

ARTÍCULO ORIGINAL

Propuesta de sistema de mantenimiento a los vehículos de transporte urbano y agrícola de una base de transporte de carga

Proposal of maintenance system to the vehicles of urban and agricultural transport of a base of load transport

Emilio Rodríguez Pérez¹, Carlos Manuel Bonet Borjas², Liyen Pérez Quiñones³

RESUMEN. El mantenimiento es una actividad propia de la Ingeniería que actualmente emplea multitud de recursos tales como sofisticados instrumentos de medida, potentes equipos informáticos, programas específicos. Cuando se cuenta con un adecuado sistema de mantenimiento, ya sea en una base de transporte urbano o agrícola se tiene una poderosa herramienta que ayuda en la obtención de ganancias en el proceso de producción de dicha entidad y además asegura el estado las características técnicas de los equipos que son explotados en la empresa. En este trabajo se proponen nuevos métodos de trabajo, metodologías, formatos para concebir nuevas cartas de mantenimiento diario, a la salida y a la llegada de cada viaje y formas para implantar e interrelacionar modernas filosofías de gestión del mantenimiento. Además se aplican técnicas matemáticas para validar resultados obtenidos por estudios cualitativos, las cuales brindaron valiosa información cuantitativa que permitió una eficaz toma de decisiones. Las mejores propuestas fueron implantadas ya en algunas empresas, mostrándose en la investigación después de haberse realizado un estudio técnico – económico como estas trajeron grandes beneficios económicos a dichas empresas, materializándose esto en considerables aumentos del coeficiente de disponibilidad técnica de la flota, así como estable funcionamiento de los vehículos durante su explotación.

Palabras clave: Ingeniería, filosofías, técnico – económico, gestión.

ABSTRACT. The maintenance is an activity characteristic of the Engineering that at the moment multitude of such resources uses as sophisticated measure instruments, computer potent teams, specific softwares. When it is had an appropriate maintenance system, either in a base of urban or agricultural transport one has a powerful tool that he/she helps in the obtaining of earnings in the process of production of this entity and it also assures the state the technical characteristics of the teams that are exploited in the company. In this work they intend new work methods, methodologies, formats to conceive new letters of daily maintenance, to the exit and the arrival of each trip and forms to implant and to interrelate modern philosophies of management of the maintenance. Mathematical techniques are also applied to validate results obtained by qualitative studies, which quantitative valuable information that allowed an effective one taking of decisions toasted. The proposed improvements were already implanted in some companies, being shown in the investigation after having been carried out a technical study. economic as these they brought economic big benefits to this companies, being materialized this in considerable increases of the coefficient of technical readiness of the fleet, as well as stable operation of the vehicles during their exploitation.

Keywords: Engineering, philosophies, technician, economic, management.

Recibido 24/03/12, aprobado 28/01/13, trabajo 25/13, artículo original.

¹ Ing., Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Mecánica, Centro de Estudios en Ingeniería del mantenimiento, Grupo de Ingeniería del Transporte, calle 114 #11901 entre 119 y 127, CUJAE, Marianao, La Habana, C.P.: 11 500, Cuba, E-✉: erodriguez@mecanica.cujae.edu.cu.

² M.Sc., Ing., Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Mecánica, Centro de Estudios en Ingeniería del mantenimiento, Grupo de Ingeniería del Transporte, CUJAE, Marianao, La Habana, Cuba.

³ Ing., Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Civil, Centro de Estudios de la Construcción y Arquitectura tropical, Grupo de Prevención y mitigación de desastres (PREMIDES), CUJAE, Marianao, La Habana, Cuba.

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

INTRODUCCIÓN

Al hablar acerca de cómo ha sido la historia del mantenimiento durante toda vida, es necesario referirse a dos aspectos fundamentales, uno de ellos es el aspecto técnico y el otro el económico.

El mantenimiento es una actividad propia de la Ingeniería que actualmente emplea multitud de recursos tales como sofisticados instrumentos de medida, potentes equipos informáticos, programas específicos, etc. Esto exige a los responsables de su gestión una formación multidisciplinaria en temas técnicos, económicos, estadísticos y de calidad entre otros, para conseguir una mejora continua de los planes y procesos de ejecución con vistas a alcanzar los valores óptimos de fiabilidad, disponibilidad, y seguridad. Estudios realizados recientemente, señala que el mantenimiento implica a toda la economía nacional de forma que representa un% del PIB. Esto da una idea de la importancia del mantenimiento como sector estratégico que da trabajo a multitud de profesionales, de todo tipo de calificación. (Castillo, 2008)

Más recientemente, la exigencia a que la industria está sometida de optimizar todos sus aspectos, tanto de calidad, como de cambio rápido de producto, conduce a la necesidad de analizar las mejoras que pueden ser introducidas en la gestión, tanto técnica como económica del mantenimiento. (Companioni, 2010)

Poco a poco la separación de ambas actividades fue ganando terreno en el mundo industrial y en la agricultura, sector tan importante en países con características similares a las nuestras, de una manera bastante rápida, provocando que se le atribuya al mantenimiento una evolución diferente de la actividad productiva.

En la década del 60 se desarrollaron las grandes industrias, lo que condujo a la búsqueda de la perfección en el trabajo y en el mantenimiento, esto fue posible gracias a la naciente industria de la electrónica que devino en la creación de las primeras máquinas computadoras. Esto posibilitó el desarrollo de técnicas de inspección basadas en las mediciones de parámetros que determinan el estado técnico de los equipos a partir de un análisis del comportamiento de estos que son denominados parámetros de diagnóstico.

Los parámetros de diagnóstico, se comparan con los rangos límites que se establecen previamente y de esta forma surge el mantenimiento predictivo que se generaliza con la llamada crisis energética.

El hecho de planificar y programar los trabajos de Mantenimiento a grandes volúmenes de equipos e instalaciones ha visto en la automatización una oportunidad de constantes mejoras, y la posibilidad de plasmar procedimientos cada día más complejos e interdependientes. (Améndola, 2007)

En forma general, en la industria y en la agricultura, los principales sistemas de mantenimiento y reparación que se han desarrollado para organizar, ejecutar y controlar sus acciones y responder a las exigencias durante años han sido: correctivo, preventivo y predictivo. A partir de la segunda mitad del siglo XX se aumentaron las exigencias y se amplía la gama de aspectos que deben garantizar el mantenimiento, lo que impulsó la aparición de las “nuevas filosofías”

de aplicación de los sistemas anteriores de mantenimiento, tales como Mantenimiento Productivo Total, Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad, Sistema Alternativo y otras. También están presentes estos sistemas para medios de transporte que cumplen con tareas de transportación tanto urbanas como de transportación de productos agrícolas (*Administración moderna de mantenimiento*, 2012; Navarrete *et al.*, 2000; Torres, 2005; Shkiliova y Fernández, 2011).

Que se disponga de un eficiente sistema de mantenimiento para los vehículos que transportan productos agrícolas es una importante herramienta para las entidades que laboran en este campo ya que por estadísticas mundiales se ha demostrado que una de las principales causas de accidentes es la falta de eficientes acciones de mantenimiento eficientes a esta técnica. (Karsky, 2000)

MÉTODOS

Existen otros métodos para el establecimiento de sistemas de mantenimiento, a continuación se propone uno, el cual sigue una secuencia de pasos lógicos y se considera sería el más apropiado para una base de transporte agrícola.

Pasos para establecer un nuevo sistema de mantenimiento:

- Previo conocimiento de tipos y filosofías de mantenimiento.
- Mundialmente se han generalizado tres filosofías de gestión del mantenimiento:
- Mantenimiento Centrado en la fiabilidad (RCM, Reliability Centered Maintenance).
- Mantenimiento proactivo o Análisis Causa Raíz (ACR).
- Mantenimiento Productivo Total (TPM, Total Productive Maintenance).
- Existiendo paralelamente a estas filosofías diversos tipos o políticas de mantenimiento:
- Sistema de mantenimiento Correctivo:

Consiste en intervenir con una acción de reparación cuando el fallo se ha producido, restituyéndole la capacidad de trabajo a la máquina. Concibe también acciones de limpieza y lubricación con carácter preventivo y acorde en general con recomendaciones y exigencias de los fabricantes. Las acciones de reparación se pueden clasificar en pequeñas, medias y generales.

El sistema correctivo era el más utilizado prácticamente hasta mediados del siglo XX Navarrete *et al.*, 2000; Torres, 2005; Shkiliova y Fernández, 2011).

Sistema de Mantenimiento Preventivo: Concibe la realización de intervenciones con carácter profiláctico según una programación con el objetivo de disminuir la cantidad de fallos aleatorios. No obstante, éstos no se eliminan totalmente. Con el accionar preventivo se introducen nuevos costos pero se reducen éstos en las reparaciones, las cuales disminuyen en cantidad y complejidad.

Son intervenciones típicas de este sistema la limpieza, los ajustes, los reaprietes, las regulaciones, la lubricación, los cambios de elementos utilizando el concepto de recurso asignado justificado convenientemente y hasta las propias reparaciones de cualquier tipo, siempre que sean planificadas previamente. (Torres, 2005; Shkiliova y Fernández, 2011).

Mantenimiento Predictivo: Consiste fundamentalmente en el monitoreo periódico de ciertos parámetros de operación de la máquina o instalaciones.

Se trata de un mantenimiento profiláctico pero que no descansa en el cumplimiento de una programación rígida de acciones como las mencionadas en el preventivo. Aquí lo que se programa y se cumple con obligación son las inspecciones, cuyo objetivo es la detección del estado técnico del sistema y la indicación sobre la conveniencia o no de realización de alguna acción correctora. También puede indicar el recurso remanente que le queda al sistema para llegar a su estado límite. Las inspecciones pueden ser programadas y ser cumplidas con cierta periodicidad (monitoreo discreto) o pueden ejecutarse de forma constante con aparatos situados perennemente sobre la máquina (monitoreo continuo). El monitoreo tiene la ventaja de indicar la ejecución de la acción correctora lo más cercana al estado límite del elemento o sistema aprovechándose al máximo su vida útil. Sin embargo no siempre es posible técnica y/o económicamente establecer el monitoreo continuo. Hay que tener en cuenta que la frecuencia de las tareas de Mantenimiento Predictivo no tiene nada que ver con la frecuencia de la falla y no tiene nada que ver con la criticidad del ítem. La frecuencia de cualquier forma de mantenimiento “a-condición-de” se basa en el hecho de que la mayoría de las fallas no ocurren repentinamente. Más bien ocurre que en muchos casos es posible detectar que la falla ha comenzado a ocurrir, durante los estadios finales del deterioro (*Mantenimiento centralizado en la confiabilidad*, 2011; Améndola, 2012;; Navarrete *et al.*, 2000; Torres, 2005; Shkiliova y Fernández, 2011).

Mantenimiento Alterno: Se utiliza el Método de los impactos para clasificar los vehículos y así combinar según dicha clasificación las antes referidas políticas de mantenimiento.

Clasificación de la industria: Según el análisis de parámetros seleccionados, se define qué sistema, tipo, o política de mantenimiento debe regir en el parque automotor de la entidad, en este caso pudiera ser una cooperativa con un parque automotor, un mercado agropecuario que también dispusiera de una flota de transporte.

Clasificación de las máquinas: Como fue mencionado previamente se utiliza el Método de los impactos para la clasificación de los vehículos que conforman el parque automotor. Este método plantea el análisis de dieciséis parámetros técnicos-económicos que en función de su importancia se categoriza en A, B o C.

Propuesta de políticas de mantenimiento: El objetivo del mantenimiento para máquinas categoría “A” es lograr la mayor disponibilidad al costo que sea necesario por lo que debe darse preferencia a la utilización del mantenimiento predictivo. Para máquinas categoría “B” se ejecuta una mayor cantidad de operaciones o gamas preventivas, en este caso más justificadas y con una frecuencia más baja, calculada esta vez por el método técnico-económico por lo que se utiliza el mantenimiento preventivo. Para el caso de

máquinas categoría “C” la frecuencia de las acciones de mantenimiento debe ser la más baja posible utilizándose el mantenimiento correctivo.

Cálculo de las periodicidades: Para el cálculo de las periodicidades de las acciones de mantenimiento existen diferentes alternativas y el uso de una u otra depende principalmente de la información que se tenga disponible, esto se traduce de la siguiente manera:

- Cuando no hay información sobre el comportamiento del sistema.
- Cuando se tiene información sobre la fiabilidad del sistema y de la máquina, así como la información económica relacionada con su comportamiento en las condiciones concretas de explotación.
- Para la resolución de estas incógnitas se tienen cuatro maneras fundamentales de proceder:
- Método de la productividad máxima.
- Método de la probabilidad de fallo máxima admisible.
- Método técnico-económico.
- Nivel de probabilidad de trabajo sin fallo.

Confección del gráfico: Se realiza principalmente con la intención de agrupar acciones cuyas periodicidades coincidan y así lograr un menor número de intervenciones.

Confección de las cartas de mantenimiento.

Luego de conocer las acciones que se acometerán en cada intervención y las periodicidades de las mismas, ello se plasma en documentos oficiales, que sirven de guía para la realización de los mantenimientos.

Determinar presupuesto: Se utiliza la metodología que plantea que el costo de la acción de mantenimiento tendrá relación con los costos directos e indirectos que intervienen en esta actividad.

Proponer filosofía de gestión de mantenimiento: Se persigue utilizar la combinación de las filosofías de la gestión de mantenimiento, con el objetivo de diseñar un sistema de mantenimiento de clase mundial.

Análisis técnico-económico: Para definir qué ciclo de mantenimiento (de los tres propuestos) es el más factible se realiza un análisis técnico-económico que consiste en la evaluación de los costos directos e indirectos. (Bonet, 2009)

$$C_{AMi} = (C_D + C_I) \quad (1)$$

donde:

C_D -costos directos;

C_I -costo indirecto.

Cálculo del costo directo:

$$C_D = S_B + S_C + S_{SS} + C_{MAT} + E + O_G \quad (2)$$

donde:

S_B -salario básico;

S_C -salario complementario;

S_{SS} -aporte a la seguridad social;

C_{MAT} -costo en materiales;

E -costo Servicios contratados;

O_G -otros gastos directos.

Cálculo del costo indirecto.

$$C_i = T_d \cdot S_B \tag{3}$$

donde:

C_i -costo indirecto.

T_d -taza de distribución de los costos indirectos.

$$T_d = \frac{\sum G_{IND.PERIODO}}{\sum S_{B.PERIODO}} \tag{4}$$

$\sum G_{IND.PERIODO}$ -gastos indirectos en el período analizado;
 $\sum S_{B.PERIODO}$ -salario básico en el período analizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología propuesta fue aplicada en una empresa transportista, cuyo parque de vehículo consistía en una numerosa flota de cuñas tractivas marca Freightliner con capacidad de carga de 35 toneladas.

Clasificación de la industria

TABLA 1. Resultados de la caracterización de la industria

Parámetros		Predictivo+ Preventivo	Predictivo	Preventivo	Correctivo
Según el tipo de producción.	Por lote				X
	Por línea de producción				
Grado de Automatización	No mecanizado		X		
	Mecanizado				
	Automatizado				
Régimen de trabajo	Continuo		X		
	Por Estaciones				
	Jornada Laboral				
Total			2		1

Como se puede apreciar según los parámetros analizados resulta que el parque de vehículos de la entidad debe tener un sistema de mantenimiento que sea la combinación del predictivo y el preventivo.

Clasificación de las máquinas

TABLA 2. Resultados de la categorización de las máquinas

Criterios	A	B	C
1-Intercambiabilidad		X	
2 -Importancia productiva		X	
3-Régimen de operación	X		
4 -Nivel de utilización	X		
5 -Parámetro principal		X	
6 -Mantenibilidad			X
7 -Conservabilidad			X
8 -Nivel de automatización		X	
9 -Valor de la Máquina			X
10-Factibilidad de aprovisionamiento			X
11-Seguridad operacional		X	
12-Afectación ecológica	X		
13-Diagnosticable		X	
Total	3	6	4

A consideración del especialista se analizaron trece de los dieciséis parámetros para la clasificación de las máquinas resultando que el parque de vehículos posee categoría B, por lo que le corresponde un sistema de mantenimiento preventivo con diagnóstico incorporado, estimulándose así la correlación predictivo + preventivo.

Técnica Delphi

Es de suma importancia destacar que el resultado obtenido utilizando el Método de los Impactos no es enteramente confiable, ya que este método considera todos los parámetros de igual forma o sea con idénticos valores, lo que no es real, debido a que bajo diferentes situaciones uno de los parámetros puede tener mayor importancia que otro, para hacer más confiable la clasificación y darle su justo valor a cada parámetro se utilizará la Técnica Delphi. (Bonet, 2000)

La técnica Delphi es un medio efectivo para construir consenso en un grupo, sin que los integrantes se reúnan físicamente. Desde su elaboración, hace más de 50 años, la técnica Delphi ha ganado amplia popularidad a través de las disciplinas científicas como técnica de investigación. Sin embargo, se constata que existe una falta de precisión en la forma de conducir este tipo de investigaciones Esta técnica se basa en la ponderación de criterios de expertos, los cuales dan valores a determinados aspectos. Para la realización de este trabajo se tomaron referencias de otros trabajos de diploma que junto con esta técnica aportarán una mayor veracidad a la investigación. (Cabero,2009)

Como pasos importantes de esta técnica se encuentran:

Definir el problema: Se realiza la ponderación de los criterios que intervienen en la diferenciación de las máquinas, para luego poder seleccionar el sistema de mantenimiento más adecuado.

Seleccionar expertos (E_{ij}): Se seleccionan doctores, ingenieros o técnicos que participen en la actividad. Se selec-

cionaron 12 expertos.

Definir criterios (C_{ij}): Se tomaran los 13 criterios para la diferenciación de las máquinas ya que el objeto social de la Sucursal es la Transportación y estos vehículos tienen una especial importancia.

Para la solución de las operaciones que plantea la técnica se utilizó el Microsoft Excel, lográndose facilitar estas y los resultados obtenidos se irán mostrando en diversas tablas.

Establecer ranking (X_{ij}): del 1 al 10

Calcular:

a) $\sum X_{ij}$

b) $\sum \sum X_{ij}$

Media:

c) $\bar{X}_{ij} = \frac{\sum \sum X_{ij}}{C_j}$

Desviación media:

d) $= \sum X_{ij} - \bar{X}_{ij}$

Cuadrado de la desviación media:

e) $T = (\sum X_{ij} - \bar{X}_{ij})^2$

Luego de la aplicación de estos pasos y de otros que pertenecen a la metodología de la técnica Delphi, se pudo llegar a la siguiente conclusión:

TABLA 3. Resultados de la aplicación de la técnica Delphi

Criterios	A	B	C
1-Intercambiabilidad		1,308	
2 -Importancia productiva		1,217	
3-Régimen de operación	0,925		
4 -Nivel de utilización	1,542		
5 -Parámetro principal		0,783	
6 -Mantenibilidad			0,625
7 -Conservabilidad			0,417
8 -Nivel de automatización		0,383	
9 -Valor de la Máquina			0,467
10-Factibilidad de aprovisionamiento			0,525
11-Seguridad operacional		0,592	
12-Afectación ecológica	0,600		
13-Diagnosticable		0,683	
Total	3,067	4,966	2,033

Como se puede constatar de los resultados obtenidos y de lo planteado anteriormente se propone que el sistema de mantenimiento que se adopte en la Sucursal sea el Preventivo Planificado con Diagnóstico incorporado.

Determinación de las periodicidades: Mediante estudios fiabilísticos, investigaciones realizadas anteriormente, criterios de especialistas, entre otros, se determinaron las nuevas periodicidades de cambio de piezas y agregados críticos en el

vehículo, siendo posible constatar que las siguientes que serán mencionadas pueden pasar a cambiarse de 15 000 kilómetros (siendo ésta la periodicidad del mantenimiento 1 en el sistema existente en la entidad) a 20 000 kilómetros (que será periodicidad de mantenimiento de la nueva propuesta)

1. Filtro de combustible
2. Filtro de agua
3. Filtros de aceite
4. Filtro de aire

Además se proponen nuevas operaciones que no estaban comprendidas dentro de la actividad de mantenimiento en la entidad e influyen positivamente en el estado técnico de los vehículos:

1. Limpieza del tanque combustible (Mantenimiento 3)
2. Rotación de neumáticos (Mantenimiento 2)
3. Chequeo del sensor del nivel del refrigerante (Mantenimiento 2)
4. Chequeo de la tapa del radiador (Mantenimiento 2)
5. Inspección y lubricación de las suspensiones y chequeo de los amortiguadores. (Mantenimiento 2)
6. Tramado de la dirección y alineación de los ejes. (Mantenimiento 3)

Confección del gráfico de mantenimiento: Luego de seguir toda una disciplina tecnológica y analizando todos los resultados anteriores se confeccionaron tres propuestas de gráficos de mantenimiento, tendiendo a ser el más factible el siguiente, ello será demostrado más tarde en el análisis económico.

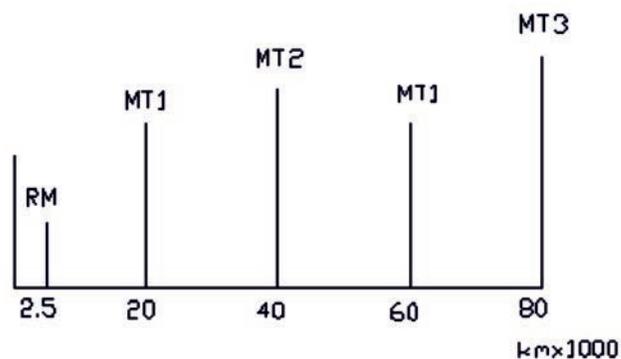


FIGURA 1. Primera propuesta de periodicidad de sistema de mantenimiento.

Confección de las cartas de mantenimiento: Una vez obtenidas las periodicidades de intervención y los gráficos de las mismas, se proponen modelos de cartas de mantenimiento para cada momento de explotación de los vehículos.

1. Carta de mantenimiento a la salida de cada viaje (es un similar al Mantenimiento Técnico Diario, la realiza el chofer en el parqueo).
2. Carta de mantenimiento a la llegada de cada viaje (es un similar a la Revisión Mecánica, la realiza el chofer y personal de mantenimiento en las vallas de Revisión Mecánica).
3. Cartas de Mantenimiento 1, Mantenimiento 2 y Mantenimiento 3 (la realiza el chofer y personal de mantenimiento en las vallas de mantenimientos).

Ya elaboradas las cartas de mantenimiento se cuenta con la documentación oficial para acometer de forma organizada

cada intervención en los vehículos.

Propuesta de la filosofía de gestión de mantenimiento:

1. En una empresa, planta o base transporte agrícola se pueden usar los distintos tipos y filosofías de mantenimiento, en aras de lograr una filosofía de gestión de mantenimiento que sea la interrelación de las filosofías más usadas mundialmente.
2. Categorizar las máquinas y aplicar los tipos de mantenimiento clásicos en dependencia de la categoría (Introducir el Mantenimiento Alternativo).
3. Garantizar la fiabilidad operacional de las máquinas más críticas e importantes (RCM).
4. Eliminar las causas de raíz que provocan el fallo (ACR o Proactivo).

5. Introducir el compromiso operador-mantenimiento-calidad-dirección en la fiabilidad en la máquina (TPM).

En las máquinas importantes dígame máquinas de categoría A, se emplearía la combinación del predictivo o un buen preventivo con el RCM, ACR y TPM. En las máquinas secundarias dígame máquinas de categoría B, se emplearía preventivo y en las C el correctivo pero siempre con la concepción del TPM. Esta combinación de alternativa es lo que se conoce como un mantenimiento de clase mundial.

Análisis técnico-económico: Después de realizar los cálculos correspondientes al análisis técnico económico se tiene que:

TABLA 4. Costo total de cada ciclo de mantenimiento

Ciclos	Cantidades de mantenimiento por ciclo	Estadía+Costo Total, CUC
Ciclo utilizado (MT3-90 000 km)	MT1(4), MT2(1), MT3(1)	1 201.19
Propuesta No.1 (MT3-80 000 km)	MT1(2), MT2(1), MT3(1)	955.19
Propuesta No.2 (MT3-120 000 km)	MT1(4), MT2(1), MT3(1)	1 256.09
Propuesta No.3 (MT3-120 000 km)	MT1(3), MT2(2), MT3(1)	1 332.97

Como se puede observar en este caso el ciclo más factible es la propuesta No. 1, en la cual el mantenimiento 1 se realiza a los 20 000 km, el mantenimiento 2, a los 40 000 km, a los 60 000 km se vuelve a realizar el mantenimiento 1 y a los 80 000 km, el mantenimiento 3.

Con esta nueva propuesta se logra un ahorro económico importante debido, principalmente a la disminución en el número de intervenciones del mantenimiento.

TABLA 5. Cálculo del ahorro económico, CUC

Ciclos	Cantidades de mantenimiento por ciclo	Ahorro que reporta, CUC
Propuesta No.1 (MT3-80 000 km)	MT1(2), MT2(1), MT3(1)	246.00
Propuesta No.2 (MT3-120 000 km)	MT1(4), MT2(1), MT3(1)	-54.90
Propuesta No.3 (MT3-120 000 km)	MT1(3), MT2(2), MT3(1)	-131.78

Para el caso particular de esta base de transporte que cuenta con 68 cuñas tractivas y un ahorro por cada cuña de 246.00 CUC, por concepto de mantenimiento, se logra un ahorro total en el parque de 16 728.00 CUC.

CONCLUSIONES

- Como se ha podido apreciar, el disponer de un eficiente sistema de mantenimiento trae beneficios tanto técnicos como económicos a la empresa que posea tantos equipos de transporte urbano o agrícola. Se puede constatar que en la empresa donde se desarrolló por primera vez esta investigación y se puso en práctica este proyecto se organizó completamente el sistema de mantenimiento a una flota de vehículos además de que quedó completamente organizado y con documentos regentes el sistema de mantenimiento. Combinándose tam-

bién con filosofías de mantenimiento utilizadas en el mundo las cuales convierten al nuevo sistema de mantenimiento en un sistema de mantenimiento de clase mundial. El ahorro económico se pudo apreciar en los resultados de la investigación y además se pusieron en práctica técnicas estadísticas y de ponderación para la validación de resultados obtenidos. Es importante destacar que el mantenimiento en flotas de transporte agrícola tiene una importancia extraordinaria ya que se ha demostrado por estadísticas mundiales que una de las principales causas de los accidentes de este tipo de flota se debe al deficiente mantenimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6. *Administración moderna de mantenimiento: Libro en edición magnética [en línea]. Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/>. [Consulta: septiembre 2012]*
7. AMÉNDOLA: [en línea] Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/> [Consulta: febrero 2012].
8. BONET, B. C. M.: *Estudio del sistema de mantenimiento de los equipos portuarios, Tesis (en opción al título de Master en Ingeniería del Mantenimiento, Ingeniería del Transporte)*, Facultad de Ingeniería Mecánica, CUJAE, La Habana., Cuba, 2000.
9. BONET, B. C. M.: *Fiabilidad aplicada al Transporte*, Facultad de Ingeniería Mecánica, Departamento de Ingeniería del Transporte, Ed. CUJAE, ISBN 978-959-261-335-5, La Habana, Cuba, 2009.

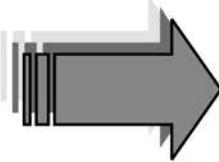
10. CABERO, J.: "La aplicación de la técnica Delphi", EDUTEC, *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 2009,
11. CASTILLO A.O.: *Gestión del mantenimiento*, Facultad de Ingeniería Mecánica, Ed. CUJAE, La Habana, Cuba, 2008.
12. COMPANIONI, O.: *Evaluación del Sistema de Reparación y Mantenimiento de vehículos en la empresa MCV Servicios S.A., Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Mecánico)*, Facultad de Ingeniería Mecánica, Ingeniería del Transporte, CUJAE, La Habana, Cuba, 2010.
13. KARSKY, T.: *Transporte de equipo agrícola en la carretera: previniendo accidentes en los caminos públicos [en línea]*, Disponible en: <http://www.cals.uidaho.edu/agsafety/fsafe05s.pdf> [Consulta: septiembre 2012]
14. *Mantenimiento centralizado en la confiabilidad, pdf [en línea]*, Disponible en: <http://www.mantenimientoplanificado.com>. [Consulta: octubre 2012]
15. MOUBRAY, J. RCM 2: *Estrategias del mantenimiento, un nuevo paradigma [en línea]*, Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/notas/RcmIntro.asp> [Consulta: diciembre 2011].
16. NAVARRETE, P. E.; O. TRETO; J.A. RODRIGUEZ y E. HERNANDEZ: *Gestión e Ingeniería Integral de mantenimiento*, Libro en edición magnética, Instituto Superior Politécnico José. A. Echevarría (ISPJAE), Ed. CUJAE, La Habana, Cuba, 2000.
17. SHKILIOVA, L. y M. FERNÁNDEZ: "Sistemas de Mantenimiento Técnico y Reparaciones y su aplicación en la Agricultura", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(1): 72-77, 2011.
18. TORRES, L. D.: *Mantenimiento, Su implementación y gestión*, ISBN 987-9406-81-8, Segunda Edición Universitas, Argentina, 2005.



CENTRO DE MECANIZACIÓN AGROPECUARIA

LABORATORIO DE OLEOHIDRÁULICA

SERVICIOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS

- 
- Descontaminación de aceites oleohidráulicos
 - Fabricación de equipos portátiles de filtraje de aceites
 - Recuperación (emboquillado) y fabricación de mangueras
 - Diagnóstico y evaluación de circuitos oleohidráulicos y sus componentes
 - Cursos y entrenamientos de posgrado

Solicitudes de ofertas a:

M.Sc. Héctor de las Cuevas Milán
Centro de Mecanización Agropecuaria
Autopista Nacional y Carretera de Tapaste. km 23, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Apdo. 18-19
Tel.: (53)(47) 864346
E_mail: hector@isch.edu.cu