

**REPARACIÓN Y TECNOLOGÍA MECÁNICA**  
**REPAIRING AND MECHANICAL TECHNOLOGICAL**

## **Determinación de los tiempos de retraso en gestión y búsqueda de piezas de repuesto de las cosechadoras de arroz en el Complejo Agroindustrial Arrocero “Los Palacios”**

*Determination of the times late in administration and search of the spare parts of the harvester's of rice machine in “Los Palacios” Rice Enterprise*

Erwin Herrera González<sup>1</sup>, Liudmila Shkiliova<sup>2</sup> y Alexander Miranda Caballero<sup>3</sup>

**RESUMEN.** Los tiempos de gestión y búsqueda de piezas de repuesto de las cosechadoras de arroz durante la cosecha es un indicador determinante para minimizar el tiempo de restablecimiento de la capacidad de trabajo de las máquinas una vez ocurrida la falla; por lo que se hace necesario aumentar la eficiencia del proceso. Durante el cálculo se tienen en cuenta los factores que influyen en las pérdidas de tiempo por retraso administrativo y logístico y así proponer las medidas para eliminar o disminuir los tiempos improductivos, asegurar la capacidad de trabajo de las cosechadoras y por tanto su productividad.

**Palabras clave:** gestión, indicador, falla, eficiencia, factores, productividad.

**ABSTRACT.** Handling times and searching for parts of the rice crop at harvest is a crucial indicator to minimize the time of restoration of working capacity of the machines once the fault occurred, so it is necessary to increase process efficiency. During the calculation takes into account the factors that influence loss of time for administrative and logistical delays, and propose measures to eliminate or reduce downtime, ensure the working capacity of harvesters and their productivity.

**Keywords:** management, indicator, fault efficiency, factors, productivity.

### **INTRODUCCIÓN**

Durante los años del periodo especial el estado técnico del complejo de máquinas empleadas en la cosecha de arroz disminuye, debido a que el 46% de las existentes cumplieron su vida útil (CEDEMA, 1996). Lo que eleva la probabilidad del surgimiento de roturas, crece la demanda de la asistencia técnica y disminuye la fiabilidad de funcionamiento del eslabón productivo, lo que minimiza la probabilidad de que el complejo mecanizado de cosecha cumpla su tarea principal (Miranda, 2006).

El buen funcionamiento de las máquinas en gran medida depende de las operaciones de regulación y ajuste, que son predominantes durante las acciones de mantenimientos técnicos y reparaciones en el proceso de explotación, y de-

penden del diseño, preparación del personal y utilización de dispositivos e instrumentos adecuados, el abastecimiento de piezas de repuesto a tiempo y de la requerida calidad de estas, así como una comunicación eficiente entre todos los eslabones, premisas indispensables para asegurar la capacidad de trabajo. Aspectos de gran importancia para el mantenimiento de buen funcionamiento de las cosechadoras de arroz, y que pueden provocar significativas pérdidas de tiempo de trabajo y como consecuencia de la productividad.

García (2003); aplicando la NC 34-37, determinó las características tecnológicas y de explotación de las cosechadoras de arroz Ideal 9075, Cubar 90, IMPAG 411 y New Holland a través del cronometraje y obtuvo como resultado que el 89,29% del tiempo fue perdido debido a las fallas técnicas, y de este el 59,17% se dedicó a la gestión y traslado de las piezas de repuesto

**Recibido** 05/07/10, aprobado 19/07/11, trabajo 59/11, investigación.

<sup>1</sup> Ing., Profesor Asistente, Universidad de Guantánamo-FAM, Guantánamo, Cuba, Teléfono (53) (0121) 294430; 294323, E-✉:erwin@fam.cug.co.cu.

<sup>2</sup> Dr.C., Prof. e Inv. Titular, Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba.

<sup>3</sup> Dr. C., Inv. Auxiliar, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, EEA “Los Palacios”, Pinar del Río, Cuba.

para la solución de las fallas sin profundizar en el estudio de cómo es posible disminuir o eliminar los componentes impro-ductivos del tiempo de turno.

Miranda (2006), en estudios realizados sobre la produc-tividad de las cosechadoras New Holland L-520 en función de la utilización del tiempo de turno en las condiciones del Complejo Agroindustrial (CAI) “Los Palacios”, demuestra que aproximadamente el 12% del tiempo que se demora en eliminar las fallas se debe precisamente a la gestión y búsqueda de las piezas de repuesto.

Las investigaciones anteriores demuestran que las pérdi-das de tiempo para la eliminación de fallas técnicas durante el proceso de cosecha es un punto crítico en el aprovechamiento de la productividad debido a esto es importante buscar las vías para disminuir el período de gestión y búsqueda de piezas de repuesto que a menudo es muy prolongado y provoca excesivas paradas de las cosechadoras durante la cosecha.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en áreas de la Unidad Empre-sarial Base Agrícola (UEBA) “Sierra Maestra” del CAI “Los Palacios” en la provincia Pinar del Río, Cuba, durante dos etapas de cosecha mayo-julio y octubre-diciembre 2009 en las varie-dades de arroz J-104 y INCALP-5, empleando las cosechadoras de arroz New Holland L-521, L-624, L-626.

Para la recogida de la información primaria sobre los tiem-pos de retraso en gestión y búsqueda de piezas de repuesto des-pués de producidas las fallas técnicas de las máquinas durante la jornada de trabajo, se aplicó el método de cronometraje, utilizando para ello el reloj digital con precisión en el orden de los segundos y cronómetro mecánico con una precisión de 1/10 s, anotando los datos en las Tablas 1 y 2.

TABLA 1. Tiempos involucrados en el retraso administrativo

Máq.	Conjunto o pieza	Tiempo de espera por documentación necesaria de solicitud de la pieza o conjunto; min	Tiempo demora para extracción de pieza del almacén; min	Tiempo de búsqueda de personal a autorizada para extracción de pieza o conjunto; min	Tiempo de espera por llegada de medio de transporte para búsqueda de pieza de repuesto o conjuntos a cambiar; min	Otros
1	2	3	4	5	6	7

TABLA 2. Tiempos involucrados retraso logístico

Má-qui-na	Con-junto o pieza	Tiempo de recorrido entre pelotón y almacén donde se encuentra la pieza y retorno; min	Tiempo desde que se produce la falla hasta que llegue el personal calificado a revisar posible falla; min	Tiempo de espera por herramientas y medios necesarias para realizar las operaciones de desarme o arme del conjunto; min	Tiempo de espera para la elaboración de piezas necesaria para eliminar la falla; min	Tiempo de espera por falta de recursos necesarios para la realización de la reparación de los elementos que fallan; min
1	2	3	4	5	6	7

Posteriormente la información obtenida por cada cosechadora fue agrupada en base de datos en Microsoft Excel lo que per-mitió su procesamiento estadístico y cálculo de los tiempos de retraso en gestión y búsqueda de piezas de repuesto, empleando el software Mathcad 2000 profesional.

### Cálculo del tiempo de retraso en gestión y búsqueda de piezas de repuesto

El tiempo de retraso en gestión y búsqueda de piezas de repuesto ( $TR_{GBP}$ ) está compuesto de los tiempos de retrasos adminis-trativos (TRA) y logísticos (TRL) durante el proceso de solución de las fallas técnicas de las máquinas (Figura 1). La metodología de cálculo de este tiempo y sus componentes se basó en las ecuaciones descriptos por Mesa *et al.* (2006), Mora (2006) y UNE-EN 61703 (2003), para la rama industrial.

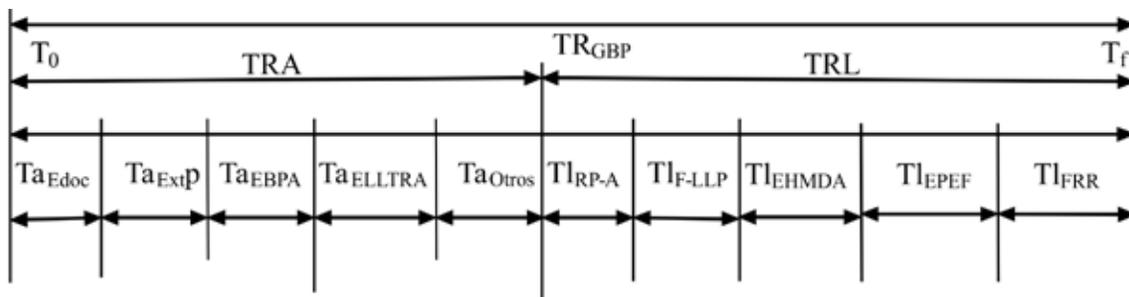


FIGURA 1. Balance de tiempo de retraso en gestión y búsqueda de piezas de repuestos de las cosechadoras de arroz.

donde:

- TR<sub>GBP</sub>-Tiempo de retraso en gestión y búsqueda de piezas
- TRL- Tiempo de retraso logístico
- T<sub>f</sub>-instante en que se comienza y finaliza la gestión y búsqueda de piezas de repuestos
- TI<sub>RP-A</sub>- tiempos de recorrido entre pelotón y almacén y vice-versa
- TRA- Tiempo de retraso administrativo
- TI<sub>F-LLP</sub>-Tiempo desde que produce la falla hasta que llegue el personal
- Ta<sub>Edoc</sub>-Tiempo de espera por documentación.

- TI<sub>EHMDA</sub>- Tiempo de espera por herramientas y medios para el desarme y arme
- Ta<sub>ExtP</sub>-Tiempo de extracción de piezas o conjuntos
- TI<sub>EPEF</sub>- Tiempo de retraso por elaboración de piezas
- Ta<sub>EBPA</sub>-Tiempo de espera del personal que autoriza a la extracción
- TI<sub>FRR</sub>- Tempo de espera por falta de recursos
- Ta<sub>ELLTra</sub>-Tiempo espera por llegada de medio de transporte
- T<sub>f</sub>-Instante en finaliza la gestión y búsqueda de piezas de repuestos
- Ta<sub>otros</sub>- otros tiempos

Para determinar el tiempo de retraso en gestión y búsqueda de piezas de repuestos (TR<sub>GBP</sub>) a partir del balance de tiempo la ecuación se representa como:

$$TTR_{GBP} = Ta_{Edoc} + Ta_{ExtP} + Ta_{EBPA} + Ta_{ELLTra} + Ta_{otros} + TI_{RP-A} + TI_{F-LLP} + TI_{EHMDA} + TI_{EPEF} + TI_{FRR} \quad (1)$$

Teniendo en cuenta los n elementos que fallan el tiempo medio de retraso en gestión y búsqueda de piezas sería:

$$TMR_{GBP} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=j}^{Krgb_j} TTR_{GBP_{ji}}}{\sum_{j=1}^n Krgb_j} \quad (2)$$

Krgb-número total de retrasos en gestión y búsqueda de piezas en el periodo de tiempo.

### Tiempo medio de retraso administrativo (TMRA)

Teniendo en cuenta los componentes del tiempo de retraso administrativo se aplica la siguiente ecuación:

$$TRA_{ji} = Tedoc_{ji} + Teextp_{ji} + Tebpers_{ji} + Telltra_{ji} + Totros_{ji} \quad (3)$$

donde:

- Te<sub>doc</sub>-tiempo de espera por documentación necesaria de solicitud del j-esimo elemento en la i-esima reparación;
- Te<sub>extp</sub>-tiempo de espera para extracción del elemento del almacén del j-esimo elemento en la i-esima reparación;

- Te<sub>bpers</sub>-tiempo de búsqueda de personal a autorizada para extracción del elemento del j-esimo elemento en la i-esima reparación;
- Te<sub>LLTra</sub>-tiempo de espera por llegada de medio de transporte para búsqueda del repuesto a cambiar del j-esimo elemento en la i-esima reparación;
- T<sub>otros</sub>-otros tiempos del j-esimo elemento en la i-esima reparación.

Cuando se dispone de tiempos observados el tiempo de retrasos administrativos de n elementos reparables, un estimador del TMRA es:

$$TMRA = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=j}^{Kra_j} TTRA_{ji}}{\sum_{j=1}^n Kra_j} \quad (4)$$

donde:

- TTRA- tiempo retraso administrativo acumulado de los n elementos durante un periodo dado de tiempo;
- K<sub>RA</sub>-número total de retrasos administrativos total del j-ésimo elemento durante el periodo dado.

Sustituyendo (3); en (4) la ecuación del tiempo medio de retraso administrativo es:

$$TMRA = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=j}^{Kra_j} Tedoc_{ji} + Teextp_{ji} + Tebpers_{ji} + Telltra_{ji} + Totros_{ji}}{\sum_{j=1}^n Kra_j} \quad (5)$$

### Tiempo medio de retraso logístico (TMRL)

Teniendo en cuenta los componentes del tiempo de retraso logístico se aplica la siguiente ecuación.

$$TRL_{ji} = Trp-a_{ji} + Tf-llp_{ji} + Tehmda_{ji} + Tepef_{ji} + Tfrf_{ji} \quad (6)$$

donde:

- Trp-a-tiempo de recorrido entre pelotón y almacén donde se encuentra el elemento y retorno del j-esimo elemento en la i-esima reparación;

- Tf-llp-tiempo desde que se produce la falla hasta que llegue el personal calificado a revisar posible falla del j-esimo elemento en la i-esima reparación;
- Tehmda-tiempo de espera por herramientas y medios necesarias para realizar las operaciones de desarme o arme del conjunto del j-esimo elemento en la i-esima reparación;
- Tepef-tiempo de espera para la elaboración de piezas necesaria para eliminar la falla del j-esimo elemento en la i-esima reparación;
- Tfrf-tiempo de espera por falta de recursos necesarios para la

reparación de los elementos que fallan del j-esimo elemento en la i-esima reparación.

Cuando se dispone de retrasos logísticos observados de n elementos reparables, un estimador del TMRL es:

$$TMRL = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=j}^{Krl_j} TTRL_{ji}}{\sum_{j=1}^n Krl_j} \tag{7}$$

donde:

TTRL- tiempo total de retraso logístico acumulado de los n elementos durante un periodo dado de tiempo;

Krl- número total de retrasos logísticos del j-ésimo elemento durante el periodo de tiempo dado.

Sustituyendo (6) en (7) la ecuación del tiempo medio de retraso logístico es:

$$TMRL = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=j}^{Krl_j} Trp - a_{ji} + Tf - llp_{ji} + Tehmda_{ji} + Tepef_{ji} + Tfrr_{ji}}{\sum_{j=1}^n Krl_j} \tag{8}$$

Sustituyendo (5); (8) en (2) el tiempo medio de retraso en gestión y búsqueda de piezas de repuesto es:

$$TMR_{GBP} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=j}^{Krgb_j} Tedoc_{ji} + Teextp_{ji} + Tebpers_{ji} + Telltra_{ji} + Totros_{ji} + Trp - a_{ji} + Tf - llp_{ji} + Tehmda_{ji} + Tepef_{ji} + Tfrr_{ji}}{\sum_{j=1}^n Krgb_j} \tag{9}$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez realizado el cronometraje y calculados los indicadores con la metodología anterior se obtienen los siguientes resultados.

El análisis del tiempo de retraso administrativo (Figura 2) arrojó que entre el 27...45% del mismo se emplea en la espera de documentación necesaria para solicitar la pieza y/o conjunto y entre 21...23% en la espera para extraer la pieza del almacén ya sea por cola, u otras cuestiones organizativas. Existe un tiempo muy determinante que tiene estrecha relación con el personal que autoriza la extracción de la pieza oscilando entre 12...22%. El tiempo por espera del medio de transporte para búsqueda de las piezas o conjunto está entre 13...19%, además existen

otras causas que si no presentan gran influencia en el balance de tiempo de retraso administrativo representan entre 8...14% y pueden ser minimizadas hasta un valor nulo.

En la cosechadora L-624, el retraso administrativo presenta mejor comportamiento con respecto a las L-521, L-626 ya que la extracción de piezas, búsqueda del personal que autoriza extracción, la espera de llegada del medio de transporte y otros tiempo, fue menor por ser esta máquina, única de su tipo en el CAI y no se necesita de previa distribución y por consiguiente autorización, además en las áreas de la UEBA los tramites son más ágiles convergen en una misma oficina y no existe gran afluencia de personas al almacén; por lo que el tiempo de espera para la extracción de pieza del almacén es mínimo.

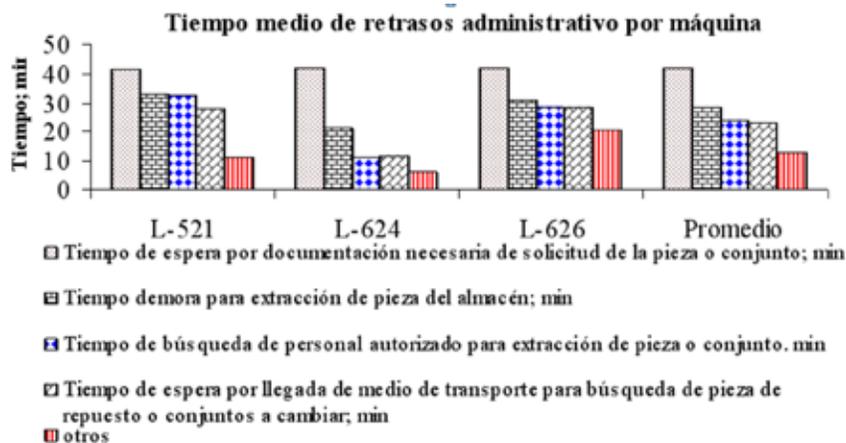


FIGURA 2. Balance de tiempo de retrasos administrativo de las cosechadoras de arroz New Holland L-521, L-624, L-626.

El cálculo del tiempo medio de retraso logístico (Figura 3) expresa que aproximadamente el tiempo de recorrido entre pelotón y almacén donde se encuentra la pieza representa entre 62...47%, tiempo desde que se produce la falla hasta que llegue el personal calificado a revisar posible falla esta entre 11...16%, tiempo de espera por herramientas y medios necesarios para realizar las operaciones de desarme o arme del conjunto 14...24%, tiempo de espera para la elaboración de piezas necesaria para eliminar la falla 5...7%, tiempo de espera por falta de recursos necesarios para la realización de la reparación de los elementos que fallan 7...23%.

En la máquina L-624, el retraso logístico está por encima de la media debido fundamentalmente a la distancia que se recorre para obtener las piezas, aunque es máquina única en el CAI y las piezas de repuesto se ubican directamente en el taller de la UEBA, en ocasiones es necesario buscar piezas fuera del área de la empresa, ya que por razones económicas no se adquieren con anterioridad. El tiempo en que se demora

el personal calificado en llegar a donde se produce la falla y el tiempo de espera por herramientas y medios para realizar las operaciones de desarme y arme de los conjuntos, podrían disminuir si existieran suficiente personal calificado y las condiciones económicas de la empresa para tener en la Novia estos recursos. El tiempo de espera para elaboración de piezas se puede disminuir de contar en el taller de la UEBA con materiales en bruto suficientes, el tiempo de espera por falta de recursos para la reparación se erradicaría si se ubican en la Novia un stock de las piezas que más fallan.

En la cosechadora L-521, el tiempo de espera por elaboración de piezas y el tiempo de espera por falta de recursos necesarios para realizar la reparación esta por encima de la media, situación que se podría revertir de existir los recursos necesarios en la Novia y/o taller de la UEBA.

Los tiempos de espera por elaboración de piezas se pueden disminuir si en el taller de maquinado se contara con los materiales, personal y máquinas herramientas necesarias.

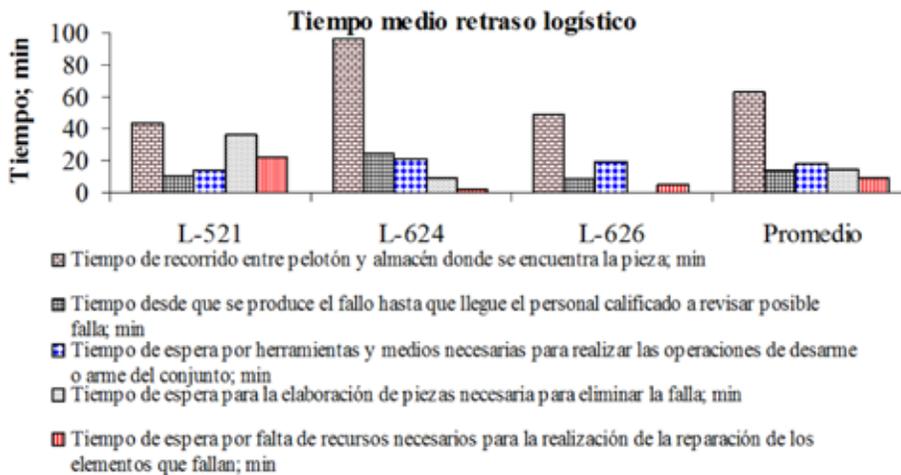


FIGURA 3. Balance de tiempo de retraso logístico de las cosechadoras New Holland L-521, L-624, L-626.

Al comparar (Figura 4) el tiempo de retraso en gestión y búsqueda de piezas de repuesto, el retraso logístico de las cosechadoras L-521 y L-624 es mayor que la media, ocasionado por la distancia a recorrer para localizar las piezas para eliminar las fallas, mientras que en la cosechadora L-626 este tiempo esta por debajo de la media lo que indica mejor comportamiento de este indicador.

El tiempo de retraso administrativo en las cosechadoras

L-521 y L-626 es mayor que la media provocado por la excesiva demora en espera de documentación para extraer la pieza desde los almacenes, situación que podría revertirse de existir un mecanismo más ágil o existir las piezas en la Novia o almacén de la UEBA donde está ubicada la máquina. En la cosechadora L-624, este indicador posee mejor comportamiento con respecto a la media aunque se podría reducir hasta que este tienda al mínimo valor posible.

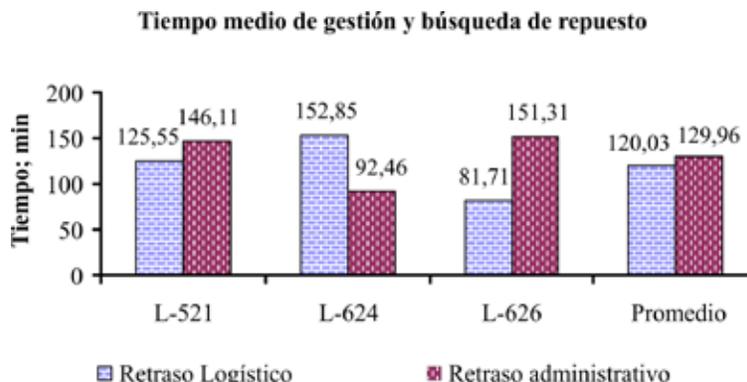


FIGURA 4. Balance de tiempo medio de retraso en gestión y búsqueda de repuestos de las cosechadoras New Holland L-521, L-624, L-626.

## Medidas para disminuir o eliminar los tiempos improductivos

Para eliminar o disminuir los tiempos improductivos es necesario tener en cuenta medidas que posibiliten mayor agilidad en la gestión y búsqueda de piezas de repuesto, por lo tanto se precisa:

- Buscar mecanismos administrativos que posibiliten disminuir la pérdida de tiempo por espera de documentación al mínimo.
- Crear mecanismos suficientemente fiables que disminuyan los tiempos de demora para la extracción de pieza del almacén.
- Establecerlas vías para que la distribución de piezas se haga en el momento que llegan al almacén central para que el personal encargado pueda despachar las piezas en el momento que se requiera y así disminuir el tiempo de búsqueda de personal que autoriza la extracción.
- Teniendo en cuenta las piezas que fallan con mayor frecuencia abastecer de estas el taller móvil del pelotón o el almacén de la UEBA lo que disminuiría al mínimo el tiempo de recorrido entre pelotón y almacén donde se encuentran las piezas.
- Disponer en la Novia las herramientas para los cambios que se necesiten y así disminuir el tiempo de espera por herra-

mientas y medios para realizar las operaciones de desarme o arme del conjunto.

- Cumplir con las exigencias de los mantenimientos ya que a través de ellos se puede diagnosticar posibles imperfecciones o fallas durante el trabajo de las máquinas lo que sin duda evitaría pérdidas de tiempo por búsqueda y gestión de piezas.
- Crear estrategias que permitan la capacitación continua del personal de mantenimiento y operadores lo que evitaría la espera de personal calificado para la eliminación de fallas.

## CONCLUSIONES

- El tiempo de mayor influencia en el retraso de la gestión y búsqueda de piezas de repuesto es el administrativo, influenciado por la espera de documentación y la demora en extracción de piezas.
- Existen tiempos de retrasos logísticos elevados ocasionados por las excesivas distancias que se recorren entre el lugar donde esta la cosechadora y la ubicación de la pieza o conjunto.
- Implementación de las medidas para disminuir retrasos administrativos y logísticos permitirá aumentar la productividad de las cosechadoras de arroz en las condiciones del CAI arrocero "Los Palacios".

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CEDEMA: *Informe de pruebas a cosechadoras de arroz*, Centro de Desarrollo de Máquinas Agrícolas (CEDEMA), Holguín, Cuba, 1996.
- GARCÍA, C. E.: *Conformación racional de los medios técnicos en la cosecha transporte del cultivo de arroz en el Complejo Agroindustrial "Ruta Invasora"*, Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas), Universidad de Camagüey, Cuba, 2003.
- HERNÁNDEZ, A.; L. SHKILIOVA; A. GARCÍA y C. SUÁREZ: "Determinación de los principales indicadores de fiabilidad de las cosechadoras KTP-2M". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 8(1):55-59, 1999.
- MESA, G. D.; Y. ORTIZ y M. PINZÓN: "La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento", *Scientia et Technica*, UTP, ISSN 0122-1701, Año XII, No. 30, Mayo de 2006,
- MIRANDA, C. A.: *Estudio de la productividad de las cosechadoras New Holland L520 en función de la utilización del tiempo de turno en las condiciones del CAI arrocero "Los Palacios"*, 95pp., Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias), Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 2006
- MIRANDA, C. A.; C. IGLESIAS y L. SHKILIOVA: *Investigación del proceso de cosecha mecanizada del arroz*, Universidad Agraria de La Habana, Centro de Mecanización Agropecuaria, Estación Experimental de arroz "Los Palacios", La Habana, Cuba, (monografía), 2008.
- MORA GUTIÉRREZ, L. A.: *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios*, ISBN 958-33-8218-3, Colombia, 2006.
- UNE-EN 61703: *Expresiones matemáticas para los términos de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y de logística de mantenimiento*, Vig. Marzo, (norma española), 2003.