

**ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL VÍNCULO ENTRE LOS  
PRINCIPIOS Y GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y LA REPARACIÓN DE  
EQUIPOS AUTOMOTORES A PARTIR DE LA INTRODUCCIÓN DE LA  
PROBABILÍSTICA Y LA ESTADÍSTICA**

**Prof . Auxiliar Nilo Fundora Domínguez**

*Universidad de Matanzas Sede-Camilo Cienfuegos. Vía Blanca Km 3, Matanzas, Cuba.  
[nilo.fundora@umcc.cu](mailto:nilo.fundora@umcc.cu)*



---

*CD de Monografías 2017  
(c) 2017, Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”  
ISBN: XXX-XXX-XX-XXXX-X*

## RESUMEN

Resumir, para los estudiantes de Ing. Mecánica cubanos, la interrelación que tiene que existir entre los conceptos de: seguridad, fiabilidad, calidad, recurso, vida útil y otros, en la explotación de máquinas automotrices o artículos, destinados a la producción o los servicios en la rama mecánica y por extensión, a otras ramas industriales.

**Palabras Claves:** *diagnóstico, mantenimiento, reparación, probabilística aplicada, recurso, fiabilidad.*

---

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, no abordará la utilización del diagnóstico técnico, que tanta utilización tiene actualmente en las máquinas, debido a que muchos piensan que esta técnica rodeada de equipamiento y programación, resuelve o anula la participación en el diseño y control posterior de los artículos, de los cálculos y de la experiencia histórica.

Tzucurov ( 10 ), nos advertía: “*el sistema de servicio técnico (mantenimiento y diagnóstico) no garantiza totalmente las condiciones técnicas de explotación...el estado técnico del mecanismo o de la máquina; solo se define para el momento de la revisión y no la posibilidad de evaluar la fiabilidad en el proceso y, por lo tanto, evitar los regímenes de trabajo no deseados*”.

Son varios los autores, incluyendo al mencionado anteriormente (10; 5; 2; 1) que dan fe del papel de la estadística en la evaluación de las ciencias técnicas. Por esta razón, tampoco se profundizará en el presente trabajo, en un aspecto tan conocido y aplicado por nuestros estudiantes.

Se tratará de ilustrar, con uno o dos ejemplos, la vinculación entre los requerimientos que se abordan en el presente artículo.

## DESARROLLO

### **Seguridad de los automóviles.**

La seguridad es la propiedad del artículo (automóvil) de mantener sus índices de explotación (dinámicos, económicos, etc) dentro de los límites establecidos en el transcurso del del lapso de tiempo requerido o la cantidad de horas trabajadas y condicionadas por el trabajo sin fallos, posibilidad de reparación, integralidad y duración de las piezas. ( 2).

La alta seguridad es un requerimiento obligatorio también para los automóviles reparados.



Es deseable alcanzar una seguridad tal, que no sea necesario reparar piezas y conjuntos hasta que se termine el plazo del servicio del automóvil. Esto es, una aplicación de un Sistema de Gestión para el Mantenimiento (6).

La seguridad del automóvil depende de su estructura, condiciones de fabricación, explotación, almacenamiento y transportación.

Las condiciones de fabricación que elevan la seguridad del automóvil y sus grupos son las siguientes:

- a) Utilización de materiales y artículos de calidad (fabricantes varios),
- b) Observación estricta de los procesos tecnológicos de fabricación, del tratamiento térmico y del acabado superficial de las piezas,
- c) Control minucioso en algunas operaciones; pruebas de los grupos por separado y del automóvil en su conjunto.

Los factores principales de explotación, que influyen sobre la seguridad del automóvil, son: las condiciones de explotación que comprenden los regímenes de carga; la calificación de los conductores y mecánicos; la calidad de los combustibles y lubricantes; la calidad de la reparación; la red de carreteras (básico en nuestro país); regímenes térmicos, etc... (2)

Cuantitativamente, la seguridad se caracteriza por los factores siguientes:

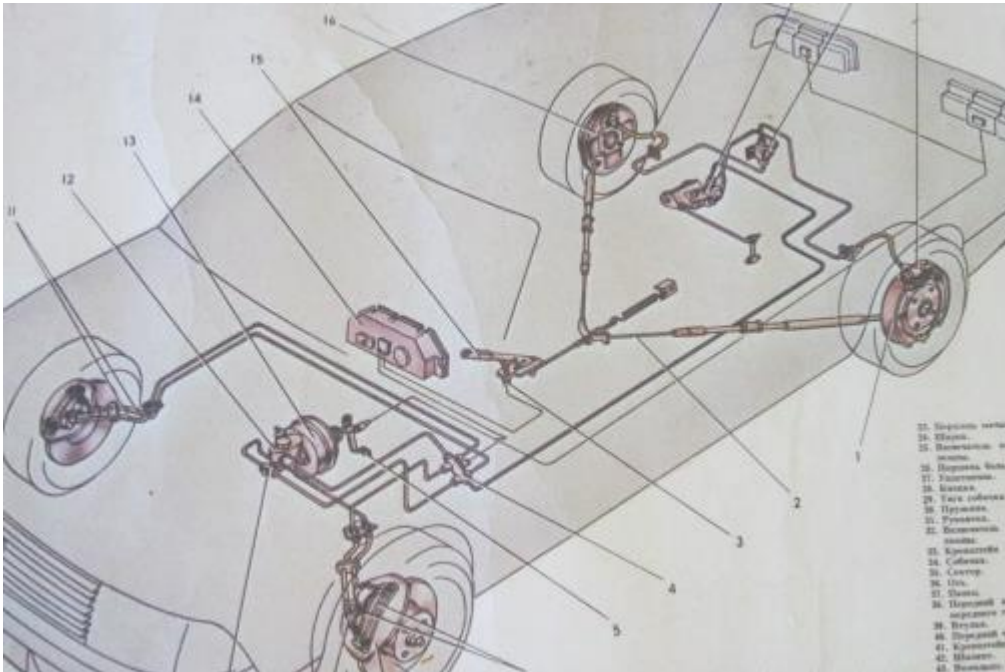
1. La probabilidad de trabajos sin fallos de la pieza **P(t)** en el transcurso del tiempo **t(h)** o **P(s)** durante el recorrido **s(km)**, donde:

$P_t = \frac{N_o - \sum ni}{N_o}$  o  $P_s = \frac{N_o - \sum ni}{N_o}$ , donde **N<sub>o</sub>** es la cantidad de artículos (piezas) al comenzar el control;  $\sum ni$  es la cantidad de piezas rotas en el transcurso del tiempo controlado.

La probabilidad de trabajo sin fallos P puede variar desde 0 (para  $N_o = \sum ni$ ) hasta 1 (siendo  $\sum ni = 0$ ) o en % (o...100).

Conectando los elementos en serie, por ejemplo, el sistema de frenos:





La probabilidad del funcionamiento del sistema sin fallos se determina por la fórmula siguiente (se supone que los fallos son independientes!!):

$P = P_1 P_2 \dots P_n = \prod_{i=1}^n P_i$ , donde  $P_1, P_2$ , etc. Son probabilidades de trabajo sin fallos de los elementos separados. Si estos elementos (motor, transmisión, etc.) están conectados en serie, la seguridad del sistema es inferior a la seguridad de aquel elemento que tiene menor valor de  $P$ .

Conectando los elementos en paralelo, la probabilidad de trabajo sin fallos del sistema  $P$  que consta de  $n$  elementos, se determina por la expresión:

$P = (1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i)) P_2$  es decir, la seguridad del sistema es más alta que la seguridad del elemento más seguro.

Si la conexión es mixta, se utiliza tanto la conexión de los elementos en serie como en paralelo. La probabilidad de trabajos sin fallos, si la conexión es mixta, puede ser calculada como:

$P = [1 - (1 - P_1)2] P_2$ , lo que se corresponderá con el sistema de conexión de la **Fig A**:



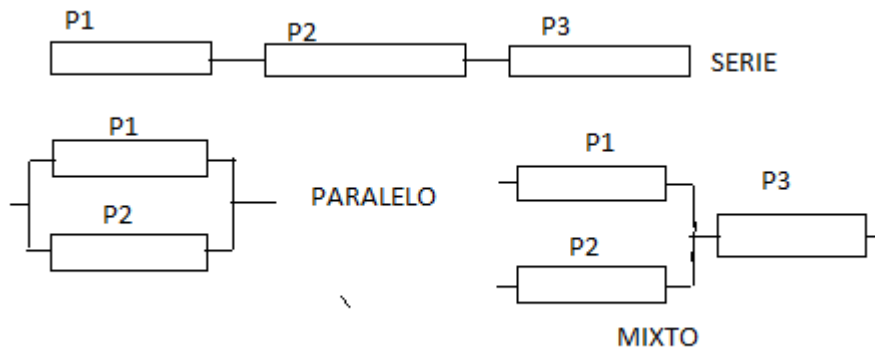


Fig.A

Con el fin de elevar la seguridad del sistema de frenado de las máquinas automotrices, debe utilizarse el método de reservación conectado, en paralelo, al cilindro principal. Si estos cilindros están conectados en paralelo, la probabilidad de trabajo sin fallos  $P$  del accionamiento de los frenos se elevará considerablemente. Entonces si  $P$ , para un cilindro aislado es igual a  $P_1=0,9$ , para los cilindros conectados en paralelo:

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) = 1 - (1 - 0,9)^2 = 0,99 = 90\%$$

2. La cantidad media de horas trabajadas, hasta que queda fuera de servicio la pieza **NO** reparable y sujeta a su sustitución después de la primera rotura,  $t_{med}$  se determina:

$t_{med} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ , donde  $n$  es la cantidad de piezas controladas;  $t_i$ , las horas por la pieza hasta su rotura, en horas.

3. La cantidad de horas trabajadas hasta la rotura de la pieza **reparable**. Este índice se evalúa por la cantidad media de horas trabajadas entre fallos, determinada por la expresión:

$T \approx \frac{t_2 - t_1}{med(t_2) - med(t_1)}$ , donde  $t_2 - t_1$  son las horas trabajadas en km de recorrido o en horas; **med(t)** es la cantidad media de fallos en horas trabajadas.

En la Fig.B. aparece el porcentaje de piezas que tuvieron su primer fallo en el camión que trabajo en las condiciones siguientes: Matanzas-Varadero-Cárdenas. Como se observa, en los datos aportados sobre 6 piezas: el primer fallo tiene lugar al recorrer menos de 10 000km (para la cruceta posterior del cardán) o 30 000-40 000km, para el resorte delantero.



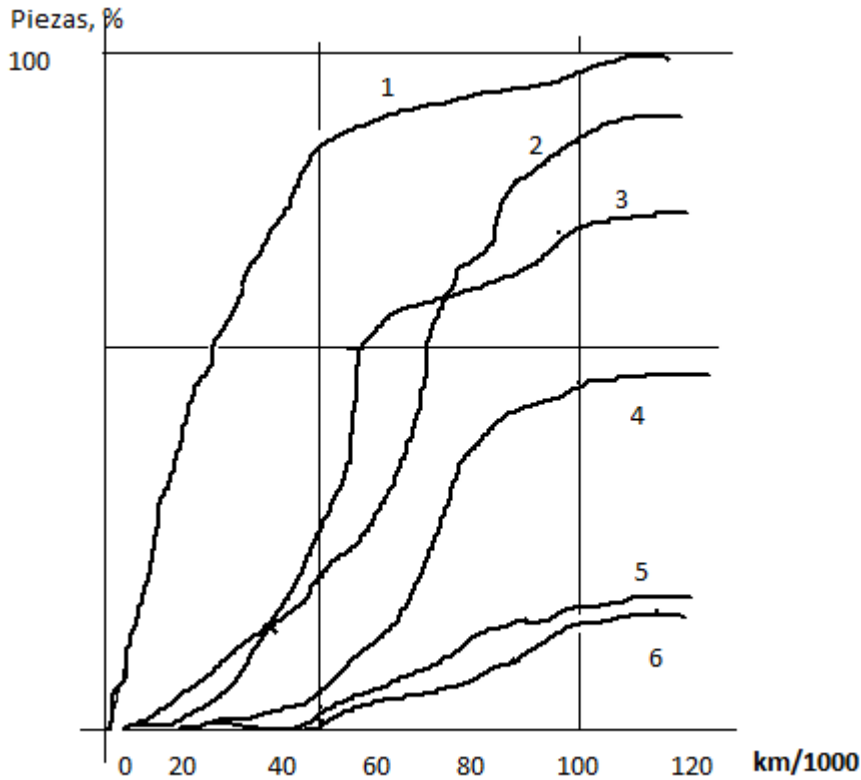


Fig. B

**Leyenda:**

- 1./ cruceta del cardán trasero,
- 2./cubre junta de la zapata trasera,
- 3./cubre junta del embrague,
- 4./pivote y buje delantero,
- 5./diafragma del pistón del freno trasero,
- 6./resorte helicoidal delantero.

**4. El recurso, es la cantidad de horas trabajadas hasta el estado límite.**

Como es sabido, el “estado límite” de la pieza se determina por la imposibilidad de su explotación ulterior, condicionada por la disminución de su eficiencia o por los requisitos de la técnica de seguridad, lo que está estipulado en la documentación técnica emitida por el fabricante. Documentación básica en el Sistema de Gestión para el Mantenimiento que se vaya a establecer.

Según la bibliografía que puede disponer el estudiante (.6, Moodle ver cálculo en el Tema III de la asignatura FGM), existe un recurso hasta la primera reparación, el recurso entre reparaciones, etc.



La evaluación de la seguridad de explotación del automóvil y de sus grupos puede ser efectuada durante las pruebas de carretera y de laboratorio (1).( FICAV-Cuba.).

En la Fig. C, se representa un ejemplo de programación que ayuda, entre otros, a evaluar el comportamiento general de un vehículo que se desea comprar (7).

Programa para el cálculo tractivo, dinámico y económico de una máquina automotriz.			
Prof. Nilo Fundora D.			
Celdas para la entrada de datos!!			
Datos técnicos del vehículo			
		Tipo de combustible al MCI (gasolina, gasoil, gas o alcohol)	
Vehículo	BAZ-2101	gasolina	
Tipo/Fabricante	Zhiguli	Ruso	
Fórm. Tractiva	4x2		
Ne (HP)		64	47,68 kW
nM(r/min)		3400	
n <sub>máx</sub> (r/min)		6720	
n <sub>nom</sub> (r/min)		5600	
		13550	1,355 ton

Fig. C

### Duración de vida. (2)

La duración de la vida de los automóviles depende de sus tipos, de la perfección de la tecnología de su fabricación, condiciones de explotación, transportación y otras que oscilan dentro de amplios límites.

La duración de vida de los camiones, por ejemplo, es de 8...13 años; de los autos ligeros, de 3...15 años (la primera cifra se refiere a los taxis, de mayor explotación) .

A continuación los recursos para autos y ómnibus hasta la primera reparación, según su fabricante. **Tabla 1:**

<i>Tipo de vehículo:</i>	<i>Modelos:</i>	<i>Recurso I reparación, km</i>
ligero	Moskvich-412	125 000
camión	Zil-130	175 000
ómnibus	Liaz	300 000

Las normas expuestas (GOST), corresponden al recorrido de los vehículos por carreteras pavimentadas sin remolques. Para un primer mantenimiento se presentan: TO-1 cada 50 000km; para TO-2 cada 20 000...25 000km (las menores cifras para los ómnibus).(9)

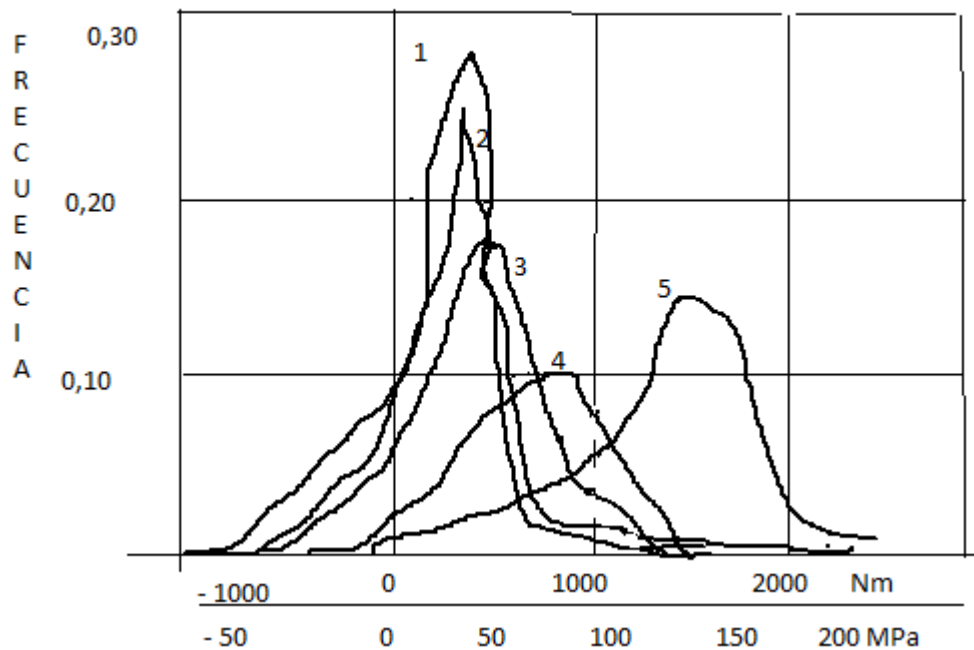
La duración de los automóviles después de la reparación general (Ver: texto...cálculo de MPP), constituye un 40..50% de la duración de la vida útil del vehículo. No obstante,



elevando la calidad de la reparación, la duración de vida puede llegar a ser hasta de un 80%.de la duración de un automóvil nuevo.

En la duración de vida de las piezas y conjuntos de un vehículo influyen fuertemente las condiciones de explotación. Por ejemplo, al determinar el valor de los momentos de las piezas de la transmisión con la ayuda de un **tensómetro** en diferentes carreteras, se han obtenido diferentes curvas de distribución de las cargas que actúan sobre el semieje. (1; pruebas..) **Fig. D.**

Fig. D.



**Leyenda:**

- 1./ vía pavimentada fuera de ciudad,
- 2./Idem en ciudad,
- 3./carreteras no pavimentadas,
- 4./Off Road; tierra virgen,
- 5./pradera mojada.

Como se observa, los menores valores de los momentos actúan sobre el eje al moverse el vehículo por buenas vías pavimentadas (IªCategoría), curvas 1 y 2. Y los mayores, al moverse por carreteras malas; curvas 4 y 5. En el último caso la densidad de la distribución será la menor, puesto que las condiciones viales son muy variables.(2)

Los valores modales de los momentos en el semieje, al moverse por vías de IªCategoría, son iguales a unos 300Nm y por pradera húmeda, unos 1400Nm, lo que es casi 5 veces

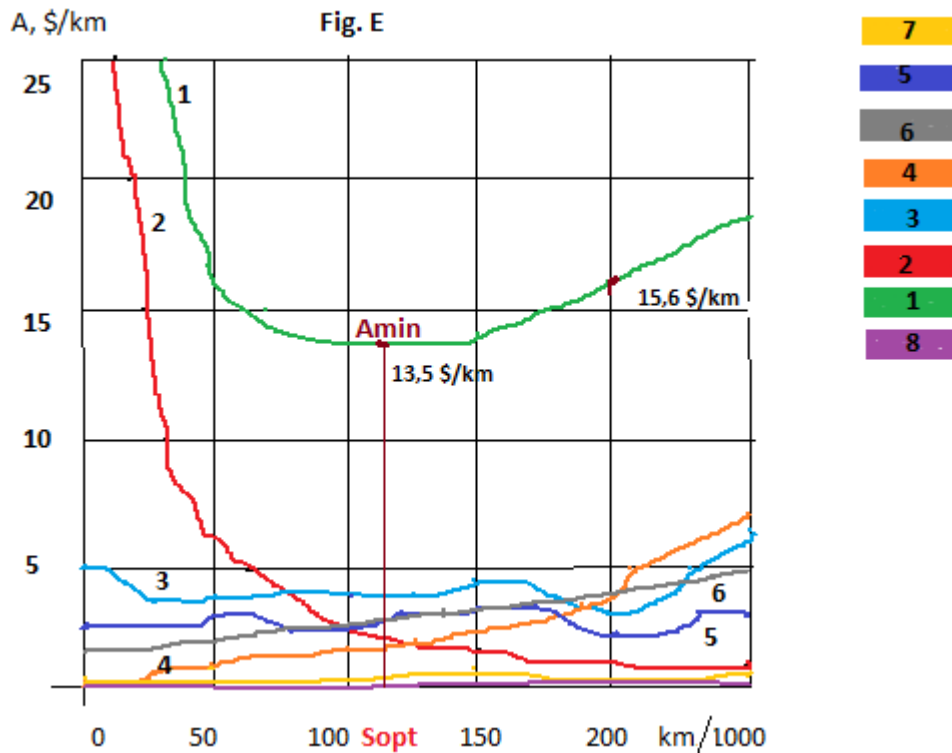




mayor. La duración de vida de los automóviles puede ser determinada también por las condiciones económicas (4).

Analizando la variación de los gastos  $A$  por unidad de recorrido del automóvil  $S$  (gastos específicos expresados en \$/km) se puede determinar que estos gastos tienen 3 componentes. La primera permanece constante o cambia relativamente poco en dependencia de la vida útil del vehículo. En la Fig E, a esta componente está asignada con letra  $A_1$ . Los gastos permanentes son: el salario del conductor, el costo del combustible, lubricantes y materiales de limpieza, etc. (2)

La segunda componente del gasto  $A_2$ , disminuye a medida que aumenta el recorrido. A esta se refieren los descuentos de amortización. Su magnitud, por km recorrido, varía por la Ley de la hipérbola referida a las asíntotas  $A_2 = \frac{c}{S/\Sigma}$ , donde  $C$  es el costo del vehículo;  $S/\Sigma$ , es el recorrido total en km.



Método de determinación del criterio económico para determinar el óptimo plazo de amortización de los vehículos.

Se utiliza conjuntamente, un diagrama de costo del recorrido que puede consultarse en (2).

La tercera componente del gasto específico  $A_3$  aumenta a medida que aumenta el recorrido. Este índice, en primer lugar, son los gastos de reparación.



Al sumar estas 3 componentes se puede obtener el punto del costo mínimo  $A_{\min}$  en 1km de recorrido, que corresponde a su duración de vida óptima. Al continuar la explotación, el costo/ 1km de recorrido igual a  $A=A_1+A_2+A_3$ , puede aumentar.

En la Fig. E, se muestra el gráfico del costo del recorrido  $A$  de 40 camiones ZIL-MMZ-555, trazado por el método mencionado. De acuerdo con el método de control establecido, la primera componente del costo específico (los gastos que casi no dependen del plazo de explotación) se refieren a los gastos en el salario 3, lubricación, materiales de limpieza y otros 7, los gastos en el combustible, que aumentan algo durante la explotación 5 (invierno en Rusia).

La segunda componente, que disminuye a medida que aumenta el recorrido, son los gastos de amortización 2.

La tercera componente del costo específico, que aumenta a medida que aumenta el recorrido del automóvil, comprende los gastos en el mantenimiento y reparación corriente 4, en la reparación y recuperación de los neumáticos 8, los gastos auxiliares 6.

La curva sumaria 1 del costo de 1km de recorrido del vehículo tiene el mínimo  $A_{\min}$ .

El punto  $A_{\min}$ , teóricamente, corresponde a la duración de vida óptima. No obstante, el costo de 1km recorrido a la derecha o izquierda de  $A_{\min}$  aumenta lentamente. Por ende, el óptimo recorrido  $S_{opt}$  hasta el punto  $A_{\min}$  puede ser considerablemente elevado si el costo específico  $A$  aumenta significativamente.

En el ejemplo analizado, siendo óptimo el recorrido  $S_{opt}$  igual a 115 000km, al aumentar  $A_{\min}$  en 16% (o sea 13,5 hasta 15,6\$) el valor del recorrido aumenta hasta 200 000km, es decir, en 75%. Por esto, cierto aumento del recorrido  $S_{opt}$ , generalmente es conveniente.

Un recorrido  $S$ , inferior al recorrido  $S_{opt}$ , no es económico.

*NOTA DEL AUTOR: Observe también, en la Fig E, que el límite teórico, donde se intersecan las curvas: 2, 4, 3 y 6 ( $\approx 130km$ ) es algo a tener en cuenta en la apreciación de  $A_{\min}$ , antes de decidir el % a aumentar*



## CONCLUSIONES

- El presente trabajo solo pretende llamar la atención del estudiante de Ingeniería Mecánica sobre los requerimientos técnicos y económicos vinculados con la explotación de las máquinas automotrices y su sistema de gestión del mantenimiento, ambas, asignaturas del actual Plan de Estudio.
- Ejemplos de cálculos con aplicaciones de la estadística y la fiabilidad, pueden ser encontrados en la Intraweb de la UM/Moodle/Máquinas automotrices/Clases Tema III.
- Evitar establecer los sistemas de diagnóstico como único recurso para evaluar la correcta y duradera explotación de un vehículo, máquina o equipo rotatorio.
- Enriquecer el contenido de las asignaturas que vinculan la explotación, el mantenimiento y la reparación.



## BIBLIOGRAFÍA:

1. AUTOPISTA. Revista española. Disponible en: CICT-UM/Sala general; 2002...2011.
2. Bujarín. Automóviles. Impreso por: CENIC-MES; OP-0348-88; Habana, sept 1988.
3. Colectivo de autores. Métodos no paramétricos. Folleto. Matemática aplicada. Doto. Informática UM; 1998.
4. Fuentes y otros Drs. Eficiencia energética en el transporte. Folleto para Maestría. Disponible en: [intrweb.umcc.cu/Moodle/Máquinas automotrices/Bibliografia/MAMateriales.zip](http://intrweb.umcc.cu/Moodle/Máquinas_automotrices/Bibliografia/MAMateriales.zip).
5. Luna, H. Explotación técnica de automóviles. Ed. MES. Habana, 1989.
6. Fundora, Nilo. P.A. Fundamentos y Gestión del Mantenimiento. Curso en [intraweb umcc.cu/Moodle](http://intraweb.umcc.cu/Moodle).
7. \_\_\_\_\_ Manual de usuarios para el cálculo térmico de un MCI y cálculo tractivo. Disponible en: <http://cict.umcc.cu/monografia/mono.htm>.Derecho de Autor. No. **2393/2009 y 3538/2008**.
8. Hiller V. A. W. Fundamentals of motor vehicles technology 4ª Edition. 1999 p. 315, 316 y 322. También en: [http://www.hongkong.politechnic.university.library/all\\_locations](http://www.hongkong.politechnic.university.library/all_locations).
9. Mazola Collazo Nelson: Manual del Sistema Internacional de Unidades. Editorial Pueblo y Educación. Cuba 1991.
10. Normas GOST. CAME, Serie 09. Disponible en Internet.
11. Tzucurov, A. DrC. y Gonzáles, Roberto DrC. Explotación del parque de máquinas. Ed. ISCAH-MES. Habana, 1986.



**BIBLIOGRAFÍA:**

- (1) Bill Gates, “Los negocios en la era digital”
- (2) Boston Consulting Group
- (3) Carlos M. Jaramillo. IV Congreso Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento, agosto 2000.
- (4) Chaves Serrano, Adrián. LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO: UN ENFOQUE COMPLETO DE CALIDAD. Conferencia Internacional de Ciencias Empresariales. DEMASA. Costa Rica.
- (5) Carvajal Brenes, Lulio. Ing. La futura dimensión del mantenimiento. Vicepresidente Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento.
- (6) Fundora Domínguez, Nilo. Interactivo MOODLE/Fundamentos y Gestión del Mantenimiento. UM/Fac.Ciencias Técnicas.2016
- (7) Joe Sawyer, analista principal de servicios europeos en Internet de Forrester Research en los Países Bajos.
- (8) Joe Coats, “Los escenarios para USA y sociedades Globalizadas afectadas por el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología” en Materiales XXI, USA,
- (9) Jhon W. Douglas, “Los desafíos de la industria aero – espacial” en Materiales XXI.
- (10) Matthew Reed, Revista Evolution No. 2/2000
- (11) Michael Lawton, Revista Evolution No. 4/1998
- (12) Revista Evolution No. 4/1999.
- (13) Roberto C. Villas – Boas, “Cambios pragmáticos en la producción y uso de materiales y los desafíos del desarrollo sustentable” en Materiales XXI.
- (14) Robert C. Baldwin, director de Maintenance Technology Magazine
- (15) [www.canica-jaques.com](http://www.canica-jaques.com)
- (16) [www.mimosa.org](http://www.mimosa.org)
- (17) [www.leroysomer.fr](http://www.leroysomer.fr)
- (18) [www.neisla.com.br](http://www.neisla.com.br)

