repuestos.

K_t - Es el coeficiente de seguridad técnica y depende de la edad del equipo en cuestión.

Ambos coeficientes se obtienen como resultado de los controles estadísticos y otros estudios realizados sobre los tiempos de trabajo perdidos por los equipos durante el mantenimiento y la reparación, ya sea por falta de piezas, roturas, falta de fluido eléctrico, etc.

En las condiciones de explotación de la maquinaria agrícola en Cuba y en los talleres de asistencia técnica del sector agropecuario cubano, lamentablemente no se cuenta con los estudios estadísticos necesarios para asignar valores reales a estos coeficientes.

Es un hecho que la planificación adecuada de la cantidad y tipos de mantenimientos técnicos y reparación a la maquinaria agrícola según el SPPMTRM, debe ser lo más objetiva posible y adaptarse a las condiciones reales de explotación de las mismas para que cumplan los objetivos propuestos, no obstante, para ello es necesario considerar todos los factores que afectan el trabajo real de éstas y en ello desempeña un importante papel la estadística acumulada referida a las horas de trabajo, parque activo, características climatológicas, consumo de materiales de explotación, etc., cuestiones estas que en las condiciones reales de explotación de la maquinaria agrícola en Cuba no se controlan.

A modo de resumen, en la tabla 3.1 se señalan las ventajas e insuficiencias del SPPMTRM utilizado actualmente en el sector agropecuario Cubano.

Tabla 3.1. Ventajas e insuficiencias del SPPMTRM.

Ventajas	Insuficiencias
• Es preventivo	Imposible asegurar que el combustible consumido por un equipo se haya revertido en trabajo útil.
• Es planificado	El estado técnico de un grupo de equipos similares, pero explotados en condiciones diferentes, será diferente al arribar a una misma cantidad de combustible consumido.
• Como sistema incluye todas las operaciones que aseguran la durabilidad de las máquinas.	La construcción cada vez más compleja de la maquinaria agrícola y las limitaciones de recursos, hacen que resulte difícil aplicar la periodicidad de los mantenimientos técnicos, cumpliendo al pie de la letra todas las operaciones que los mismos implican.
	Se ejecutan operaciones innecesarias que reducen el recurso de trabajo y aumentan los gastos en materiales de explotación.
	El sistema no permite incrementar el tiempo entre mantenimientos o reparaciones
	No existen los estudios estadísticos para asignar valores reales a los coeficientes (Shkiliova) y (Kt).
	No se controlan las horas de trabajo del parque activo, las características climatológicas, etc.

3.2. Resultados del estudio para determinar la esencia, ventajas y desventajas, de otros métodos existentes para planificar la gestión del mantenimiento.

3.2.1. Mantenimiento Correctivo (o basado en el fallo).

Como se explicó anteriormente, es un sistema donde las operaciones de asistencia técnica se ejecutan después de haberse producido la falla. Se caracteriza por las ventajas y desventajas que se relacionan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Ventajas y desventajas del sistema de mantenimiento correctivo.

Ventajas	Desventajas
Es muy fácil de implementar.	Largos períodos de tiempo de espera para la reparación.
Para aplicarlo no se incurre en altos costos directos.	La organización del mantenimiento prácticamente no es posible y se requieren grandes stock de piezas de repuesto y personal.
No necesita de personal dedicado a la vigilancia funcional de las máquinas.	Al ejecutar el trabajo después de la aparición de la falla, con determinada frecuencia la ocurrencia de la misma puede provocar accidentes y daños catastróficos.
Aprovechamiento máximo de los elementos de máquinas hasta la rotura.	El fallo es detectado cuando el equipo no funciona y por ello, a veces ocurren fallas importantes que serían evitables con una intervención oportuna.
No demanda una elevada capacitación de los técnicos e ingenieros.	Una vez presentada la falla, siempre hay mayores gastos en repuestos y horas de trabajo, lo que junto con la pérdida de la producción, implican un mayor costo que podría ser evitado brindando mayor atención al equipo.

Demanda poca infraestructura administrativa y de diagnóstico.	Baja seguridad y ambiente de trabajo deficiente (ruidos, vibraciones y otros).
Las labores de reparación y recambio son ejecutadas fundamentalmente por los mismos trabajadores, requiriéndose de menor cantidad de técnicos e ingenieros.	Posibilidades de colapsos impredecibles que provoquen daños en cadena.
	Elevado riesgo de fallas en piezas de difícil adquisición.
	Imposibilidad de predecir con fundamentación la plantilla del personal necesario para el apoyo y la ejecución de las reparaciones.
	El fallo puede ocurrir a una hora o lugar inapropiados, donde no esté disponible ni el personal ni los repuestos necesarios.
	Imposibilidad del diagnóstico exacto de las causas que provocan la falla.
	La intervención restablece la capacidad de trabajo del equipo sólo hasta el estado que tenía antes de fallar.

3.2.2 Mantenimiento Preventivo.

Aunque resulta ser un escalón superior en la gestión del mantenimiento comparado con el correctivo, debido a que el mismo permite prever la falla, no se puede asegurar que el mismo sea el más idóneo para obtener una máxima seguridad y confiabilidad de los equipos, pues como demuestra la práctica, las fallas no se producen a intervalos regulares de tiempo, sino que se producen a intervalos de tiempo de acuerdo a una distribución.

De aquí la importancia de elegir correctamente ese intervalo de tiempo entre intervenciones.

Si se elige un intervalo corto de tiempo, se incurrirá entonces en el (sobremantenimiento), que resulta seguro pero muy costoso.

Si se elige un intervalo largo de tiempo, entonces se incurrirá en un (submantenimiento), que es barato, pero existe el riesgo de que ocurran muchas fallas en dicho intervalo, de los cuales algunos pueden ser catastróficos.

En la tabla 3.3 se relacionan las ventajas y desventajas del método preventivo como vía para planificar las operaciones de asistencia técnica.

Tabla 3.3. Ventajas y desventajas del método preventivo para planificar las operaciones de asistencia técnica.

Ventajas	Desventajas
Con una buena organización, se alcanzan experiencias muy buenas en la determinación de las causas de las fallas, o del tiempo de operación seguro de un objeto. Se llegan a conocer puntos débiles de los mismos.	De todas formas ocurrirán fallas entre los intervalos establecidos para las atenciones técnicas previstas, y ello puede ser inesperado e inconveniente.
Los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado técnico y condiciones de funcionamiento.	Durante la intervención, muchos componentes en buen estado serán desmontados, inspeccionados y hasta cambiados innecesariamente. Pero además, se corre el riesgo de que algunos elementos constructivos aun en buen estado resulten dañados durante el desarme, haciéndose necesaria entonces su sustitución. Si se comete algún error en el arme, la condición final de la máquina puede ser peor que la que tenía antes de realizarse la intervención.
Disminución del tiempo muerto. Reduce el tiempo en que los equipos	Como en una reparación corriente o general se requiere examinar gran

<p>se encuentran fuera de servicio.</p>	<p>número de elementos, estas pueden demorar un tiempo considerable y derivar en una gran pérdida de producción.</p>
<p>Se estimula la durabilidad de los equipos y piezas.</p>	<p>Son necesarios modelos de optimización para mejorar la programación.</p>
<p>Evita grandes reparaciones por concepto de grandes averías, lo que hace que disminuyan los costos.</p>	<p>Se necesitan como mínimo de 2 a 3 años de operación y registro confiable de datos, para aplicar y determinar indicadores de fiabilidad elaborando distribuciones empíricas.</p>
<p>Menores costes totales de reparación.</p>	<p>Con el sub-mantenimiento tiene lugar al mantenimiento correctivo en vez del preventivo.</p>
<p>Aumenta la disponibilidad y seguridad de funcionamiento del objeto y con ello la frecuencia de paradas por mantenimiento.</p>	<p>Con el sobre-mantenimiento se interrumpe la vida útil y de operación normal de un equipo sin conocimiento de causa, lo que trae como consecuencia el desaprovechamiento de la vida residual de sus elementos fundamentales, así como la acumulación innecesaria de actividades preventivas que aumentan los gastos.</p>
<p>Permite preparar con tiempo las condiciones para la reparación. Con una correcta organización y coordinación se facilita el completamiento de piezas,</p>	

herramientas y personal necesitado.	
Disminuya las existencias de piezas en almacén, puesto que se precisan los repuestos de mayor y menor consumo	
Permite una carga de trabajo estable para el personal de Mantenimiento, debido a una programación más acertada de sus actividades.	
Permite incrementar la vida de los equipos, generalmente hasta el límite de su amortización o mayor.	

3.2.3. Mantenimiento Predictivo

Como se explicó en el capítulo de la Revisión Bibliográfica, es el tipo de mantenimiento que asegura un mejor estado de funcionamiento de los equipos, ya que aplica técnicas predictivas para analizar los parámetros de funcionamiento de los mismos y así detectar un fallo antes de que suceda.

Sin embargo, cuando se trata de objetos móviles como es el caso de las máquinas agrícolas, la mayoría de las veces es necesario detenerlas para inspeccionar parámetros que tienen que ver con su estado técnico, pues pocos son sus parámetros que pueden ser monitoreados de forma continua en condiciones de trabajo.

En la tabla 3.4 se relacionan las ventajas y desventajas fundamentales del sistema de mantenimiento predictivo para planificar las operaciones de asistencia técnica.

Tabla 3.4.ventajas y desventajas fundamentales del sistema de mantenimiento predictivo para planificar las operaciones de asistencia técnica.

Ventajas	Desventajas
Reduce o elimina significativamente el tiempo de parada por fallas no previstas, además, al ocurrir las mismas, se puede conocerse con exactitud que órgano falló, lo que se traduce en un incremento considerable de la confiabilidad y la productividad.	Necesidad de elevadas inversiones en la compra de equipos e instrumentos con un alto costo inicial, aunque a largo plazo los costos se minimizan.
Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.	Requiere de una elevada preparación del personal encargado de tomar medidas de rutina, así como para los ingenieros encargados de evaluar la situación.
Optimiza la gestión del personal de mantenimiento y demanda una plantilla más reducida.	
La verificación del estado del objeto, tanto de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico y operacional del mismo de inestimable valor.	
Posibilita conocer con exactitud el tiempo límite de actuación, que no implique el desarrollo de una falla imprevista.	
Permite tomar decisiones sobre la parada de una serie de máquinas en momentos críticos.	
Permite planificar las compras de nuevos equipos.	
Reduce el almacenamiento de partes y piezas, y facilita el análisis de las averías.	

3.2.4. Mantenimiento Productivo Total. (TPM)

Como se explicó en el capítulo I, su objetivo fundamental es realizar el mantenimiento a los equipos con la participación del personal de producción, todos involucrados en un proceso de mejora continua y una gestión de calidad total, pues considera no sin razón, que no existe nadie mejor que el operario para conocer el funcionamiento del equipo y que el técnico de mantenimiento puede conocer muy bien las especificaciones del mismo y haber estudiado sus partes constitutivas a profundidad, pero que sin embargo, es el operario quien trabaja y convive diariamente con la maquinaria y por ello llega a conocerla como nadie. Las ventajas y desventajas del Sistema de Mantenimiento Productivo Total se relacionan en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Ventajas y desventajas del Sistema de Mantenimiento Productivo Total. (TPM).

Ventajas	Desventajas
Involucra al personal de mantenimiento y producción en un mismo equipo.	Demanda un control riguroso de los tiempos de paros, cantidad de producción realizada, defectos y tiempo de trabajo útil.
Promueve la participación libre, autónoma y sincera de las personas para analizar, tomar decisiones y solucionar problemas del mantenimiento.	Demanda un control riguroso de los tipos de paros clasificados en: <ul style="list-style-type: none">• Por averías;• Por ajustes y preparación;• Por inactividad y paradas menores;• Por problemas de calidad y trabajos rehechos;• Por ajustes de las velocidades de trabajo.
Logra una mejora continua y capacidad para detectar fallas, gracias a los datos que se recopilan.	Los trabajadores de mantenimiento deben ser adecuadamente preparados y adiestrados en las habilidades especializadas requeridas para mantener la capacidad de trabajos de

	las máquinas, toda vez éstas son más sofisticadas.
Promueve el desarrollo integral de todo el personal de la entidad productiva.	
Mejora la calidad y estimula la productividad, así como la rentabilidad y competitividad de la entidad integrando voluntades y destrezas.	

3.2.5. Sistema de mantenimiento asistido por ordenador. (GMAO).

Como se explicó, se trata de un programa informático (Software), que permite la gestión del mantenimiento de los equipos tanto para el mantenimiento correctivo como preventivo, predictivo, etc, por lo que se puede considerar un sistema muy novedoso que aplica los últimos adelantos de la tecnología a la administración de los sistemas de mantenimiento.

En la tabla 3.6 se relacionan las ventajas y desventajas de éste sistema.

Tabla 3.6 Ventajas y desventajas del sistema GMAO como método para planificar las operaciones de asistencia técnica.

Ventajas	Desventajas
Permite disponer de una gran cantidad de información inmediata, actualizada y fácil de operar.	Un fallo de los sistemas de cómputo podría conducir a un verdadero colapso de la actividad.
Permite disponer de un historial del equipo, tanto de sus características técnicas como de sus averías, revisiones, sustituciones, fechas de las últimas incidencias, personal implicado, horas y materiales utilizados, etc, en la solución de los problemas,	Cuanto mayor es la cantidad de información a manejar y más rápida es la afluencia de datos, tanto más necesario se hace el uso de equipos informáticos de mayores prestaciones.
En función de los parámetros que se decidan, es posible programar las revisiones e inspecciones generando los listados correspondientes para la	Se requiere de personal capacitado para manipular las bases de datos.

tarea de los técnicos según los plazos programados.	
Permite optimizar los recursos: <ul style="list-style-type: none"> • Laborales: Mejora de la planificación, seguimiento y aplicación. • Materiales: Mayor disponibilidad, disminución de existencias ociosas, fácil localización. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Mejoras en la calidad y productividad de la organización. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Permite disminuir los tiempos de paros, asegurando mayor fiabilidad y disponibilidad. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Posibilita realizar estudios y anticipar cargas de trabajo o consumo de piezas. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Permite conocer de inmediato los gastos originados por cualquiera de los elementos controlados. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Permite ajustar los planes de mantenimiento a las características reales. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Permitir la participación en un TPM 	

3.2.6. Sistema Alternativo de Mantenimiento. (SAM)

El SAM, como se explicó en la Revisión Bibliográfica, es un sistema de mantenimiento complejo en el que se integran como sub-sistemas otros que pueden ser: el Sistema de Mantenimiento Correctivo o contra averías, el MPP y el Mantenimiento por Diagnóstico.

Sin embargo, posee una serie de ventajas que lo hacen acreedor de un interés particular.

En la tabla 3.7 se relacionan las ventajas y desventajas del Sistema Alternativo de Mantenimiento, como vía para planificar las operaciones de asistencia técnica.

Tabla 3.7 Ventajas y desventajas del Sistema Alternativo de Mantenimiento, (SAM), como vía para planificar las operaciones de asistencia técnica.

Ventajas	Desventajas
Es un sistema flexible que puede asimilar cambios en la producción, permitiendo pasar un equipo de un sistema de mantenimiento a otro de acuerdo a sus cualidades y nueva función en un proceso de producción.	Se torna compleja e imprecisa la clasificación de los equipos según los criterios utilizados.
Permite su perfeccionamiento progresivo a partir de la acumulación de datos e información.	Requiere de cierta inversión inicial en recursos, medios e instrumentos para la aplicación del diagnóstico a los equipos seleccionados.
Permite el incremento de la producción y disminución de sus costos, debido a la reducción de la estadía de los equipos en mantenimiento y de la laboriosidad de las operaciones a realizar a los mismos.	Requiere de personal altamente calificado para las tareas de inspección y diagnóstico.
Permite mejorar la organización de la actividad del mantenimiento.	
Permite mejorar el estado técnico de los equipos, ya que a cada uno se le somete al tipo de mantenimiento más adecuado a sus características, complejidad técnica, importancia en el proceso de producción y condiciones de explotación.	

<p>En relación con el MPP, permite reducir la plantilla de trabajadores directos e indirectos a la actividad del mantenimiento, reducir los ciclos de mantenimiento y los gastos de piezas y otros insumos.</p>	
---	--

3.2.7. Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad. (RCM).

La mejor forma para definir éste método es recurrir a la definición que del mismo hace Anthony Smith como se explicó en el capítulo anterior, cuando plantea que: “Se trata de una filosofía de gestión del mantenimiento en la cual, un equipo multidisciplinario de trabajo se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema o equipo que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo para cada caso las actividades más efectivas de mantenimiento a aplicar en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema” Es decir, que se trata de un proceso para determinar qué se debe hacer en cada caso para asegurar que cualquier activo físico continúe cumpliendo sus funciones en un contexto operacional dado.

En la tabla 3.8 se relacionan las ventajas y desventajas fundamentales del Sistema de Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM).

Tabla 3.8. Ventajas y desventajas fundamentales del Sistema de Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM).

Ventajas	Desventajas
<p>Presupone siete preguntas claves sobre el equipo que ajustan el procedimiento a seguir en cada caso. Estas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuáles son las funciones del equipo en el contexto operativo?; • Qué es lo que causa cada falla funcional?; • De qué manera el equipo no logra cumplir sus funciones?; 	<p>El equipo se debe utilizar exactamente para lo que fue construido.</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Qué es lo que sucede cuando tiene lugar cada falla?; • Qué es lo que se puede hacer para prevenir cada falla?; • Qué hacer si no se puede encontrar una tarea proactiva conveniente para evitar la falla? 	
Asegura una mayor seguridad ambiental	Exige estudios especializados en ocasiones.
Asegura una mayor productividad y calidad del trabajo ejecutado.	Generalmente no se le busca explicación al fenómeno de la falla.
Garantiza una vida útil más larga al equipo.	Generalmente se soluciona la falla y no se busca una vía para prevenirla.
Promueve una mayor motivación de las personas involucradas en el proceso.	Generalmente no se busca una solución, a través de la implementación de una tarea proactiva conveniente.
Promueve la formación de un excelente equipo de trabajo.	Requiere el empleo de bases de datos amplias y comprensibles.

3.2.8. Mantenimiento Basado en la Categorización de las Máquinas.

Como se explicó anteriormente, el método se basa en una categorización previa del equipo, a partir de la cual, se toman las acciones precisas a seguir de acuerdo a la categoría asignada y ello es muy ventajoso, pues las acciones de mantenimiento a aplicar pueden ser tipificadas.

En la tabla 3.9 se señalan las ventajas y desventajas del método.

Tabla 3.9. Ventajas y desventajas del Mantenimiento Basado en la Categorización de las Máquinas.

Ventajas	Desventajas
La diferenciación y categorización de las máquinas permite definir la atención de mantenimiento a aplicar de acuerdo a sus características.	La categorización de las máquinas relaciona una gran cantidad de parámetros que no siempre se pueden determinar:

	Ambiente; comportamiento operacional precedente; calificación del operario; caracterización y exigencias del cliente al que se le presta servicio; valor de la hora de trabajo de la máquina.
La política de mantenimiento que se aplica a cada categoría ya está definida de ante mano, y ello facilita la toma de decisiones.	Para evaluar a cada parámetro se requiere de un grupo de expertos

3.2.9. Mantenimiento Basado en Riesgo. (MBR).

El Mantenimiento Basado en Riesgo (MBR), como ya fue explicado anteriormente, es una filosofía de mantenimiento que se usa sobre todo para plantas o equipos con procesos peligrosos que ya están cercanos o que han llegado al límite de su ciclo de vida, por tanto, no se ha generalizado su uso a otras áreas productivas incluyendo al sector agropecuario, de ahí que no se analicen en este estudio sus ventajas y desventajas para una posible aplicación al mismo.

3.3 Resultados del estudio para fundamentar y proponer una nueva forma de planificar y ejecutar las operaciones de asistencia técnica a la maquinaria agrícola en Cuba.

En correspondencia con lo planteado en la Introducción y la Revisión Bibliográfica del trabajo, el SPPMTRM se introdujo en Cuba alrededor de los años 60 para planificar y ejecutar las operaciones de asistencia técnica a la maquinaria agrícola.

Hasta la fecha, éste sistema en su esencia no ha experimentado cambio alguno y sin embargo, la introducción en la agricultura cubana de equipos y tecnologías cada vez más modernas y sofisticadas, así como la necesidad de reorganizar la explotación de las mismas y el trabajo en los talleres, indican la necesidad de estudiar ésta “filosofía” de trabajo para adecuarla a los enfoques modernos aplicados a los sistemas de mantenimiento a escala global.

En este sistema como ya se dijo, es obligatorio aceptar de manera rígida las recomendaciones dadas por los fabricantes para establecer la cantidad y tipo de operaciones de mantenimiento y/o reparación a ejecutar en sus equipos, así

como su periodicidad. Sin embargo, no se toma en consideración que ésta puede ser la solución más fácil, pero a la vez puede resultar ser la más irracional, ya que es evidente que el fabricante no puede conocer de ante mano en qué condiciones se explotaran sus equipos, y se obvia que las recomendaciones dadas son solo de obligatorio cumplimiento durante los períodos de garantía, y no necesariamente deben mantenerse durante la explotación.

Si se analiza el sistema tal cual se aplica y se representa en la figura 3.3, se llega a la conclusión de que entre las operaciones que concibe el mismo se encuentra el chequeo o diagnóstico técnico, sin embargo, para nadie es un secreto que durante la crisis económica de los años 90 (Período Especial), la base material del sistema se debilitó tanto que prácticamente desapareció el mantenimiento predictivo, por lo que el mantenimiento correctivo pasó a ser la principal estrategia para mantener la capacidad de trabajo de la técnica agrícola, cuestión que en la actualidad debe ser reconsiderada para cambiar en ella todo lo que deba ser cambiado, pues la situación del país es otra y las exigencias de las máquinas modernas con que se está equipando la agricultura cubana son otras.

Si se analiza el proceso tecnológico de reparación de las máquinas agrícolas por el método de reparación individual, que es el que comúnmente se utiliza en los talleres agropecuarios cubanos, figura 3.3, se podrá notar que en el mismo no aparece el diagnóstico técnico como una de las operaciones del proceso, por tanto, al no repararse sobre la base del diagnóstico, con frecuencia se realizan reparaciones generales a agregados que solo necesitan una reparación media o ninguna. Esto reduce la durabilidad de sus piezas en general al sustituirse por nuevas piezas que tal vez posean un recurso de trabajo residual capaz de trabajar hasta una próxima reparación, se elevan los costos y se gastan de manera innecesaria recursos materiales, humanos y de otros tipos.

En el esquema del proceso tecnológico, como se observa, aparece un paso llamado "Control y Selección", defectado, que no es precisamente la operación de diagnóstico a la que se hace referencia.

En este caso de lo que se trata es de determinar el estado técnico de piezas y partes de la máquina una vez desarmada la misma, utilizando para ello medios universales de medición como pueden ser el pie de Rey, el micrómetro, el uso de galgas, etc, por tanto, ya la máquina se desarmó en ese momento con el

correspondiente gasto de recursos materiales, humanos y de otros tipos que ello implica.

Para que esto no ocurra, en el taller debe existir el equipamiento necesario que permita conocer el estado técnico de la máquina en conjunto o de sus agregados fundamentales, sin proceder al desarme.

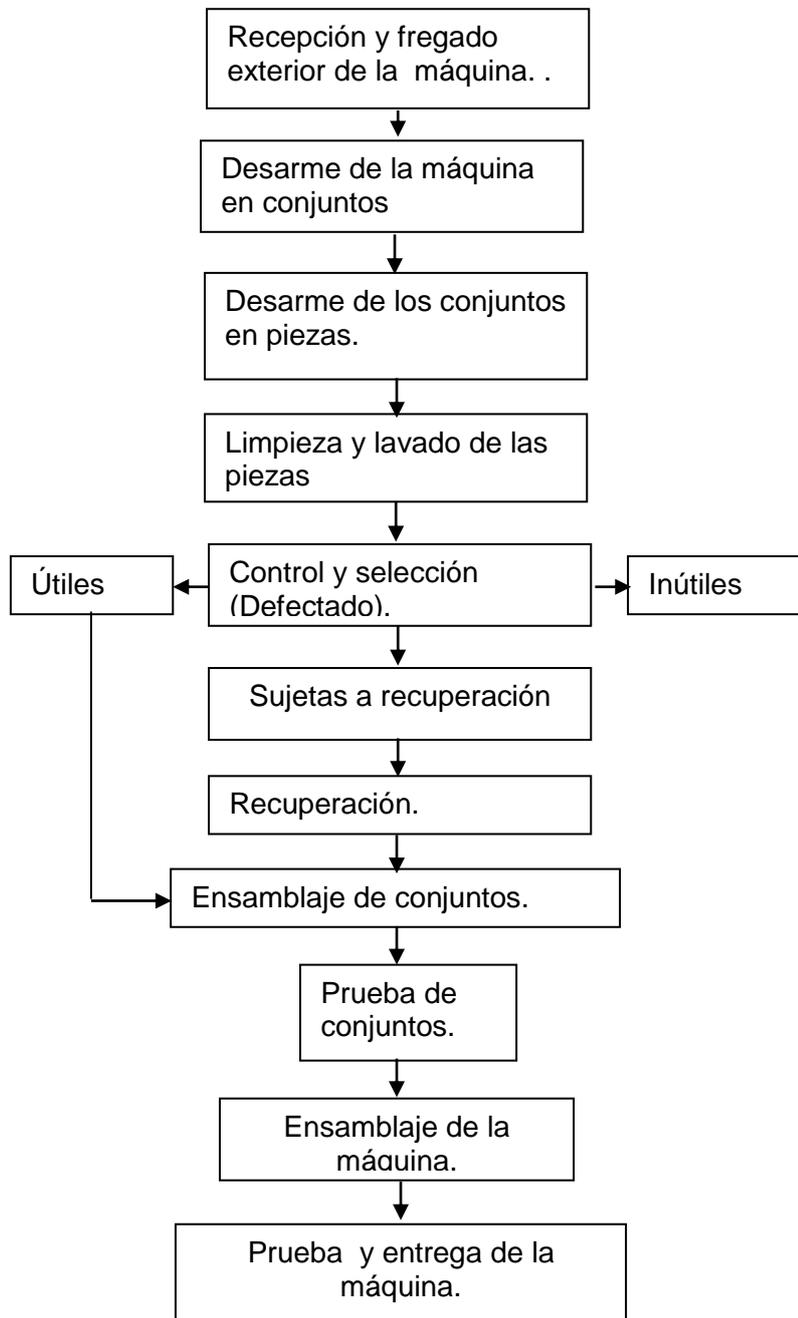


Figura 3.3. Proceso tecnológico de reparación por el método individual.

Los elementos anteriormente señalados, así como las limitaciones o insuficiencias del SPPMTR señaladas en el punto 3.1, fundamentan la necesidad de modificar la política de mantenimiento técnico y reparación aplicada en la actualidad a la

maquinaria agrícola en Cuba y pasar a un estadio superior en correspondencia con los últimos adelantos que sobre el tema existen a nivel internacional.

Sin embargo, es cierto que resulta difícil definir qué tipo de atención técnica requiere un sistema o elemento de máquina, o qué sistema de mantenimiento se debe aplicar en cada caso, aun cuando se hayan elaborado metodologías al respecto como la que se describe a continuación, elaborada por (Castillo, 2007).

Los criterios e indicaciones a tener en cuenta para la selección del método, según la metodología de referencia son los siguientes:

1.- Posibilidad de diagnóstico de los equipos. – Considera la existencia o no de alguna técnica racional para diagnosticar los mismos. Si existe, se estimula una acción de mantenimiento programada (preventiva o predictiva), en este caso predictiva.

2.- Nivel técnico del personal de mantenimiento. – Considera el nivel de preparación y formación técnica de éste personal. De ser elevado estimula la utilización del mantenimiento programado, ya que éste necesita de mayor nivel de preparación de los hombres para la ejecución, (estudios, investigaciones previas, utilización de equipos de mayor complejidad, serio cumplimiento de los programas de atención, etc.). De ser bajo, estimula el accionar correctivo.

3.- Consecuencia de la falla del sistema. – Se analiza si la falla ocasiona catástrofes u otras fallas importantes, o pérdidas económicas de consideración; si es así, desestimula el correctivo y estimula el programado.

4.- Grado de aparición de la falla – Considera el grado de ocurrencia de la falla del elemento, el cual puede incidir en la parada de la máquina y por tanto en el valor de la estadía. Para grados elevados de ocurrencia se desestimula el mantenimiento correctivo y se estimula el mantenimiento programado.

5.- Caracterización de la falla – En dependencia de las características de la falla, su complejidad para eliminarla y las consecuencias que ésta puede traer para el proceso productivo, se desestimula el mantenimiento correctivo y se estimula el mantenimiento programado.

6.- Existencia de reserva de máquinas o elementos paralelos. – En caso de que existan reservas, la falla no afectará a la producción, por ello, no se desestimula el mantenimiento correctivo y si se puede desestimular al mantenimiento programado debido a los costos en que se incurre con su frecuente accionar.

7.- Posibilidad de intercambio de sistemas o elementos. – Si el elemento que falla pertenece a un sistema o agregado que se atiende por el sistema de intercambio de agregados, esto facilita enormemente la solución y disminuye el tiempo y los costos del paro. Entonces se estimula el mantenimiento correctivo y se desestimula el mantenimiento programado.

8.- Características tecnológicas del arme, desarme, y ajuste del elemento y mecanismos. –Existen elementos (mecanismos), cuyo desarme y arme implican grandes afectaciones, desgastes intensos, peligros de rotura, deformaciones, etc. Por ejemplo uniones prensadas en frío, uniones roscadas en piezas de aluminio, uniones remachadas, soldaduras, etc.

En estos casos el accionar del mantenimiento programado puede motivar una frecuencia muy elevada de los procesos de desarme y ajuste, lo que no ocurrirá si se tratara del mantenimiento correctivo. Por ello, se estimulará este último y no el mantenimiento programado.

9.- Necesidades sistemáticas obligatorias de trabajos de lubricación y otros programados sobre el mecanismo a que pertenece el elemento.- En estos casos ya existe un accionar programado,(obligado por las indicaciones del fabricante),que a veces conlleva el paro de la máquina. En estos casos la inclusión de una actividad adicional programada no implica grandes inconvenientes. De esta forma se estimula el mantenimiento programado y no el mantenimiento correctivo.

10.- Tiempo medio de reparación del elemento. – Si el fallo implica el cambio de la pieza y la concepción es repararla y volver a utilizarla, entonces el tiempo medio de reparación juega un papel importante. Si es elevado se estimula el mantenimiento programado y no el mantenimiento correctivo, así, mientras la recuperación se ejecuta, se aprovecha el paro para la ejecución de otras acciones.

11.- Si la acción del mantenimiento programado eleva la productividad y/o la calidad del producto.- Hay acciones programadas sobre elementos o sistemas que tienen gran influencia sobre la productividad y eficiencia del equipo, así como sobre la calidad del producto que se elabora. Por ejemplo: ajustes y reglajes a piezas que soportan herramientas de corte, lubricaciones a transmisiones, a rodamientos, a superficies con movimiento relativo, etc. En estos casos se

estimula el mantenimiento programado y se desestimula el mantenimiento correctivo.

En forma resumida, para seleccionar uno u otro sistema según esta metodología, es necesario seguir la siguiente secuencia de pasos:

1) Diferenciar las máquinas y categorizarlas en: (Clase A, B y C): entendiéndose por clase, la importancia del equipo en el proceso (o servicio), dividiéndose en:

Clase A - Equipo cuya parada interrumpe el proceso (o servicio);

Clase B - Equipo que participa del proceso (o servicio), pero que su parada por algún tiempo no interrumpe la producción;

Clase C - Equipo que no participa del proceso (o servicio);

2) Dividir las en sus sistemas y elementos más importantes, tanto por su valor como por sus funciones.

3) Estudiar cada sistema para concluir sobre la conveniencia de aplicar el mantenimiento programado (preventivo, predictivo, o correctivo), de manera que se cumpla la política trazada para la asistencia a la máquina.

4) En los sistemas y elementos donde la atención debe ser programada, queda pendiente definir si será una acción predictiva, preventiva o de ambos tipos adecuadamente relacionadas. El resultado de una acción predictiva puede anular la ejecución de una preventiva prevista, o exigir una acción correctiva previa a la falla.

5) Los tipos de acciones para cada sistema se pueden seleccionar de las experiencias de mantenimiento, de las recomendaciones del fabricante, o por algunas normas estatales establecidas según sea el caso.

El análisis de la metodología indica que los criterios a tener en cuenta para la selección del método, fluctúan entre potenciar o minimizar el mantenimiento preventivo sobre el correctivo o viceversa y no trata del mantenimiento predictivo o de otras formas más modernas de planificar estas operaciones, por ello, en el trabajo se propone aplicar el **Mantenimiento Productivo Total** para pasar así del carácter obligatorio actualmente existente para ejecutar las operaciones de asistencia técnica una vez alcanzada una norma de elaboración dada por el equipo, al carácter necesario en correspondencia con el estado técnico real del mismo.

Las particularidades de éste sistema se explicaron detalladamente en el capítulo I del trabajo, por ello aquí solo se explica, qué se debe hacer para poder implementar el sistema.

Para ello es necesario que:

- Todo el personal del taller, (desde el director hasta el auxiliar de limpieza), se involucren en las operaciones de asistencia técnica y la hagan suya con sentido de responsabilidad y pertinencia.

Una vía para lograrlo puede ser vincular el salario de los obreros del taller a los resultados de la producción. Más producción más salario, menos producción menos salario.

- Se cree una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de equipos: (*Producción + Gestión de Equipos*).

Para ello es necesario el trabajo en equipos mediante grupos multidisciplinarios, donde se involucre al personal de la producción.

- Se implante un sistema de gestión que facilite la eliminación de las fallas durante el ciclo de vida del equipoantes que se produzcan. (*Cero Defectos, Cero Averías, Cero Accidentes*). Para ello los talleres deben ser equipados con equipos de diagnóstico.
- Se mantenga el mantenimiento preventivo como vía fundamental para alcanzar el objetivo de cero perdidas, pero con operaciones de mantenimiento basadas en el tiempo y en la condición, integradas en pequeños grupos de trabajo dentro del cual un papel fundamental lo desempeñe el operador, que es quien en verdad conoce el equipo. Mantenimiento autónomo.

Es decir, hay que lograr la combinación perfecta entre el trabajo y el mantenimiento a través del operador, que es quien conoce mejor que nadie su equipo y sabe cuándo es que el mismo necesita un mantenimiento, pues es capaz de detectarlo a través de (un ruido, aumento de la temperatura, por las lecturas de algún indicador, etc.) como ya se explicó.

Sin embargo, ya en el taller, la facilidad o dificultad para hacer las mediciones es tal vez el principal criterio que estimula o desestimula la selección del método de mantenimiento según la condición, es decir, aplicar el mantenimiento predictivo.

Generalmente se alega que para ello se necesitan instrumentos complejos de medición o de diagnóstico rara vez existentes en los talleres agropecuarios y esa es la razón por la cual la inercia tira hacia el SPPMTRM como única vía efectiva para la asistencia técnica a la maquinaria agrícola, aun conociéndose sus limitaciones.

Se subestiman por tanto técnicas comunes que no requieren de un equipamiento especializado, como por ejemplo:

Los sentidos humanos:

Tocar, ver, oler y oír, son actividades generalmente olvidadas cuando se escribe la lista de métodos para monitorear condiciones de operación.

Posiblemente esto ocurre porque estos sentidos siempre están presentes en nuestras acciones y se ignora que a veces una apreciación subjetiva, usando nuestros sentidos, puede dar lugar a un análisis objetivo y exhaustivo de un problema.

El decir, “No se ve muy bien”, es entonces muy importante. Esta ventaja del cuerpo humano se refleja en la gran variedad de parámetros que puede detectar: ruido, vibración, temperatura, luz y olores.

Técnicas ópticas:

Ya se ha mencionado el uso de la visión. Existe una amplia gama de técnicas que amplían la potencia del ojo humano. Se puede obtener amplificación extra por ejemplo con el uso de lupas o de otros instrumentos ópticos. El uso de equipamiento especializado se justifica solo si el objeto que se quiere inspeccionar no se encuentra accesible.

La amplificación puede lograrse además con el uso de microscopios de baja potencia, de los cuales existe una gran variedad portátiles que pueden ser muy valiosos para inspecciones in situ del deterioro de las superficies o para analizar por ejemplo virutas en los aceites.

Se pueden usar además cámaras de video o fotográficas, muy comunes en la actualidad.

Si el objeto que se va a inspeccionar se encuentra dentro de la máquina, se puede recurrir entonces a:

- Sondas, que son fuentes de luz flexibles y que pueden usarse en conjunto con espejos y varillas.

- Baroscopios, que son objetos especialmente diseñados para el trabajo de inspección. Consisten en un líquido o una fibra óptica con los que se ilumina y visualiza el objeto a inspeccionar. Pueden ser rígidos o flexibles, y tener diferentes opciones de cabezales de inspección. Además, pueden tener amplificación incorporada.

Técnicas térmicas:

La técnica de monitoreo por calor se puede emplear para medir fluidos en un sistema o para superficies de elementos mecánicos, por ejemplo, las cajas de velocidades, rodamientos, etc.

Para estas mediciones se utilizan dos tipos de sensores:

a) Sensores de contacto, que son aquellos que toman la temperatura del cuerpo con el cual están en contacto y luego la transmiten como si fuera la suya propia.

Algunos tipos de sensores son los siguientes:

- De expansión líquida con alcohol o mercurio en vidrio.
- De expansión bimetálica, que son muy robustos e inconvenientes para medir temperaturas en superficies.
- Pinturas, crayones y perdigones conforman un método simple de medición en superficies al cambiar de color o forma con la temperatura.
- Termocuplas. Son los dispositivos más pequeños y adaptables usados en detección térmica. Pueden ser usados con pequeños medidores portátiles, pero tienen el inconveniente de que no puede repetirse la medición por su pobre superficie de contacto.

b) Sensores sin contacto

La energía radiante desde un cuerpo varía con la temperatura absoluta del mismo y la emisión de la superficie de radiación de acuerdo con la ley de Boltzmann.

Esto permite deducir la temperatura de la superficie a partir de la energía radiante sin estar en contacto con ella. Para esto, se usan dos tipos de instrumentos:

- Pirómetros de radiación, los cuales se pueden seleccionar en una amplia gama de temperaturas; por ejemplo, 0 °C y 2.500 °C.
- Cámaras infrarrojas de rastreo, que despliegan la temperatura del cuerpo en forma directa.

Técnicas de vibraciones:

La medición de las vibraciones ha demostrado ser una técnica muy versátil y por ello se han desarrollado muchas formas de utilizarla para determinar las condiciones de la maquinaria. Su éxito depende de que sea un método muy preciso, simple de aplicar y no invasivo.

La técnica más simple utiliza la medición global de vibraciones con aceleración, velocidad y desplazamiento. Este método cuantifica la cantidad de vibración y la compara con normas preestablecidas y aceptadas.

Las medidas de aceleración son particularmente sensitivas a las altas frecuencias, por lo que son muy útiles para detectar fallas en rodamientos o en piñones de cajas de reducción de velocidad.

Las medidas de velocidad son muy útiles para la detección de fallas, tales como desbalance, desalineamientos y apoyos flojos.

El desplazamiento se utiliza para vibraciones de baja frecuencia y se utiliza en equipos de baja velocidad.

Las mediciones globales dan un grado de diagnóstico bueno, pero no son lo suficientemente específicas en la mayor parte de los problemas.

Por ejemplo, la vida de los rodamientos es aleatoria dentro de ciertos límites. Esto le provoca al ingeniero de mantenimiento un problema que puede resolver con determinada frecuencia a través del reemplazo.

Sin embargo, la aplicación de los métodos de medición de vibraciones para indicar daños en los mismos ha obtenido un gran desarrollo.

Estos métodos se concentran en la vibración de alta frecuencia que los elementos rodantes producen dentro del rodamiento.

La falla en los rodamientos generalmente comienza con la formación de defectos en la superficie. Este golpeteo por los defectos, produce residuos abrasivos que provocan desgaste interno en el rodamiento. Los impactos causados por los elementos rotatorios que colisionan con estos defectos producen vibraciones de muy alta frecuencia entre el rodamiento y su caja.

Se ha probado que el daño en los rodamientos puede detectarse en una etapa temprana, con lo que se evitan paradas inesperadas.

Los métodos desarrollados incluyen:

- Análisis de envolvente. La compleja señal de salida emitida por un rodamiento de bolas dañado se acondiciona y luego se filtra para eliminar cualquier dato

de vibración no deseado. El espectro resultante da una indicación bien clara de los problemas del rodamiento.

- “SOC pulse”. Los impactos causados por el daño en las bolas o rodillos producen impulsos de choque. Estos impulsos se detectan usando un transductor que se sintoniza a 32 kHz, mientras que la baja frecuencia proveniente de otras fuentes es desde luego filtrada.
- “Spikeenergy”. La señal de daño es medida en unidades “g” y es filtrada entre 5 y 50 kHz. La salida da una indicación de la condición de los rodamientos.
- “Kurtosis”. Es un método estadístico para obtener la condición de las bolas o rodillos, basado en la comparación entre la vibración elevada a la cuarta potencia y la vibración a la segunda potencia, ambas como su promedio.

Los analizadores de vibraciones pueden usarse para diagnosticar muchos tipos de defectos en la maquinaria. Su aplicación permite diferenciar entre los diferentes modos de falla.

Algunas de las fallas comúnmente detectables por esta técnica son:

- Desbalance: Produce un pico a la velocidad del eje;
- desalineamiento: Se produce típicamente a 1x, 2x y 3x de la velocidad del eje.
- Bases flojas: A menudo, a 1x ó 2x de la velocidad del eje;
- daños en rodamientos: Picos de frecuencia entre 2 kHz y 5 kHz, dependiendo de la velocidad del eje y de la resonancia del transductor;
- problemas eléctricos: Frecuencia sincrónica y bandas adyacentes;
- daño en piñones: La gama de frecuencias depende del número de dientes y de la velocidad del eje;
- daños en aspas: El número de aspas multiplicado por la velocidad del eje;
- eje fracturado: Típicamente, 2x y 3x de la velocidad del eje.

Como puede verse en la lista anterior, el análisis de las vibraciones es una herramienta muy poderosa en la detección de fallas.

Monitoreo de corriente:

La corriente de los motores eléctricos puede medirse utilizando muchos métodos muy conocidos. Entre estos se encuentran los siguientes:

- Graficación de la variación continua de la corriente con el tiempo.
- Graficación de picos de corriente.

Monitoreo de lubricantes:

Se puede monitorear la composición de los lubricantes para detectar la presencia de contaminantes o partículas abrasivas que puedan producir daños.

Monitoreo de la corrosión:

Los procedimientos convencionales de monitoreo de la corrosión se basan en el análisis visual, la detección de la pérdida de peso, la medición de resistencia eléctrica y la polinización lineal.

Para detectar la corrosión, se siguen numerosos métodos, entre ellos, inspección visual, ultrasonido, radiografía, inducción magnética y medición de corrientes parásitas.

No se puede perder de vista que el TPM es una técnica que promueve un sistema de trabajo donde están unidos por un mismo objetivo: el hombre, la máquina y la empresa. De esta manera, el trabajo de conservación de los medios de producción pasa a ser preocupación y acción de todos, desde el director hasta el operador a través del mantenimiento autónomo.

El mantenimiento autónomo al que se hizo referencia anteriormente, está basado en las "5S" y su objetivo es eliminar las "seis grandes pérdidas" a las cuales se hizo referencia en el punto 1.4 de la Revisión Bibliográfica.

Las nombradas "5S", son palabras que en japonés empiezan con la letra "S" y tienen los siguientes significados:

- **Seiri - Organización (utilización, selección)**

Separar las cosas necesarias de aquellas que son innecesarias, dando un destino adecuado a aquellas que dejaron de ser útiles. (Stocks innecesarios, artículos obsoletos, herramienta y útiles que no se usan, etc).

- **Seiton - Orden (sistematización, arreglo)**

Guardar las cosas necesarias de acuerdo con la facilidad de uso, considerando la frecuencia de utilización, el tipo y el peso del objeto, de acuerdo con una secuencia lógica ya practicada, o de fácil asimilación. Cuando se trata de ordenar las cosas, necesariamente el ambiente queda más arreglado, más agradable para el trabajo y por consecuencia, más productivo. La organización y el orden facilitarán mucho el control visual, que será importante en el Mantenimiento Autónomo.

- **Seiso - Limpieza (inspección, celo)**

Eliminar la suciedad inspeccionando para descubrir y atacar las fuentes de problemas. La limpieza debe ser encarada como una oportunidad de inspección y de reconocimiento del ambiente. Para esto, es de fundamental importancia, que la limpieza sea hecha por el propio usuario del ambiente, o por el operador de la máquina o equipo. La limpieza de los equipos y otros elementos del área de trabajo será la base en que se apoyará el Mantenimiento Autónomo.

- **Seiketsu - Aseo (estandarización, salud, perfeccionamiento)**

Conservar la higiene teniendo cuidado de que las etapas de organización, orden y limpieza ya alcanzadas no retrocedan. Esto es ejecutado a través de la estandarización de hábitos, normas y procedimientos.

- **Shitsuke - Disciplina (control de sí mismo, educación)**

Cumplir rigurosamente las normas y todo lo que se haya establecido por el grupo. La disciplina es una señal de respeto al prójimo.

Como se puede apreciar, las “5S” de una manera u otra estuvieron implícitas en su momento en los talleres declarados modelos, sin embargo, el período especial, el desabastecimiento, la indisciplina tecnológica y todos los fenómenos adversos que éste trajo para el país, hicieron que el movimiento desapareciera casi en su totalidad. Por ello hoy se hace necesario retomar el mismo y rescatar a la vez todo lo que en ese sentido ya se había avanzado.

Se hace necesario preparar a los recursos humanos a través de la capacitación continua y permanente, sobre todo, si se tiene en cuenta la diversidad de equipos que hoy el país importa desde diferentes partes del mundo y con diferentes tecnologías. **Se impone un cambio de mentalidad de todos.**

Hay que asegurar la calidad total en los procesos que se realizan, y disponer de los materiales y piezas necesarios en el momento justo, “Just in time”

En general, el TPM se sustenta sobre los siguientes pilares:

1. Mantenimiento Preventivo.
2. Mejoras individuales de los equipos.
3. Proyectos MP/LCC (Mantenimiento Preventivo/Costo de Ciclo de Vida)
4. Educación y Capacitación.
5. Mantenimiento de calidad.
6. Control administrativo.
7. Medio ambiente, seguridad e higiene del trabajo.
8. Mantenimiento autónomo.

Pero no se puede obviar que existen principios básicos para lograr cero defectos y revelar defectos ocultos:

Por ejemplo, los defectos pueden estar físicamente ocultos, pero ello puede ser a causa de:

- Una inspección y análisis defectuosos;
- ensamblajes defectuosos que dificultan la inspección;
- polvo y contaminación.

Pero además, los defectos pueden estar psicológicamente ocultos porque:

- Se ignoran conscientemente, aunque estén visibles;
- el problema se subestima;
- el problema se pasa por alto, aunque haya síntomas concretos visibles.

Para revelar y rectificar los defectos ocultos, es necesario parar el equipo a intervalos razonables de tiempo y realizar la inspección y el mantenimiento, pero teniendo en cuenta los cinco tipos de acciones necesarias para descubrirlos y tratarlos correctamente:

- Mantener las condiciones de trabajo básicas del equipo (limpieza, lubricación, apretado de tornillos, etc.);
- adherirse a las condiciones operativas;
- restaurar el deterioro;
- corregir las debilidades de diseño;
- mejorar las destrezas operativas y de mantenimiento.

Estas cinco actividades deben seguirse conscientemente.

El descuido de una de ellas puede desencadenar una avería inmediata, o un mal funcionamiento en el equipo de forma indirecta y oculta.

La raíz de las averías es el factor humano, los supuestos y creencias erróneas de los ingenieros, el personal de mantenimiento, y los operadores de los equipos.

Las averías no se podrán eliminar hasta que no cambien los supuestos y creencias, particularmente los que se refieren a la división tradicional del trabajo entre los departamentos de producción y mantenimiento.

Los operadores y el personal de mantenimiento deben llegar a un entendimiento mutuo y compartir la responsabilidad de los equipos. De hecho, todo el personal

relacionado con el equipo debe colaborar con el resto y comprender la misión de cada cual aunque los operadores si deben:

- Mantener las condiciones básicas del equipo, (limpieza, lubricación, fijación de pernos, etc.);
- mantener las condiciones operativas, (operación correcta e inspección visual;
- descubrir deterioros, principalmente a través de la inspección visual, y la pronta identificación de señales de anomalías durante la operación del equipo, preparación y ajuste, así como en inspección visual.

El personal de mantenimiento por su parte debe:

- Proporcionar el soporte técnico a las actividades autónomas de mantenimiento;
- restablecer la operatividad cuidadosa y precisamente utilizando inspecciones, supervisión de condiciones y repaso general;
- aclarar los estándares operativos localizando puntos débiles en los diseños y realizando mejoras apropiadas;
- intensificar la destreza de mantenimiento en lo que se refiere a chequeos, supervisiones de condiciones, inspecciones, y repaso general.

Para administrar de manera eficiente la gestión del mantenimiento según la propuesta, a continuación se sugieren indicaciones tomadas del sistema de Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO), que permiten lograr una mayor organización y control del proceso si para ello se controlan en carpetas independientes las siguientes secciones:



- Instalaciones: en esta sección se definen las instalaciones que componen el taller o equipo a mantener. Se les da un código, un nombre, una zona de ubicación, así como algunas características que la definan. También se les puede asignar desde esta sección el conjunto de trabajos de mantenimiento (llamados Gamas de trabajo), que se deben realizar periódicamente (preventivos planificados).



- Mano de obra: esta sección ayuda a controlar la mano de obra tanto propia como externa (contratas), teniendo el listado de todos aquellos operarios o entidades que colaboran. Se crea aquí un número de

operario (o de contrata), con su nombre y datos personales, así como un currículum resumido. Cuando queramos cargar determinada mano de obra a un trabajo en una instalación, usaremos una OT (orden de trabajo) y los datos de esta sección para que figure esa mano de obra empleada.



- Gamas: definen los trabajos a realizar en el mantenimiento preventivo. En cada gama aparece definido y organizado un conjunto de tareas a realizar, especificadas por técnicos que conocen bien la instalación o los equipos y saben dónde hay que actuar para prevenir los defectos y averías.



- OT: las OTs (órdenes de trabajo) son el documento propio de cada instalación a la que se cargan los trabajos, los conceptos y los gastos que se producen en cada intervención de mantenimiento en dicha instalación.

En la OT que se genera en cada intervención debe constar la mano de obra empleada operario por operario, el trabajo realizado, observaciones durante el trabajo y todos aquellos datos que deseemos formen el histórico de dicha instalación, para usar ese histórico en el análisis de cómo vala rentabilidad de los procesos.



- Planificación: se necesita planificar los trabajos preventivos en base a una frecuencia, (cada cierto número de días, de ciclos de trabajo, o de horas de funcionamiento), de modo que automáticamente se lancen al taller todas las OTs de mantenimiento preventivo que se deban hacer.

Esta sección se encarga de ordenamos, planificar y calcular, cuales son las instalaciones y las gamas que han cumplido el plazo marcado por la frecuencia asignada, y las lanza en papel para entregar a los técnicos que deben realizarlas. Una vez realizadas, vuelven rellenas con información que habrá que volcarse en la sección de OTs, y cerrar cada OT como finalizada, para que forme parte del histórico.



- Almacenes de repuestos: base de datos de todas las referencias de materiales que componen el conjunto de repuestos, con sus precios,

proveedores, cantidades, control de stock mínimo, creación de pedido, salidas y entradas de repuestos del almacén o almacenes, etc.



- Utilidades: base de datos que permite acceder a informes muy útiles para conocer la efectividad de las acciones de asistencia técnica.

Para implementar el método propuesto se recomienda vencer las siguientes etapas:

1. Etapa - Compromiso de la alta gerencia.
2. Etapa - Campaña de difusión del método.
3. Etapa -Definición del Comité de Coordinación y nombramiento de los responsables para la gestión del programa y formación de los grupos de trabajo.
4. Etapa - Política básica y metas.
5. Etapa - Plan piloto.
6. Etapa - Inicio de la implantación.
7. Etapa -"Kobetsu-Kaizen" para la obtención de la eficiencia en los equipos e instalaciones.
8. Etapa- Establecimiento del "Jishu-Hozen" (Mantenimiento Autónomo).
9. Etapa -Eficacia de los equipos por la ingeniería de producción (operación + mantenimiento).
- 10.Etapa -Establecimiento del sistema para la obtención de la eficiencia global en las áreas de administración.
- 11.Etapa -Establecimiento del sistema, buscando la promoción de condiciones ideales de seguridad, higiene y ambiente agradable de trabajo.
- 12.Etapa -Aplicación plena del TPM (ampliación a los demás equipos) e incremento de los respectivos niveles.

Conclusiones parciales:

Una eficiente administración del mantenimiento conduce a un sin número de ventajas cómo son:

- a) Reduce los paros imprevistos.
- b) Reduce las horas totales de paro del equipo.
- c) Mantiene las especificaciones técnicas de funcionamiento del equipo.

- d) Alarga la vida útil del equipo.
- e) Racionaliza el uso de la mano de obra de mantenimiento.
- f) Racionaliza el uso de repuestos.
- g) Reduce los costos totales de mantenimiento.
- h) Reduce el inventario de productos en proceso.
- i) Reduce el desperdicio de materia prima al mantenerse las especificaciones técnicas y al eliminarse las pérdidas de materiales que a veces ocurre como consecuencia de una falla.
- j) Mejora la calidad del producto o servicio, ya que se mantiene el equipo funcionando con las especificaciones técnicas requeridas.
- k) Reduce los costos de producción.
- l) Reduce el número de accidentes de trabajo, ya que con frecuencia los accidentes ocurren debido al mal estado de los equipos.

Pero para ello es necesario cambiar la mentalidad, adecuarse a los tiempos modernos y dejar de hacer las cosas como rígidamente nos indican los fabricantes, es necesario pasar cuanto antes a asistir técnicamente lo que deba ser asistido a través de un diagnóstico rápido y certero del verdadero estado del equipo al arribar al taller.

CONCLUSIONES.

El desarrollo del trabajo permitió arribar a las siguientes conclusiones:

1. Las principales ventajas del sistema utilizado en Cuba para brindar asistencia técnica a la maquinaria agrícola, radican en la posibilidad de prevenir las fallas y de manera planificada ejecutar las operaciones correspondientes. Sin embargo, las insuficiencias fundamentales conllevan a la ejecución de operaciones innecesarias, debiéndose a justar las mismas a lo que realmente el equipo necesita al arribar al taller.
2. El estudio de la esencia, ventajas y desventajas de otros métodos existentes para planificar la gestión del mantenimiento, permiten evaluar la efectividad de cada uno de ellos para adecuarlo a las condiciones de la agricultura cubana.
3. Al incorporarle al Sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM), los aspectos analizados de la Gestión del Mantenimiento de acuerdo a la condición (Predictivo) y del Sistema de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO), se obtiene un sistema que elimina las insuficiencias del SPPMTR vigente en Cuba, convirtiéndolo en un sistema verdaderamente competitivo.

RECOMENDACIONES.

1. Discutir con los organismos decisores la propuesta de modificación al (SPPMTRM) vigente en Cuba, y trabajar de manera conjunta para implementar la misma a escala piloto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, P. M.: "Mantenimiento y reparación a la maquinaria agrícola ", *Folleto de uso docente*: 2000.
- ALVARES, E.: "Tribología": 2002.
- AMANDOLA: 2016.
- BALLESTEROS, F.: "Gestión del CBM en el ámbito de la nueva norma sobre Asset Management ": 2016.
- CABRAL DE CARVALHO, N.: "Curso de postgrado": 1998.
- CASTILLO, A.: "Mantenimiento y reparación": 2007.
- CRUZ, G. M.: "Aplicación de técnicas de inteligencia artificial en el mantenimiento predictivo de aerogeneradores": 2002.
- DAQUINTA, G. A.: "Reparación de la maquinaria agrícola": 2008.
- GAMARA, T. J.: "Introducción a la gestión del mantenimiento y gestión de riesgo ": 2016.
- GARCIA, G. S.: "Ingeniería del mantenimiento. Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento ": 2012.
- GARCÍA, P. L.: "Mantenimiento, una estrategia dinámica. I parte", *Revista metalurgia y electricidad*, Abril, (588) 132-139: 1987.
- GOLMAN, G.: "El Mantenimiento Técnico": 2000.
- KNECEVIC, J.: "Mantenimiento": 2011.
- LIUDMILA, S.: "Sistemas de Mantenimiento Técnico y Reparaciones y su aplicación en la Agricultura", *Cie Téc Agr v.20 n.1*: 2011.
- MONSALVES, P.: "Mantenimiento centralizado en la confiabilidad": 2016.
- MOSQUERA, G.: "Las vibraciones mecánicas y su aplicación al mantenimiento predictivo": 2001.
- MOUBRAY, J.: "Estrategias del mantenimiento, un nuevo paradigma ": 2016.
- NAKAJIMA, S.: "Introduction to TPM": 1988.
- PETER, A.: "The Maintenance Engineering": 2016.
- PORTUONDO, P. M.: 2016.
- SHERIF, Y. S.: "Optimal Maintenance Models for Systems Subject to Failure - a Review, Naval Research Logistics Quarterly", 28: 47 - 74, 1981.
- SHKILIOVA, L.: "Gestión de mantenimiento, Apuntes para un curso de postgrado": 2010.
- TAVARES, L.: "Administración moderna de mantenimiento ": 2016.

TORRES, L. D.: "Mantenimiento, su-implementación y gestión": 2005.

WILLMOTT, P.: "Maintenance Engineering in Europe-the Scope for Collaborative Technology Transfer and Joint Venture", *Maintenance*, 4 No . 4: 10 - 13, 1989.

ZINEB, S. A.: " Monitoring and predictive maintenance: Modeling and analyze of fault latency": 2006.

ZWEIG, M.: "Gestión integrada de manteniminto (II)", *Revista de mantenimiento*: 1992.