



## Quality Management System by improving the Maintenance Branch Company TRANSTUR Camaguey

Edry García Cisneros<sup>1</sup>, Alain Ricote Paumier<sup>2</sup>, Tirso Lorenzo Reyes Carvajal<sup>3</sup>, Roxana Pérez Ramírez<sup>4</sup>, Ricardo Wilson da Cruz<sup>5</sup>

Drs. <sup>1,5</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior de Tecnología, Universidad del Estado de Amazonas, Manaus.(  
edry1961cu@gmail.com; rwcruz@gmail.com)

Dr. <sup>3</sup>Instituto e Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM). Avenida Joaquim Nabuco, No. 1950. CEP: 69005-080.  
Manaus. Amazonas.( tirsolrca@gmail.com)

<sup>2,4</sup>Universidad de Camagüey, Circunvalación Norte Km 5 ½, Cuba; <sup>2</sup> Universidad de Camagüey, Circunvalación Norte Km 5 ½,  
Cuba; <sup>3</sup> Universidad de Camagüey, Circunvalación Norte Km 5 ½, Cuba.(alain.ricote@reduc.edu.cu; roxana.perez@reduc.edu.cu)

### ABSTRACT

Maintenance tasks done regularly to all the methods of transportation ensure greater efficiency in transport operations in Cuba. The maintenance done here is generally done as planned preventative although this activity doesn't always guarantee the best results. This paper describes the results of the improvements utilized in the maintenance system of TRANSTUR Branch Company achieving the improved quality of the transport means and the internal processes, using techniques centered in achieving a reliable form of technical maintenance. This analysis enabled a methodology to implement a maintenance program centered in reliability. Thus changes its program Planned Preventive Maintenance, making it more efficient. The redesign of the maintenance function in this state can reduce maintenance workload without affecting the availability of equipment, maintaining reliability in the process of exploitation thereof.

**Keywords:** Improvement, Maintenance, Reliability.

## Evaluación del Sistema de Mantenimiento de la Empresa Sucursal TRANSTUR Camaguey

### RESUMEN

Las empresas de transporte turístico por lo general sirven como complemento para facilitar el desplazamiento de los turistas. Su creación surge a través de la motivación para implementar nuevos servicios que demandaban los nuevos mercados. La necesidad del crecimiento en el sector impulsó la factibilidad del funcionamiento de estas empresas.

En dichas empresas las tareas de mantenimiento a los medios de transporte aseguran en gran medida la adecuada explotación de los mismos y con ello garantizan mayor eficiencia en la explotación del transporte. En Cuba el mantenimiento generalmente usado es el preventivo planificado que, aunque permite esta actividad no siempre garantiza los mejores resultados.

En el presente trabajo se exponen el resultado del perfeccionamiento del sistema de mantenimiento de la Empresa Sucursal TRANSTUR logrando la mejora de la calidad del medio de transporte y de los procesos internos de la entidad, utilizando elementos del mantenimiento centrado en la fiabilidad de los procesos del Mantenimiento Técnico aplicado a los medios de transporte. Este análisis posibilitó la aplicación de una metodología, para aplicar un programa de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, con el cual se modifica su Programa de Mantenimiento Preventivo Planificado, haciéndolo más eficiente.

El rediseño de la función Mantenimiento en esta entidad permite disminuir la carga del trabajo de Mantenimiento, sin afectar la disponibilidad de los equipos, conservando la confiabilidad en el proceso de explotación de los mismos.

**Palabras clave:** Perfeccionamiento, Mantenimiento, Fiabilidad.

### I. INTRODUCCIÓN

En sus comienzos el desarrollo del transporte se vio impulsado básicamente por intereses militares, administrativos y

de negocios, ya que encontraba su principal justificación en transportar bienes y productos generalmente dentro del propio país, con fines comerciales bélicos o gubernamentales.

El siglo XX trajo consigo una importancia cada vez mayor en el transporte a motor por carretera y de transporte aéreo.

Respecto al desarrollo del primero su impacto completo no se sintió hasta pasada la II Guerra Mundial, a partir de los años 50 en los que el Automóvil empezó a ser accesible a un amplio segmento de la población y se convirtió en un medio de transporte necesario para cualquier persona.

Con la aparición de nuevos medios de transporte más rápidos, cómodos y seguros determinó el crecimiento del turismo, de esta forma nuevas rutas y medios de transporte para acceder a ellos, los cuales a través del sistema de mantenimiento que se le aplican se pueden alcanzar mayor rendimiento en el trabajo de los mismos.

En los tiempos actuales, actividades como el Mantenimiento tienen una importancia capital, es por ello, que sus objetivos deben ser manejados con criterio económico y estar encausados al ahorro de los costos en general, si se tiene en cuenta el monto asignado para su ejecución, o si se realiza un análisis del costo que provoca su incorrecta o su no ejecución. La introducción cada vez más acelerada de nuevas tecnologías, permite la producción a altísimos niveles. Junto a ello la tecnología utilizada en la producción se ha convertido en un factor de alto nivel y confiabilidad. Esta tecnología lleva implícito un alto costo, el cual debe evitarse, alcance niveles aún mayores y esto se logrará cuando el costo de mantenimiento, como parte fundamental del valor añadido de una empresa, disminuya, sin dejar de garantizar la disponibilidad de los activos productivos.

El surgimiento y aplicación del Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP), data de comienzos de la década del 50, y con diversos refinamientos su uso perdura hasta nuestros días. Como estrategia de Mantenimiento, el MPP se basa en revisiones, inspecciones, cambios y ajustes, realizados a unas ciertas frecuencias, sobre los diferentes equipos de un proceso productivo, con el fin de asegurar su condición operativa adecuada, minimizando el riesgo de ocurrencia de correctivos emergentes [1]. El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad ó RCM por sus siglas en Inglés, surgió en la tercera generación del Mantenimiento, es decir a comienzos de los años 80, y su aplicación ha venido en ascenso, bien sea en Plantas nuevas o como un complemento y evolución del MPP. A diferencia del MPP, el objetivo del RCM no es conservar la condición operativa de los equipos, sino garantizar que el equipo cumpla la función o funciones para las cuales ha sido introducido en un proceso productivo, es decir, el RCM se centra en garantizar la máxima Confiabilidad de un proceso/equipo, entendiendo la Confiabilidad como la probabilidad de que un equipo no falle durante su operación, es decir el RCM determina el estado crítico de los equipos de cualquier proceso y, basado en esa información [2].

El estudio se le realizó a la empresa Sucursal TRANSTUR Camagüey, tiene como misión fundamental, ser la líder de transporte turístico en el territorio, por la profesionalidad, confiabilidad y calidad en los servicios de transportación y aseguramiento técnico, con un parque de equipos y una capacidad

instalada apta para satisfacer las demandas de quienes prefieren ser sus clientes y garantizar la calidad en sus servicios. A pesar de los resultados obtenidos en esta actividad y en la misma medida que se han introducido en el país nuevas tecnologías, se ha producido un proceso de ajuste a las nuevas necesidades que demanda el mercado. En base al mejoramiento de los servicios, la eficiencia económica, la rentabilidad y la protección del medio ambiente, se subraya la importancia de una acertada gestión de mantenimiento en el transporte que constituye ser uno de los pilares que sustentan el desarrollo socioeconómico de cualquier país [3].

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### II.1 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO

Los procesos técnicos en todas las ramas de la economía de un país van acompañados por una cantidad considerable de objetos técnicos que se encuentran en explotación. La eficiencia del empleo de estos últimos, depende en gran medida, de los gastos invertidos en los trabajos y medios para la explotación, mantenimiento y reparaciones de los mismos. Un objeto técnico, es aquel que está sometido a cálculos, análisis, experimentos, e investigación en el proceso de su proyección, fabricación, explotación, mantenimiento, reparación, conservación y transportación con el objetivo de garantizar la efectividad de su designación funcional [4].

La capacidad de trabajo de cualquier objeto técnico se puede expresar a través del comportamiento de los índices de fiabilidad, que no es más que la propiedad del objeto de cumplir las funciones encomendadas conservando sus índices de explotación o utilización en los límites establecidos, durante un intervalo de tiempo determinado o en todo su período de utilización, realizando una labor en regímenes y condiciones de explotación dadas [5] [6]. Con el desarrollo acelerado de la técnica moderna, en los últimos años se ha agudizado en gran medida el problema de la fiabilidad o mejor dicho de la seguridad de los sistemas técnicos. La misma constituye uno de los problemas fundamentales en las construcciones de las máquinas o maquinarias y en la ingeniería en general. Se puede denominar también como el parámetro más importante de la calidad, en unión de la durabilidad y tecnología específica de explotación para un sistema o equipo tecnológico dado [6].

Una mayor exigencia en la calidad de un producto determinado viene dado en la función a la cual está destinado. Además debe señalarse que en la industria moderna una de las principales causas que acentúan la atención al problema de la fiabilidad, es el crecimiento de la complejidad de los sistemas técnicos y de un mayor número de sus elementos [7] [8]. La falta de fiabilidad explica la frecuencia elevada de averías e incidencias. Estas últimas en el funcionamiento de las máquinas pueden presentar múltiples aspectos. Se trata a veces de insuficiencias en la concepción de las máquinas y a menudo del modo cómo se utilizan. Teniendo esto en cuenta, se llega al problema que toda empresa enfrenta hoy en día, el diseño de un sistema de

mantenimiento que permita mantener la fiabilidad y productividad de las instalaciones, máquinas, equipos entre otros.

## II.2 PROGRAMA DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación se desarrolló según la siguiente secuencia:

- a) Determinación de la empresa donde se realizara la investigación.

La empresa debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Importancia socioeconómica.
- Objeto social en correspondencia con la esfera del mantenimiento automotor.
- Existencia de un parque automotor que demande la aplicación de sistemas de mantenimiento.

- b) Determinación del tipo de mantenimiento utilizado en la empresa.

A partir de la determinación del tipo de mantenimiento que se utiliza se debe puntualizar la estrategia de solución o medidas de mejoramiento.

- c) Determinación de la muestra objeto de estudio. La selección de la muestra se realiza según la expresión:

$$n_{teo} = \frac{\ln(1 - \alpha_1)}{\ln R(t)_{min}} \quad (1)$$

- d) Fijación del período de observación y elementos a considerar de la muestra.

Deben realizarse las observaciones necesarias que aseguren la fiabilidad de los resultados y los elementos que aseguren la calidad de la información que después será usada en los cálculos de los diferentes índices de fiabilidad.

- e) Procedimientos estadísticos para el tratamiento de los datos.
- f) Calcular y evaluar los diferentes indicadores de la fiabilidad.
- g) Propuesta de medidas para el perfeccionamiento del sistema de mantenimiento.
- h) Evaluación económica de los resultados.  
Evaluación del impacto Medio Ambiental.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### III.1 DETERMINACIÓN DE LA EMPRESA DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN

Se seleccionó la sucursal de Transtur de Camagüey porque esta empresa consta de un elevado parque de transporte automotor, parque que procede de la casa matriz que se encuentra en la Capital del país; las acciones de mantenimiento que se

realizan, se llevan a cabo siguiendo la recomendación de un equipo de especialistas procedentes de la misma, utilizando como criterio fundamental los kilómetros recorridos por el vehículo.

El parque de vehículos de esta entidad está compuesto por 198 autos ligeros de variada procedencia, se destacan por su mayor cantidad los del modelo Accent marca Hyundai.

### III.2 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MANTENIMIENTO UTILIZADO EN LA EMPRESA

Esta empresa utiliza el Mantenimiento Preventivo Planificado. La planificación del mismo se realiza a partir de los kilómetros recorridos, es decir, se realiza el primer mantenimiento a los 5 000 Km, procediendo al cambio del aceite y filtro del motor. Después, cada 5 000 Km se realizan las revisiones técnicas, cumpliendo el ciclo de mantenimiento cada 10 000 Km que se clasifican en pequeño, mediano y general, este último se realiza a los 90 000 Km.

### III.3 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA OBJETO DE ESTUDIO

Para la realización del estudio se seleccionó una muestra por la siguiente expresión:

$$n_{teo} = \frac{\ln(1 - \alpha_1)}{\ln R(t)_{min}}$$

y se determinó realizarle la prueba a 45 vehículos de la marca Hyundai modelo Accent.

### III.4 FIJACIÓN DEL PERÍODO DE OBSERVACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra seleccionada fue observada durante 269 días, que comprende desde el día 7 de enero hasta el día 22 de noviembre del 2010. Los elementos a tener en cuenta en la investigación son: tipos de vehículos, procedencia, recorrido medio, horas de trabajo del motor, tipos de mantenimientos realizados en el período; así como tipos de roturas o averías, tiempos de fallas y tiempos de reparación.

De los 45 vehículos observados 21 presentaron desperfectos de complejidad variada, mientras que 24 se mantuvieron aptos.

- Tiempo de trabajo planificado: 2152 h.
- Período de estudio días: 269
- Vehículo objeto de estudio: Hyundai Accent

En este caso se observó, en la documentación existente en el taller, la información sobre los procedimientos tecnológicos establecidos para los procesos de mantenimiento de la técnica. Se pudo establecer que los cambios periódicos de aceite, la inspección de su estado, el cambio de filtro, el cambio de bobina, de neumáticos, la inspección de los mecanismos de la dirección, la inspección de los frenos, de las bombas y los elementos

electrónicos que se les realizan a los medios de transporte al entrar al taller, se hacen basados en el recorrido por Km.

### III.5 PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS PARA EL TRATAMIENTO DE LOS DATOS

En el procesamiento estadístico de los datos, así como para la recogida de información primaria de la sucursal, se utilizó el programa Microsoft Excel y fueron calculados, además, los diferentes índices de fiabilidad según las expresiones descritas anteriormente.

### III.6 CÁLCULO Y EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES INDICADORES DE LA FIABILIDAD

#### Resumen de datos.

$\Delta t = 2152$  h. Intervalo de tiempo de prueba.

$Nl = 24$ , cantidad de vehículos en buen estado al final de las pruebas.

$No = 45$ , cantidad de vehículos al principio de la prueba.

$\sum t_{oi} = 100$  h. Sumatoria del tiempo promedio de trabajo de cada vehículo hasta que surja la primera falla. Debido a las particularidades de la explotación de estos medios, trabajan como servicio de renta a turistas (se asume que el tiempo medio de trabajo es de 8 horas).

$n(t) = 22$ , cantidad de objetos que fallaron al cabo del período de tiempo.

$N(\Delta t) = 24$ , cantidad de vehículos con capacidad de trabajo en el intervalo de tiempo ( $\Delta t$ ).

$\Gamma = 95$ , por ciento de vehículos que alcanzan el trayecto de ( $T \Gamma$ ).

$\sum t_{bi} = 850$  h. tiempo o volumen de trabajo invertido en detectar y eliminar la falla.

$M = 68$ , cantidad de fallas que son eliminadas.

$\sum t_i = 4500$ h, sumatoria promedio de la cantidad de horas trabajadas por cada vehículo en el intervalo  $\Delta t$ .

$T_{mt} = 3,8$ h, tiempo adicional de parada debido a los mantenimientos planificados y no planificados. No se consideran las paradas por motivos organizativos.

$T_{rep} = 22,5$ h, tiempo adicional de parada por reparaciones planificadas y no planificadas.

$T_p = 2920$  h, tiempo programado de funcionamiento para cada vehículo.

$T_i = 355$  h, tiempo de inactividad por falla.

### III.7 PARÁMETROS E INDICADORES A CALCULAR

$P(t)$  - Probabilidad de los vehículos de trabajar sin falla.

$T_o$  -Tiempo de trabajo medio hasta la falla de los vehículos.

$W(t)$  - Flujo de falla de los vehículos.

$P(T \Gamma)$  - Probabilidad de que los vehículos alcancen el tiempo ( $T \Gamma$ ).

$T_b$  - Tiempo medio de restablecimiento de la capacidad de trabajo de los vehículos.

$T_s$  - Tiempo o volumen de trabajo promedio hasta la falla de los vehículos.

$K_d$  - Coeficiente de disponibilidad de los vehículos.

$K_{ut}$  - Coeficiente de utilización técnica o de aprovechamiento técnico de los vehículos.

$K_{do}$  - Coeficiente de disponibilidad operativa de los vehículos.

$D$  - Disponibilidad de los vehículos.

### IV. CÁLCULOS.

Se calcularon los indicadores de fiabilidad para diagnosticar si el mantenimiento empleado (MPP) respondía técnica y económicamente a la situación actual de la empresa y a la del país.

IV.1 CALCULO DE  $P(T)$  PARA EL SISTEMA DE SEGURIDAD DEL VEHÍCULO, PARA EL RESTO DE LOS ELEMENTOS Y PARA EL VEHÍCULO EN GENERAL.

$$P(t) = \frac{No - \sum n(t)}{No} \quad (2)$$

IV.1.1 Para el sistema de seguridad del vehículo

$$P(t)_{Sist.-Seg.}$$

Se determinaron como sistema de seguridad del vehículo aquellos elementos que más fallas tuvieron en el período de observación: **Frenos, dirección y neumático.**

IV.1.2 Objetos con fallas para el sistema de seguridad del vehículo:

- 7 en los frenos.
- 3 en el mecanismo de dirección.
- 2 en los neumáticos.

$$P(t)_{Sist.-Seg.} = \frac{No - \sum n(t)_{Sist.-Seg.}}{No}$$

$$P(t)_{Sist.-Seg.} = 0,73$$

**Donde:**

$\sum n(t)_{Sist.-Seg.}$  - Objetos con fallas en el sistema de dirección.

El resultado indica que el valor está por debajo del rango teórico, que es de (0,85 – 0,90), se le debe prestar especial atención a la regulación de la dirección, al sistema de frenos de pastillas (revisando el estado técnico del disco de freno), al llenado adecuado del líquido de frenos así como la eliminación de salideros y tupiciones en el sistema de tuberías de frenos. En el caso de los neumáticos se debe revisar la presión de inflado y el estado técnico de los neumáticos. **Ver Figura 1.**

IV.1.3 Para el resto de los elementos del vehículo

$$P(t)_{Res.Elem.}$$

Se determinaron, como elementos restantes de los vehículos, aquellos que más fallaron durante el período de observación: **Bobina y alternador.**

Objetos con fallas para el resto de los elementos del vehículo:

- 4 en la bobina y el alternador.
- 6 en las bujías.

$$P(t)_{Re s.Elem.} = \frac{No - \sum n(t)_{Re s.Elem.}}{No}$$

$$P(t)_{Re s.Elem.} = 0,77$$

**Donde:**

$\sum n(t)_{Re s.Elem.}$  - Objetos con fallas para el resto de los elementos.

El resultado indica que existen demasiadas fallas en los elementos de los vehículos estudiados, lo que hace que la probabilidad de trabajo sin fallas dé un valor muy por debajo del rango teórico, por lo cual se le debe prestar atención a la limpieza de las bujías y al sistema eléctrico. Ver Figura 1.

IV.1.4 Para el vehículo en general

$$P(t)_{Veh.Gral.}$$

Objetos con fallas para el vehículo en general:

➤ 22

$$P(t)_{Veh.Gral.} = \frac{No - \sum n(t)_{V.G.}}{No}$$

$$P(t)_{Veh.Gral.} = 0,51$$

**Donde:**

$\sum n(t)_{Veh.Gral.}$  - Objetos con fallas para el vehículo en general.

Este resultado indica que la probabilidad de trabajo sin falla de la muestra tomada en el período determinado, está por debajo del rango establecido; por lo tanto, es bajo y se pudiera mejorar si se aplican elementos del mantenimiento centrado en la

confiabilidad que aseguren la fiabilidad de los elementos que más fallan en el proceso de explotación, lo que posibilitaría incrementar este valor. Ver Figura 1 e 2.

Probabilidad de trabajo sin fallas P(t)

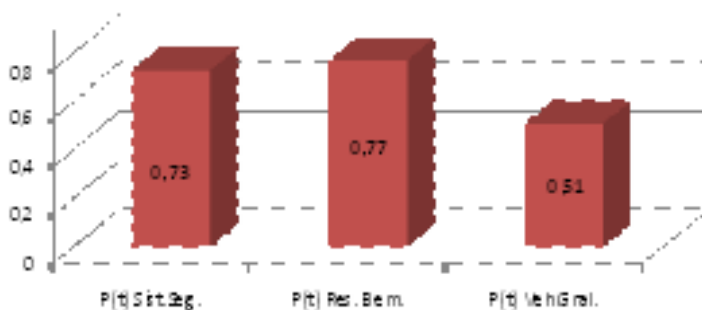


Figura 1- Probabilidad de trabajo sin fallas. Fuente: Autores, (2016).

Probabilidad de la falla Q(t)

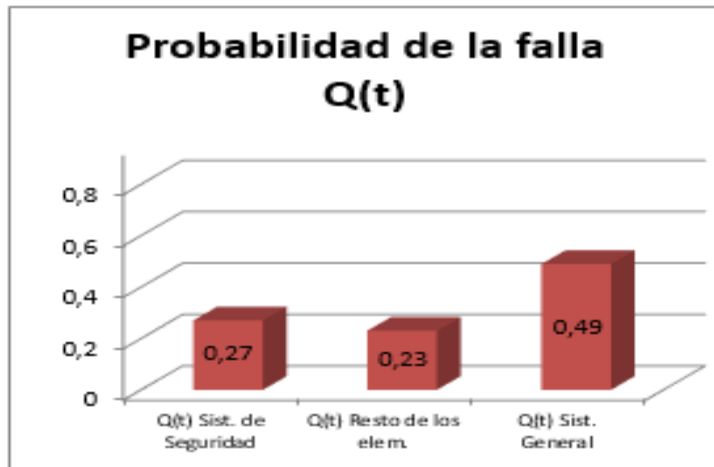


Figura 2 - Probabilidad de trabajo sin fallas. Fuente: Autores, (2016).

V. CALCULÓ LA PROBABILIDAD DE LA FALLA Q(T) TANTO PARA EL SISTEMA DE SEGURIDAD COMO PARA EL RESTO DE LOS ELEMENTOS DEL VEHÍCULO

$$Q(t) = 1 - P(t) \tag{3}$$

V.1 PARA EL SISTEMA DE SEGURIDAD DEL VEHÍCULO

$$Q(t)_{Sist.Seg.}$$

$$Q(t)_{Sist.Seg.} = 1 - P(t)_{Sist.Seg.}$$

$$Q(t)_{Sist.Seg.} = 0,27$$

V.2 PARA EL RESTO DE LOS ELEMENTOS DEL VEHÍCULO

$$Q(t)_{Res.Elem.}$$

$$Q(t)_{Re s.Elem.} = 1 - P(t)_{Re s.Elem.}$$

$$Q(t)_{Re s.Elem.} = 0,23$$

V.3 PARA EL VEHÍCULO EN GENERAL

$$Q(t)_{Veh.Gral.}$$

$$Q(t)_{Veh.Gral.} = 1 - P(t)_{Veh.Gral.}$$

$$Q(t)_{Veh.Gral.} = 0,49$$

VI. TIEMPO MEDIO HASTA LA FALLA DE LOS VEHÍCULOS  $t_o$

$$t_o = \frac{\sum_{i=1}^{N_o} t_{oi}}{N_o} \quad (4)$$

$$t_o = 2,2h$$

**Donde:**

$\sum t_{oi}$  - Sumatoria del tiempo promedio de trabajo de cada vehículo hasta que surja la primera falla.

$N_o$  - Cantidad de vehículos al principio de la prueba.

VII. FLUJO DE LA FALLA  $W(T)$  DE LOS VEHÍCULOS

$$W(t) = \frac{n(t)}{N(\Delta t)} \quad (5)$$

$$W(t) = 0,92$$

**Donde:**

$N(t)$  - Cantidad de objetos que fallaron al cabo del período de tiempo

$N(\Delta t)$  - Cantidad de vehículos con capacidad de trabajo en el intervalo de tiempo ( $\Delta t$ ).

VIII. PROBABILIDAD DE DURABILIDAD  $P(T_T)$  TANTO PARA EL SISTEMA DE SEGURIDAD, COMO PARA EL RESTO DE LOS ELEMENTOS Y EL VEHÍCULO EN GENERAL

$$P(T_T) = \frac{\Gamma}{100} \% \quad (5)$$

**Donde:**

$P(T_T)$  - Probabilidad de obtener la durabilidad.

$\Gamma$  - Por ciento de vehículos (elementos).

VIII.1. PARA EL SISTEMA DE SEGURIDAD

$$P(T_T) = \frac{\Gamma}{100}$$

$$P(T_T) = 0,95$$

VIII.2. PARA EL RESTO DE LOS ELEMENTOS

$$P(T_T) = \frac{\Gamma}{100}$$

$$P(T_T) = 0,90$$

IX. TIEMPO MEDIO DE RESTABLECIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE TRABAJO DE LOS VEHÍCULOS  $T_b$ .

$$T_b = \frac{\sum_{i=1}^m t_{bi}}{m} \quad (6)$$

$$T_b = 12,5h$$

**Donde:**

$\sum t_{bi}$  - Tiempo o volumen de trabajo invertido en detectar y eliminar la falla.

$m$  - Cantidad de fallas que son eliminadas.

#### X. TIEMPO O VOLUMEN DE TRABAJO PROMEDIO HASTA LA FALLA DE LOS VEHÍCULOS $T_s$ .

$$T_s = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{N_o} \quad (7)$$

$$T_s = 100h = t_{oi}$$

**Donde:**

$\sum ti$  - Sumatoria promedio de la cantidad de horas trabajadas por cada vehículo en el intervalo  $\Delta t$ .

$N_o$  - Cantidad de vehículos al principio de la prueba.

#### XI. COEFICIENTE DE DISPONIBILIDAD DE LOS VEHÍCULOS $K_d$

$$K_d = \frac{T_s}{T_s + T_b} \quad (8)$$

$K_d = 0,88$  Está por debajo del rango teórico (0,90 – 0,95)

#### XII. COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN TÉCNICA O DE APROVECHAMIENTO TÉCNICO DE LOS VEHÍCULOS $K_{ut}$

$$K_{ut} = \frac{T_s}{T_s + T_{mt} + T_{rep}} \quad (9)$$

$K_{ut} = 0,79$  Está por debajo del rango teórico (0,85 – 0,90)

**Donde:**

$T_{mt}$  -Tiempo adicional de parada debido a los mantenimientos planificados y no planificados. No se consideran las paradas por motivos organizativos.

$T_{rep}$  - Tiempo adicional de parada por reparaciones planificadas y no planificadas.

#### XIII. COEFICIENTE DE DISPONIBILIDAD OPERATIVA DE LOS VEHÍCULOS $K_{do}$

$$K_{do} = K_d \times P(t)_{Veh.Gral} \quad (10)$$

$K_{do} = 0,45$  Está por debajo del rango teórico (0,85 – 0,90)

#### XIV. DISPONIBILIDAD DE LOS VEHÍCULOS $D$

$$D = \frac{T_p - T_i}{T_p} \quad (11)$$

$$D = 0,87$$

**Donde:**

$T_p$  - Tiempo programado de funcionamiento para cada vehículo.

$T_i$  - Tiempo de inactividad por falla.

*Coefficientes y Disponibilidad de los vehículos*

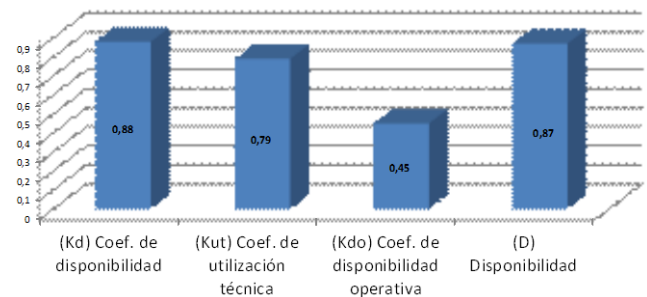


Figura 3 - Coeficientes y Disponibilidad de los vehículos.  
Fuente: Autores, (2016).

#### XV. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados demuestran que existen deficiencias al obtenerse valores de los diferentes coeficientes, por debajo de los rangos establecidos al respecto, afectando así la gestión turística de la empresa. Estos valores surgen debido a la negativa incidencia que ocasionan las pérdidas de tiempo, que se originan de las paradas por los mantenimientos planificados y no planificados; así como por el tiempo perdido adicionalmente por reparaciones planificadas y no planificadas.

En el caso de la probabilidad de trabajo sin fallas  $P(t)$  es de 0,73 para el sistema de seguridad del vehículo, este valor está inferior al rango (0,90–0,95); de la misma manera está el coeficiente que tiene en cuenta a los restantes elementos, que ocupó un valor de 0,77. Por su parte la probabilidad de trabajo sin fallas de los vehículos, en general, ocupó un bajo valor de 0,51 debido a la negativa incidencia de las roturas de otros elementos y agregados de importancia, como por ejemplo: correas planas del motor y salideros de combustibles debido a desperfectos de las mangueras fundamentalmente.

El coeficiente de disponibilidad técnica ( $K_d$ ) referente a la funcionabilidad de los vehículos es 0,88 para un 88%, siendo el rango óptimo entre un 90 – 95 %, esto demuestra que los tiempos de restablecimiento de la capacidad de los vehículos son elevados,

debido a que existen deficiencias al detectar la falla ocurrida por no tener un diagnóstico previo de las posibles fallas en los diferentes sistemas.

El coeficiente de aprovechamiento técnico (Kut) de los vehículos en explotación es de 0,79 para un 79 %. Este valor está por debajo del rango ideal, que oscila entre el 85 – 90 % y el resultado indica que el aprovechamiento de las potencialidades técnicas de los vehículos es muy baja.

El coeficiente de disponibilidad operativa (Kdo) ocupó un valor de 0,45 para sólo un 45 %, lo cual indica que la disponibilidad operativa de los vehículos está por debajo del rango óptimo, debido a la salida de explotación de vehículos en el período y a la poca probabilidad de trabajo sin falla por las causas anteriormente descritas.

A su vez, la disponibilidad del vehículo (D) es de solamente 0,87 para un 87 % indicando que los vehículos no están disponibles en todo momento para su explotación por lo que se vio afectada la calidad del producto y por tanto, la gestión turística de la empresa.

#### XV.1 ACCIONES A IMPLEMENTAR EN LA SUCURSAL TRANSTUR CAMAGÜEY PARA PERFECCIONAR EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO.

Los procedimientos que permiten la implementación efectiva del MCC, con el objetivo de perfeccionar el sistema vigente de mantenimiento y para lograr una mayor gestión turística en esta empresa y una mayor calidad en los servicios, deben estar en correspondencia con la práctica mundial para este tipo de actividad. Es por ello que se propone la siguiente secuencia:

1. Estudio y Preparación.
2. Preparación del personal.
3. Definición y selección de sistemas.
4. Análisis funcional de las fallas.
5. Selección de los elementos críticos.
6. Preguntas básicas.
7. Determinación de los intervalos de mantenimientos.
8. Implantación de recomendaciones.
9. Seguimiento de resultados.
10. Discusión y análisis de los resultados obtenidos.

La base técnica material (BTM) para implementar técnicas de diagnóstico, conocer el estado técnico del conjunto y del subconjunto, y de esta forma aplicar un MCC, debe ser la siguiente:

#### Para el motor

- ✓ Compresímetro (Medir la compresión en el cilindro)
- ✓ Multímetro digital (comprobación de todo el sistema de encendido del motor).
- ✓ Vacuómetro para medir vacío.
- ✓ Comprobador de bujías.

- ✓ Un analizador de gases de escape.

#### Para frenos

- ✓ Medidor de presión de alto rango (100bar).
- ✓ Indicador de carátula.
- ✓ Dinamómetro para medir el ajuste del rodamiento del cubo de rueda.

#### Neumáticos

- ✓ Balanceamiento del neumático estático y dinámico.
- ✓ El medidor de presión de aire de los neumáticos.

#### Para la dirección

- ✓ Planta de alinear la dirección.

1. Estudio y Preparación: Este consiste en definir con precisión los objetivos que se persiguen con la propuesta de implantación. Aquí se establece el cronograma y se identifican los recursos necesarios; de ahí su importancia, pues permite decidir si es factible o no su aplicación. Este paso debe ser analizado principalmente por la directiva de la empresa.
2. Preparación del personal: Si se determina factible el proyecto, el siguiente paso debería ser cambiar la visión tradicional del mantenimiento. Sería recomendable comenzar por transmitir una adecuada preparación socio-cultural y tecnológica de la actividad de mantenimiento a todo el personal que, de una u otra forma, toma parte en el proceso. Una buena herramienta en esta actividad sería la orientación de seminarios y debates, donde se expondrían las nuevas expectativas y los logros alcanzados por otras industrias a nivel mundial con la aplicación de esta forma de mantenimiento.
3. Definición y selección de sistemas: Para ello primero se selecciona a qué nivel se aplicará el MCC, basado en las limitantes que este presenta, para una industria en general y en este caso, en particular, debido a las condiciones existentes en la empresa.
4. Análisis funcional de las fallas: Ya definido donde se aplicará el MCC se procede a definir e identificar las funciones de los equipos y de sus componentes. Para ello el MCC se basa en identificar tres aspectos:
  - ✓ Identificar y describir las funciones y el criterio de ejecución de los vehículos.
  - ✓ Describir los requerimientos y condiciones de operación de los vehículos.
  - ✓ Identificar cómo pueden fallar las funciones de dichos equipos.
5. Selección de los elementos críticos: Este punto permite fundamentar las filosofías del MCC, al aplicar el análisis y las actividades de mantenimiento solo a estos componentes



seleccionados como crítico. Este punto permite reducir las actividades de mantenimiento que, como se sabe, consumen un buen nivel de recursos y evita caer en un mantenimiento excesivo.

Para la selección de los elementos críticos se tienen en cuenta 3 aspectos fundamentales:

- ❖ Severidad.
- ❖ Frecuencia de ocurrencia del fallo.
- ❖ Costo de adquisición y/o reparación.

Para facilitar el trabajo con los elementos críticos, los mismos se desglosan por subsistemas críticos, en este caso los subsistemas analizados como críticos fueron: **Frenos y Sistema de dirección.**

6. Preguntas básicas: Se recoge toda la información necesaria para crear una base de datos a través de las siguientes preguntas:
  - a) ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento del activo en su contexto de operación actual?
  - b) ¿De qué forma puede fallar?
  - c) ¿Qué causa que falle?
  - d) ¿Qué sucede cuando falla?
  - e) ¿Qué ocurre si falla?
  - f) ¿Qué se puede hacer para prevenir las fallas?
  - g) ¿Saber qué hacer si no existe ninguna tarea proactiva factible?
7. Determinar los intervalos de mantenimientos: Para este punto se debe tener en cuenta la técnica del MCC de agrupar las tareas de mantenimiento, con el objetivo de minimizar, lo mayor posible, el tiempo dedicado a este trabajo. Este punto muestra la optimización del MCC sobre el MPP.
8. Implantación de recomendaciones: Aquí es donde se dan los últimos criterios, se establecen las recomendaciones finales del plan MCC implantado. Se establecen planes de mantenimiento y se realiza un programa de seguimiento y actualización.
9. Seguimiento de resultados: Permite evaluar la eficacia del programa implantado.
10. Discutir y analizar los resultados obtenidos: Punto donde se resume la conclusión de la implementación y se abren nuevas expectativas, se analizan los logros alcanzados (si fueron alcanzados).

Esta propuesta de MCC tiene como ventaja que puede ser aplicada a cualquier empresa, industria, fábrica; pues de antemano ofrece la posibilidad de saber si será factible o no llevarla a cabo.

## XV.2 VENTAJAS DEL PERFECCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA TRANSTUR CAMAGÜEY

El estudio del sistema de mantenimiento actual de la Sucursal Transtur Camagüey y las acciones a aplicar del sistema de MCC en la empresa, contribuirán a obtener grandes ventajas en la calidad del producto que la empresa oferta, alcanzando distintos valores en los diferentes indicadores que la empresa debe medir en el momento del análisis de su sistema de mantenimiento.

Desglosándose de la siguiente manera:

- ✓ Disminución del tiempo o volumen de trabajo invertido en detectar y eliminar la falla. ( $\sum tbi$ )
- ✓ Disminución del tiempo adicional de parada debido a los mantenimientos planificados y no planificados. ( $Tmt$ )
- ✓ Disminución del tiempo adicional de parada por reparaciones planificadas y no planificadas. ( $Trep$ )
- ✓ Disminución del tiempo de inactividad por falla. ( $Ti$ )
- ✓ Disminución del tiempo medio de restablecimiento de la capacidad de trabajo de los vehículos. ( $Tb$ )
- ✓ Aumentaría la sumatoria promedio de la cantidad de horas trabajadas por cada vehículo en el intervalo  $\Delta t$ . ( $\sum ti$ )
- ✓ Aumentaría el tiempo programado de funcionamiento para cada vehículo. ( $Tp$ )
- ✓ Aumentaría la probabilidad de trabajo sin fallas. [ $P(t)$ ]
- ✓ Aumentaría el coeficiente de disponibilidad de los vehículos. ( $Kd$ )
- ✓ Aumentaría el coeficiente de utilización técnica o de aprovechamiento técnico de los vehículos. ( $Kut$ )
- ✓ Aumentaría el coeficiente de disponibilidad operativa de los vehículos. ( $Kdo$ )
- ✓ Aumentaría la disponibilidad de los vehículos. ( $D$ )
- ✓ Disminuiría la probabilidad de la falla. [ $Q(t)$ ]
- ✓ Se obtendrían mejores resultados económicos al disminuir las pérdidas que se obtuvieron durante el tiempo abarcado para el estudio, alcanzando valores por 80 000 CUC entre los 45 vehículos muestreados, lo que representa el 23 % del parque automotriz de la empresa, el cual podría disminuirse si se implementa el perfeccionamiento del sistema de mantenimiento para contribuir a la calidad del servicio y del producto que ofrece la empresa.
- ✓ Disminuiría la destrucción del medio ambiente.

## XVI. CONCLUSIONES

Al término de este trabajo se llegaron a las conclusiones siguientes:

1. El perfeccionamiento del sistema de mantenimiento en la Sucursal Transtur Camagüey, mediante la propuesta de un procedimiento para la implementación del MCC, constituye ahora una herramienta de trabajo que permite mejorar los procesos del mantenimiento técnico aplicados a los vehículos y a la vez la gestión turística de la empresa.

2. El cálculo de los indicadores de fiabilidad al parque de vehículos en el período analizado permitió determinar los elementos críticos y en consecuencia proponer acciones del MCC.
3. El estudio de este sistema para su implementación permitirá explotar a mayor cabalidad el parque de vehículos de la empresa y a su vez alargar la vida útil de los mismos, logrando una mayor calidad en el producto que oferta la empresa al mercado turístico.
4. El estudio realizado aporta una documentación técnica actual con un amplio marco referencial para la correcta toma de decisiones, aspecto este fundamental para la formulación de los planes estratégicos de mantenimiento de los vehículos.

## XVII. AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento o a la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Amazonas (FAPEAM) así como al Consejo Nacional de Investigación y Desarrollo de Brasil (CNPq) por su apoyo técnico y financiero en el desarrollo de esta investigación. A los directivos y obreros de la empresa de ómnibus urbano de la ciudad de Manaus donde se desarrolló la investigación por su apoyo durante todo el período de la investigación. A la dirección de la EST y de la UEA por su apoyo en la investigación.

## XVIII. REFERENCIAS

- [1] Ahumada, G. (2001). **La función del mantenimiento y las nuevas tecnologías**, Iberdrola Ingeniería y Consultoría. Barcelona: España.
- [2] Amándola., L. (2004). **Fiabilidad en la gestión de proyectos de mantenimiento**. Valencia: Universidad Politécnica.
- [3] Anidos., M. and (2004.). **Mantenimiento, Seguridad y Medio Ambiente**. Barcelona: España.
- [4] Jazov, V. F. D., V.A. (1986). **Manual de cálculo de la fiabilidad de las máquinas en estadía del proyecto**. Moscú, Rusia: [s.n.]
- [5] Daquinta Gradaille, A. (1995). **Normas de fiabilidad para las cosechadoras de caña KTP**. Ponencia presentada en el VII. Universidad Agraria: La Habana. Cuba.
- [6] Domínguez., P. J. (2004.). **Implantación y gestión de un proyecto de mantenimiento centrado en la fiabilidad**. Buenos Aires: Endesa Generación.
- [7] Daquinta Gradaille, L. A. (1998). **Mantenimiento y reparación de la maquinaria agrícola**. Ciego de Ávila: ISACA.
- [8] Frenkel, I. B., Karagrigoriou, A., Lisnianski, A., & Kleyner, A. V. (2013). **Applied reliability engineering and risk analysis: probabilistic models and statistical inference**. John Wiley & Sons.