

## METODOLOGÍA

# Método para el cálculo de indicadores de mantenimiento

## *Method for calculating maintenance indicators*

Ing. Andy Azoy Capote

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

**RESUMEN.** A nivel mundial se reporta una amplia gama de indicadores para evaluar la gestión del mantenimiento Sin embargo, para las condiciones específicas del sector agrícola de Cuba, estos no son aplicables en su totalidad, ya que gran parte de la información que se requiere para su cálculo no se refleja en los medios de control que se utilizan en Cuba en la actualidad. Basados en ello, en el presente trabajo se desarrolla una metodología para el cálculo de cuatro de los principales indicadores de mantenimiento clasificados como de clase mundial que posibilitan caracterizar la gestión de los servicios técnicos acorde con las condiciones en que se desarrollan en los momentos actuales los servicios técnicos en las Unidades Empresariales de Base Integral de Servicios Técnicos. Mediante el procedimiento metodológico desarrollado se puede calcular cinco indicadores de mantenimiento: la disponibilidad de equipos, el tiempo medio entre fallas, el tiempo medio para la reparación y el costo de mantenimiento por facturación.

**Palabras clave:** gestión de mantenimiento, equipos agrícolas, evaluación de indicadores.

**ABSTRACT.** Globally a wide range of indicators is reported to evaluate the maintenance However, for specific conditions of agriculture in Cuba, they are not applicable in its entirety, since much of the information required for their calculation is not reflected in the control means used in Cuba today. Based on this, in this paper a methodology for the calculation of four key maintenance indicators classified as world class it possible to characterize the management of technical services in line with the conditions in which they develop at the present time develops the technical services for the Business Units Base Integral technical Services. By methodological procedure developed five indicators can be calculated maintenance: equipment availability, mean time between failures, mean time to repair and maintenance cost of turnover.

**Keywords:** Maintenance management, agriculture equipment, indicators calculation.

## INTRODUCCIÓN

La evaluación del mantenimiento dentro de una organización permite analizar el cumplimiento de los objetivos trazados, el estado de los trabajos y posibilita identificar los aspectos sobre los cuales es necesario trabajar para hacer más eficiente esta actividad y desarrollar las acciones para la continua mejora (González, 2010)<sup>1</sup>. Todo esto puede lograrse con la ayuda de indicadores, los cuales tienen como función principal evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos, dispositivos y componentes, permitiendo implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar dicha labor (Amendola, 2004); (Catalán, 2007).

En la actualidad en la bibliografía especializada Torres (2005); Hernández y Navarrete (2001); De Gusmao (2001);

Galvao (1998); Christensen (2006, 2007 y 2008); Yori (2008); Galli (2003); Zabiski (2006); Alfonso *et al.* (2006), reportan más de 110 indicadores o variables para la evaluar la gestión de mantenimientos, los cuales se clasifican fundamentalmente en tres grupos: los absolutos, los de eficiencia y de eficacia, siendo los del primer grupo los más utilizados en la práctica (Christensen, 2008).

En el caso particular de Cuba y específicamente en la esfera del mantenimiento y la reparación del sector agrícola, la gestión del mantenimiento se realiza en bases a un solo indicador: el coeficiente de disponibilidad te, calculado el final de cada mes a través de un método de observación momentánea, lo cual no permite conocer el verdadero comportamiento de la maquinaria

<sup>1</sup> GONZÁLEZ, C.: Determinación de la disponibilidad de las cosechadoras de arroz New Holland TC- 57 en las condiciones del CAI Arroceros "Los Palacios", 98pp., Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero en Mecanización Agropecuaria), Universidad Agraria de La Habana, 2012.

en las condiciones reales de su explotación ni la efectividad de las acciones de mantenimiento (Fernández, 2013)<sup>2</sup>.

Considerando lo antes planteado, el siguiente trabajo tiene como objetivo el desarrollo, por primera vez, de un método para el cálculo de cinco indicadores de mantenimiento: disponibilidad de equipos, tiempo medio entre fallas, tiempo medio para la reparación, costo de mantenimiento por facturación y costo para la eliminación de las fallas, teniendo en cuenta el nivel y la disponibilidad de la información que se refleja en los medios para el control del trabajo de la maquinaria que se utilizan en los talleres de mantenimiento y reparaciones, de ahí su novedad científica y aporte práctico.

## MÉTODOS

El método está destinado al cálculo de cinco de los principales indicadores de mantenimiento para gestionar la función mantenimiento: el tiempo medio entre fallas (TMEF), tiempo medio para la reparación (TMPR), disponibilidad de equipo (DISP), costo de mantenimiento por facturación y costo para la eliminación de las fallas.

Para el cálculo se toma como fuente primaria de información dos de los principales medios de control utilizados en los talleres de mantenimiento y reparaciones en Cuba: las órdenes de trabajo al taller y las tarjetas de control de consumo de combustible y lubricantes.

Para la recopilación y procesamiento de la información en los medios antes mencionados se sigue la siguiente secuencia:

1. Se determina el período para el cual se quiere realizar el análisis (mes, trimestre, semestre, año).
2. Se selecciona la marca (o marca de equipos) objeto de estudio.
3. Se recopilan las órdenes de trabajo al taller emitidas durante el período para el cual se realizara el estudio. Se organizan cronológicamente por equipos de una misma marca.
4. Se recopilan las tarjetas de control de consumo de combustible y lubricante de los tractores objeto de análisis, emitidas durante el periodo para el cual se realizara el estudio. Se organizan cronológicamente por equipos de una misma marca.
5. Se organizan las órdenes de trabajo al taller y las tarjetas de control de consumo de combustible por marca de equipos y número de inventario. Paralelamente, se inicia el proceso de captación de la información tractor por tractor hasta culminar con todos los tractores de una misma marca. Se repite el proceso para el resto de las marcas en estudio.
6. Se determina el tiempo real de operación de cada tractor en cada mes durante todo el periodo que se analiza (en horas cronológicas), información que se extrae de las tarjetas de control de consumo de combustible y lubricante.
7. Se determina el tiempo de parada por la ocurrencia de roturas o fallas.

8. Se determina el Tiempo Entre las Fallas
9. Se determina la cantidad total de fallas,
10. Se determinan los gastos totales incurridos por concepto de mantenimiento y para la eliminación de las fallas (mano de obra y materiales).
11. Se procesa estadísticamente la información recopilada.

## Proceso de cálculo de los indicadores de mantenimiento tiempo medio entre fallas (TMEF), tiempo medio para la reparación (TMPR), disponibilidad de equipo (DISP) y costo de mantenimiento por facturación

### Determinación del tiempo real de operación (HROP)

Para obtener la información sobre el tiempo real de operación por cada tractor se utiliza como fuente de información a las tarjeta de consumo de combustible y lubricantes (Figura 1).

En la parte posterior de la misma (cierre de ciclo) aparece la columna “k”, donde se reflejan las horas trabajadas en los diferentes días del mes. Al realizar la sumatoria de todas estas horas se obtiene el tiempo real trabajado durante el mes. Este procedimiento se realiza para todos los tractores en estudio de una misma marca y posteriormente se procede de manera similar para el resto de las marcas de tractores en estudio.

### Determinación de la cantidad de fallas (NTMC)

Para su determinación se emplean las órdenes de trabajo al taller (Figura 2).

Estas se utilizan cada vez que el tractor entre al taller debido a la aparición de una falla o por la necesidad de realizar una actividad técnica planificada. Para obtener la información sobre la cantidad de fallas en cada mes por cada tractor en estudio, se contabiliza el número de veces que el mismo entro al taller en ese período por las causas antes mencionadas. Este procedimiento se realiza para todos los tractores en estudio de una misma marca y posteriormente se procede de manera similar para el resto de las marcas de tractores en estudio.

### Tiempo de eliminación de las fallas o por acciones de mantenimiento programado (HTMC)

Al igual que en el caso anterior, para obtener el tiempo empleado para la eliminación de las fallas aparecidas en cada tractor durante cada mes, se utilizan las ordenes de trabajo al taller. En ellas se refleja, entre otras cosas, la información relacionada con el tiempo invertido (en horas) para la eliminación de las fallas o en la ejecución de actividades programadas (mantenimientos técnicos o reparaciones).

Para la recopilación de esta información en cada mes, se procesan todas las órdenes de trabajo emitidas para cada

<sup>2</sup> FERNÁNDEZ, S. M.: Perfeccionamiento de la Gestión de los Mantenimiento y Reparaciones en las Unidades Empresariales de Base Integrales de Servicios Técnicos, 133pp., Tesis (en opción al grado de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias), Centro de Mecanización Agropecuaria, Universidad Agraria de La Habana. Mayabeque, 2013.

uno de los tractores de una misma marca y posteriormente se realiza el mismo proceso para el resto de las marcas de tractores a analizar.

CONSUMO DIARIO DE COMBUSTIBLE Y ACTIVIDAD REALIZADA (CIERRE DE CICLO)																		
D I A	LABOR A REALIZAR	AGREGADO	LUGAR	VOLUMEN DE TRABAJO								COMBUSTIBLE						OBSERVACIONES
				PLAN				REAL				PLAN			REAL			
				VOLUMEN		NORMA	HORAS	VOLUMEN		HORAS	NORMA	INDICE	NEC	EXIST	SERVIDO	CONSUMIDO	INDICE	
				CANT	UM			CANT	UM									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
M	ES																	
H= E x G		L= K / I		N= E x M		P= N - O		R= Q / I		(La norma se expresará en Horas/Unidad de Volumen de Trabajo)								

FIGURA 1. Tarjeta de control de consumo de combustible (cierre de ciclo).

### Costo del mantenimiento por facturación y costo para la eliminación de las fallas (COMF y COEF)

Para obtener el costo del mantenimiento por facturación y el costo para la eliminación de las fallas por marca de tractor en cada mes, se utilizan también las órdenes de trabajo al taller. En ellas también se refleja la información relacionada con el costo de la mano de obra empleada durante la ejecución de los diferentes trabajos, así como el costo de los materiales e insumos empleados

MINISTERIO DE LA AGRICULTURA				ORDEN AL TALLER				No						
S. N. C. COSTO														
Solicitado por:														
Dirección														
Dependencia:						Cargo:								
ESPECIFICACIONES DEL MEDIO BASICO														
Clase			Marca			Modelo			Chapa		Acumulador			
Motor No			Chasis			Medidas de las gomas			Inventario No		Año de fabricación			
Control tiempo del	Recibido			Inicio trabajo		Fin del trabajo			Entregado			Días de permanencia		
	D	M	A	D	M	D	M	A	D	M	A	De trabajo	En el taller	
CONTROL DEL TRABAJO														
Reparación corriente				DETALLE DE LOS TRABAJOS A REALIZAR										
Reparación general														
MT No 1														
MT No 2														
MT No 3														

FIGURA 2. Orden de trabajo al taller (Parte Anterior).

### Tabulación de la información

Para facilitar el análisis y procesamiento de la información recopilada para todos los tractores de una misma marca, según el procedimiento descrito en los epígrafes anteriores, se elaboró la Tabla 2 donde se debe reflejar la información para el periodo que se analiza. Este modelo debe ser llenado individualmente para cada una de las marcas en estudio

A partir de la información plasmada en la tabla anterior se procede al cálculo de los indicadores tiempo medio entre fallas (TMEF), tiempo medio para la reparación (TMPR), disponibilidad de equipo (DISP) y los costos de mantenimiento por facturación y por la eliminación de las fallas para lo cual se emplean las ecuaciones del 1 al 5 (Jorge, 2004; Lovaina, 2006<sup>3</sup>; Navarrete, 2000):

**TABLA 2. Modelo para la recopilación de la información primaria**

Tractor, marca	No. Inv.	Enero					Febrero				
		HROP	NTMC	HTMC	COMF	COEF	HROP	NTMC	HTMC	COMF	COEF

**Tiempo medio entre fallas**

$$TMEF = \frac{HROP}{NTMC}, h \quad (1)$$

donde:  
HROP-Tiempo real de operación por tractor en el mes, h;  
NTMC-Cantidad total de fallas en cada mes.

**Tiempo medio para la reparación**

$$TMPR = \frac{HTMC}{NTMC}, h \quad (2)$$

donde:  
HTMC-Tiempo para la eliminación de las fallas, h;  
NTMC-Cantidad total de fallas.

**Disponibilidad de equipos**

$$DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}, \% \quad (3)$$

donde:

TMEF-Tiempo medio entre fallas,h;  
TMPR-Tiempo medio para la reparación, h.

**Costo de mantenimiento por facturación**

$$COMF = FEP/CTMP, \text{ peso} \quad (4)$$

donde:

FEP-Facturación de la empresa en el período, peso;  
CTMP-Costo totales de mantenimiento en ese período, peso.

**Costo para la eliminación de las fallas**

$$COEF = CM+SD+OG, \text{ peso} \quad (5)$$

donde:

CM-Consumo de materiales, peso;  
SD-Salarios devengados, peso;  
OG-Otros gastos, peso.

Los valores obtenidos al aplicar las expresiones anteriores se tabulan en la Tabla 3 para su posterior análisis estadístico.

**TABLA 3. Indicadores de mantenimiento por tractores de una misma marca**

No.	Tractor, marca	No Inv.	Enero					Febrero				
			TMEF	TMPR	DISP	COMF	COEF	TMEF	TMPR	DISP	COMF	COEF

**Procesamiento estadístico de la información**

El proceso de elaboración de la información primaria que se refleja en la Tabla 3 está basada en la utilización de los siguientes programas de trabajo: hoja de cálculo Excel para organizar los datos experimentales y el programa Statgraphics Plus, Versión 5.1 para análisis descriptivo de las variables tiempo medio entre fallas, tiempo medio para la reparación y disponibilidad de equipos, y la determinación de los principales estadígrafos para cada una de ellas (valor medio, desviación media cuadrática, coeficiente de variación y fronteras confiables).

Para reflejarlos valores medios obtenidos de los indicadores antes mencionados para todas las marcas de tractores analizados en los diferentes meses del año, la información que aporta la Tabla 3 debe plasmarse en un modelo (Tabla 4). A partir de esta información se puede visualizar el comportamiento de las diferentes marcas de tractores durante su explotación, lo que facilita tomar las medidas técnico organizativas necesarias para el mejoramiento continuo de dichos indicadores.

<sup>3</sup> LOVAINA, M.: Toma de decisiones en la programación del mantenimiento considerando la confiabilidad, 95pp., Tesis (en opción al Título de Máster en Ingeniería Mecánica), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría, La Habana, 2006.



**TABLA 4. Comportamiento mensual de los indicadores de mantenimiento por marca de tractores**

	YUMZ-6M					Belarus-892					MTZ 510				
Enero	TMEF	TMPR	DISP	COMF	COEF	TMEF	TMPR	DISP	COMF	COEF	TMEF	TMPR	DISP	COMF	COEF
Febrero															
Diciembre															

## CONCLUSIONES

- El método desarrollado permite determinar cinco de los principales indicadores de mantenimiento clasificados como de clase mundial: tiempo medio entre fallas, tiempo medio para la reparación, disponibilidad de equipos, los costos de mantenimiento por facturación y por eliminación de las fallas, teniendo en cuenta la información existente en la actualidad en los talleres de mantenimiento y reparación de la técnica agrícola.
- El método desarrollado posibilita evaluar por primera vez la gestión de mantenimiento tanto en los talleres de las Unidades Empresariales de Base Integrales de Servicios Técnicos, como en el resto de los talleres existentes en los diferentes municipios.
- Mediante la aplicación del método desarrollado se pueden elaborar las medidas técnico organizativas para el mejoramiento de la gestión en los diferentes niveles de talleres.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMENDOLA, L.: *Indicadores de confiabilidad, propulsores en la gestión del mantenimiento*. Universidad Politécnica Valencia España, [en línea] 2004. Disponible en: [www.mantenimientomundial.com/](http://www.mantenimientomundial.com/) [Consulta: 19 de Marzo 2011].
- CATALÁN, F.: *Metodologías y criterios de mantenibilidad aplicados a la organización y planificación del proceso de mantenimiento de equipo electrónico de impresión*, [en línea] 2007. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0182\\_EO.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0182_EO.pdf) [Consulta: 10 de Enero 2013].
- CHRISTENSEN, H. C.: *Indicadores de Mantenimiento*. Revista Club de Mantenimiento, No 17 (6):4-5, [en línea] 2006. Disponible en: [www.clubdemantenimiento.com.ar](http://www.clubdemantenimiento.com.ar) [Consulta: Junio 2011].
- CHRISTENSEN, H. C.: *Indicadores de Mantenimiento*. Revista Club de Mantenimiento, No 18 (6):8-9, [en línea] 2007. Disponible en: [www.clubdemantenimiento.com.ar](http://www.clubdemantenimiento.com.ar) [Consulta: Junio 2011].
- CHRISTENSEN, H. C.: *Curso Indicadores & Reportes para Mantenimiento y Producción*, [en línea] 2008. Disponible en: [www.clubdemantenimiento.com.ar](http://www.clubdemantenimiento.com.ar) [Consulta: Febrero 2012].
- CRUZ HERNÁNDEZ E. PÉREZ NAVARRETE, E.: Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento. *Revista Club de Mantenimiento*. No 6. Septiembre, 2001.
- DE GUSMÃO, C. A.: *Índices de Desempenho da Manutenção: Um Enfoque Prático*. Revista Mantener No.4: 13-17, [en línea] 2001. Disponible en: [www.mantenimientomundial.com/](http://www.mantenimientomundial.com/) [Consulta: 10 de Enero 2012].
- GALLI, L.: *La trampa de los indicadores*. Revista Énfasis Logística. Edición No37, Julio, [en línea] 2003. Disponible en: [www.enfasis.com](http://www.enfasis.com) [Consulta: 22 de Septiembre 2009].
- GALVAO, M.: *El Ingeniero de Mantenimiento*. Revista Mantenimiento No 29, [en línea] 1998. Disponible en: [www.mantencion.com](http://www.mantencion.com) [Consulta: 22 de Septiembre 2009].
- JORGE, D.: *Indicadores de Clase Mundial*. Boletín sobre Lubricación y Mantenimiento, [en línea] 2004. Disponible en: [www.wearcheckiberica.com](http://www.wearcheckiberica.com) [Consulta: 5 de Abril 2009].
- NAVARRETE, E.; O. TRETO; J. A. RODRÍGUEZ y E. HERNÁNDEZ.: *Gestión e Ingeniería Integral del Mantenimiento*, [en línea] 2000. Disponible en: [www.cujae.edu.cu](http://www.cujae.edu.cu) [Consulta: 10 de Marzo 2008].
- TORRES, D. L.: *Mantenimiento. Su implementación y gestión*, [en línea] 2005. Disponible en: [www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com) [Consulta: 10 de Enero 2009].
- YORI, E.: *Función estratégica del Mantenimiento, objetivos, organización y planeamiento*, [en línea] 2008. En: 4to Congreso Uruguayo de Mantenimiento. Disponible en: [www.uruman.org](http://www.uruman.org) [Consulta: 10 de Abril 2011].
- ZABISKI, D. E.: *Indicadores que no indican*. Nota Técnica No110, [en línea] 2006. Disponible en: [www.cujae.edu.cu/centros/ceim](http://www.cujae.edu.cu/centros/ceim) [Consulta: 10 de Abril 2011].
- ALFONSO, A.: *¿Cómo medir la gestión del mantenimiento en la empresa?*, [en línea] 2006. Disponible en: [www.gestiopolis.com](http://www.gestiopolis.com) [Consulta: 8 de Mayo 2012].

**Recibido:** 01 de febrero de 2014.

**Aprobado:** 10 de julio de 2014.

**Publicado:** 24 de octubre 2014

Andy Azoy Capote, Especialista, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera Fontanar Wajay, km 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. (53-7) 645-1731, 645-1353. Correo electrónico: dptomecan7@iagric.cu

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 el autor ni por el editor.