



REPARACIÓN Y TECNOLOGÍA MECÁNICA *REPAIRING AND MECHANICAL TECHNOLOGICAL*

ARTÍCULO ORIGINAL

Validación de un método para el cálculo de indicadores de mantenimiento

Validation of a method for the calculation of maintenance indicators

Manuel Fernández Sánchez¹ y Liudmila Shkiliova²

RESUMEN. El presente trabajo tiene como objetivo la validación de un método para el cálculo de indicadores de mantenimiento que toma como fuente de información a las tarjetas de consumo de combustible y lubricantes de los tractores. En particular, el método permite calcular los indicadores de mantenimiento trabajo útil entre fallas, tiempo de recuperación de la capacidad de trabajo y el coeficiente de disponibilidad. Para la validación, se utilizó una muestra compuesta por tres tractores MTZ-892 y dos MTZ-510 pertenecientes a la UEB de Servicios Técnicos de la Empresa Agropecuaria de Güira de Melena. El período de observación abarcó los años 2009 y 2010. De las tarjetas se recopiló la información mensual por tractor sobre el trabajo útil realizado, tiempo de parada por fallas, tiempo de parada por causas organizativas y cantidad de fallas y se determinaron los valores medios mensuales de cada uno de los indicadores evaluados por tractor y para la totalidad de cada una de las muestras. La información se organizó y procesó mediante el programa Microsoft Excel, calculándose los estadígrafos media aritmética, desviación media y coeficiente de variación. También, se realizó una prueba t de Student para muestras independientes mediante el paquete estadístico Statgraphics Plus 5.0 para evaluar la diferencia entre las medias. Los resultados obtenidos indican la factibilidad de aplicación del método, ya que los mismos sirven de base para medir el desempeño de la unidad de referencia con respecto a la actividad de mantenimiento y su influencia sobre la fiabilidad de los tractores.

Palabras clave: estadígrafo, consumo, combustible, método

ABSTRACT. This study aims to validate a method for calculating maintenance indicators taken as a source of information to the control cards fuel and lubricants for tractors. In particular, the method used to calculate maintenance indicators useful work between failures, time to recovery of work capacity and the coefficient of availability. For validation, we used a sample of three tractors MTZ MTZ-892-510 and two belonging to the UEB Technical Services Company Agricultural Guira de Melena. The observation period covered the years 2009 and 2010. Card information was collected monthly, Tractor useful work done, downtime due to failures, downtime for organizational reasons and number of failures and determined the mean monthly values of each of the indicators evaluated by tractor and the entirety of each of the samples. The information is organized and processed using Microsoft Excel, statisticians calculated arithmetic mean, standard deviation and coefficient of variation. Also, there was a Student t test for independent samples using the statistical package Statgraphics Plus 5.0 to evaluate the difference between the means. The results indicate the feasibility of applying the method, since they provide a basis for measuring the performance of the reference unit with respect to the maintenance activity and its influence on the reliability of the tractors.

Keywords: statistician, consumption, fuel, method.

INTRODUCCIÓN

La evaluación del mantenimiento dentro de una organización permite analizar el cumplimiento de los objetivos y metas

trazados, el estado de los trabajos y posibilita identificar los aspectos sobre los cuales es preciso trabajar para hacer más eficiente esta actividad. Hoy en día, se utilizan una amplia

Recibido 08/04/11, aprobado 20/07/12, trabajo 59/12, artículo original.

¹ M. Sc., Investigador Auxiliar. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera Fontanar Wajay, km 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba ☎ (53-7) 645-1731, 645-1353; E-✉: manuel@iagricu

² Dr. C., Profesora Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Carretera de Tapaste y Autopista Nacional, km 23½, San José de las Lajas, Mayabeque, 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.

gama de indicadores para estos fines. Al respecto, la bibliografía especializada Tabares (1998), Torres, (2005); Christensen (2006, 2007, 2008); Hernández y Navarrete (2001), reportan más de 110 indicadores o variables que permiten evaluar esta función considerando los aspectos técnicos, organizativos, económicos-financieros y sociales. Con relación a ello, algunos autores plantean como Zabiski (2006) lo dificultoso que resulta evaluar en la práctica la función mantenimiento a través de estos todos esos indicadores. Es por eso que Hernández y Navarrete (2001) para garantizar el éxito en la evaluación del mantenimiento, plantean que los indicadores a utilizar deben ser pocos, para no ser redundantes en algunas actividades y quitar atención a aquellos que sí lo son y que su selección debe estar en correspondencia con el estado real de los procesos, el desempeño, objetivos y estrategias de la organización, lo cual será una fuente confiable para tomar decisiones en base a los problemas o deficiencias encontradas.

Actualmente, a nivel internacional se utilizan un grupo de indicadores para evaluar la función mantenimiento, clasificados como de clase mundial debido a que presentan las mismas denominaciones y expresiones en todos los países, aparte de estar presentes en todas las normas de referencia sobre el tema. Del total de estos indicadores, cuatro se refieren al Análisis de la Gestión de Equipos y dos a la Gestión de Costos (Amendola, 2004), (Navarrete, 2000).

El empleo de los indicadores debe estar fundamentado sobre la base del estudio de las particularidades propias de cada empresa, de sus objetivos y metas y del análisis del estado de los recursos de producción, fundamentalmente aquellos que tienen que ver con los recursos humanos existentes y de sus posibilidades y habilidades para recopilar, analizar y procesar un gran volumen de datos (Shkiliova, 2010). También los sistemas de mantenimiento técnico y reparaciones y su aplicación en la agricultura hay que tenerlos en cuenta (Shkiliova y Fernández, 2011). El no observar estos y otros aspectos de interés, ha conllevado al fracaso la implementación de sistemas de gestión en muchas empresas al no surtir los efectos deseados.

En los estudios realizados en Cuba sobre el estado de los recursos de producción en los talleres de mantenimiento y la reparación del sector agrícola (Fernández, 2005 y 2007); (Fernández *et al*, 2009), señalan los principales problemas que inciden negativamente sobre su desarrollo en los momentos actuales y su incidencia sobre los procesos productivos. Entre los principales problemas identificados esta lo relacionado con el capital humano, específicamente el personal técnico, el cual según los estudios, es escaso y no tiene un elevado nivel de preparación y actualización de conocimientos lo que le impide asimilar y operar complejos sistemas de gestión, mucho de los cuales tienen como soporte a la informática. Otro de los problemas existentes se vincula con la información que se refleja en los modelos establecidos para el control del trabajo de la maquinaria, catalogada como de bajo nivel y calidad y de poco uso práctico, de ahí, la poca tradición existente en cuanto a su utilización como vía para evaluar y analizar el comporta-

miento de la maquinaria durante el proceso de su explotación.

En base a lo anterior, se considera que en los momentos actuales, los trabajos encaminados a la gestión del mantenimiento en los talleres del sector agrícola deben estar dirigidos en una primera etapa a sentar las bases que permitan implementar paulatinamente un sistema de gestión donde los indicadores a evaluar no solo contemplen los aspectos técnicos, sino también los económicos y los ambientales. En esta primera etapa, la gestión debe estar enfocada a garantizar el control técnico del parque de máquinas y utilizar con este fin indicadores que garanticen la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad de dichas máquinas.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, se considera que la evaluación y el control de la actividad de mantenimiento y reparación de la técnica agrícola en las condiciones de los talleres de las empresas agropecuarias debe llevarse a cabo en su etapa inicial, a través de tres indicadores fundamentales de clase mundial: El Tiempo Medio entre Fallas, Tiempo Medio para Reparación y Disponibilidad de Equipos. Estos indicadores coinciden, tanto en su formulación como en su contenido, con los respectivos indicadores de la fiabilidad: trabajo útil medio hasta la falla, tiempo medio de restablecimiento de la capacidad de trabajo y el coeficiente de disponibilidad técnica, que se utilizan ampliamente en los estudios de la fiabilidad de la maquinaria agrícola, por lo que al calcularlos se puede gestionar la función mantenimiento.

Para el cálculo de los indicadores se recomienda un método que tiene como herramienta de gestión a las tarjetas de control de consumo de combustible, dado que estas constituyen en la actualidad el medio de control más utilizado en las unidades productivas y talleres del sector agrícola y donde se refleja un mayor volumen de información. En el presente trabajo se exponen los resultados de la validación de este método.

MÉTODOS

La validación del método se llevó a cabo en las condiciones del taller de la Unidad Empresarial de Base Integral de Servicios Técnicos de la Empresa Agropecuaria de Güira de Melena, ubicada en la provincia Artemisa. Para su desarrollo se tomó como objeto de estudio a cinco tractores, tres MTZ-892 y dos MTZ-510 puestos en explotación en enero de 2009.

Para la recopilación de la información primaria se utilizaron las tarjetas de control de consumo de combustible y lubricantes de los tractores anteriormente señalados. El período de observación abarcó los años 2009 y 2010.

De las tarjetas, se recopiló (para cada tractor observado) la información mensual sobre el tiempo real de trabajo realizado, el tiempo de parada por causa de fallas y la cantidad de fallas. Tomando como base esta información primaria y de acuerdo con la metodología elaborada por Fernández y Shkiliova (2006), se calcularon para cada tractor los valores en cada mes de los siguientes indicadores: trabajo útil medio entre fallas (Tiempo Medio entre Fallas), tiempo medio de restablecimien-

to de la capacidad de trabajo (Tiempo Medio para Reparación) y el coeficiente de disponibilidad (Disponibilidad). A partir de estos datos, se determinó para la totalidad de cada una de las muestras de tractores analizados el comportamiento de estos indicadores para lo cual se realizó un análisis estadístico clásico, calculándose los principales estadígrafos con la ayuda del programa Microsoft Excel.

Con el objetivo de determinar la existencia de diferencias significativas entre las medias de los indicadores evaluados, se realizó una prueba t de Student para muestras independientes mediante el paquete estadístico Statgraphics Plus 5.0.

Aspectos generales sobre el método de cálculo de indicadores de mantenimiento a través de las tarjetas de control de consumo de combustible y lubricantes de los tractores

En las tarjetas de consumo de combustibles y lubricantes se plasma diariamente la información sobre todas las actividades agrícolas programadas a cada tractor, como lo real realizado por este, incluyendo el consumo de combus-

tible por actividad y el tiempo no trabajado por diferentes causas. El análisis de esta información ha demostrado que la misma puede ser utilizada para el cálculo de los indicadores para evaluar la gestión de mantenimiento, sin necesidad de realizar la recogida de datos sobre el trabajo de maquinaria en condiciones de campo, lo que permite economizar considerablemente el tiempo y los recursos.

Para la determinación de los indicadores de mantenimiento, se utiliza de las tarjetas de control del consumo de combustible y lubricantes la información que aparece en su parte frontal relacionada con el tiempo real (Tr) trabajado cada mes (en días y horas); el tiempo no trabajado por fallas (Tf) en cada mes (en días) y la cantidad de fallas en cada mes (m).

El proceso de recopilación de esta información se realiza de manera individual para todos los tractores en estudio, debiéndose ejecutar separadamente por marca y tipo de tractor. La información recopilada se asienta mediante el modelo representado en la Tabla 1.

TABLA 1. Modelo para la recogida de la información primaria por tractor

Tractor, marca y No de Inv.		Año											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tractor No 1	Tr												
	Tf												
	m												

Con la información proveniente de la Tabla 1, se procede al cálculo de los indicadores de mantenimiento para cada tractor en cada mes del año, mediante las siguientes expresiones:

Tiempo medio entre fallas

$$To = \frac{Tr}{m} \text{ horas / fallo} \quad (1)$$

donde:

Tr: Tiempo real de trabajado en el período analizado, hora
 m: cantidad de fallos de la maquina durante el periodo de observación.

Tiempo medio de recuperación de la capacidad de trabajo.

$$Trec = \frac{Tf}{m} \text{ horas / fallo} \quad (2)$$

donde:

Tf: Tiempo de parada por fallas en el periodo analizado, hora
 m: cantidad de fallos de la maquina durante el periodo de observación.

Disponibilidad técnica.

$$Disp = \frac{Tr}{Tr + Trec} \quad (3)$$

donde:

Tr: Tiempo real de trabajado en el periodo analizado, hora
 Trec: Tiempo medio de recuperación de la capacidad de trabajo, hora

Los resultados obtenidos en la evaluación de las expresiones 1, 2 y 3, se deben tabular de acuerdo con el modelo que se muestra en la Tabla 2. Mediante la información que aporta este modelo se puede analizar el comportamiento de estos indicadores en una etapa determinada del período analizado o para su totalidad.

TABLA 2. Indicadores de mantenimiento por tractor de una misma marca

Tractor, marca y No de Inv.	Indicador	Año											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tractor No 1	To												
	Trec												
	Disp												

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según el método descrito anteriormente, se recopiló y se procesó la información por cada tractor, y se calcularon los indicadores To, Trec y Kd por cada tractor. En las Tablas 3 y 4 se asientan los resultados de cálculos de los valores de indicadores mensuales por cada tractor en estudio en los años 2009 y 2010. En las Tablas 5 y 6 se presentan los valores medios mensuales por marcas de tractores en ambos períodos y en la Tabla 7 los resultados de procesamiento estadístico de la información.

TABLA 3. Indicadores de mantenimiento de los tractores MTZ-510. Años 2009 y 2010

Tractor	Ind..	2009											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
No 15B240	To	63	51	60	45	45,5	48,7	63	32,6	62	85	72	53
	Trec	26	18	24	15	22	19,3	40	10	17	12	14	13
	Disp	0,71	0,74	0,71	0,75	0,67	0,72	0,61	0,76	0,78	0,88	0,84	0,80
No 15B241	To	75,7	69,3	57,2	60	79,2	82,5	52,8	63,4	75,1	74,3	62	72,8
	Trec	24	19	14	12	17,6	16	12	14,3	19,3	18,5	22	19,2
	Disp	0,76	0,78	0,80	0,83	0,81	0,84	0,81	0,82	0,79	0,80	0,74	0,80
		2010											
No 15B240	To	59,2	61	63,7	66	68,2	72	71,05	68,1	53,2	69	70	65
	Trec	17,6	19	18	15,4	21	20	18	17,6	24	23,7	15,7	16
	Disp	0,77	0,76	0,78	0,81	0,76	0,78	0,80	0,79	0,67	0,74	0,82	0,80
No 15B241	To	41,7	27	43,4	42,3	72,7	62,5	69,8	30	51,1	42	59,7	64
	Trec	11,1	9,2	12,4	13,2	14,7	16	19,7	16	28	21	26	
	Disp	0,79	0,75	0,77	0,78	0,83	0,80	0,78	0,65	0,65	0,67	0,70	0,74

TABLA 4. Indicadores de mantenimiento de los tractores Belarus 892. Años 2009 y 2010

Tractor	Ind.	2009											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
No 15B237	To	8,7	15,3	17,2	59,3	9,5	12,5	42,5	15,1	15,3	64,3	62	22,8
	Trec	40	24	24	32	64	64	12	14,6	29,3	18,6	52	19,2
	Disp	0,18	0,39	0,42	0,65	0,13	0,16	0,78	0,51	0,35	0,78	0,54	0,54
No 15B238	To	33,7	16,3	19,4	22,7	24,3	34	66,7	27	21	55	53	53
	Trec	10,7	24	17,6	20	37,3	13,3	10,7	8	19,2	8	16	12
	Disp	0,76	0,40	0,52	0,53	0,39	0,72	0,86	0,77	0,52	0,87	0,77	0,82
No 15B239	To	13	31	49,7	17,8	15,5	28,7	23	22,6	12	95	92	23
	Trec	56	28	24	14,6	22	29,3	60	8	40	12	16	13,3
	Disp	0,19	0,53	0,7	0,55	0,41	0,50	0,28	0,74	0,23	0,89	0,85	0,63
		2010											
No 15B237	To	21,7	27	13,4	12,3	12,7	12,5	9,8	20	41,3	32	29,7	63
	Trec	9,14	9,2	24	9,14	14,7	16	22,7	16	28	24	40	16
	Disp	0,70	0,75	0,49	0,57	0,46	0,44	0,30	0,55	0,60	0,57	0,43	0,80
No 15B238	To	30,6	30,5	61,7	48	21	10,6	10,8	20	27,7	48,3	30	58,66
	Trec	12,8	18	13,3	44	8	25,6	29,1	12,8	16	13,3	29,3	11,6
	Disp	0,71	0,63	0,82	0,52	0,72	0,29	0,27	0,61	0,63	0,78	0,51	0,83
No 15B239	To	19,2	21	53,7	16	18,2	42	11,2	18,2	3,2	39	70	55
	Trec	17,6	16	8	11,4	12	20	18	12,6	54	26,7	24	13
	Disp	0,52	0,57	0,87	0,58	0,60	0,68	0,38	0,59	0,06	0,59	0,74	0,81

TABLA 5. Valores medios de los indicadores de mantenimiento de los tractores MTZ-510

Tractor Marca	Indicador	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
		2009											
MTZ 510	To	69,3	60,1	58,6	52,5	62,3	65,6	57	48	68,5	79,6	67	62,9
	Trec	25	18,5	19	13,5	19,8	17,6	26	12,1	18,1	15,2	18	16,1
	Disp	0,73	0,76	0,75	0,79	0,74	0,78	0,71	0,79	0,78	0,84	0,79	0,8
	2010												
	To	50,4	44	53,5	54,1	70,4	67,2	70,4	49,0	52,1	55,5	64,8	64,5
	Trec	14,37	14,1	15,2	14,3	17,8	18	18,8	16,8	26	22,3	20,8	19,5
Disp	0,78	0,755	0,77	0,79	0,79	0,79	0,79	0,72	0,66	0,70	0,76	0,77	

TABLA 6. Valores medios de los indicadores de mantenimiento. Tractores Belarus 892

Tractor Marca	Indicador	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
		2009											
Belarus 892	To	18,4	20,8	28,7	33,2	16,4	25,0	44,0	21,5	16,1	71,4	69	32,9
	Trec	35,5	25,3	21,8	22,2	41,1	35,5	27,5	10,2	29,5	12,8	28	14,8
	Disp	0,37	0,44	0,47	0,57	0,31	0,46	0,64	0,67	0,36	0,84	0,72	0,66
	2010												
	To	23,8	26,1	42,9	25,4	17,3	21,7	10,6	19,4	24,0	39,7	43,2	58,8
	Trec	13,1	14,4	15,1	21,5	11,5	20,5	23,3	13,8	32,6	21,3	31,1	13,5
Disp	0,64	0,65	0,72	0,55	0,59	0,47	0,32	0,58	0,43	0,64	0,56	0,81	

TABLA 7. Resultados del procesamiento estadístico de la información

Estadígrafo	Tractores MTZ-510						Tractores Belarus 892					
	2009			2010			2009			2010		
	To	Trec	Kd	To	Trec	Kd	To	Trec	Kd	To	Trec	Kd
Cantidad de datos	24	24	24	24	24	24	36	36	36	36	36	36
Media	62,7	18,2	0,77	58,0	18,1	0,75	33,2	25,4	0,55	29,4	19,3	0,58
Mediana	62,5	17,8	0,78	63,1	17,8	0,77	23	19,6	0,53	24,3	16	0,59
Varianza	171	39,7	0,003	182	21,6	0,02	514	265,2	0,05	319	107	0,031
Desviación Standard	13,1	6,30	0,06	13,5	4,64	0,05	22,7	16,3	0,22	17,8	10,3	0,178
Mínimo	32,6	10	0,61	27	9,2	0,65	8,7	8	0,13	3,2	8	0,06
Máximo	85	40	0,88	72,7	28	0,83	95	64	0,89	70	54	0,87
Coefficiente de Variación	20,8	34,5	7,76	23,3	25,5	6,97	68,4	64,2	40,6	60,6	53,3	30,6

Según los resultados de las Tablas 5...7, en los tractores MTZ-510 el tiempo de trabajo útil entre fallas durante los años 2009 y 2010 tomó valores que estuvieron en el rango de las 32,6...85 y 27...72,7 horas respectivamente, con valores medios anuales de 62,7 y 58 horas. En el caso de los tractores MTZ- 892, el valor de este indicador osciló entre las 8,7 y 95 horas en el 2009 y las 3,2 y 70 horas en

el 2010, siendo sus valores medios anuales del orden de las 33,2 y 29,4 horas. Se observa en el 2010 un decrecimiento de este indicador con respecto al 2009 del orden de las 4,7 horas para los tractores MTZ-510 y 3,8 horas en los tractores MTZ- 892. En ambas marcas de tractores, los valores medios anuales obtenidos son bajos, considerando que en ello han incidido una serie de factores, entre los cuales el

mantenimiento constituye uno de los más importantes que influye en el trabajo útil sin falla. De acuerdo con las observaciones realizadas, se detectó que en el taller de referencia, las operaciones tecnológicas de mantenimientos se realizan en condiciones no debidamente controladas, la documentación técnica es escasa y muchas veces desconocida por el personal encargado de realizar los trabajos. En el caso particular de los tractores MTZ- 892, los mantenimientos se ejecutan tomando como referente las periodicidades del tractor MTZ-510, que aunque coinciden en cuanto al número de moto-horas, no son las mismas cuando se realiza la conversión de las moto-horas de trabajo a litros de combustible. Para realizar esta operación se utilizan los índices de consumo específico y horario de combustible, que difieren para cada tipo de tractor. En este caso, el tractor MTZ-510 es un tractor de menor potencia y tiene índices de consumo de combustible (específico y horario) diferentes a los del tractor MTZ- 892, por tanto, existen desviaciones en su cumplimiento con respecto a los periodos recomendados por los fabricantes.

Los tiempos medios de recuperación de la capacidad de trabajo para ambas marcas de tractores son elevados, siendo superiores en los tractores MTZ- 892. En los dos años de observación, este indicador alcanzó como promedio las 18,2 y 18,1 h/falla en los tractores MTZ-510 y las 25,4 y 19,3 en los MTZ- 892. Al analizar el comportamiento de este indicador, se tuvo en cuenta no solo las condiciones técnico materiales existentes para realizar los trabajos de mantenimientos y reparaciones en el taller de referencia, sino también el nivel de habilidades del personal encargado de realizarlos. Con relación a lo primero, en el taller no se cuenta con un amplio surtido de piezas para el recambio, los insumos y los medios disponibles para realizar los trabajos también son insuficientes, fundamentalmente aquellos que se destinan a la detección de las posibles causas de las fallas. Todos estos

factores han conllevado a que el tiempo para la recuperación de la capacidad de trabajo de las máquinas sea elevado. Por otro lado, se observó en el año 2010, un mayor nivel de conocimientos por parte del personal técnico con relación a los tractores MTZ- 892, lo que posibilitó el incremento de sus habilidades y destrezas en cuanto a las tareas de mantenimiento y reparación para esta nueva marca de tractor en particular. Todo ello se reflejó en el tiempo de recuperación de la capacidad de trabajo, el cual se redujo en 6,1 h/falla en este año con respecto al 2009.

La disponibilidad técnica (Kd) se comportó durante el 2009 y el 2010 por debajo de los valores recomendados (Daquinta, 2008;). Las pérdidas de tiempo por causas de fallas con relación al tiempo total en que la máquina realiza el trabajo útil, son del orden del 23 y el 25% en los tractores MTZ-510 y de 46 y 42% en los tractores MTZ- 892. En los tractores MTZ-510 se observa en el 2010 una disminución de 0,02 para este indicador, lo que implicó un incremento del tiempo perdido en un 3%. Por el contrario, en los tractores MTZ- 892, la disponibilidad aumentó en este mismo año un 0,04, disminuyendo el tiempo perdido en un 4%.

El análisis de distribución de frecuencias (Tablas 8 y 9) de las variables tiempo de trabajo útil entre fallas (To), tiempo de recuperación de la capacidad de trabajo (Trec) y disponibilidad técnica (Kd) en los tractores MTZ-510 y MTZ- 892 indica que en los dos años observados, el mayor por ciento de los valores de estas variables se concentra dentro de los mismos rangos (50-80 horas, 10-30 horas y 0,7-0,8 respectivamente para los tractores MTZ-510); (10-30 horas para las dos primeras variables y 0,5-0,9 para la disponibilidad técnica en los tractores MTZ- 892), por lo que puede afirmarse que no existe variación en el comportamiento de estas variables entre un año y otro. Esto se corroboró mediante la realización de la prueba T de Student, realizada con un nivel de significación del 95%.

TABLA 8. Distribución de frecuencias por clase de las variables To, Trec y Disp Tractor MTZ-510

No. Clase	Limite inferior	Limite superior	To		Tr		Limite inferior	Limite superior	Disp.	
			2009	2010	2009	2010			2009	2010
1	0	10	0	0	1	1	0	0,1	0	0
2	10	20	0	0	17	16	0,1	0,2	0	0
3	20	30	0	2	5	7	0,2	0,3	0	0
4	30	40	1	0	1	0	0,3	0,4	0	0
5	40	50	3	4	0	0	0,4	0,5	0	0
6	50	60	6	4	0	0	0,5	0,6	0	0
7	60	70	6	11	0	0	0,6	0,7	2	5
8	70	80	6	3	0	0	0,7	0,8	15	16
9	80	90	2	0	0	0	0,8	0,9	7	3
10	90	100	0	0	0	0	0,9	1	0	0
		Intervalo	50-80		10-30				0,7-0,8	
		%	75%	73%	90%	95%			62%	67%

TABLA 9. Distribución de frecuencias por clase de las variables To, Trec y Disp Belarus 892

No. Clase	Limite inferior	Limite superior	To		Tr		Limite inferior	Limite superior	Disp.	
			2009	2010	2009	2010			2009	2010
1	0	10	2	2	3	5	0	0,1	0	1
2	10	20	11	13	16	19	0,1	0,2	4	0
3	20	30	9	7	8	9	0,2	0,3	2	3
4	30	40	3	4	4	1	0,3	0,4	4	1
5	40	50	2	4	0	1	0,4	0,5	3	4
6	50	60	4	3	3	1	0,5	0,6	8	12
7	60	70	3	3	2	0	0,6	0,7	3	5
8	70	80	0	0	0	0	0,7	0,8	7	6
9	80	90	0	0	0	0	0,8	0,9	5	4
10	90	100	2	0	0	0	0,9	1	0	0
Intervalo			10-30		10-30				0,5-0,9	
%			55%	55%	67%	78%			63%	75%

CONCLUSIONES

- Para el cálculo de los indicadores de mantenimiento: Tiempo Medio Entre Fallas (trabajo útil medio entre fallas), Tiempo Medio Para Reparación (tiempo medio de restablecimiento de la capacidad de trabajo) y disponibilidad (el coeficiente de disponibilidad), en las condiciones de talleres de las unidades productivas del sector agrícola se recomienda utilizar un método que tiene como herramienta de gestión a las tarjetas de control de consumo de combustible y lubricantes, dado que estas constituyen en la actualidad el medio de control más aplicado en la producción.
- La validación del método, que se llevó a cabo en las condiciones del taller de la Unidad Empresarial de Base Integral de Servicios Técnicos de la Empresa Agropecuaria de Güira de Melena, mediante el procesamiento de las tarjetas de control de consumo de combustible y lubricantes de tres tractores MTZ-892 y dos MTZ-510 correspondientes a los años 2009 y 2010, arrojó que no existen diferencias significativas en su comportamiento entre un año y otro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMENDOLA, L.: *Modelos Mixtos de Confiabilidad. Libro en edición magnética [en línea] 2004, Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.html> [Consulta: marzo 18 2005].*
2. CHRISTENSEN, C.: *Indicadores de Mantenimiento (5ª parte). Club de mantenimiento. Revista N° 17 - Año 6 - Octubre 2006. [en línea] 2006, Disponible en: <http://www.clubdemantenimiento.com.ar> [Consulta: enero 15 2007].*
3. CHRISTENSEN, C.: *Indicadores de Mantenimiento (6ª parte). Club de mantenimiento. Revista N° 18 - Año 7 - Marzo 2007. [en línea] 2007, Disponible en: <http://www.clubdemantenimiento.com.ar> [Consulta: marzo 10 2007].*
4. CHRISTENSEN, C.: *Curso Indicadores & Reportes para Mantenimiento y Producción. @ [en línea] 2008, Disponible en: <http://www.clubdemantenimiento.com.ar> [Consulta: julio 17 2008].*
5. DAQUINTA G. L.A.: *Mantenimiento y Reparación de la Maquinaria Agrícola*, Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba, 2008.
6. FERNÁNDEZ, S. M.: *Estudio y análisis de la organización actual de los trabajos de asistencia técnica en el taller de la Unidad de Servicios de Maquinaria de la Empresa de Cultivos Varios de Güira de Melena. Tesis (en opción al título de Master en Ingeniería en Mantenimiento)*, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, CEIM, La Habana, Cuba, 2005.
7. FERNÁNDEZ, S. M.; Y. NORES, L. SHKILIOVA y J. SUÁREZ: *Creación de las Unidades Empresariales de Base (UEB) Integrales de Servicios Técnicos en provincia la Habana. Resultados del diagnóstico a los talleres seleccionados. En: IV Conferencia de Ingeniería Agrícola*, Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 2009.
8. FERNÁNDEZ, M.: *Las actividades de control y planificación en los talleres de las empresas del sector agropecuario de Cuba*, Informe de Investigación, Ed. Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria, La Habana, Cuba, 2007.
9. FERNÁNDEZ, M. y L. SHKILIOVA: *Creación de un sistema automatizado para la planificación, organización y control de los trabajos en la red de talleres agropecuarios*. Informe de proyecto, Ed. Instituto de Investigaciones de la Mecanización Agropecuaria, La Habana, Cuba, 2006.
10. HERNÁNDEZ, C. E. y E. NAVARRETE: "Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento", *Revista Club de mantenimiento*, No 6. Año 1, Brasil, 2001.
11. NAVARRETE, E.: *Gestión Integral del mantenimiento*, Libro en edición magnética, La Habana, Cuba. 2000.

12. SHKILIOVA, L.: *Gestión de Mantenimiento, Apuntes para un curso de postgrado*, Ed. Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Mayabeque, Cuba, 2010.
13. 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.
14. TABARES, L. A.: "Índices de mantenimiento", *Revista Manutencao y qualidade*, Brasil, No. 19, 20 y 23. 1998.
15. TORRES, L. D.: *Mantenimiento. Su implementación y gestión*. ISBN: 987-9406-81-8. © 2005, Segunda Edición. UNIVERSITAS, Argentina, 2005.
16. ZABISKI, D. E.: *Indicadores de Evaluación de la Gestión de los Servicios Técnicos en Instalaciones Turísticas, utilizando la Metodología BSC*, Ed. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, CEIM-CUJAE, © *ConGestión*. #3. La Habana, 2006.

CRECIMIENTO SOSTENIBLE EN LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA

UNIVERSIDAD
AGRARIA
DE LA HABANA



- *Mecanización en la agricultura ecológica
- *Biotecnología vegetal
- *Biofertilizantes
- *Biorreguladores de crecimiento vegetal
- *Control de plagas
- *Laboratorios de análisis químico
- *Alimentación animal no convencional
- *Mejoramiento animal
- *Sistemas silvopastoriles