



## Maintainability of New Holland Rice Harvesters in “Los Palacios” Company, Cuba

### *Mantenibilidad de las cosechadoras de arroz New Holland en la empresa “Los Palacios”, Cuba*

M.Sc. Erwin Herrera-González<sup>I</sup>, Dr.C. Alexander Miranda-Caballero<sup>II</sup>, Dr.C. Yanoy Morejón-Mesa<sup>III</sup>,  
Dr.C. Pedro Paneque-Rondón<sup>III</sup>

<sup>I</sup> Universidad de Guantánamo, Facultad Agroforestal, Guantánamo, Cuba.

<sup>II</sup> Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

<sup>III</sup> Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria,  
San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

**ABSTRACT.** The research was carried out in the conditions of harvest and repair of “Sierra Maestra”, Agricultural Base Business Unit (UEBA) in New Holland L-521, L-624, L-626 rice harvesters, in the daily technical maintenance operations, every 30 h periods, with the objective of estimating their maintainability. Through mathematical analysis, average time of daily and periodic technical maintenance every 30 h was determined. In the research, the estimation of maintainability for real operation conditions is made for the first time. Among the most significant results is that for the harvesters evaluated, the maintainability curve shows that there is between 95.8 and 97% probability that the daily technical maintenance will be carried out in two hours; while in technical maintenance every 30 h the probability is between 74 and 78% in the same period of time.

**Keywords:** Technical Maintenance, Estimation, Harvest, repair

**RESUMEN.** La investigación se realizó en las condiciones de cosecha y reparación de la Unidad Empresarial Base Agrícola (UEBA) “Sierra Maestra”, en las cosechadoras de arroz New Holland L-521, L-624, L-626, en las operaciones de mantenimiento técnico diario, periódico cada 30 h, con el objetivo de estimar la mantenibilidad de las cosechadoras de arroz durante los mantenimientos técnicos diario, cada 30 h y en el período de cosecha en las condiciones de la Empresa Agroindustrial de Granos (EAIG) “Los Palacios”. A través del análisis matemático se determinó, tiempo medio de mantenimiento técnico diario y periódico cada 30 h. En la investigación se realiza por vez primera la estimación de la mantenibilidad para condiciones reales de explotación. Dentro de los resultados más significativos se encuentra que: para las cosechadoras evaluadas la curva de mantenibilidad muestra que existe entre 95,8 .97% de probabilidad que el mantenimiento técnico diario se realice en dos horas; mientras que en el mantenimiento técnico cada 30h la probabilidad es de 74...78% en igual período de tiempo.

**Palabras clave:** mantenimiento técnico, estimación, cosecha, reparación.

## INTRODUCTION

Within the technological process of rice production, the use of combine harvesters is an issue of undoubted interest. The deterioration and years of operation of the means used during the technical assistance of these equipment, has caused the decrease of the technical availability of them, which affects the harvest productivity. Hence the importance of the proper execution of technical maintenance operations and repairs to guarantee the work of the machinery in operation, until they

## INTRODUCCIÓN

Dentro del proceso tecnológico de la producción arrocera, el uso de las máquinas cosechadoras es un tema de indudable interés. El deterioro y los años de explotación de los medios utilizados durante la asistencia técnica de estos equipos, ha provocado la disminución de la disponibilidad técnica de las mismas, lo cual afecta la productividad durante la realización de la cosecha. De ahí la importancia de la correcta ejecución de las operaciones de mantenimientos técnicos y reparaciones; para garantizar el funcionamiento de la maquinaria

can be completely renewed, according to the economic possibilities of the country.

In Cuba, rice harvest is an operation carried out with the help of agricultural machinery, which represents strong investments; for this reason the dynamics of the production process requires that harvesting machines are in perfect technical condition during this period. Consequently, it is necessary to properly organize and plan the maintenance and repair system to ensure the increase of productivity efficiently (Miranda *et al.*, 2003; Mora, 2005; Izmailov, 2007; Amu, 2010; García de la Figal, 2011).

Studies carried out indicate that, when the daily technical maintenance is carried out in the established time and all the operations foreseen are performed, the flow of machine failures decreases by 50%, under average operating conditions, which allows reducing the expenses for concepts of repairs and time labor (Sotskov, 1972; Miranda-Caballero *et al.*, 2004; Shkiliova *et al.*, 2007; Paneque-Rondón *et al.*, 2009; Matos-Ramírez *et al.*, 2014; González-Cueto *et al.*, 2017).

In the Agroindustrial Grain Company (EAIG) “Los Palacios”, as in the whole country, the deterioration of machines requires greater demand for technical assistance and with it the need to organize the maintenance and repair process, laying out strategies that ensure an optimal decision at each moment, based on maintainability criteria.

Mesa-Grajales *et al.* (2006), point out that reliability, availability and maintainability are powerful tools that help maintenance personnel to make decisions. These tools provide the criteria to develop strategic maintenance management and, in order to increase availability, priority must be given to maintainability. Miranda-Caballero *et al.* (2004), state that the little attention to the planned technical maintenance influences the increase in the amount of breaks in harvesters because they are responsible for the control and prevention of failures. Thus, measures can be taken that help to increase harvesters' productivity, once they know which the pieces that fail are and the effect they cause. Another negative impact during the maintenance of the machines, is not having the organization, resources and trained personnel that responds to the current requirements of improving the operating conditions and the improvement of the reliability indexes Miranda-Caballero *et al.* (2004). Each one of the investigations carried out previously reflects the need to comply with quality maintenance in order to increase the operational reliability and although it is characterized by the time and resource expenses for the maintenance of its working capacity, it is limited to consider only the expenses of times, by concept of live work of people, spare parts and other materials for repair. All the characteristics and previous events that occur before reaching the state of normality such as design, assembly, operations, skills of the operators, modifications made, previous repairs, operation capacity, reliability, maintenance executed throughout the useful life of the equipment, environment, legislation or indications, quality of the spare parts, cleaning and environmental impact generated, eva-

en explotación, hasta que se puedan renovar completamente, de acuerdo a las posibilidades económicas del país.

En Cuba la cosecha del arroz es una operación que se realiza con ayuda de la maquinaria agrícola lo que representa fuerte inversiones; por tal razón la dinámica del proceso productivo exige que las máquinas cosechadoras se hallen en perfecto estado técnico durante este período, motivo por el cual se hace necesario organizar y planificar debidamente el sistema de mantenimiento y reparaciones para asegurar el aumento de la productividad de forma eficiente (Miranda *et al.*, 2003; Mora, 2005; Izmailov, 2007; Amu, 2010; García de la Figal, 2011).

Estudios realizados indican que al efectuarse el mantenimiento técnico diario, en el tiempo establecido y todas las operaciones prevista, el flujo de fallos 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 (Sotskov, 1972; Miranda-Caballero *et al.*, 2004; Shkiliova *et al.*, 2007; Paneque-Rondón *et al.*, 2009; Matos-Ramírez *et al.*, 2014; González-Cueto *et al.*, 2017).

En la Empresa Agroindustrial de Granos (EAIG) “Los Palacios”, como en todo el país, el deterioro de las máquinas exige mayor demanda de asistencia técnica, y con ella la necesidad de organizar el proceso de mantenimiento y reparación, trazando estrategias que aseguren una decisión óptima en cada momento, basado en criterios de mantenibilidad.

Mesa-Grajales *et al.* (2006), señalan que la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad son herramientas poderosas que auxilian al personal de mantenimiento para tomar decisiones. Estas herramientas brindan los criterios para desarrollar gestión estratégica de los mantenimientos y para poder aumentar la disponibilidad se debe actuar prioritariamente sobre la mantenibilidad.

Miranda-Caballero *et al.* (2004), plantean que en el aumento de las roturas de las cosechadoras influye la poca atención a los mantenimientos técnicos planificados; encargados del control y prevención de las fallas; y se pueden tomar medidas que ayuden a aumentar la productividad de las cosechadoras, una vez que se conozcan cuáles son las piezas que fallan y el efecto que ocasionan. Otra de las incidencias negativas durante las labores de mantenimiento de las máquinas, es no contar con la organización, recursos y personal capacitado que dé respuesta a las exigencias actuales de perfeccionar las condiciones de explotación y del mejoramiento de los índices de fiabilidad (Miranda-Caballero *et al.*, 2004).

Cada una de las investigaciones realizadas con anterioridad reflejan la necesidad de cumplir los mantenimientos con calidad para elevar la fiabilidad de explotación y aunque está caracterizada por los gastos de tiempo y recursos para el mantenimiento de su capacidad de trabajo se limitan a considerar solamente los gastos de tiempos, por concepto de trabajo vivo de las personas, piezas de repuesto y otros materiales para la reparación. Sin tener en cuenta todas las características y hechos previos que ocurren antes de haber alcanzado el estado de normalidad; diseño, montaje, operaciones, habilidades de los operarios, modificaciones realizadas, reparaciones anteriores, capacidad de operación, confiabilidad, mantenimientos ejecutados a lo largo de la vida útil del equipo, entorno, legislación o indicaciones, calidad de los repuestos, limpieza e impacto

luating the management and operation of maintenance, are other issues to be taken into consideration.

According to the existing problems, for the first time in the conditions of the EAIG “Los Palacios” and in Cuba, scientific basis support the parameters that characterize the maintainability during the technical maintenance, that is, the ease and economy in the execution of the maintenance of an element, device or equipment that can be restored, and specifically rice harvesters, which, in turn, provides a methodological basis for the solution of such important scientific and practical problem in the organization and streamlining of maintenance and, therefore, in the working capacity of the harvesters.

Taking into account the influence of the technical maintenance in the assurance of the working capacity of the harvester and the ignorance of the level of compliance of the technical maintenance and repairs in the programmed time, it is necessary to estimate the maintainability of the rice harvesters during the daily technical maintenance, every 30 hours during the harvest period in the conditions of the EAIG “Los Palacios”, since it is the variable that directly influences the ease and economy in the execution of maintenance.

## METHODS

The experimental research was carried out in EAIG “Los Palacios”, in Pinar del Río Province. The field work and the characterization of the experimental site, was carried out under the repair and harvest conditions of the UEBA “Sierra Maestra. The evaluation of the factors that influence maintainability were carried out in three models of New Holland L-521, L-624, L-626, during the daily technical maintenance (10 h) and the MT-1 (every 30). h), during the rice harvest periods June-July and September-November 2012.

### Methodology for Collecting Information on Maintenance Times

For the collection of information, different Cuban norms were used, such as PNO PG-CA-043 (2013) and PNO PG-CA-043 (2013). A series of measuring instruments (digital chronometers with an accuracy of 1 / 10 s (1%), control models of the harvest peloton work (worked area, quantity of harvested grain, fuel consumed and duration of the working day), documentation of the UEBA (prepared by the head of batch) (field, area, field performance, variety) and a set of tables prepared in advance for the collection of the primary data. Table 1 reflects the types of technical maintenance performed. In column 1, the model and chassis number of the machine are set; in column 2 the type of maintenance is indicated and in column 3 the tools used are shown. Average time used in maintenance (main and auxiliary time) is set on columns 4 and 5. Column 6 provides information on the number of people involved. This table is filled taking into account Table 2, where the results of the photo-chronometry of the maintenance carried out are established, taking the time at which the maintenance starts and the final time, by diffe-

ambiental que genera, evaluando la gestión y la operación del mantenimiento.

De acuerdo a la problemática existente, por primera vez en las condiciones de la EAIG “Los Palacios y en Cuba, sobre base científica se fundamentan los parámetros que caracterizan la mantenibilidad durante los mantenimientos técnicos, es decir, la facilidad y economía en la ejecución del mantenimiento de un elemento, dispositivo o equipo que pueda ser restaurado, y en específico de las cosechadoras de arroz, lo que a su vez permite contar con un fundamento metodológico para la solución de tan importante problema científico y práctico en la organización y racionalización del mantenimiento y por consiguiente en la capacidad de trabajo de las cosechadoras.

Teniendo en cuenta la influencia de los mantenimientos técnicos en el aseguramiento de la capacidad de trabajo de la cosechadora y el desconocimiento del nivel de cumplimiento de los mantenimientos técnicos y reparaciones en el tiempo programado, es necesario estimar la mantenibilidad de las cosechadoras de arroz durante los mantenimientos técnicos diario, cada 30 h en el período de cosecha en las condiciones de la EAIG “Los Palacios”, ya que es la variable que influye directamente en la facilidad y economía en la ejecución de los mantenimientos.

## MÉTODOS

La investigación experimental se realizó en la EAIG “Los Palacios”, en la provincia de Pinar del Río, el trabajo de campo y la caracterización del sitio experimental, se realizó en las condiciones de reparación y cosecha de la UEBA “Sierra Maestra. La evaluación de los factores que influyen en la mantenibilidad se llevó a cabo en tres modelos de cosechadoras New Holland L-521, L-624, L-626, durante los mantenimientos técnicos diarios (10 h) y periódico MT-1 (cada 30 h), en los períodos de cosecha de arroz junio-julio y septiembre-noviembre del 2012.

### Metodología para recogida de la información sobre los tiempos de mantenimiento

Para la recogida de la información se utilizaron distintas normas cubanas, como la PNO PG-CA-043: 2013a, b. Sobre gastos de tiempo para realizar los mantenimientos fue necesario una serie de instrumentos de medición (cronómetros digital con una precisión de 1/10s (1%), modelos de control del trabajo del pelotón de cosecha (área trabajada, cantidad de grano cosechado, combustible consumido y duración de la jornada), documentación de la UEBA (elaboradas por el jefe de lote) (campo, área, rendimiento del campo, variedad) y un conjuntos de tablas elaboradas con anterioridad para la toma de los datos primarios.

La Tabla 1 refleja los tipos de mantenimientos técnicos realizados. En la columna 1 se asienta el modelo y número de chasis de la máquina; en la columna 2 se indica el tipo de mantenimiento y en columna 3 las herramientas empleadas. Tiempo promedio que se emplea en el mantenimiento (tiempo principal y auxiliar) se asienta en las columnas 4 y 5. En la columna 6 se brinda la información sobre la cantidad de personas que intervienen. Esta tabla se llena teniendo en cuenta la Tabla 2; donde se asientan los resultados del fotocronometraje de los mantenimientos que se realizan, tomando la hora en que se inicia el mantenimiento y la

rence between the initial and final time the maintenance duration time is calculated. The time of each operation is timed according to the type of maintenance (daily maintenance, periodic MT 1 every 30 h).

hora final, por diferencia entre el tiempo inicial y final se calcula el tiempo de duración del mantenimiento, entre el tiempo inicial y final se cronometra el tiempo de cada operación según el tipo de mantenimiento (mantenimiento diario, periódico MT 1 cada 30 h).

**TABLE 1. Technical Maintenance Performed**  
**TABLA 1. Mantenimientos técnicos realizados**

Machine	Type of Maintenance	Tools Used	Average Time Used		Personnel
			Principal	Auxiliary	
1	2	3	4	5	6

**TABLE 2. Timing of Maintenance Operations**  
**TABLA 2. Cronometraje de las operaciones de mantenimiento**

Times	Time Used /days, min									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maintenance Start										
Maintenance Operations Daily and or Every 30 h										
Maintenance End										

Photo-timing begins with the first task of the day that is the daily technical maintenance, which in some cases can coincide with the periodic technical maintenance MT-1 (every 30 h). With the help of the clock the start and end time are taken and with the chronometer the time of duration of each maintenance operation is taken into account.

El fotocronometraje comienza con la primera tarea de la jornada que es el mantenimiento técnico diario que en algunos casos puede coincidir con el mantenimiento técnico periódico MT-1 (cada 30 h). Con la ayuda del reloj se toma la hora de inicio y fin y con el cronómetro se tiene en cuenta el tiempo de duración de cada operación de mantenimiento

Before starting the observation, it is necessary for each machine to take the data related to its characteristics (name and brand, date of manufacture or repair, name of the production or repair plant, place where the observation is made, start dates and completion of observation); working conditions and useful work of the machine; cases and causes of machine shutdowns due to technical problems (technical maintenance, fault elimination and repairs). Table 3 is the control model of daily work in operation, it is used to record work done daily by machine. Information on the field is obtained from UEBA documents (technological letter of the area). The amount of initial and final fuel is measured with the graduated rod that each machine owns. The work volume is taken from the report or harvest part issued by the platoon leader and then corroborated with the document issued by the reception center (conducts), the data from clean work time, shift hours and other harvest materials.

Antes de comenzar la observación es necesario que para cada máquina se tomen los datos relacionados con su características (denominación y marca, fecha de fabricación o de reparación, nombre de la planta productora o reparadora, lugar donde se realiza la observación, fechas de inicio y terminación de la observación); condiciones de trabajo y trabajo útil de la máquina; casos y causas de paradas de las máquinas por problemas técnicos (realización de mantenimientos técnicos, eliminación de fallas y reparaciones).

La Tabla 3 es el modelo de control de trabajo diario en explotación, se utiliza para registrar diariamente por máquina su trabajo, se obtiene la información sobre el campo de los documentos de la UEBA (carta tecnológica del área), la cantidad de combustible inicial y final se mide con la varilla graduada que posee cada máquina, el volumen de trabajo se toma del informe o parte de cosecha emitido por el jefe de pelotón y luego se corrobora con el documento emitido por el centro de recepción (conduce), los datos de tiempo de trabajo limpio, horas de turno, otros materiales de cosecha.

**TABLE 3. Control of Daily Work in Operation**  
**TABLA 3. Control de trabajo diario en explotación**

Mod l No. <u>  </u> D ate <u>  </u> N ame of th e Operator <u>  </u> C rop <u>  </u>
Company <u>  </u> R egion or District <u>  </u> F ield <u>  </u> L abor <u>  </u>
Brand <u>  </u> f th Mach ne <u>  </u> M od l <u>  </u> S erial No. <u>  </u>
Fuel <u>  </u> S tart <u>  </u> F inal <u>  </u> S h ft <u>  </u> <u>  </u>
Volume of Work P erformed <u>  </u> , h <u>  </u> <u>  </u> F uel L <u>  </u>
Time of Work ( h clean) <u>  </u> H ours/sh fts <u>  </u> Q th r Materials Used <u>  </u>



Based on the manual of employment and care of the harvesters (New Holland L series) in Table 4, in columns 1 and 2, the data taken from the timing of the operations of daily maintenance, periodic every 30 h are settle, coming from tables 1 and 2. Column 3 takes into account the location of the point to be served (On the side of the machine, P1; Top of the machine, P2; Below the machine, P3; Front of the machine, P4; Rear of the machine, P5). In column 4, information is provided on the work positions of the personnel working in the maintenance, according to Kopchikov (1980), quoted by Shkiliova & Fernández-Sanchez (2011), standing working at the height of the shoulders; A, standing leaning forward, B; standing working above the head, C; bent, D; bent on knees with straight spine, E; on knees inclined forward, F; lying on his back, G; sitting leaning back, H; seated leaning forward, I and ying face down, J.

In columns from 5 to 8 the time that is used in the work, element to work, tools used and the people involved in the operation are established. These data are taken from Tables 1 and 2. Once ordered these data are averaged by operation and machines which will allow the analysis based on the theoretical basis.

Basados en el manual de empleo y cuidados de las cosechadoras (New Holland serie L) en la Tabla 4 en las columnas 1 y 2 asientan los datos tomados a partir del cronometraje de las operaciones de mantenimientos diarios, periódicos cada 30 h asentados en la Tablas 1 y 2 En la columna 3 se tiene en cuenta la ubicación del punto a atender (Al costado de la máquina, P<sub>1</sub>; Parte superior de la máquina, P<sub>2</sub>; Debajo de la máquina, P<sub>3</sub>; Parte delantera de la máquina, P<sub>4</sub>; Parte trasera de la máquina, P<sub>5</sub>). En la columna 4 se brinda la información sobre las posiciones de trabajo del personal que trabaja en el mantenimiento, según Kopchikov (1980), citados por Shkiliova y Fernández-Sanchez (2011), parado trabajando a la altura de los hombros; A, parado inclinado hacia delante, B; parado trabajando por encima de la cabeza, C; agachado, D; de rodilla con columna vertebral recta, E; de rodilla inclinado hacia delante, F; acostado boca arriba, G; sentado inclinado hacia detrás, H; sentado inclinado a delante, I; acostado boca abajo, J. En las columnas 5...8 se asienta el tiempo que se emplea en el trabajo, elemento a trabajar, herramientas utilizadas y las personas que intervienen en la operación. Estos datos se toman de las Tablas 1 y 2.

Una vez ordenados estos datos se promedian por operación y máquinas lo que permitirá realizar el análisis fundamentado en la base teórica.

**TABLE 4 Times Used for Maintenance Operations Taking into Account the Position of Personnel per Machine**  
**TABLA 4 Tiempos empleados por operaciones de mantenimiento teniendo en cuenta la posición del personal por máquina**

Operation	Maintenance	Location of the Operation	Position of the Working Personnel	Time of Work in Minutes	Element or Set to Work	Tools Used	Amount of Persons
1	2	3	4	5	6	7	8

**Methodology for Processing the Data That Influence Maintainability Levels**

For the processing of the indicators that influence maintainability, the UNE-EN 61703: 2002, UNE-EN 13306: 2002, UNE-EN 61703: 20032002a, 2002b, 2003, standards were used and are grouped into tables that allow calculating the data of technical maintenance by type (Table 2), which will allow the elaboration of graphics necessary to show the results of the investigation. Using the professional Mathcad 2000 calculation software, the average daily technical maintenance times are calculated, every 30 hours, and the maintainability estimate is grouped in Microsoft Excel database. That will allow the statistical processing of arithmetic means, standard deviation, coefficients of variation, Kolmogorov test for goodness of fit and probability charts in the statistical program STATGRAPHICS PLUS, Versión 5.1 (Statistical Graphics Crop, 2000).

**Evaluation and Determination of the Economic Effect**

The economic effect was based on the data obtained during harvest period 2009, with the evaluation of the machines in operation. The amount of grain left to harvest was determined by the equation:

**Metodología para procesamiento de los datos que influyen en los niveles de mantenibilidad**

Para el procesamiento de los indicadores que influyen en la mantenibilidad, se utilizaron las normas UNE-EN 61703: 2002, UNE-EN 13306: 2002, UNE-EN 61703: 20032002a, 2002b, 2003, y se agrupan en tablas que permitan calcular los datos de los mantenimientos técnicos por tipos (Tabla 2), lo que permitirá la elaboración de gráficos necesarios para mostrar los resultados de la investigación.

Empleando el software de cálculo Mathcad 2000 profesional se calculan los tiempos medios de mantenimiento técnico diario, periódico cada 30 h y la estimación de la mantenibilidad se agrupa en base de datos en Microsoft Excel lo que permitirá su procesamiento estadístico de los valores de las medias aritméticas, desviación estándar, coeficientes de variación, prueba de Kolmogorov (Massey, 1951), para bondad de ajuste y los gráficos de probabilidad en el programa estadístico STATGRAPHICS PLUS, Versión 5.1 (Statistical Graphics Crop, 2000).

**Evaluación y determinación del efecto económico**

El efecto económico se basó en los datos obtenidos durante período de cosecha 2009, con la evaluación de las máquinas en explotación, la cantidad de grano dejado de cosechar se determinó por la ecuación:

$$Adcpm = TMdmd \times W_{exp} \times N; Adcpm = TMd30h \times W_{exp} \times N$$

W<sub>h</sub> re:

Adcpm-Amount of grains left to harvest;  
 TMdmd- Average daily maintenance extra time;  
 TMd30 h- Average maintenance time every 30 extra hours;  
 W<sub>exp</sub>- Productivity; N- Number of maintenance.

## RESULT AND DISCUSSION

### Technical Maintenance Time

Supported by the data obtained from the timing of the technical maintenance carried out during the harvest period, average values were determined (Figure 1). The average time of technical maintenance of the harvesters is composed of the main and auxiliary average time, the latter prolonged, which makes it difficult to optimize the technical maintenance time. It shows that in daily maintenance between 99.5 and 108.6 min (59 and 64%) is the main time and between 35.4 and 42.2 min (36 and 41%) is auxiliary time, which indicates the excessive loss of time due to lack of tools, and devices adequate. In the maintenance every 30 h, time between 101.6 and 121.9 min (50 and 55%) is used in the main operations and time between 68.3 and 74.2 min (45 and 50%) is used in the waiting and preparation of tools, devices, transfer between points to be attended and positioning to execute operations, among others.

$$Adcpm = TMdmd \times W_{exp} \times N; Adcpm = TMd30h \times W_{exp} \times N$$

dnd :

Adcpm-Cantidad de granos dejados de cosechar;  
 TMdmd- Tiempo medio de mantenimiento diario extra;  
 TMd30h- Tiempo medio de mantenimiento cada 30 horas extra;  
 W<sub>exp</sub>- Productividad;  
 N- Número de mantenimientos.

## RESULTADO Y DISCUSIÓN

### Tiempo de mantenimientos técnicos

Apoyados en los datos obtenidos del cronometraje de los tiempos de los mantenimientos técnicos realizados durante el período de cosecha; se determinaron valores promedios (Figura 1). El tiempo medio de mantenimiento técnico de las cosechadoras está compuesto por el tiempo medio principal y auxiliar, este último prolongado por lo que dificulta la optimización del tiempo de mantenimiento técnico, arrojando que en los mantenimientos diarios entre 99,5...108,6 min (59...64%) es tiempo principal y entre 35,4...42,2 min (36...41%) es tiempo auxiliar lo que demuestra la excesiva pérdida de tiempo por falta de herramientas y dispositivos adecuados. En los mantenimientos cada 30 h entre 101,6...121,9 min (50...55%) se emplea en las operaciones principales y entre 68,3...74,2 min (45...50%) en la espera y preparación de las herramientas, dispositivos, traslado entre puntos a ser atendidos, posicionamiento para ejecutar las operaciones, etc.

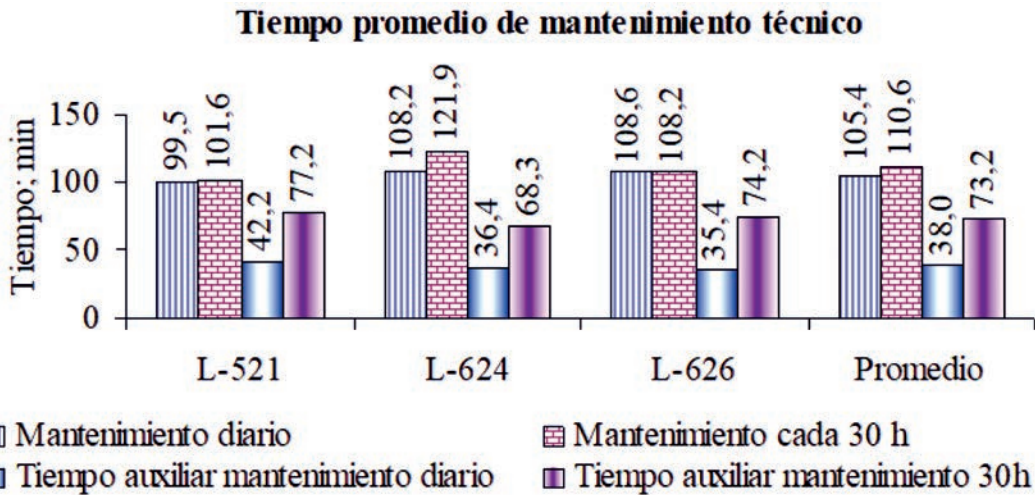


FIGURE 1. Average Technical Maintenance Time of the New Holland L-521, L-624, L-626 Combines.  
 FIGURA 1. Tiempo medio de mantenimiento técnico de las cosechadoras New Holland L-521, L-624, L-626

### Estimation of the Maintainability of Technical Maintenance

From the results obtained in the estimation calculation, in Figure 2 and Table 5 it is shown that in the L-521 harvester, there is a 9 % probability that the daily technical maintenance is performed in 2 hours; in the L-624 harvester there is the 96% probability that the daily technical maintenance is carried out in 2 hours, and in the L-626 combine there is a 95.8% probability that the daily technical maintenance is carried out in 2

### Estimación de la mantenibilidad de los mantenimientos técnicos

De los resultados obtenidos del cálculo de estimación, la Figura 2 y la Tabla 5 muestran que en la cosechadora L-521, existe la probabilidad del 97% de que el mantenimiento técnico diario se realice en 2 horas, en la cosechadora L-624 existe la probabilidad del 96% de que el mantenimiento técnico diario se realice en 2 horas, y en la cosechadora L-626 existe la probabilidad del 95,8% de que el mantenimiento técnico diario se realice en 2 horas.

hours. It is demonstrated that the two regulated hours of daily maintenance is not enough time for that and it provokes that they use more time (2.40 h), causing loss of operating time of the harvester.

For the periodic maintenance every 30 h the L-521 harvesters, there is a 78% probability that the technical maintenance every 30 h is done in 2 hours, in the L-624 harvester there is a 75% probability that the technical maintenance every 30 h is done in 2 hours and in the combine L-626 there is a 74% probability that the technical maintenance every 30h is done in 2 hours. That proves that the two hours regulated to perform periodic technical maintenance every 30 hours is not enough; so it is necessary to increase the time up to 3 hours which causes loss of operating time of the harvester. Therefore, the probability of performing maintenance at a zero time is zero, as the execution time increases, the maintainability curve increases to become maximum in a longer or infinite time; this reveals that to the extent that a larger and maximum time is assigned to perform a maintenance, the successful probability of realizing it grows.

Demostrando que las dos horas normadas de los mantenimientos diarios no es suficiente tiempo para efectuar el mantenimiento diario lo que origina que se utilicen más tiempo (2,40 h) provocando pérdida de tiempo de explotación de la cosechadora.

Para el mantenimiento periódico cada 30 h las cosechadoras L-521 existe una probabilidad del 78% de que el mantenimiento técnico cada 30 se realice en 2 horas, en la cosechadora L-624 existe una probabilidad del 75% de que el mantenimiento técnico cada 30 se realice en 2 horas y en la cosechadora L-626 existe una probabilidad del 74% de que el mantenimiento técnico cada 30 se realice en 2 horas. Lo que evidencia que las dos horas normadas para realizar el mantenimiento técnico periódico cada 30 horas no es suficiente; por lo que es necesario aumentar el tiempo hasta 3 horas lo que origina pérdida de tiempo de explotación de la cosechadora. Por lo tanto la probabilidad de realizar un mantenimiento en un tiempo cero es cero, en la medida que se amplía el tiempo de realización la curva de mantenibilidad aumenta para volverse máxima en un tiempo mayor o infinito; esto revela que en la medida que se asigne un tiempo más grande y máximo para realizar un mantenimiento, la probabilidad exitosa de realizarlo crece.

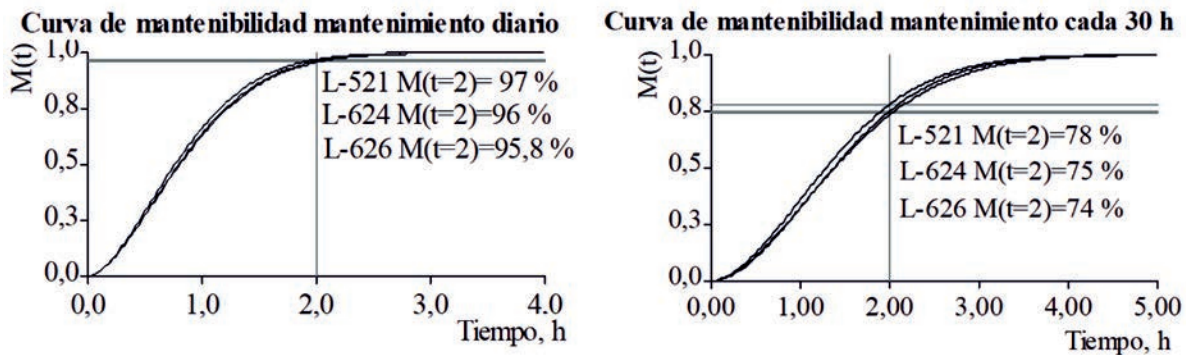


FIGURE 2. Maintenance Curve of New Holland L-521, L-624, L-626 Combines During Technical Maintenance.  
 FIGURA 2. Curva de mantenibilidad de las cosechadoras New Holland L-521, L-624, L-626 durante los mantenimientos técnicos.

TABLE 5. Kolmogorov Tests for Goodness of Fit of Technical Maintenance in Combines L-521, L-624 and L-626.

TABLA 5. Pruebas de Kolmogorov para bondad de ajuste de los mantenimientos técnicos de las cosechadoras L-521, L-624 y L-626

Kolmogorov Tests for Goodness of Fit. Daily Maintenance. Harvester L-521						
Variable	Fit	a	b	n	Statistic D	p-value
Column 2	Weibul(0,5,2)	2,70	1,68	100	0,61	<0,0001
Kolmogorov Tests for Goodness of Fit. Daily Maintenance. Harvester L-624						
Variable	Fit	a	b	n	Statistic D	p-value
Column 2	Weibul(0,5,2)	2,65	1,65	8	0,61	<0,0001
Kolmogorov Tests for Goodness of Fit. Daily Maintenance. Harvester L-626						
Variable	Fit	a	b	n	Statistic D	p-value
Column 2	Weibul(0,5,2)	2,68	1,67	66	0,61	<0,0001
Kolmogorov Tests for Goodness of Fit. Maintenance Every 30h. Harvester L-521						
Variable	Fit	a	b	n	Statistic D	p-value
Column 2	Weibul(0,5,2)	2,79	1,76	3	0,62	<0,0001
Kolmogorov Tests for Goodness of Fit. Maintenance Every 30h. Harvester L-624						
Variable	Fit	a	b	n	Statistic D	p-value
Column 2	Weibul(0,5,2)	2,78	1,75	8	0,62	<0,0001
Kolmogorov Tests for Goodness of Fit. Maintenance Every 30h. Harvester L-626						
Variable	Fit	a	b	n	Statistic D	p-value
Column 2	Weibul(0,5,2)	2,8	1,8	21	0,64	<0,0001



As it can be seen in Figure 3, the greatest loss occurs in L-624 harvesters that stopped harvesting 112 7.86 t which represents 225 571.08 Cuban pesos (CUP) or 9 022.84 convertible Cuban pesos (CUC) and of them 129 601.08 CUP or 5184.04 CUC belong to the extra daily maintenance time. While L-626 harvester stopped harvesting 779.46 t representing 155 892.8 CUP (6 235.71 CUC) and of them 90 518.40 CUP (3 620.74 CUC) belong to the extra time of daily technical maintenance. L-521 harvester has more discrete values, the loss of rice left to harvest is 621.99 t which represents 124 396.65 CUP (4 975.87 CUC) of them 33 533.01 CUP (1 341.32 CUC ). So the situation could improve if the daily technical maintenance extra times due to the deficiency of the logistics system (spare parts, tools and devices to carry out maintenance in the field) are reduced, and personnel training is also implemented in order to diminish losses because of production stops.

Como se observa en la Figura 3, la mayor pérdida ocurre en las cosechadoras L-624 que se dejó de cosechar 112 7,86 t lo que representa 225 571.08 pesos cubanos (CUP) o 9 022.84 pesos cubanos convertibles (CUC) y de ellos 129 601.08 CUP o 5184.04 CUC pertenece al tiempo extra de mantenimiento diario. Mientras que la cosechadora L-626 dejó de cosechar 779,46 t lo que representa 155 892.8 CUP (6 235.71 CUC) y de ellos 90 518,40 CUP (3 620.74 CUC) pertenece al tiempo extra de mantenimiento técnico diario. La cosechadora L-521 posee valores más discretos, la pérdida de arroz dejado de cosechar es de 621,99 t lo que representa 124 396.65 CUP (4 975.87 CUC) de ellos 33 533.01 CUP (1 341.32 CUC) por lo que la situación podría mejorar si disminuyen los tiempos extras de mantenimiento técnico diarios provocado por la deficiencia del sistema logístico (piezas de repuestos, herramientas y dispositivos para efectuar los mantenimientos en el campo), sin dejar de pasar por alto la necesidad de la capacitación del personal de mantenimiento, lo que contribuiría a disminuir las pérdidas por concepto de paradas improductiva

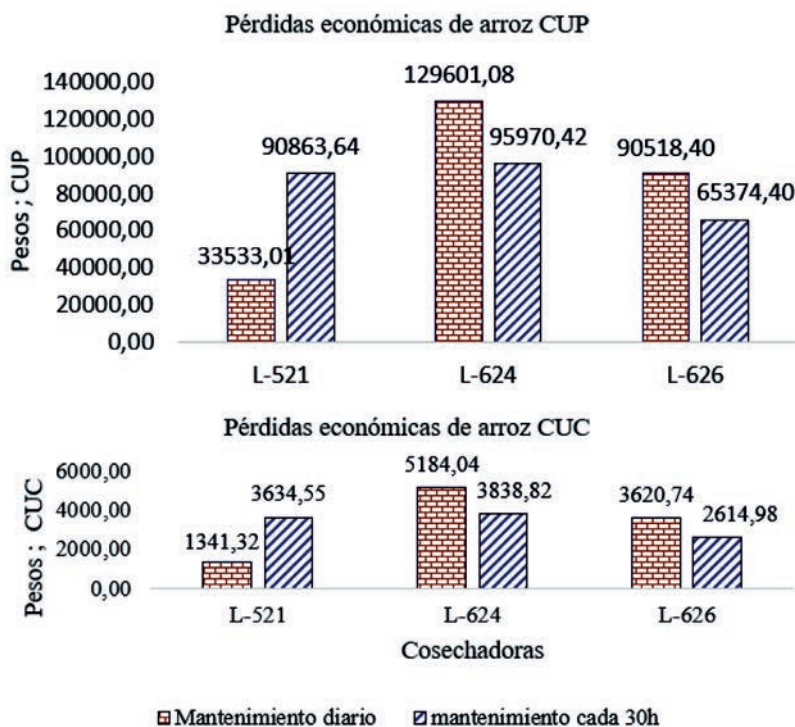


FIGURE 3. Economic Losses of Rice in CUP and CUC.  
 FIGURA 3. Pérdidas económicas de arroz en CUP y CUC.

## CONCLUSIONS

- In the harvesters evaluated, the maintainability curve shows that there is between 95.8 and 9 % probability that the daily technical maintenance is carried out in two hours; while in technical maintenance every 30 hours the probability is between 74 and 78% in the same period of time.
- The level of maintainability of the rice harvesters during the daily technical maintenance and every 30 hours in the harvesting process in the EAIG “Los Palacios” is less than the possible to be reached, mainly due to the logistics system factor.

## CONCLUSIONES

- En las cosechadoras evaluadas la curva de mantenibilidad muestra que existe entre 95,8...97% de probabilidad que el mantenimiento técnico diario se realice en dos horas; mientras que en el mantenimiento técnico cada 30 horas la probabilidad es de 74...78% en igual período de tiempo.
- El nivel de mantenibilidad de las cosechadoras de arroz durante los mantenimientos técnicos diario y de cada 30 h en el proceso de cosecha en la EAIG “Los Palacios” es inferior del posible a alcanzar, debido principalmente del factor del sistema logístico.



## REFERENCES / REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMU, L.G.: “Logística de cosecha. Evaluación de tiempos y movimientos. Indicadores y control”, *Revista Tecnicaña*, 26: 25-30, 2010, ISSN: 0123-0409.
- COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN (CEN): *Guía de mantenibilidad de equipos Parte 4-8: Planificación del mantenimiento y de la logística de mantenimiento*, no. UNE 20654-4, Inst. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, España, abril de 2002.
- COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN (CEN): *Terminología del mantenimiento*, no. UNE-EN 13306, Inst. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, España, febrero de 2002.
- COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN (CEN): *Expresiones matemáticas para los términos de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y de logística de mantenimiento*, no. UNE-EN 61703, Inst. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid, España, marzo de 2003.
- GARCÍA DE LA FIGAL, A.E.: *Mecanización Agropecuaria*, Ed. Félix Varela, La Habana, Cuba, 2011, ISBN: 978-959-07-0510-6.
- GONZÁLEZ-CUETO, O.; MACHADO-TRUJILLO, N.; GONZÁLEZ-ÁLVAREZ, J.A.; ACEVEDO-PÉREZ, M.; ACEVEDO-DARIAS, M.; HERRERA-SUÁREZ, M.: “Evaluación tecnológica, de explotación y económica del tractor XTZ-150K-09 en labores de preparación de suelo”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(1): 49-54, 2017.
- IAGRIC: *Sistema de Gestión de la calidad. Prueba de máquinas agrícolas. Evaluación tecnológica explotativa*, no. PNO PG-CA-043, Inst. Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba, p. 13, 2013a.
- IAGRIC: *Sistema de Gestión de la calidad. Prueba de máquinas agrícolas. Metodología para la evaluación económica*, no. PNO PG-CA-043, Inst. Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba, p. 13, 2013b.
- IZMAILOV, A.Y.: *Technologies and technical solutions to increase the effectiveness efficiency of transport of agriculture*, Ed. M. FGUN “Rosinformagrotech”, Moscú, Rusia, 200 p., 2007, ISBN: 978-5-7367-0683-9.
- MASSEY, F.J.: “The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit”, *Journal of the American Statistical Association*, 46(253): 68-78, 1951, ISSN: 0162-1459, 1537-274X, DOI: 10.1080/01621459.1951.10500769.
- MATOS-RAMÍREZ, N.; IGLESIAS-CORONEL, C.; GARCÍA-CISNEROS, E.: “Organización racional del complejo de máquinas en la cosecha - transporte - recepción de la caña de azúcar en la Empresa Azucarera «Argentina»”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(2): 27-33, junio de 2014, ISSN: 2071-0054.
- MESA-GRAJALES, D.H.; ORTIZ-SÁNCHEZ, Y.; PINZÓN, M.: “La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento”, *Scientia et Technica*, 12(30), 5 de enero de 2006, ISSN: 2344-7214, DOI: 10.22517/23447214.6513, Disponible en: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6513>, [Consulta: 14 de noviembre de 2017].
- MIRANDA, A.; SHKILIOVA, L.; IGLESIAS-CORONEL, C.E.; ANILLO, J.: “Determinación de la cantidad de mantenimientos técnicos de las máquinas cosechadoras de arroz New Holland L520”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 12(3): 59-62, 2003, ISSN: 1010-2760, 2071-0054.
- MIRANDA-CABALLERO, A.; SHKILIOVA, L.; POZO, E.; RIVERO, R.; TEJEDA, T.: “Análisis de los principales indicadores de fiabilidad de las cosechadoras de arroz New Holland L520”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(3): 43-46, 2004, ISSN: 1010-2760.
- MORA, G.L.A.: *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. [en línea]*, Ed. AMG, Medellín, Colombia, 306 p., 2005, ISBN: 978-958-33-8218-5, Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=DAzIMgEACAAJ>, [Consulta: 20 de abril de 2011].
- PANEQUE-RONDÓN, P.; MIRANDA-CABALLERO, A.; ABRAHAM-FERRO, N.; SUÁREZ-GÓMEZ, M.: “Determinación de los costos energéticos y de explotación del sistema de cultivo del arroz en seco”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(1): 7-10, 2009, ISSN: 1010-2760.
- SHKILIOVA, L.; FERNÁNDEZ-SANCHEZ, M.: “Sistemas de Mantenimiento Técnico y Reparaciones y su aplicación en la Agricultura”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(1): 72-77, marzo de 2011, ISSN: 2071-0054.
- SHKILIOVA, L.; MIRANDA-CABALLERO, A.; IGLESIAS-CORONEL, C.: “Cálculo de los índices de fiabilidad de explotación de la técnica agrícola”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(2): 52-55, 2007, ISSN: 1010-2760.
- SOTSKOV, B.: *Fundamentos de la teoría y del cálculo de fiabilidad de elementos y dispositivos de automatización y técnica del cálculo*, [en línea], Ed. MIR, Moscú, Rusia, 262 p., Google-Books-ID: 8bylcQAACAAJ, 1972, ISBN: 978-4-00-021849-8, Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=8bylcQAACAAJ>, [Consulta: 20 de abril de 2011].
- STATISTICAL GRAPHICS CROP: *STATGRAPHICS® Plus*, [en línea], (Versión 5.1), [Windows], ser. Profesional, 2000, Disponible en: <http://www.statgraphics.com/statgraphics/statgraphics.nsf/pd/pricing>.

Received: 28/01/2017.

Approved: 11/09/2017.

Erwin Herrera-González, Profesor Asistente, Universidad de Guantánamo-Facultad Agroforestal, Guantánamo. Cuba. ✉ [erwin@cug.co.cu](mailto:erwin@cug.co.cu)

Alexander Miranda-Caballero, E-Mail (✉): [alex@inca.edu.cu](mailto:alex@inca.edu.cu)

Yanoy Morejón-Mesa, E-Mail (✉): [ymm@unah.edu.cu](mailto:ymm@unah.edu.cu)

Pedro Paneque-Rondón, E-Mail (✉): [paneque@unah.edu.cu](mailto:paneque@unah.edu.cu)

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.