



Adaptability of tractors Maxxum Marries 150 and New Holland TM-7010 for operations of technical maintenance

Adaptabilidad de tractores Maxxum Case 150 y New Holland TM-7010 para operaciones de mantenimiento técnico

Ing. Deyvis González-Rojas^I, Dr.C. Antihus A. Hernández-Gómez^{II}, Dr.C. Liudmila Shkiliova^{III}

^IGrupo Empresarial AZCUBA, Matanzas, Cuba.

^{II}Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{III}Universidad Técnica de Manabí, Provincia de Manabí, República de Ecuador.

ABSTRACT. Maxxum Case 150 and New Holland TM – 7010 tractors are part of the new technologies introduced in Cuba which works in “Jesus Rabí” Enterprise Unit (UEB), Matanzas Province. The objective of the present investigation is to determine the level of adaptability of these tractors, to know the reality about the fulfillment of the daily technical maintenance operations (every 10 h) and Technical Maintenance Type 1 (MT-1) every 50 h, as well as the working comfort of operators during their execution in real conditions of operation. Quality standards and observation methods combined with other procedures or techniques like interview, questionnaire and timing are used in order to determine the level of adaptability. The level of adaptability for the technical service was determined by calculating the quantitative maintainability indicators that characterize the adaptation of the machines design for technical maintenance operations. It was found that in the production conditions not all operators of Maxxum tractors comply strictly with the periodicity of technical maintenance, only 92% of the lubrication points for both cases are lubricated. Comfort coefficient of the position; coefficient of accessibility and coefficient of the working tension during the maintenance operations reach values of 0.66 and 0.67; 0.74 and 0.73; 1.66 and 1.69 for Maxxum Case 150 and New Holland TM-7010 tractors, respectively.

Keywords: Quality standards, interview, questionnaire, timing.

RESUMEN. Dentro de las nuevas tecnologías introducida en Cuba y que laboran en la Unidad Empresarial de Base (UEB) “Jesús Rabí” provincia Matanzas, se encuentran los tractores Maxxum Case 150 y New Holland TM-7010. El objetivo de la presente investigación es determinar el nivel de adaptabilidad de estos tractores, conocer la realidad sobre el cumplimiento de las operaciones de mantenimientos técnicos diarios (cada 10 h) y Mantenimientos Técnicos de tipo1 (MT-1) cada 50 h, así como la comodidad de trabajo del personal durante su ejecución en las condiciones reales de explotación. Para la determinación del nivel de adaptabilidad se recurre a las normas de calidad y se utilizan los métodos de observación combinados con otros procedimientos o técnicas: la entrevista, el cuestionario y el cronometraje. El nivel de la adaptabilidad para el servicio técnico se determinó a través de cálculo de los indicadores cuantitativos de mantenibilidad que caracterizan la adaptación del diseño de las máquinas para las operaciones de mantenimientos técnicos. Entre los principales resultados se encuentra que en las condiciones de producción no todos los operadores de los tractores Maxxum cumplen rigurosamente con la periodicidad de los mantenimientos técnicos, solo el 92% de los puntos de engrase para ambos casos son lubricados. El coeficiente de comodidad de la posición; el coeficiente de accesibilidad y el coeficiente de la tensión de trabajo durante las operaciones de mantenimiento alcanzan valores de 0,66 y 0,67; 0,74 y 0,73; 1,66 y 1,69 para los tractores Maxxum Case 150 y New Holland TM-7010 respectivamente.

Palabras clave: normas de calidad, entrevista, cuestionario, cronometraje.

INTRODUCTION

The machinery in general must undergo adequate maintenance processes to ensure that they work efficiently over a

INTRODUCCIÓN

La maquinaria en general debe someterse a procesos de mantenimientos (Mttos.) adecuados para asegurar que trabajen eficientemente

long period of time without failures and thus provide greater productive benefit (Behera *et al.*, 2016). Machinery technical maintenance, in general and, in particular, agricultural machinery maintenance, as well as the means available for their assurance are issues requiring greater attention. Tractors are the main source of power in agriculture, and represent a high cost component, which decreases if, with consistent maintenance, they operate long periods of time, achieving large production volumes before the most complex repairs are required. The economic benefits of a tractor depend on the effectiveness and way of its use. The tractor must, therefore, be properly maintained, so that it can work effectively for long periods without breakdowns and thus, provide a greater economic benefit to its owners. A tractor that loses its capacity of work prematurely generates great expenses of investment. As an example, in developing countries approximately 53% of the total costs of the machine have been due to their repairing (Zhou, 2014; Afsharnia *et. al.*, 2015; Sopegno *et al.*, 2016).

The maintainability of tractors depends to a great extent on the design and consists in the fact that the equipment is the least complex possible to anticipate and detect the causes of the emergence of the faults and deteriorations, as well as the elimination of their derivations by means of the accomplishment of the technical maintenance and repairs. As less time is spent in maintenance and repair work, the maintenance level is higher (Shkiliova, 2010; Fernandez & Shkiliova, 2012), and the cost of repairs and maintenance is also lower (Hunt, 2001; Rashid y Ranjbar, 2010; Abubakar, 2013).

Studying the level of adaptability for the technical service to the machinery allows progressing in this area. The maintainability of agricultural machinery depends to a great extent on access to maintenance points, ease of disassembly, interchangeability of aggregates and sets, adaptation for control and measurements, possibility of using unified equipment for maintenance and repair, etc., aspects that are developed in the design process and to which adequate attention is not always provided (Fernandez & Shkiliova, 2012). On that purpose, determining quantitative indicators of maintainability of agricultural machinery becomes essential. Among these indicators, an important group is represented by the coefficients that characterize the adaptation of the machinery design for the technical maintenance operations (Ermolov, 1980).

It is essential to pay special attention to daily technical maintenance (every 10 h) and technical maintenance of type 1 (MT-1) every 50 h, to achieve a good working capacity of agricultural machinery. Studies show that when the daily technical maintenance and all the operations planned are carried out in the established time, the machine fault flow decreases by 50%, in average operating conditions, which makes possible the reduction of the expenses on repairs and labor (Shkiliova, 2010; Fernandez & Shkiliova, 2006).

Last decades the design and construction of tractors has been greatly perfected, reducing the number of lubrication points with difficult access and complex regulations. In

temente un largo período de tiempo sin averías y así proporcionar mayor beneficio productivo (Behera *et al.*, 2016). El mantenimiento técnico de la misma, en general y en particular de la agrícola, así como los medios disponibles para su aseguramiento es un tema que necesita ser profundizado. Los tractores son la fuente principal de poder en la agricultura, y representan un componente de alto costo, el cual disminuye si con un consecuente mantenimiento operarán largos períodos de tiempo logrando grandes volúmenes de producción antes de que se requieran las reparaciones más complejas. Los beneficios económicos de un tractor dependen en laeficiacy manera de su uso. Por consiguiente, el tractor debe mantenerse correctamente para que trabaje eficazmente períodos largos sin averías y así proporcionar un mayor beneficio económico sus dueños. Un tractor que pierda su capacidad de trabajo prematuramente genera grandes gastos de inversión. Como un ejemplo, en los países en vías de desarrollo aproximadamente 53% de los gastos totales de la máquina han sido debido a la reparación de la maquinaria (Zhou, 2014; Afsharnia *et. al.*, 2015; Sopegno *et al.*, 2016).

La mantenibilidad de los tractores depende en gran medida del diseño y consiste en que el equipo sea lo menos complejo posible para prever y detectar las causas del surgimiento de las fallas y deterioros, así como la eliminación de sus derivaciones mediante la realización de los mantenimientos técnicos y las reparaciones. En cuanto menos tiempo se emplee en los labores de mantenimiento y reparación, es mayor el nivel de la mantenibilidad (Shkiliova, 2010; Fernández y Shkiliova, 2012), siendo además menor el costo de las reparaciones y los mantenimientos (Hunt, 2001; Rashid y Ranjbar, 2010; Abubakar, 2013).

Estudiar el nivel de adaptabilidad para el servicio técnico a la maquinaria permite progresar en esta temática. La mantenibilidad de la técnica agrícola en gran medida depende del acceso a los puntos de mantenimiento, facilidad de desmontaje, intercambiabilidad de agregados y conjuntos; adaptación para el control y mediciones; la posibilidad de utilizar el equipamiento unificado para el mantenimiento y reparación, etc., aspectos que se desarrollan en el proceso de diseño y a los cuales no siempre se presta una adecuada atención, (Fernández y Shkiliova, 2012). Para ello la determinación de los indicadores cuantitativos de mantenibilidad de la maquinaria agrícola se hace imprescindible. Entre estos indicadores un grupo importante lo presentan los coeficientes que caracterizan la adaptación del diseño de la maquinaria para las operaciones de mantenimientos técnicos (Ermolov, 1980).

Es imprescindible prestar una especial atención a los mantenimientos técnicos diarios (cada 10 h) y mantenimientos técnicos de tipo 1 (MT-1) cada 50 h, para lograr un buen estado de capacidad de trabajo de las máquinas agrícolas; estudios realizados indican que al efectuarse el mantenimiento técnicodiario, en el tiempo establecido y todas las operaciones previstas, el flujo de fallas de las máquinas disminuye en un 50%, en condiciones medias de explotación, lo cual posibilita la reducción de los gastos por conceptos de reparaciones y a la vez mano de obra (Shkiliova, 2010; Fernández y Shkiliova, 2006).

En las últimas décadas se ha venido perfeccionando a pasos agigantados el diseño y la construcción de los tractores y con ello la disminución de la cantidad de puntos de lubricación con difícil acceso y regulaciones complejas. Para la realización de las operaciones de engrase y regulación, según las reglas establecidas, en posiciones incómodas, hay que saber que estas posiciones influyen

order to carry out the greasing and regulation operations, according to the established rules, in uncomfortable positions, it is necessary to know that these positions have negative influence on the mechanics' health and therefore, diminish the productivity of their work. In order to prevent uncomfortable working positions of mechanics and specialists, which cause fatigue, energy expenditure and working time increase, it is necessary to consider during the design, the rational location of the points that need maintenance (Shkiliova, 2010).

Research on this issue under Cuban conditions has been poorly addressed. Considering the importance of that theme, researches on the availability of rice harvesters of different models (New Holland L-520, L-624, L-626, TC-57 and Laverda 225 REV) of Italian and Brazilian origin were made to assure the working capacity of agricultural machinery in general (Shkiliova *et al.*, 2010; Fernandez & Shkiliova, 2012). In the particular case of tractors it has been scarcely treated.

The present work aims to determine the main adaptability indexes of Maxxum Case 150 and New Holland TM - 7010 tractors for the accomplishment of daily technical maintenance and MT - 1, as well as the work comfort of the mechanics during its execution in the conditions of "Jesus Rabi" Enterprise Unit (UEB).

METHODS

The experimental investigations are carried out under the conditions of the UEB "Jesus Rabi", belonging to AZCUBA Enterprise Group, Matanzas Province. The test period was from January, 2014 until completing the 3 000 h under loading, minimum time that should be taken to analyze the reliability in modern tractors (Shkiliova, 2010). For the case of Maxxum Case 150 (10) tractors that work as movers during the harvest, the analyzed period was up to June, and for New Holland tractors TM-7010 (8) that carry out the activities of soil farming, up to October. To determine the level of adaptability, the norms of quality are consulted and the observation methods combined with other procedures or techniques like interview, questionnaire and timing are used¹. In Table 1 the main technical specifications of tractors appear.

negativamente en la salud de los mecánicos y por tanto disminuye la productividad de su trabajo. Para prevenir las posiciones incómodas de trabajo de los mecánicos y especialistas, que son las que provocan cansancio, gasto de energía y aumentan el tiempo de trabajo hay que tener en cuenta durante el diseño la ubicación racional de los puntos que necesitan el mantenimiento (Shkiliova, 2010).

Las investigaciones sobre esta temática en condiciones de Cuba han sido poco tratadas. Teniendo en cuenta la importancia de esta temática para el aseguramiento de la capacidad de trabajo de la maquinaria agrícola en general, se han realizado investigaciones sobre la disponibilidad en cosechadoras de arroz de diferentes modelos (New Holland L-520, L-624, L-626, TC-57 y Laverda 225 REV) de procedencia italiana y brasileña realizadas por (Shkiliova *et al.*, 2010; Fernández y Shkiliova, 2012). En particular el caso de los tractores ha sido escasamente tratado.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar los principales índices de adaptabilidad de los tractores (Maxxum Case 150 y New Holland TM – 7010) para la realización de los mantenimientos técnicos diarios y MT-1, así como la comodidad de trabajo del personal durante su ejecución en las condiciones de la UEB "Jesús Rabi".

MÉTODOS

Las investigaciones experimentales se realizan en las condiciones de la UEB "Jesús Rabi" perteneciente al grupo empresarial AZCUBA de la provincia de Matanzas, el periodo de prueba abarcó desde el mes de enero de 2014 hasta completar las 3 000 h bajo carga, tiempo mínimo que se debe tomar para analizar la fiabilidad en los tractores modernos (Shkiliova, 2010). Para el caso de los tractores Maxxum Case 150 (10) que funcionan como movedores durante la zafra, el periodo analizado abarco hasta el mes de Junio y para los tractores New Holland TM-7010 (8) que realizan las actividades de labranza del suelo, hasta el mes de Octubre. Para la determinación del nivel de adaptabilidad se recurre a las normas de calidad y se utiliza los métodos de observación combinados con otros procedimientos o técnicas: la entrevista, el cuestionario y el cronometraje¹. En la Tabla 1 aparecen las principales especificaciones técnicas de los tractores.

TABLE 1. Tractors Technical Specifications
TABLA 1 Especificaciones técnicas de los tractores

	Tractors	
	<i>New Holland</i> TM-7010	Maxxum Case 150
ENGINE		
Mark	New Holland	Cummins/CDC
Nominal rated (r.p.m)	2 200	2 200
Engine HP at nominal rated (cvx(kw))	141 x(104)	145x(106)
Aspiration	Turbo Intercooler	Turbo Charged
Cylinders	6	6
ELECTRICAL		
Alternator Standard(A)	120 / 150/ 200	120 / 150 / 200

¹ SIERRA, V.: Metodología de la Investigación Científica, La Habana, Cuba, 2007.

Tractors		
	<i>New Holland</i> TM-7010	Maxxum Case 150
Battery Standard	12 Volt - 800 CCA / 1300 CCA	12 Volt - 800 CCA / 1300 CCA
TRANSMISSION		
Type	Range command	Standard partial power shift
Gears(forward and reverse)	18 x 6	16 x12
POWER TAKE-OFF SHAFT		
Operating Velocity (rpm)	Electrohydraulic 540-1 000	Standard 540-1 000
HYDRAULIC SYSTEM		
Pump	piston	Fixed displacement
Standard Tractor Hydraulic Total Flow Capacity(L/min)	120	127
Max flow available (L/min)	64	75
Hitch lift capacity (kg)	6 475	6 260
WEIGHT		
Average Standard Weight (kg)	12,800 pounds (5 806 kg)	

Sources: <http://www.agrocomercialnorte.com.ar/wp-content/uploads/catalogo-productos-case.pdf>; <http://www.gmmaquinarias.com/pdfs/TM7010-TM7020-TM7030-TM7040.pdf>.

The level of adaptability for the technical service was determined through calculation of quantitative indicators of maintainability that characterize the adaptation of the machine design for the operations of technical maintenances that are the following (Ermolov, 1980):

Coefficient of position comfort: relationship of the total quantity of comfortable positions during the realization of the works and the total quantity of possible positions.

$$KC^P = \frac{C^{PC}}{C^{TPP}} \quad (1)$$

Where:

WC^{PC} - Quantity of comfortable positions,
 C^{TPP} - Total quantity of possible positions

Coefficient of accessibility: it is related to total labor of the auxiliary operations (preparation of the machine, works of assembling and dismantling, etc.) that is necessary to carry out during the elimination of flaws and technical maintenances.

$$K_{AMT} = \frac{L^P_{MT}}{(L^P_{MT} + L^A_{AM})} \quad (2)$$

Where:

L^P_{MT} - Labor of main works, man-h,
 L^A_{AM} - Labor of auxiliary works, man-h.

Maintenance labor is measured in man-hours and it depends on different factors like: design of the equipment, technical state of the equipment, technological level of the equipment, instruments to use, organization of technical maintenances of the technological process and operators' qualification and preparation (Fernandez & Shkiliova, 2011).

Coefficient of work tension during lubrication operations (A): It characterizes the amount of energy the worker spends during the realization of the maintenance operations in a given position, compared with the one spent during the execution of the same volume of the work, but in position 1,

El nivel de la adaptabilidad para el servicio técnico se determinó a través de cálculo de los indicadores cuantitativos de mantenibilidad que caracterizan la adaptación del diseño de las máquinas para las operaciones de mantenimientos técnicos, que son los siguientes (Ermolov, 1980):

Coefficiente de comodidad de la posición: relación de la cantidad total de posiciones cómodas durante la realización de los trabajos y la cantidad total de posiciones posibles.

$$KC^P = \frac{C^{PC}}{C^{TPP}} \quad (1)$$

donde:

WC^{PC} - Cantidad de posiciones cómodas,
 C^{TPP} - Cantidad total de posiciones posibles.

Coefficiente de accesibilidad: tiene en cuenta la laboriosidad total de las operaciones auxiliares (preparación de la máquina, trabajos del arme -desarme, etc.), que es necesario realizar durante la eliminación de las fallas y mantenimientos técnicos.

$$K_{AMT} = \frac{L^P_{MT}}{(L^P_{MT} + L^A_{AM})} \quad (2)$$

donde:

L^P_{MT} - Laboriosidad de trabajos principales, hombre-h,
 L^A_{AM} - Laboriosidad de trabajos auxiliares, hombre-h.

La laboriosidad de los mantenimientos se mide en hombre-horas y depende de diferentes factores como son: el diseño de los equipos; el estado técnico de los equipos; su nivel tecnológico; instrumentos a utilizar; la organización del proceso tecnológico de los mantenimientos técnicos y la calificación y preparación del personal (Fernández y Shkiliova, 2011).

Coefficiente de la tensión de trabajo durante las operaciones de lubricación (A): Caracteriza en cuántas veces más se gasta la energía del obrero durante la realización de las operaciones de mantenimiento en una posición dada en comparación con la ejecución del mismo volumen del trabajo pero en

that is considered more comfortable (Figure 1 and Table 2). The machine is more adapted for technical maintenances when its coefficient (A_t) takes value near 1.

$$A_t = \sum A_{ti} \cdot t_i / \sum t_t \quad (3)$$

Where:

A_{ti} - indicator of the tension of maintenance operations in position i ,

t_i - time of work in the position i , s.

la posición 1, que se considera más cómoda (Figura 1 y Tabla 2). La máquina está más adaptada para los mantenimientos técnicos cuando su coeficiente (A_t) se toma valor cercano a 1.

$$A_t = \sum A_{ti} \cdot t_i / \sum t_t \quad (3)$$

donde:

A_{ti} - indicador de la tensión de las operaciones de mantenimiento en la posición i ,

t_i - tiempo de trabajo en la posición i , s.

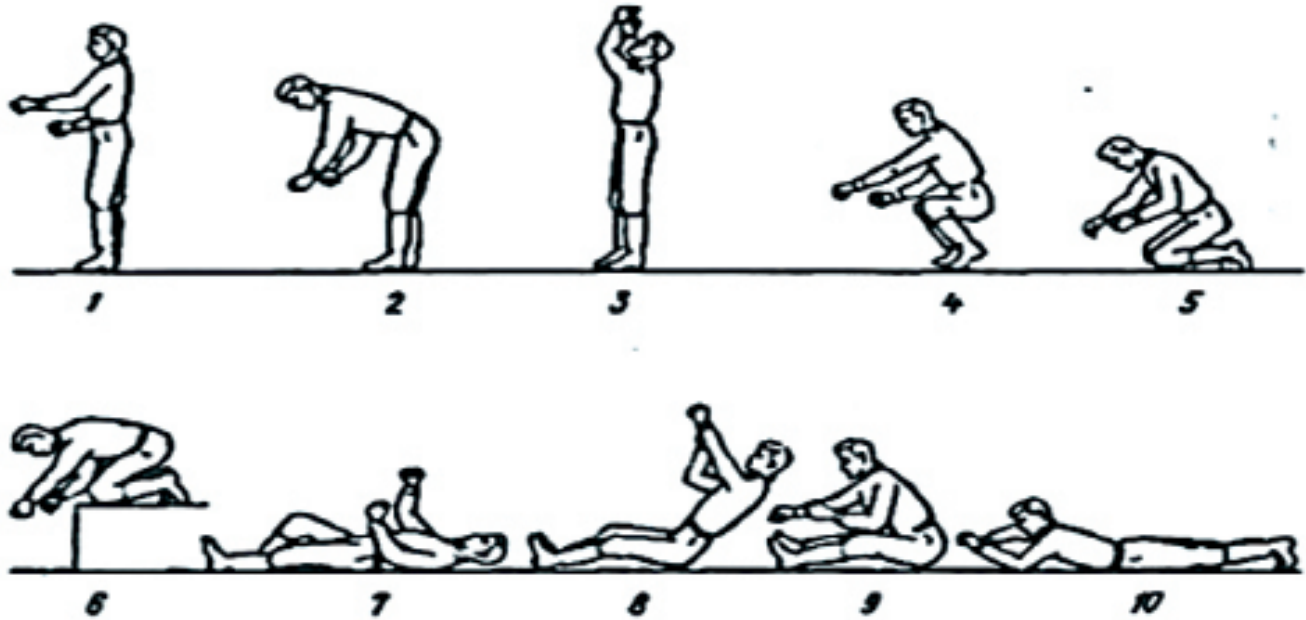


FIGURE 1. Working positions of workers during technical maintenances. Source: A. Kopchikov, 1980.
 FIGURA 1. Posiciones de trabajo de los obreros durante los mantenimientos técnicos. Fuente: Kopchikov (1980).

TABLE 2. Indicators of work tension of workers in different working positions. Source: A. Kopchikov, (1980)
 TABLA 2. Indicadores de tensión de trabajo de los obreros en diferentes posiciones de trabajo. Fuente: Kopchikov (1980)

Indicators	Positions									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Time, s	7.0	9.0	10.7	10.3	8.5	13.6	10.8	12.3	10.6	10.5
Arterial pressure max/min	120/70	120/70	125/70	120/70	120/70	130/75	125/70	130/75	125/75	120/70
Pulse frequency in minutes	72	75	80	85	82	100	90	95	92	85
Energy requirement kcal/h	20	30	35	40	35	80	50	70	70	50
Indicator of working tension	1.0	1.5	1.8	2.0	1.8	4.0	2.5	3.5	2.5	2.0

RESULTS AND DISCUSSION

The calculation Coefficient of comfort of the position is carried out by means of expression (1), based on the information in Tables 3 and 4 on the quantity of points that receive maintenance in each position for each tractor brand.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cálculo coeficiente de comodidad de la posición se realiza por la expresión (1), basándose en la información asentada en la Tablas 3 y 4 sobre la cantidad de puntos que reciben mantenimiento en cada una de las posiciones para cada marca de tractor.

TABLE 3. Quantity of point's distribution that receives maintenance in certain positions in Maxxum Case 150 tractor
 TABLA 3. Distribución de la cantidad de puntos que reciben mantenimiento en las determinadas posiciones en el tractor Maxxum Case 150

Maintenances	Positions										Total of points	Real with Maintenance
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
10 h											2	1

Maintenances	Positions	Total of points	Real with Maintenance
50 h	9 9 - 4 - - 2 - 3 -	27	25
Total	9 9 - 4 - - 2 - 3 -	29	26

TABLE 4. Quantity of point’s distribution that receives maintenance in certain positions in New Holland TM-7010 tractor
TABLA 4. Distribución de la cantidad de puntos que reciben mantenimiento en las determinadas posiciones en el tractor New Holland TM-7010

Maintenances	Positions	Total of points	Real with Maintenance
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10		
10 h	3	3	2
50 h	9 10 - 4 - - 2 - 3 -	28	26
Total	9 10 - 4 - - 2 - 3 -	28	26

According to the interview to operators, mechanics and specialists, the most comfortable positions are 1 and 2, based on the information of Tables 3 and 4. In these positions 18 points receive maintenance in the comfortable positions of a total of 29 there are in Maxxum Case 150 tractors. In New Holland TM-7010 tractor, 21 points receive maintenance in comfortable positions of a total of 31. The result of the comfort coefficient of the position during lubrication operations (KC^{plub}) for Maxxum Case 150 and New Holland TM-7010 tractors was 0.66 and 0.67, respectively.

In Maxxum Case 150 and New Holland TM-7010 tractors the value of the comfort coefficient of the position is high since more than 65% of the maintenance operations are carried out in the most comfortable positions, which allows carrying out the operations with quality, even when 100% of them are not carried out due to operators’ carelessness.

Coefficient of accessibility: Average times of execution of auxiliary and main operations correspond to their laboriousness, since they are executed by a person under real conditions of operation. In Table 5 the values of laboriousness of auxiliary and main works of daily technical maintenances and MT-1 are offered.

Según la entrevista a los operadores, mecánicos y especialistas, las posiciones más cómodas son la 1 y 2, basándose en la información de las Tablas 3 y 4, en estas posiciones se reciben mantenimiento 18 puntos en las posiciones cómodas de las 29 que hay en total en los tractores Maxxum Case 150, así como que en el tractor New Holland TM-7010 reciben mantenimiento 21 puntos en posiciones cómodas de un total de 31. El resultado del coeficiente de comodidad de la posición durante las operaciones de lubricación (KC^{plub}) para los tractores Maxxum Case 150 y New Holland TM-7010 fue de 0,66 y 0,67 respectivamente.

En los tractores Maxxum Case 150 y New Holland TM-7010 el valor del coeficiente de comodidad de la posición es alto ya que más del 65% de las operaciones de mantenimiento se realizan en las posiciones más cómodas, lo que permite realizar las operaciones con calidad, aunque no se realizan el 100% de estas por abandono de los operadores.

Coefficiente de accesibilidad: Los tiempos promedios de ejecución de las operaciones auxiliares y principales corresponden a las laboriosidades de los mismos, ya que se ejecutan por una persona en las condiciones reales de explotación. En la Tabla 5 se brindan los valores de las laboriosidades de los trabajos auxiliares y principales de los mantenimientos técnicos diarios y MT-1.

TABLE 5. Average times of execution of the auxiliary and main maintenance operations and laboriousness of operations in Maxxum Case 150 and New Holland TM-7010 tractors

TABLA 5. Tiempos promedios de ejecución de las operaciones auxiliar y principal de mantenimientos y laboriosidad de las operaciones en los tractores Maxxum Case 150 y New Holland TM-7010

Tractors	Execution Average Time, h		
	Auxiliary Operation	Lubrication	Main Operation
	Cleaning		Fixing+ Regulations
Laboriousness Maxxum Case 150	0.14	0.30	0.11
Laboriousness New Holland TM-7010	0.14	0.29	0.12

Regarding the data presented in Table 5, the result of the coefficient of accessibility (K_{AMT}) for the Maxxum Case 150 and New Holland TM-7010 tractors was 0.74 and 0.73, respectively.

According to Ermolov (1980), Topolin & Zabrodskii (1984), Fernandez & Shkiliova (2012), and Afsharnia *et al.* (2015), it is considered a level of acceptable accessibility for these types of technical maintenances, existing the possibility of their elevation by means of improving the work tools, preparation and experience in the operators’ work.

Teniendo en cuenta los datos presentados en la Tabla 5 el resultado del coeficiente de accesibilidad (K_{AMT}) para los tractores Maxxum Case 150 y New Holland TM-7010 fue de 0,74 y 0,73 respectivamente.

Según autores como Ermolov (1980), Topolin y Zabrodskii (1984), Fernández y Shkiliova (2012), y Afsharnia *et al.* (2015), se considera un nivel de accesibilidad admisible para estos tipos de mantenimientos técnicos, existiendo la posibilidad de elevarlo mediante el mejoramiento de las herramientas de trabajo, preparación y experiencia en el trabajo del personal.

Coefficient of the work tension during maintenance operations (At): The averages times of execution of maintenance operations in a given position are recorded in Table 6.

Coeficiente de la tensión de trabajo durante las operaciones de Mtto (At): los tiempos promedios de ejecución de las operaciones de Mtto en una posición dada están asentados en la Tabla 6.

TABLE 6. Average times of execution of maintenance operations and tension indicators of workers' work in different working positions
TABLA 6. Tiempos promedios de ejecución de las operaciones de Mtto e Indicadores de tensión de trabajo de los obreros en diferentes posiciones de trabajo

Indicators	Positions									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Case 150 Tractor	3.10	4.10	-	2.1	-	-	0.59	-	1.95	-
Time t_p , s										
New Holland TM10 Tractor, t_p , s	3.06	4.55	-	2.05	-	-	1.01	-	1.91	-
Working Tension Indicator, A_i	1	1.5	-	2	-	-	2.5	-	2.5	-

The tractor is more adapted for technical maintenances when its coefficient (A_t) has a value close to one (Fernandez & Shkiliova, 2012). Both tractors have the same design, but New Holland TM-7010 tractors possess two points more that receive technical maintenance during planning, according to the technical instructive. The coefficient (A_t)=1.66 for Maxxum Case 150 tractors and (A_t)=1.69 for New Holland TM-7010 tractors, are between high (1.0) and half (2.0) levels (Fernandez & Shkiliova, 2012), which is influenced by the location of maintenance and lubrication points, the work tools, but also by the operators' preparation.

The analysis of the investigation results on the determination of Maxxum Case 150 and New Holland TM-7010 tractors' adaptability level for daily technical maintenances and MT-1, as well as workers' labor comfort, during its execution under the conditions of the UEB "Jesus Rabbi", allows concluding that the tractors design permits to reach a high level of adaptability and work comfort for these maintenances. Nevertheless, the lack of adapted work tools and the operators' training can influence negatively in the results which deserves greater attention.

CONCLUSIONS

- Under production conditions, not all the operators of Maxxum Case 150 and New Holland TM-7010 tractors accomplish rigorously the regularity of the technical maintenances; only 92% of the points conceived in the technical instructive receive maintenances.
- The coefficient of position comfort during the maintenance operations in the Maxxum Case 150 is 0.66 and in the New Holland TM-7010 is 0.67.
- The coefficient of accessibility in the Maxxum Case 150 tractors is 0.74 and in the New Holland TM-7010 is 0.73.
- The coefficient of the work tension during the maintenance operations in the Maxxum Case 150 tractors is 1.66 and in the New Holland TM-7010 is 1.69.

El tractor está más adaptado para los mantenimientos técnicos cuando su coeficiente (A_t) toma valor cercano a uno (Fernández y Shkiliova, 2012). Ambos tractores cuentan con el mismo diseño solo que los tractores New Holland TM-7010 poseen dos puntos más que reciben mantenimiento técnico durante la planificación de los mismos, según instructivo técnico. El coeficiente (A_t)=1,66 para el tractor Maxxum Case 150 y para los tractores New Holland TM-7010 (A_t)=1,69, se encuentra entre niveles alto (1,0) y medio (2,0) (Fernández y Shkiliova, 2012), en lo que incide la ubicación de los puntos del mantenimiento y la lubricación, las herramientas de trabajo, pero también la preparación de los operadores.

El análisis de los resultados de la investigación sobre la determinación del nivel de adaptabilidad de los tractores Maxxum Case 150 y New Holland TM-7010 para los mantenimientos técnicos diario y MT-1, así como la comodidad de trabajo del personal durante su ejecución en las condiciones de la UEB "Jesús Rabi", permite concluir que el diseño de los tractores posibilita alcanzar un alto nivel de adaptabilidad y comodidad de trabajo para dichos mantenimientos, aunque a causa de no disponer de las herramientas de trabajo adecuadas y la capacitación de los operarios puede influenciar negativamente en los resultados por lo que se le debe prestar mayor atención.

CONCLUSIONES

- En las condiciones de producción no todos los operadores de los tractores Maxxum Case 150 y New Holland TM-7010 cumplen rigurosamente con la periodicidad de los mantenimientos técnicos, solo el 92% de los puntos concebidos en los instructivos técnicos reciben mantenimientos.
- El coeficiente de comodidad de la posición durante las operaciones de mantenimiento en los Maxxum Case 150 es 0,66 y en los New Holland TM-7010 es 0,67.
- El coeficiente de accesibilidad en los tractores Maxxum Case 150 es 0,74 y en los New Holland TM-7010 es 0,73.
- El coeficiente de la tensión de trabajo durante las operaciones de mantenimiento en los tractores Maxxum Case 150 es 1,66 y en los New Holland TM-7010 es 1,69.

REFERENCES / REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUBAKAR, M.S.; ZAKARI, D.; SHITTU, S.K.; ATTANDA, M.L.: "Determination of repair and maintenance cost for MF375 tractor: A case study in Kano Metropolis, Nigeria", *Arid Zone Journal of Engineering, Technology and Environment*, 9: 27-35, 2013, ISSN: 2545-5818.
- AFSHARNIA, F.; ASOODAR, M.A.; ABDESHAHI, A.; MARZBAN, A.: "Repair and Maintenance Capability and Facilities Availability for MF 285 Tractor Operators in North of Khouzestan Province", *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 9(6): 1153-1156, 2015.
- ERMOLOV, L.: *Fundamentos de la fiabilidad de la técnica agrícola*, Ed. Kolos, Moscú, 271 p., 1980.
- FERNÁNDEZ, A.O.; SHKILIOVA, L.: "Adaptabilidad de la cosechadora de arroz Laverta 225 REV para las operaciones de mantenimientos técnicos", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(2): 76-80, 2012, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- FERNÁNDEZ, S.M.; SHKILIOVA, L.: "Validación de un método para el cálculo de indicadores de mantenimiento", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(4): 72-79, 2012, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- FERNÁNDEZ, M. y SHKILIOVA, L.: "Los servicios técnicos y los medios de producción en un taller de empresa agropecuaria. Su estado actual e incidencia sobre los indicadores de mantenimiento", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(Suppl.): 72-76, 2006, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- HUNT, D.: *Farm power and machinery management*, Ed. Iowa State University Press, 10.^a ed., USA, 368 p., 2001, ISBN: 978-0-8138-1756-9.
- RASHID, M.; RANJBAR, I.: "Modeling of Repair and Maintenance Costs of John Deere 4955 Tractors in Iran", *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 9(6): 605-609, 2010, ISSN: 1818-6769.
- BEHERA, P.K.; SAHOO, B.S.: "Leverage of Multiple Predictive Maintenance Technologies in Root Cause Failure Analysis of Critical Machineries", *Procedia Engineering*, 144: 351-359, 2016, ISSN: 1877-7058, DOI: 10.1016/j.proeng.2016.05.143.
- SOPEGNO, A.; CALVO, A.; BERRUTO, R.; BUSATO, P.; BOCTHIS, D.: "A web mobile application for agricultural machinery cost analysis", *Computers and Electronics in Agriculture*, 130: 158-168, 2016, ISSN: 0168-1699, DOI: 10.1016/j.compag.2016.08.017.
- SHKILIOVA, L.; RIBET, Y.; GONZÁLEZ, C.: "Disponibilidad de las cosechadoras de arroz New Holland TC-57 durante el período de garantía en las condiciones del Complejo Agroindustrial Arroceros "Los Palacios", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(4): 63-68, 2011, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- SHKILIOVA, L.: "Diseño y mantenibilidad de la maquinaria agrícola", En: *V Conferencia de Ingeniería Agrícola de La Habana, AgrIng'2010*, Ed. UNAH, La Habana, Cuba, 2010, ISBN: 978-959-16-1214-4.
- TOPILIN, G. y V. ZABRODSKII: *Capacidad de trabajo de tractores*, 303pp., Ed. "Kolos", Moscú, 1984.
- ZHOU, D.; ZHANG, H.; WENG, S.: "A novel prognostic model of performance degradation trend for power machinery maintenance", *Energy*, 78: 740-746, 2014, ISSN: 0360-5442, DOI: 10.1016/j.energy.2014.10.067.

Received: 22/02/2016.

Approved: 13/03/2017.

Deyvis González-Rojas, Inv., Grupo Empresarial AZCUBA, Matanzas, Cuba. E-mail: antihus@unah.edu.cu

Antihus A. Hernández-Gómez, E-mail: antihus@unah.edu.cu

Liudmila Shkiliova, E-mail: liudmilashkiliova14@gmail.com

Note: the mention of commercial equipment marks, instruments or specific materials obeys identification purposes, there is not any promotional commitment related to them, neither for the authors nor for the editor.