

Universidad Agraria de La Habana
“Fructuoso Rodríguez Pérez”
FACULTAD DE CIENCIAS TECNICAS



PROPUESTA A PREMIO ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA

**FUNDAMENTOS PARA LA ORGANIZACIÓN RACIONAL DEL COMPLEJO COSECHA-
TRANSPORTE DEL ARROZ CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO
“SAORCE-CTR”**

AUTORES:

Dr.C. Yanoy Morejón Mesa

Dr.C. Ciro E. Iglesias Coronel

Dra.C. Liudmila Shkiliova

Dr.C. Alexander Miranda Caballero

MSc. Yoel Ribet Molledo

Mayabeque, 2017

FUNDAMENTOS PARA LA ORGANIZACIÓN RACIONAL DEL COMPLEJO COSECHA-TRANSPORTE DEL ARROZ CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO “SAORCE-CTR”

Entidad ejecutora principal: Facultad de Ciencias Técnicas. Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Ministerio de Educación Superior (MES).

Autoría principal:

Dr.C. Yanoy Morejón Mesa¹; Dr.C. Ciro E. Iglesias Coronel¹; Dra.C. Liudmila Shkiliova¹;
Dr.C. Alexander Miranda Caballero² ; MSc. Yoel Ribet Molledo³

Filiaciones:

- 1 Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Ministerio de Educación Superior
- 2 Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) , Ministerio de Educación Superior
- 3 Empresa Agroindustrial de Granos “Los Palacios”. Ministerio de la Agricultura

Colaboradores: 2

RESUMEN

La racionalización de los procesos consecutivos en la agricultura con el empleo de herramientas informáticas, resulta un elemento importante a considerar en la administración de los sistemas agropecuarios actuales; dado que facilita toma de decisiones a los directivos de dichas empresas. Varios han sido los modelos matemáticos empleados en la racionalización del proceso cosecha-transporte de productos agrícolas, entre los que se pueden citar: la programación lineal y la Teoría de Colas o Servicio Masivo. Como resultado de la investigación se desarrolló, implementó y validó en las condiciones de la Empresa Agroindustrial de Granos “Los Palacios”, el sistema automatizado SAORCE-CTR, el cual posibilita la determinación de la composición racional del complejo cosecha-transporte, mediante la Teoría de Colas. Estos resultados se encuentran contenidos en una tesis de doctorado, tres tesis de maestrías, seis trabajos de diplomas, dos publicaciones en revistas de alto factor de impacto, seis en revistas referenciadas, dos monografías, seis publicaciones en eventos científicos y se logró un registro informático. Los resultados obtenidos tributaron tareas concebidas en dos proyectos de investigación uno empresarial y otro nacional; siendo debidamente avalados por las entidades participantes, los consejos científicos de la Facultad de Ciencias Técnicas y la Universidad Agraria de la Habana (UNAH) y la Dirección de Ciencia y Técnica del Ministerio de Educación Superior (MES). Además se lograron dos premios CITMA Provinciales (2013 y 2016), una mención a mejor Tesis de Doctorado en la sección de Ciencias Técnicas Agropecuarias (2017) y una mención a Premio Joven Investigador otorgado por el CITMA Nacional (2017).

APORTE CIENTÍFICO PERSONAL DE CADA AUTOR AL RESULTADO

Dr.C. Yanoy Morejón Mesa (40%): realizó su tesis de doctorado en Ciencias Técnicas Agropecuarias, enfocado en la determinación de la composición racional del complejo cosecha-transporte del arroz, con el empleo de la Teoría de Colas o Servicio Masivo. En dicha tesis se desarrolló, implementó y validó en las condiciones de la Empresa Agroindustrial de Granos “Los Palacios”, el sistema informático SAORCE-CTR; esta herramienta informática posibilita determinar “in situ” la cantidad racional de medios de transporte a asignar a una brigada de cosecha mecanizada; considerándose para ello diferentes aspectos, tales como: la distancia de transportación, las condiciones y tipo de viales, los rendimientos agrícolas, entre otros. Para la determinación antes mencionada, obtuvo los

modelos matemáticos que describen el comportamiento entre las variables que conforman la evaluación tecnológica de los medios del complejo mecanizado y el rendimiento agrícola. En adición determinó la fiabilidad de explotación de la brigada de cosecha, observándose su influencia en el aprovechamiento del tiempo de turno y por consecuencia en la estabilidad del proceso cosecha-transporte. Por el conjunto de este trabajo, el documento de tesis doctoral fue seleccionado como mención a mejor Tesis de Doctorado en la sección de Ciencias Técnicas Agropecuarias (2017) y obtuvo además la mención a Premio Joven Investigador otorgado por el CITMA Nacional (2017).

Dr.C. Ciro E. Iglesias Coronel (20%): asesoró la elaboración de los fundamentos teórico-metodológicos de la tesis de doctorado y participó en la validación del sistema SAORCE-CTR en condiciones de producción. Realizó la tutoría de tres trabajos de diplomas, de una tesis de maestría y de una tesis de doctorado.

Dra.C. Liudmila Shkiliova (20 %): asesoró la elaboración de los fundamentos teórico-metodológicos de la tesis de doctorado, específicamente, los referentes a la fiabilidad de explotación de las cosechadoras y participó en la validación del sistema SAORCE-CTR en condiciones de producción. Realizó la tutoría de dos trabajos de diplomas, de dos tesis de maestría y de una tesis de doctorado.

Dr.C. Alexander Miranda Caballero (10 %). participó en el diseño experimental realizado para el proceso de obtención de las variables del proceso tecnológico del complejo cosecha-transporte, en la evaluación de la calidad de la cosecha y en la validación del sistema informático SAORCE-CTR para diferentes rendimientos agrícolas, distancias de transportación y tipos de viales

MSc. Yoel Ribet Molledo (10 %): participó en las evaluaciones experimentales y determinó la disponibilidad de las cosechadoras de arroz Laverda 225 rev y NEW HOLLAND TC- 57, constituyendo esta investigación su tesis de maestría; este estudio se relaciona con la fiabilidad de explotación del sistema de cosecha y posibilita conocer su influencia en el aprovechamiento del tiempo de turno

Colaboradores:

MSc. Osmany Hernández Abreu³

Ing. Nataly Abrahan Ferro³

Autor para la correspondencia: Yanoy Morejón Mesa

Carretera de Tapaste y Autopista Nacional Km.23, San José de las Lajas, Provincia Mayabeque e-mail: ymm@unah.edu.cu

Teléf.: (53)-(47) 860-299; (53)-(47) 860-301

INTRODUCCIÓN

Dada la complejidad del empleo de la Teoría del Servicio Masivo de forma directa en las condiciones reales de producción, se han desarrollado aplicaciones informáticas profesionales, que dentro de sus funcionalidades realizan un análisis de la teoría antes mencionada y que posibilitan agilizar los cálculos y reducir el tiempo en la entrega de los reportes del proceso productivo. En el contexto internacional y nacional se pueden citar: QM-WIN, WIN-QSB y el Simulador Arena (Kelton et al, 2008).

Entre los resultados informáticos desarrollados en el ámbito internacional que se relacionan con la Teoría del Servicio Masivo se pueden citar los obtenidos por Harris y Gross (1993); Begin y Brandwajn (2009); Bernardo (2009) y de Garay (2014), estos autores desarrollaron sistemas informáticos que posibilitan el empleo dinámico y simple de la Teoría del Servicio Masivo, pero ninguno de estos sistemas responde a un proceso productivo en específico directamente, estos sistemas solo posibilitan determinar las principales variables de la teoría antes mencionada y representar gráficamente las salidas obtenidas.

La estabilidad funcional de los medios de transporte influye directamente en el aprovechamiento de la productividad de las cosechadoras, aspecto que resulta de suma importancia para garantizar la estabilidad del proceso cosecha-transporte, dado que la cosechadora constituye el eslabón principal del mismo. Sobre la base de lo planteado se han desarrollado varias investigaciones para racionalizar explotativamente el uso de los medios que intervienen en el proceso antes mencionado; en estas investigaciones se han planteado diferentes métodos basados en la simulación y la modelación matemática, realizándose con el propósito de determinar el uso óptimo de los diferentes medios de transporte durante la cosecha de cultivos como el arroz y la caña de azúcar, así como la organización racional de la brigada cosecha-transporte aplicando la Teoría del Servicio Masivo. Esta teoría posibilita analizar el proceso productivo desde la perspectiva probabilística partiendo del método determinista [Walfrand, 1988; Wolff, 1989; Medhi, 1991; Pérez, 1992; Server et al, 2002; Iglesias (2007, 2008, 2011); Matos, 2012].

Debido a las pocas investigaciones desarrolladas a partir del empleo de la Teoría del Servicio Masivo sobre el tema objeto de estudio en Cuba, la investigación realizada se centró en el proceso tecnológico cosecha-transporte del arroz, para la determinación de la composición racional de los medios que intervienen en el mismo. Para el desarrollo de la temática, se realizó un análisis de cada uno de los componentes que lo conforman y se determinaron los indicadores y parámetros que influyen en dicho proceso, tales como el comportamiento tecnológico y de explotación del complejo cosecha-transporte a través del estudio de los indicadores productivos, lo cual se tomó como base para la racionalización del proceso estudiado a través de la teoría antes expuesta; considerándose el criterio económico de la suma de los mínimos gastos por paradas en una hora de las cosechadoras y los medios de transporte.

Otro aspecto considerado en la investigación que constituye un factor limitante en el proceso cosecha-transporte, es la determinación de la fiabilidad de explotación de las cosechadoras, como eslabón principal del sistema; dada la necesidad de mantener la estabilidad de proceso de cosecha-transporte y lograr el máximo aprovechamiento del tiempo de turno; lo cual es alcanzable cuando estas máquinas mantienen una elevada capacidad de trabajo, lo que permite la cosecha ininterrumpida. En la actualidad es un problema poco estudiado e influye notablemente en los costos de producción, en el volumen de grano cosechado y en el aprovechamiento máximo del período agrotécnico para reducir pérdidas.

En este trabajo se enumeran de forma breve los trabajos relacionados con la utilización de sistemas informáticos para determinar la composición racional del complejo cosecha-transporte, y para encontrar las variables y parámetros de entrada necesarios para la implementación en condiciones de producción del sistema SAORCE-CTR. De esta forma se realizan aportes que no constituyen una simple extensión de la tecnología en una entidad productiva específica, sino que se tributa de forma directa a la economía de los procesos agrícolas, específicamente a los referentes a la cosecha-transporte de cereales.

DESARROLLO

El principal aporte en esta materia lo constituyó la determinación de la composición racional de la brigada cosecha-transporte del arroz con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo en la Empresa Agroindustrial de Granos “Los Palacios” (Morejón, 2012; Morejón, 2016). Con el empleo de la teoría matemática antes mencionada y el desarrollo, implementación y validación del sistema informático SAORCE-CTR, se determinó la cantidad racional de medios de transporte a asignar a una brigada de cosecha mecanizada, considerándose para ello el mínimo de los gastos por paradas de los medios que conforman el complejo cosecha-transporte, el rendimiento agrícola, la distancia de trasportación, el tipo y condiciones de los viales, la experiencia de los choferes y operadores y el tipo de tecnología empleada. Específicamente este resultado obtuvo dos Premios CITMA provinciales (CITMA, 2013; CITMA, 2016) y una mención a mejor Tesis de Doctorado en la sección de Ciencias Técnicas Agropecuarias (2017); además se publicaron dos artículos científicos en revistas extranjeras de alto factor de impacto uno en la revista norteamericana “International Journal of Applied Science and Technology (IJAST)” (Morejón, 2013) y otro en la revista japonesa “Quarterly Journal Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA)” (Morejón, 2014a). También se publicaron cinco artículos científicos en la Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias (RCTA) orientados en la racionalización del proceso de cosecha y en la implementación del sistema informático SAORCE-CTR (Iglesias y Morejón, 2012a), (Iglesias y Morejón, 2012b), Morejón y colaboradores (2014b), Morejón y colaboradores (2014c) y Morejón y colaboradores (2015a) y un artículo en la Revista Ingeniería Agrícola (Morejón, 2015b) enfocado en la fiabilidad de explotación de los medios mecanizados que intervienen en el proceso de cosecha.

Para la determinación antes mencionada, se consideraron los resultados obtenidos por Ribet (2012) y Fernández (2012), los cuales se reflejan en sus respectivas tesis de maestrías. Estos autores que determinaron la disponibilidad y adaptabilidad para las operaciones de mantenimientos técnicos diarios y MT-1 de las cosechadoras de arroz Laverda 225 rev y NEW HOLLAND TC- 57 en las condiciones del Complejo Agroindustrial Arrocero “Los Palacios”.

Partiendo de estos resultados se determinó la fiabilidad de explotación de las cosechadoras y a partir de esta, el aprovechamiento del tiempo de turno. Al analizarse los aspectos antes mencionados, se valora la estabilidad operacional y funcional de los medios mecanizados que conforman el complejo mecanizado cosecha-transporte.

Estos resultados se utilizan actualmente en la Empresa Agroindustrial de Granos “Los Palacios”, la cual dispone además del sistema informático SAORCE-CTR, para la organización racional de los medios mecanizados que intervienen en el proceso de cosecha de cereales. Los resultados obtenidos y sistema informático desarrollado han sido propuestos al Ministerio de la Agricultura (MINAG), para su implementación y validación en el resto de las empresas agroindustriales de granos del país. Por otro lado han sido incorporados a la docencia de pregrado y postgrado, y se han escrito dos monografías (Morejón y colaboradores, 2009; 2012).

Los trabajos relacionados con la aplicación del sistema informático SAORCE-CTR y con la determinación de la composición racional de los medios mecanizados que intervienen en el proceso cosecha-transporte de cereales, se encuentran contenidos en una tesis de doctorado, tres tesis de maestrías, dos monografías, 15 artículos científicos, dos de ellos en revistas de impacto, además de numerosas presentaciones en eventos tanto nacionales como internacionales. El trabajo realizado constituye un aporte importante para la organización del proceso de cosecha, en particular para el empleo del sistema SAORCE-CTR por los directivos de las empresas productoras de granos y/o cereales, aspecto que les facilitaría la toma de decisiones y posibilitaría reducir los costos por concepto de organización del proceso tecnológico de cosecha-transporte.

CONCLUSIONES

1. Se establecen los fundamentos teórico-metodológicos para la implementación de la Teoría de Colas o Servicio Masivo en el proceso de cosecha-transporte de cereales. Los cuales resultan indispensables para la modelación matemática de la estructura o conformación racional del complejo mecanizado que interviene en la cosecha, considerándose para ello; los rendimientos agrícolas, las distancias de transportación, el tipo y condiciones de los viales, la tecnologías de cosecha empleadas y la experiencia de los operadores y choferes.
2. Se obtiene el sistema informático SAORCE-CTR, el cual fue implementado y validado en las condiciones de producción de la Empresa Agroindustrial de Granos “Los Palacios”. Este sistema brinda la posibilidad de establecer la variante tecnológica de cosecha-transporte más racional, bajo el criterio económico del mínimo de los gastos por paradas de los medios que conforman el complejo mecanizado.
3. Con la implementación del sistema informático SAORCE-CTR en las condiciones de la Empresa Agroindustrial de Granos “Los Palacios”, los costos económicos por paros improductivos del proceso cosecha-transporte se redujeron entre 1,47 peso/h (2,40%) y 168,32 peso/h (67,10%).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Begin T.; Brandwajn A. Queueing Theory Software tool. Journal of Applied Probability. Vol. 49, No. 1 pp 84-99. 2012. [Consulta: 1 de noviembre de 2013]. Disponible en: <http://queueing-systems.ens-lyon.fr>.
2. Bernardo, C. SimulME software.2009. [Consulta: 12 de noviembre de 2013]. Disponible en: <http://sourceforge.net/projects/simulme/>
3. CITMA. Fundamentos para la racionalización del proceso tecnológico de cosecha-transporte del arroz con el empleo de la Teoría de Servicio Masivo. Premio Aporte al conocimiento. Pinar del Rio, Cuba.2013
4. CITMA. Implementación del sistema automatizado SAORCE-CTR para la organización racional del complejo de máquinas que interviene en el proceso cosecha-transporte del arroz. Premio Aporte al conocimiento. Pinar del Rio, Cuba. 2016
5. de Garay, X. Queueing Theory Calculator.2014.[Consulta: 1 de Noviembre de 2014]. Disponible en: <http://www.supositorio.com/rcalc/rca>.
6. Fernández, O.; Shkiliova, L. Investigación de la adaptabilidad de las cosechadoras de arroz NEW HOLLAND TC- 57 y Laverda 225 rev para las operaciones de mantenimientos técnicos diarios y MT-1.Tesis de Maestría, CEMA-UNAH.2012
7. Harris, C.M.; Gross, D. Queueing Analyses with TK Solver. 260 pp. Universal Technical Systems. (With diskette). Queueing Software. USA. 1993.
8. Iglesias, C.E. Carácter probabilístico del trabajo de los medios de cosecha de la caña de azúcar. Agrociencias. Edición magnética ISSN-978-959-282-053-1.Cuba. 2007.
9. Iglesias, C.E. Determinación de la composición óptima de la brigada cosecha-transporte del arroz por la Teoría del Servicio Masivo. Monografía. CEMA-UNAH. La Habana. Cuba. 2008.
10. Iglesias, C. E., Morejón, Y., Álvarez, M. Determinación de la composición del complejo cosecha-transporte de la caña de azúcar con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo. Congreso Internacional de Ciencias Agropecuarias, Agrociencia, Agring, UNAH, ISBN: 978-959-16-1367-7.Cuba. 2011.
11. Iglesias Coronel, C. E., Morejón Mesa, Y., Llanes Díaz, R. Determinación de la composición racional del complejo cosecha-transporte del arroz con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo en el Complejo Agroindustrial Arrocero “Los Palacios”. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Cuba,Vol. 21 No. 2.2012a. ISSN 1010-2760-0054
12. Iglesias Coronel, C. E., Morejón Mesa, Y., Domínguez Calvo G. Evaluación de los medios de transporte utilizados en el proceso cosecha-transporte del arroz en el Complejo Agroindustrial “Los Palacios”. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Cuba, Vol. 21 No.3.2012b. ISSN 1010-2760-0054

13. Kelton, D. W.; Sadowski, P. R.; Sturrock, D. Simulation with Arena [CD-ROM]. Dallas, TX, USA, Mc Graw Hill. [Consulta: 18 de enero de 2013]. 2008
14. Matos, N. Organización racional del complejo de máquinas en la cosecha-transporte - recepción de la caña de azúcar en la Empresa Azucarera "ARGENTINA". Tesis de Doctorado. UNAH. Mayabeque. Cuba. 2012.
15. Medhi, J. Stochastic Models in Queueing Theory. Academic Press, San Diego. USA. 1991.
16. Morejón, Y.; Iglesias C. Determinación de la composición racional del complejo cosecha-transporte del arroz con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo en la Complejo Agroindustrial Arrocerero "Los Palacios". Tesis de Maestría, CEMA-UNAH. 2012.
17. Morejón, Y.; Iglesias C.; Shkiliova, L. Determinación de la composición racional del complejo cosecha-transporte del arroz con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo en la Empresa Agroindustrial de Granos "Los Palacios". Tesis de Doctorado, CEMA-UNAH. 2016.
18. Morejón Mesa, Y., Iglesias C. Determination of the probabilistical character to organize the complex rice harvest-transport on the Agroindustrial Rice Complex "Los Palacios". International Journal of Applied Science and Technology (IJAST). USA. Vol. 3 No. 7. 2013. ISSN 2221- 0997 (Print), 2221- 1004 (Online).
19. Morejón Mesa, Y., Iglesias Coronel, C. E. Use of Queueing Theory to organization of the complex rice harvest-transport on the Agroindustrial Rice Complex "Los Palacios". Quarterly Journal Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA). Japan. Vol. 45, No. 3, Summer 2014a. ISSN 0084-5841.
20. Morejón Mesa, Y., Iglesias Coronel, C. E. Use of Queueing Theory to organization of the complex rice harvest-transport on the Agroindustrial Rice Complex "Los Palacios". Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Cuba, Vol. 23 No. 2. ISSN -1010-2760, RNPS-0111. 2014b.
21. Morejón Mesa, Y., Iglesias C., Roque. Y., Collazo. P.L. Sistema automatizado para la organización racional del proceso Cosecha-Transporte-Recepción de cereales (SAORCE-CTR). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Cuba, Vol. 23. No. 3. 2014c. ISSN 1010-2760-0054
22. Morejón Mesa, Y., Iglesias Coronel, C. E., León Martínez. J. Influencia de la distancia y cantidad de transporte en el proceso de cosecha del arroz. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 24. No. 3. pp. 39-44. 2015a. ISSN 1010-2760-0054
23. Morejón Mesa, Y., Iglesias Coronel, C. E., Shkiliova, L. Influencia de la fiabilidad de explotación de las cosechadoras NEW HOLLAND TC-57. Revista Ingeniería Agrícola. Vol. 5. No. 3. ISSN 2306-1545. Julio-Agosto-Septiembre. pp 15-21. 2015b.
24. Morejón Mesa, Y. Evaluación económica y energética de dos esquemas tecnológicos del complejo mecanizado cosecha-transporte del arroz. Estudio de caso: CAI Arrocerero Los Palacios. Monografía. Anuario de la Ciencia. UNAH. ISBN: 978-959-26-1163-5. 2009
25. Morejón Mesa, Y. Iglesias Coronel, C. E., Llanes Díaz, R. Conformación de la brigada cosecha-transporte del arroz con la aplicación de la teoría del servicio masivo, en el CAI Arrocerero "Los Palacios". Monografía. Anuario de la Ciencia. UNAH. ISBN: 978-959-16-1372-1. 2012
26. Pérez, B.; Iglesias. C.E. Investigación de la transportación de la caña por camiones. Proyecto de Diploma. Facultad de Mecanización Agropecuaria. ISCAH. La Habana. Cuba. 1992.
27. Ribet, Y., Shkiliova, L. Determinación de la disponibilidad de las cosechadoras de arroz Laverda 225 rev y NEW HOLLAND TC- 57 en las condiciones del Complejo Agroindustrial Arrocerero "Los Palacios". Tesis de Maestría, CEMA-UNAH. 2012
28. Server, P., Dieguez, R., Fernández, R. El transporte de la caña de azúcar utilizando la modelación. Revista Universitaria. Ciego de Ávila. Vol. 3. No 1. Cuba. 2002.
29. Walfrand, J. An Introduction to Queueing Networks. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. USA. 1988.
30. Wolff, R. W. Stochastic Models and the Theory of Queues. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. USA. 1989

EVENTOS CIENTIFICOS IMPORTANTES

- ♦ IV Encuentro de Ecosistemas Arroceros (ECOARROZ), UCTB- INCA, Los Palacios. Cuba. 2011
- ♦ V Edición de la Conferencia Científica Internacional sobre Desarrollo Agropecuario y Sostenibilidad. V Simposio de Ingeniería Agrícola. Agrocentro, Universidad Central de las Villas, Cuba. 2012
- ♦ V Encuentro Internacional de Jóvenes Agropecuarios. INTERJOVEN. ICA. Cuba. . 2012.
- ♦ VII Congreso Internacional de Ciencias Agropecuarias, Agrociencia, Agring, UNAH, Cuba.2013
- ♦ VIII Conferencia de Ingeniería Agrícola, Agring. UNAH, Cuba. 2014
- ♦ IX Conferencia de Ingeniería Agrícola, Agring. UNAH, Cuba. 2015.

PROYECTOS RELACIONADOS CON EL RESULTADO

- ♦ Fundamentación del uso eficiente de los medios mecanizados que intervienen en la cosecha-transporte del arroz en el CAI Arrocero “Los Palacios”. (proyecto empresarial, UNAH-EAIG “Los Palacios”)... 2014-2016.
- ♦ Bases para el manejo sostenible e incremento de los rendimientos de arroz, maíz, frijol y soya en agroecosistemas arroceros de Cuba (proyecto nacional INCA-UNAH)...2013-2017

AVALES NACIONALES SOBRE EL RESULTADO

- Consejo Científico de la Facultad Ciencias Técnicas. Universidad Agraria de la Habana (UNAH).
- Consejo Científico. Universidad Agraria de la Habana (UNAH).
- Empresa Agroindustrial de Granos (EAIG)“Los Palacios”.
- Instituto de Investigaciones de Granos (II Granos).
- Unidad Científico Tecnológica de Base (UCTB) “Los Palacios”. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

TESIS DE DOCTORADO RELACIONADA CON EL RESULTADO



**UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA
“Fructuoso Rodríguez Pérez”
Facultad de Ciencias Técnicas**

**DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN RACIONAL DEL
COMPLEJO COSECHA-TRANSPORTE DEL ARROZ CON LA
APLICACIÓN DE LA TEORÍA DEL SERVICIO MASIVO EN LA
EMPRESA AGROINDUSTRIAL DE GRANOS “LOS PALACIOS”**

**Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en
Ciencias Técnicas Agropecuarias**

MSc. Yanoy Morejón Mesa

Mayabeque, 2015

TESIS DE MAESTRIAS RELACIONADAS CON EL RESULTADO

UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA
"Fructuoso Rodríguez Pérez"
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS
CENTRO DE MECANIZACIÓN AGROPECUARIA

**INVESTIGACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE LAS COSECHADORAS DE ARROZ
NEW HOLLAND TC-57 Y LA VERDA 225 REV PARA LAS OPERACIONES DE
MANTENIMIENTOS TÉCNICOS DIARIOS Y MT-1**

Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Mecanización Agrícola

Ing. Osmany Fernández Abreu

Mayabeque

2012



UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA
“Fructuoso Rodríguez Pérez”
Facultad de Ciencias Técnicas



**DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN RACIONAL DE LA
BRIGADA COSECHA-TRANSPORTE DEL ARROZ CON LA
APLICACIÓN DE LA TEORÍA DEL SERVICIO MASIVO EN
EL COMPLEJO AGROINDUSTRIAL ARROCERO “LOS
PALACIOS”**

**Tesis presentada en opción al grado científico de Máster en
Mecanización Agrícola**

Autor: Ing. Yanoy Morejón Mesa
Tutor: Dr. C. Ciro E. Iglesias Coronel

Mayabeque, 2012

UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA

“Fructuoso Rodríguez Pérez”

CENTRO DE MECANIZACIÓN AGROPECUARIA

***DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE LAS
COSECHADORAS DE ARROZ LAVERDA 225 REV Y NEW
HOLLAND TC- 57 EN LAS CONDICIONES DEL
COMPLEJO AGROINDUSTRIAL ARROCERO “LOS
PALACIOS”***

***Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en
Mecanización Agrícola***

Ing. Yoel Ribet Molleda

Mayabeque

2012

TRABAJOS DE DIPLOMAS RELACIONADOS CON EL RESULTADO



*Universidad Agraria de La Habana
"Fructuoso Rodríguez Pérez"
Facultad de Ciencias Técnicas*



*Trabajo de Diploma para optar por el Título de Ingeniero
Mecanizador Agropecuario.*



*Optimización de la composición del complejo cosecha-transporte
del arroz con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo, en el
CAI Arrocero "Los Palacios".*

Autor: Ronier L. Llanes Díaz

Tutores: Ing. Yanoy Morejón Mesa

Dr. C. Ciro E. Iglesias Coronel

*San José de las Lajas
Mayabeque, 2011*

"Trabajo de Diploma"

UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA

"FRUCTUOSO RODRÍGUEZ PÉREZ"

FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS



TRABAJO DE DIPLOMA

DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE LAS COSECHADORAS DE ARROZ NEW HOLLAND TC- 57 EN LAS CONDICIONES DEL CAI ARROCERO "LOS PALACIOS"

Autor: **Carlos González López**

Tutores: **Dra. C. Liudmila Shkiliova**

Ing. Yoel Ribet Molleda

San José de las Lajas

CURSO 2010-2011



Universidad Agraria de La Habana
Facultad Ciencias Técnicas "Fructuoso Rodríguez Pérez"

***"Sistema Automatizado para la organización
racional
del proceso Cosecha-Transporte-Recepción de
cereales"***

Autor: Pedro Luis Collazo Abreu

**Tutores: M.Sc. Yanoy Morejón Mesa
Ing. Yosleidy Roque Alayón**

Consultante: DrC. Gira Iglesias Coronel

**MAYABQUE, JUNIO DE 2013
"AÑO 55 DE LA REVOLUCIÓN"**

UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA
“FRUCTUOSO RODRÍGUEZ PÉREZ”
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS



TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO
INGENIERO AGRÍCOLA

DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE LAS
COSECHADORAS DE ARROZ NEW HOLLAND TC-57 Y
CLAAS EN EL CAI ARROCERO “LOS PALACIOS”

Autor: Yordano J. Valdés Acosta

Tutores: MSc. Yanoy Morejón Mesa
Dra. C. Liudmila Shkiliova

San José de las Lajas, Mayabeque, 2013



UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA

"Fructuoso Rodríguez Pérez"

Facultad de Ciencias Técnicas

**EVALUACIÓN DEL PROCESO TRANSPORTE-RECEPCIÓN DEL
ARROZ UTILIZANDO LA TEORÍA DE COLA EN LA EMPRESA
AGROINDUSTRIAL DE GRANOS "LOS PALACIOS"**

*Trabajo de diploma presentado en opción al título de Ingeniero
Agrícola*

Autor: Yariel Prieto Pérez

Tutores: MSc. Yanoy Morejón Mesa

DrC. Ciro E. Iglesias Coronel

Mayabeque, 2013

UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA
“FRUCTUOSO RODRÍGUEZ PÉREZ”
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS



TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO EN OPCIÓN AL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA

INFLUENCIA DE LA FIABILIDAD DE EXPLOTACIÓN
DE LAS COSECHADORAS NEW HOLLAND TC-57 EN
EL APROVECHAMIENTO DEL TIEMPO DE TURNO EN
LA EAIG “LOS PALACIOS”

Autor: Didimo Roberto Soler Peraza

Tutores: MSc. Yanoy Morejón Mesa
Ing. Yanara Rodríguez López

San José de las Lajas, Mayabeque, 2015

**PUBLICACIONES EN REVISTAS CIENTIFICASY
REGISTROS DE AUTOR**

Use of Queueing Theory to Organization of the Complex Rice Harvest-Transport on the Agroindustrial Rice Complex “LosPalacios”



by
Yanoy Morejón Mesa
Assistant Professor
Department of Agricultural Engineering
Agrarian University of Havana
Mayabeque, Cuba. CP: 32700
ymm@isch.edu.cu



Ciro E. Iglesias Coronel
Titular Professor
Agricole Mechanization Center
Agrarian University of Havana
Mayabeque, Cuba. CP: 32700
ciro@isch.edu.cu

Abstract

The present research was carried out on the Agroindustrial Rice Complex “Los Palacios”, on Pinar del Rio province. The investigation had as main goal to study of the means stop probabilities, on the base of stochastic process, considering economical features that appear during the work of the complex rice harvest-transport with the harvester machine New Holland TC-57 and the joint tractor New Holland TS-6020 with trailers RA-6, looking for its rational organization. The Queueing Theory was used for the solution of this problem taking the economical criteria of its optimization the minimum added expenses in one hour by harvester machines and means of transport stops in service. It was also determined the quantity means of transport for a harvester brigade under probabilistic basis.

Keywords: rice, probabilities, mechanization.

Introduction

For the organization of the har-

vest-transport brigade of the rice, it is important to consider technical and economic aspects based on the minimum expenses for unit of time and/or unit of grain harvested and transported. The factors considered that make noticeable influence include the harvester machine productivity, the means of transport capacity, the distance of transportation, the vehicle type and conditions, the waiting time to the charge of grain on the field and the discharge on the Reception Center (Betancourt and Bullaín, 2007).

The Queueing Theory was studied by (A. Kaufmann, 1981) and others authors (Cooper, 1981; Gross and Harris, 1985; Kashyap and Chandry, 1988; Medhi, 1991; Walfrand, 1988; Wolff, 1989) making possible the analysis of waiting phenomenon that is related with the stochastic process through mathematical models. The process makes possible to annex the probabilities; besides facilitating to make decisions that give the possibility to improve the process organization and the systems rationality on the basis of costs reduction.

There are few developed research about the Queueing Theory used in

the agricultural process. The present research is about the technological harvest-transport process of the rice that analyses every component conforming the complex parameter that made an influence in the efficiency of this process. The organization of the process harvest-transport considered the economic criteria of the minimum added expenses for the harvester machine and the means of transport stops during one hour.

Materials and Methods

Theoretical fundamentals to the organization of the rice harvest-transport process.

During the mechanized harvest flow several kinds of machines were used, such as: harvester machines, means of transport and Grain Reception Center. The condition of continuity of productive flow is the equality between productivities of every mechanized link for a brigade.

$$n_1 W_1 = n_2 W_2 = \dots n_i W_i \dots \dots \dots (1)$$

Where:

n_i : Quantity of joints for a link determined;

W_i : productivity of the joint in the productive link i .

During the harvest-transport process the pendulum route is used (distance travelled with charge until the Reception Center and distance travelled empty till the field) (Iglesias *et al.*, 2012).

Determination of the Harvest-Transport Means Organization Using the Queueing Theory

The effective work of the harvest-transport complex depends on the transport service organization; therefore the rational determination of this means presents some difficulties during the productive process.

In production condition, in the moment of harvester machine was filled with grain and then arrival to the field by means of transport do not correspond. For this reason the duration of the turn time depends on the travel speed for the times used in the Reception Center, and for the harvester machine location on the field and in the path outside the field. Other causes that have an influence in the harvester machine filling with grain are: the relief, the productive yield, the grain humidity during the working day, etc. All the factors previously mentioned can produce the unproductive stop of the harvester machine and means of transport. (Iglesias *et al.*, 2011; Iglesias, 2006).

Economically, it is convenient to have a minimum relation between the quantity of harvester machine and means of transport (Pérez and Iglesias, 1992). This criterion was achieved by the following expression:

$$S = C_{pc} \times \lambda \times t_{esp} + C_t \times n, \text{ peso/h} \quad (2)$$

Where:

C_{pc} : Losses per one hour of harvester machine stop waiting the means of transport to serve, peso;

λ : Mean quantity of harvester machine filled of grain (Demand of

service in one hour);

t_w : Waiting mean time of every demand, h;

C_t : Cost per hour in the maintenance of the means of transport, peso/h;

n : Quantity of means of transport to give services to a harvester machines group.

In the queueing system, the stationery single flow of Poisson is used which is free of consequences. This means that in equal time, the demand of a service for two or more is few probable, for this, it is important to consider the following hypothesis:

1st: The probability $P_c(t)$ does not depend of the time interval and do not have dependence of the initial time;

2nd: Two events never occur at the same time (the probability that two events happen together is very small);

3rd: If it is considered a very small time interval Δt , selected in whichever instant, the probability is equal to $\lambda \Delta t$; the quantity λ is called mean rate of enters or demand average of service in a unit of time.

The magnitude ϕ can be any value (coefficient of system charge). A steady regime exists when $\phi < n$, in contrary case $\phi \geq n$ the system can not satisfy the demand and the queue grow indefinitely.

Results and Discussion

Determination of the Harvest-Transport Means Organization Using the Queueing Theory

For the determination of the rational quantity of transport means was taken a harvest-transport brigade conformed by three harvester machines New Holland TC-57 and a transport link conformed by tractors New Holland TS-6020 every one with two trailers RA-6. The rice field had a mean yield of 3.7 t/ha, and the transportation distance was of 13 km on pavement and 5 km on land from to the harvest field until the Reception Center.

The results obtained were the following:

The productivity of the harvester machine in exploitation time to an agricultural yield of 3.7 t/ha was 3.03 t/h.

The cycle time was of 4.02 h, this value is considered elevated, the main cause of this value was the vials conditions.

Using the expression 4 was possible determining the quantity of means of transport without considering the probabilities being this 4.56 means, but for the real conditions four means were reconsidered, taking this quantity of means as a comparison base for two, three, four, five and six means of transport, to determine the probabilistic

Table 1 Result of the probabilistical character to organize the harvest-transport brigade

Indicators	Quantity of means of transport				
	2	3	4	5	6
Capacity of the service channel, μ	0.49	0.74	0.99	1.24	1.49
Coefficient of system charge, ϕ	4.53	2.23	2.24	1.79	1.48
Probability that two enters (harvester machines) demand a service at the same time, $P_c(t)$	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059
Probability that all service channels (transport) stop, P_0	-	0.073	0.097	0.17	0.22
Probability that all enters (harvester machine) are exactly busy, P_c	-	0.47	0.63	0.82	0.73
Probability that exist a queue in the harvester machine service, P_{queue}	-	0.53	0.37	0.18	0.27

cal and economical characters.

The mean time of the harvester machine to fill its capacity for this yield was 0.45 h, so in one hour the channel (λ) can satisfy 2.22 joints of transport.

The **Table 1** shows the probabilistical character of the harvest-transport; when the quantities of means of transport change, showing that with five means of transport the probability that exist a queue in the harvester machine service is lower.

Table 2 shows the determination of rational variant to organize the harvest-transport brigade on economical base, showing that with five means of transport the value of the addition of losses per stops is lower.

Conclusions

1. This research validates the application of Queueing Theory for the rational organization of the harvest-transport complex, considering probabilistical and economic aspects.
2. The probabilistical character is directly proportional to the addition of losses per stops because of the variant of five transport joints was the minimum cost per stops and the minimum probability that exists in a queue in the harvester machine service.
3. The rational quantity of transport joints is five with a cost of 71.46 peso/h, that in comparison with the actual cost of 75.84 peso/h,

thus obtaining an income of 43.8 peso per working turn.

REFERENCES

- Betancourt, Y. and A. Bullaín, Modelación de los medios de transporte en el proceso de cosecha del arroz por camiones con la utilización de la teoría del servicio masivo, UNAH-CEMA, La Habana, Cuba (Trabajo de Diploma), 2007.
- Kaufmann, A. and Y. Métodos modelos de la investigación de operaciones. Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana, Cuba, 570p, 1981.
- Cooper, R. Introduction to Queueing Theory, 2da ed., Elsevier North Holland, New York, U.S.A., 1981.
- Gross, D. and C. M. Harris. Fundamental of Queueing Theory, 2da ed., Wiley, New York, USA, 1985.
- Kashyap, B. R. K. and M. L. Chandry. An Introduction to Queueing Theory, A & A Publications, Kingston, Ontario, Canada, 1988.
- Medhi, J. Stochastic Models in Queueing Theory, Academic Press, San Diego, U.S.A., 1991.
- Walfrand, J. An Introduction to Queueing Networks, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. U.S.A., 1988.
- Wolff, R. W. Stochastic Models and the Theory of Queues, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. U.S.A., 1989.
- Iglesias C. E., Y. Morejón, and R. Llanes. Determinación de la composición racional del complejo cosecha-transporte del arroz con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo en el Complejo Agroindustrial Arroceros "Los Palacios". Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias, Mayabeque, Cuba, Vol. 21, No. 2, 2012.
- Iglesias, C. E., Y. Morejón, and M. Álvarez. Determinación de la composición del complejo cosecha-transporte de la caña de azúcar con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo. Congreso Internacional de Ciencias Agropecuarias, Agrociencia, Agring, UNAH, Mayabeque, Cuba, ISBN: 978-959-16-1367-7, 2011.
- Iglesias, C. E. Fundamentación de la cantidad óptima de medios de transporte en el labóndecosecha de caña por el método del servicio masivo. Memoria magnética ISBN 959-16-0414-9 Agring, UNAH, La Habana, Cuba, 2006.
- Pérez, B. and C. E. Iglesias. Investigación de la transportación de la caña por camiones, Facultad de Mecanización Agropecuaria, ISCAH, La Habana, Cuba. (Proyecto de Diploma), 1992. ■■

Table 2 Result of the determination of rational variant to organize the harvest-transport brigade

Indicators	Quantity of means of transport				
	2	3	4	5	6
Quantity of means of harvester machine in waiting to be served, ms -	3.93	2.54	2.30	2.25	
Waiting mean time in queue of the harvester machines (tesp), h -	1.77	1.14	1.03	1.01	
Losses per harvester machine stops, peso/h -	104.6	67.36	60.86	59.68	
Losses per means of transport stops, peso/h -	6.36	8.48	10.60	12.72	
Addition of losses per stops, peso/h -	110.96	75.84	71.46	72.4	

Influencia de la fiabilidad de explotación de las cosechadoras New Holland TC-57

Influence of the operating reliability of harvester machine NewHollandTC-57

M.Sc. Yanoy Morejón Mesa, Dr.C. Liudmila Shkiliova, Dr.C. Ciro Iglesias Coronel

Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabaque, Cuba.

RESUMEN. La presente investigación se desarrolló en la Empresa Agroindustrial de Granos (EAIG) Los Palacios, durante el periodo 2012-2014, con el objetivo de determinar la influencia de la fiabilidad de explotación de las cosechadoras New Holland TC-57 en el aprovechamiento del tiempo de turno, planteándose para ello los fundamentos teórico-metodológicos referentes al tema. A partir de estos se obtuvieron los siguientes resultados: el coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante cronométrica al considerarse el tiempo invertido en la gestión y búsqueda de las piezas oscila entre 0,58...0,62; y al no considerarse este tiempo, el mismo alcanza valores de 0,82...0,83, el coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante de costo, oscila entre 0,94...0,95; evidenciándose que la aparición de fallas se reduce si se realizan las actividades de mantenimiento planificadas y se dispone de un inventario de piezas adecuado en la brigada de cosecha. También se obtuvo que la mayor cantidad de fallas observadas en las cosechadoras objeto de estudio, ocurren en las correas de los diferentes sistemas de transmisión de fuerzas, en las bielas de los diferentes mecanismos y en el mecanismo diferencial; estas fallas representan el 32,4% de las fallas totales ocurridas en el periodo observado.

Palabras clave: tiempo de turno, fallas, variante cronométrica, costo.

ABSTRACT. This research was developed in the Agro-industrial Complex Los Palacios during the period 2012-2014, in order to determine the influence of operating reliability of harvesters New Holland TC-57 in the use of working time, considering to do the basic theoretical and methodological reference to the subject. From these it was obtained the following results: the reliability coefficient operating to chronometric variant when is considering investing in management and parts search time have values of 0,58... 0,62; and the omission of these time have values of the coefficient of 0,82...0,83, the reliability coefficient in operating cost variant is between 0,94...0,95; and conclude that the occurrence of faults is reduced if the planned maintenance activities are performed and has a proper stock of parts in the harvest brigade. Also was obtained that the highest number of failures observed under study harvester machine occur in belts of different transmission systems forces, in rods of different mechanisms and differential mechanism; These failures represent 32,4% of total faults occurred in the observed period.

Keywords: working time, failures, chronometric variant, cost.

INTRODUCCIÓN

Un elemento que influye directamente en la estabilidad y costo del proceso de explotación es la composición del complejo cosecha-transporte, la cual se debe obtener considerando criterios técnico-económicos que posibiliten determinar la organización racional del proceso, teniendo en cuenta el mínimo de los costos por unidad de tiempo y/o unidad de producto cosechado y transportado, donde influyen la productividad de la cosechadora, la capacidad de los medios de transporte, la distancia de transportación, el tipo y condiciones de los viales, los tiempos de espera para la carga del producto en el campo y la descarga en los centros de

recepción, sobre lo cual han investigado diversos autores estando entre ellos Server *et al.* (2002a,b); Izmailov (2007); Amu (2010); García y León (2010); Iglesias *et al.* (2012); Matos e Iglesias (2012); Matos *et al.* (2012); Miranda *et al.* (2013); Yesin (2013); Shepelyov *et al.* (2014); Matos *et al.* (2014).

El sistema SAORCE-CTR tiene entre sus funcionalidades el empleo de la Teoría del Servicio Masivo y el criterio económico del mínimo de los costos totales por paradas de las cosechadoras y los medios de transporte, a partir de los costos de explotación¹ (Morejón, 2014a ; Morejón *et al.*, 2014b).

¹ RAMÍREZ, J.: Evaluación tecnológico-explotativa de la combinada de granos, John Deere 7720. Dpto. de Ingeniería Mecánica Agrícola. UACH. Chapingo. México. 1993.

La fiabilidad de la propiedad de un artículo de mantenerse sin experimentar un suceso de fallas durante el tiempo en condiciones de explotación establecidas (Rivero, 1995²; Nachlas, 1995; del Castillo, 2005³; Torres, 2005). Varios autores que se dedicaron al estudio de la fiabilidad de la maquinaria agrícola, han coincidido en que la fiabilidad de explotación (seguridad técnica y tecnológica) depende en gran medida de la correcta realización de los mantenimientos técnicos y reparaciones (Lomonosov, 1980⁴; Kolgunov y Pogolian, 1982; Skorochodov, 1990⁵; Daquinta, 1999⁶; Pavlov, 2014⁷).

Para apreciar la fiabilidad de explotación de la máquina, se utiliza como indicador generalizado el coeficiente de fiabilidad de explotación (K_{FE}), el cual caracteriza la relación entre el tiempo durante el cual la máquina se encuentra en el estado de servicio y el tiempo total de trabajo de la máquina. Dada la importancia de la fiabilidad de explotación de las cosechadoras en el proceso tecnológico de cosecha y su repercusión en la estabilidad de la cadena productiva y su costo, es necesario determinar su comportamiento en una brigada de cosecha conformada por tres cosechadoras NEW HOLLAND TC-57 en las condiciones de la Empresa Agroindustrial de Granos (EAIG) "Los Palacios, Pinar del Río.

FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

Método de cálculo del coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante cronométrica

Para el cálculo del coeficiente de fiabilidad de explotación en la variante cronométrica ($K_{FE(t)}$) se propone utilizar el balance del tiempo de utilización de la máquina, obtenido durante la observación cronométrica. De este balance de tiempo es necesario tomar los elementos del mismo relacionados con el movimiento de las máquinas dentro y fuera del campo (t_{mov}) durante el período de observación, así como las pérdidas de tiempo (t_p) por paradas técnicas. Es necesario señalar, que las paradas técnicas en este caso están relacionadas con el tiempo invertido para realizar los mantenimientos técnicos antes, durante y después del turno de trabajo, así como la eliminación de las fallas durante el proceso de trabajo.

La suma de los elementos de tiempo, señalados anteriormente servirá como base para el cálculo del coeficiente de fiabilidad de explotación en la variante cronométrica, el cual se determina mediante la siguiente expresión:

$$t_0 = t_{mov} + \sum_{j=1}^n t_j \quad (1)$$

donde: t_0 suma de los elementos de tiempo para el movimiento y paradas técnicas; n : número de paradas técnicas durante el período de observación.

Por tanto si se plantea la siguiente relación:

$$R_j = \frac{t_0 - \sum_{j=1}^n t_j}{t_0} = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n t_j}{t_0} \quad (2)$$

Entonces se obtiene:

$$1 - R_j = \frac{\sum_{j=1}^n t_j}{t_0} \quad (3)$$

De esta forma, se indica en qué grado se utiliza el tiempo (t_0), presentando un valor particular del coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante cronométrica. Por tanto si se despeja el t_{mov} en la expresión (1), se sustituye en la expresión (2) y se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{t_{mov}}{t_0} = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n t_j}{t_0} \quad (4)$$

De forma tal que si se considera el número de paradas técnicas durante el período de observación y se considera R_j de la expresión (2) es posible obtener el coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante cronométrica, mediante la expresión siguiente:

$$K_{FE(t)} = \sum_{j=1}^n R_j - (n-1) = \sum_{j=1}^n \frac{t_0 - t_j}{t_0} - (n-1) \quad (5)$$

Apartado de la determinación del coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante cronométrica, para caracterizar la fiabilidad de las máquinas en forma más completa, es necesario determinar los índices simples y complejos de éstas, aplicándose para ello los fundamentos teóricos planteados por Telnov (1980)⁸; Trillan (1988)⁹; Skorochodov (1990); Miranda (2008)¹⁰.

Como se señaló anteriormente, la fiabilidad de las máquinas y sus componentes partiendo solamente de la comparación de los tiempos perdidos a causa de paradas técnicas no resulta del todo definitiva para arribar a conclusiones, pues estos tiempos pueden ser iguales, sin embargo la caracterización de las fallas

² RIVERO, J.: Confiabilidad de sistemas industriales. Curso de Postgrado. ISCTN. 103 p. 1995.

³ DELCASTILLO SERPA, A.: Estadística, fiabilidad, riesgo y calidad en el mantenimiento. Departamento de Matemática, Facultad de Ingeniería Mecánica. ISPJAE. Edición magnética Curso de Postgrado. 2005.

⁴ Lomonosov, Y. N. Fundamentos de la fiabilidad de la técnica agrícola. Chelyabinsk. 1980.

⁵ Skorochodov, A. N.: El aseguramiento explotativo del trabajo sin fallo de los agregados complejos, 120pp., Moscú. Edit. MIISP, (en ruso), 1990.

⁶ Daquinta, A.: Mantenimiento y Reparación de la Maquinaria Agrícola., 500pp., Cuba. Tesis de Doctorado. Edición Magnética. 1999.

⁷ PAVLOV, I. V. Estimation of reliability of complex systems with renewal based on element test results. Informatics and Applications. Volume 8, Issue 1, pp 21-27. 2014.

⁸ Telnov, N. F.: Recuperación de las piezas desgastadas una reserva importante de la economía de los recursos materiales y de la elevación de la fiabilidad de las máquinas, Conferencia (en ruso), MIISP. Moscú, Rusia. (en ruso), 1980.

⁹ TRILLAN, J.: Fiabilidad de la construcción de maquinaria, 98pp., Instituto de Investigación de Normalización, Curso de Postgrado. La Habana. Cuba. 1988

en muchos casos es diferente. Estas diferencias son posibles evaluarlas mediante la aplicación de la variante de costo del coeficiente de fiabilidad de explotación $K_{FE(C)}$, esta variante puede tomarse como parte adicional para la variante cronométrica.

Método de cálculo del coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante de costo

El cálculo del coeficiente de fiabilidad de explotación en esta variante se basa en el análisis y comparación de los costos de recursos necesarios para asegurar el funcionamiento de la máquina, con los gastos para mantener y recuperar la capacidad de trabajo de la misma. De este modo, la fiabilidad de trabajo de la máquina, se asegura mediante un determinado balance de gastos financieros (Skovorindin, 1985¹¹):

$$G_0 = G_1 + G_2 \quad (6)$$

donde: G_0 - gastos que aseguran la posibilidad y fiabilidad de trabajo de la máquina o agregado, peso; G_1 - gastos que surgen solo durante el movimiento de la máquina preparada para el trabajo (costo de combustible y lubricantes, salario del personal relacionado directamente con el servicio de la máquina), peso; G_2 - gastos relacionados con la ejecución de los mantenimientos técnicos y eliminación de diferentes desperfectos durante un período de tiempo dado, peso.

De esta forma es posible determinar el coeficiente de fiabilidad de explotación, en su variante de costo, mediante la

Por tanto partiendo de las expresiones anteriores, se obtiene:

$$K_{FE(C)} = \frac{G_1}{G_1 + G_2} = \frac{G_1}{G_0} = 1 - \frac{G_2}{G_0} = 1 - \left(\frac{C_{smr}}{G_0} + \frac{C_{pz}}{G_0} + \frac{C_{mr}}{G_0} \right) \quad (9)$$

Como se observa, el coeficiente $K_{FE(C)}$ disminuye con el aumento del tiempo empleado para los mantenimientos técnicos y gastos para reparación y/o sustitución de piezas de repuesto.

Por tanto si se plantea la siguiente relación:

$$X_j = \frac{G_0 - G_2}{G_0} = 1 - \frac{G_2}{G_0} \quad (10)$$

Obteniéndose que:

$$1 - X_j = \frac{G_2}{G_0} \quad (11)$$

De forma tal que si se considera el número de paradas técnicas basadas en las operaciones de mantenimientos, reparaciones y/o sustitución de piezas de repuesto durante el período de observación y se considera X de la expresión (10) es posible obtener el coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante de costo:

$$K_{FE(C)} = \sum_{j=1}^n X_j - (n-1) = \sum_{j=1}^n \frac{G_0 - G_2}{G_0} - (n-1) \quad (12)$$

siguiente expresión:

$$K_{FE(C)} = \frac{G_1}{G_1 + G_2} = \frac{1}{1 + \frac{G_2}{G_1}} \quad (7)$$

La expresión planteada permite determinar el peso específico de gastos para asegurar el movimiento de la máquina en gastos totales para el movimiento, mantenimiento y recuperación de la capacidad de trabajo de los mismos. Mientras menos gastos sean invertidos en los mantenimientos técnicos más alto será el $K_{FE(C)}$.

En forma más detallada este coeficiente se determina por la siguiente expresión:

$$K_{FE(C)} = \frac{1}{1 + \frac{C_{smr} + C_{pz} + C_{mr}}{C_{mov} + C_c + C_l}} \quad (8)$$

donde: C_{smr} - costos en salario del personal que realiza los mantenimientos técnicos, peso; C_{pz} - costos de piezas de repuesto, peso; C_{mr} - costos en mantenimientos y reparación (si existieran) durante un período de tiempo dado, peso; C_{mov} - salario del operador durante el período de movimiento de la máquina dentro del campo, peso; C_c - costo del combustible, peso; C_l - Costo de los lubricantes gastados durante el movimiento de la máquina dentro del campo, peso.

Por tanto para obtener el cálculo más fiable del coeficiente de fiabilidad de explotación en ambas variantes (cronométrica y costo) es necesario tomar los datos sobre el trabajo de las máquinas durante un período de tiempo prolongado, teniendo en cuenta las condiciones de prueba o investigación.

Método de cálculo de la fiabilidad de las piezas que fallan en las cosechadoras

Un aspecto fundamental que posibilita caracterizar la fiabilidad de las cosechadoras es la determinación de las fallas y su distribución por los grupos de complejidad, atendiendo a la clasificación de estas durante la explotación.

De forma tal que es posible obtener la cantidad total de fallas ocurridas durante toda la observación, las cuales deben presentarse por grupos de complejidad. (NC:92-10:1978; NC:92-31:1981).

Para determinar la cantidad promedio de fallas durante un trabajo útil dado se emplea la siguiente expresión:

$$m = \sum_{j=1}^k \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j} m_{ji} \quad (13)$$

¹¹ SKOVORINDIN, I. B.: Manual de fiabilidad de la técnica agrícola, 204pp., Leningrado, ZDAT (en idioma ruso), 1985.

donde: N_j : Cantidad de cosechadoras que trabajan en el j-ésimo intervalo de trabajo útil; k- número de intervalos de trabajo útil; m_{ij} : número de fallas en el i-ésimo intervalo.

Esta expresión es válida para tres grupos de complejidad; una vez conocida la cantidad de fallas promedios del primer (m^I), segundo (m^{II}) y tercer (m^{III}) grupo de complejidad durante el trabajo útil (T); de forma tal que la cantidad total promedio de fallas se determina como:

$$m = m^I + m^{II} + m^{III} \quad (14)$$

Los grupos de complejidad de las fallas se clasifican según Daquinta (1999):

Primer grupo de complejidad: Son las fallas que se eliminan mediante la reparación o sustitución de las piezas situadas fuera de los mecanismos y conjuntos, sin desarmar los últimos, y además, las fallas cuya eliminación requiere la realización extra de operaciones del mantenimiento técnico planificado No. 1 y No. 2.

Segundo grupo de complejidad: Son las fallas que se eliminan mediante la reparación o sustitución de los mecanismos y conjuntos de fácil acceso (o de sus piezas), y además, las fallas cuya eliminación requiere descubrir las cavidades internas de los conjuntos sin desarmar la realización de operaciones extras de mantenimiento técnico N°. 3.

Tercer grupo de complejidad: Son las fallas, que para eliminarlas es necesario el desarme de los conjuntos fundamentales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se muestra la distribución de los componentes del tiempo de turno relacionados con el movimiento de tres cosechadoras dentro y fuera del campo (t_{mov}) durante el período de observación cronométrica, así como el tiempo utilizado en realizar los mantenimientos técnicos y la eliminación de las fallas tanto de técnicas, en el proceso de trabajo, teniendo en cuenta el tiempo invertido en la gestión y búsqueda de las piezas y sin considerar este tiempo.

TABLA 1. Balance del tiempo de trabajo para las cosechadoras cronometradas

Elementos de tiempo	Considerando el tiempo de gestión y búsqueda de las piezas			Sin considerar el tiempo de gestión y búsqueda de las piezas		
	Cosechadora			Cosechadora		
	Inv. 15216	Inv. 15218	Inv. 15220	Inv. 15216	Inv. 15218	Inv. 15220
Mov. de la cosechadora (t_{mov}), %	68,0	54,1	57,2	88,1	74,1	77,2
Mantenimiento Técnico (t_{mtto}), %	4,0	3,1	3,6	5,2	4,2	4,8
Eliminación de fallas ($t_{e-fallas}$), %	38,1	34,5	36,3	15,9	19,9	17,9

A partir de los valores de los componentes del tiempo de turno cronometrados, se determinó el coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante cronométrica $K_{FE(t)}$ para las cosechadoras que conformaban la brigada de cosecha. Esta determinación se muestra en la Tabla 2, donde se observa que los valores del $K_{FE(t)}$ de las cosechadoras, cuando se considera el tiempo de gestión y búsqueda de las piezas alcanzan valores que se encuentran entre 0,58...0,62; y al no considerarse el tiempo de gestión y búsqueda de las piezas este coeficiente alcanza valores que se encuentran entre 0,76...0,79; siendo estos inferiores a los recomendados para este tipo de máquina que debe estar entre 0,9...0,95, según lo planteado por Daquinta (1999).

Como se muestra en la Tabla 2, al eliminarse el tiempo invertido en la gestión y búsqueda de piezas, el coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante cronométrica aumenta y por ende se reduce el tiempo para la eliminación de las fallas, demostrándose que este tipo de máquinas posee una alta fiabilidad, si se realizan todas las actividades de mantenimiento planificadas y se dispone de un inventario de piezas de repuesto adecuado en la brigada de cosecha.

TABLA 2. Valores del coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante cronométrica $K_{FE(t)}$

$K_{FE(t)}$	Ecuación	Considerando el tiempo de gestión y búsqueda de las piezas			Sin considerar el tiempo de gestión y búsqueda de las piezas		
		Cosechadora			Cosechadora		
		Inv. 15216	Inv. 15218	Inv. 15220	Inv. 15216	Inv. 15218	Inv. 15220
Coeficiente del tiempo para los mantenimientos	$R_{mtto} = 1 - \frac{t_{mtto}}{t_o}$	0,96	0,97	0,96	0,95	0,96	0,95
Coeficiente del tiempo para la eliminación de las fallas	$R_{e-fallas} = 1 - \frac{t_{e-fallas}}{t_o}$	0,62	0,65	0,64	0,84	0,80	0,82

$K_{FE(t)}$	Ecuación	Considerando el tiempo de gestión y búsqueda de las piezas Cosechadora			Sin considerar el tiempo de gestión y búsqueda de las piezas Cosechadora		
		Inv. 15216	Inv. 15218	Inv. 15220	Inv. 15216	Inv. 15218	Inv. 15220
$K_{FE(t)} \text{ Total}$	$K_{FE(t)} = \sum_{j=1}^n R_j - (n-1)$	0,58	0,62	0,60	0,79	0,76	0,77

Determinación del coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante de costo $K_{FE(c)}$

Los gastos totales de los recursos financieros para el trabajo y mantenimiento en el período de observación de las cosechadoras se muestran en la Tabla 3.

TABLA 3. Gastos totales de los recursos financieros para el trabajo y mantenimiento en el período de observación

Gastos, peso	Cosechadora		
	Inv. 15216	Inv. 15218	Inv. 15220
Trabajo de la máquina, peso	3650,3	2980,5	2991,1
Mantenimiento Técnico (t_{mto}), peso	12,3	10,1	11,6
Eliminación de fallas ($t_{e-fallas}$), peso	261,6	227,5	202,5

A partir de estos gastos se determina el coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante de costo $K_{FE(C)}$ para asegurar el movimiento de la máquina, lo que se muestra en la Tabla 4.

En la Tabla 4 se observa que el coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante de costo se encuentra entre 0,92...0,93 al no considerarse el tiempo y recursos invertidos en la gestión y búsqueda de piezas, demostrándose que estas máquinas tienen una alta fiabilidad si se cuenta con un inventario de piezas de repuesto adecuado en la brigada de cosecha y se realizan los mantenimientos técnicos planificados.

TABLA 4. Valores del coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante de costo $K_{FE(C)}$

$K_{FE(C)}$	Ecuación	Cosechadora		
		Inv. 15216	Inv. 15218	Inv. 15220
Coeficiente del costo de los Mttos.	$R_{mto} = 1 - \frac{G_{mto}}{G_o}$	0,99	0,99	0,99
Coeficiente del costo de la eliminación de las fallas	$R_{e-fallas} = 1 - \frac{G_{e-fallas}}{G_o}$	0,93	0,93	0,94
$K_{FE(C)} \text{ Total}$	$K_{FE(c)} = \sum_{j=1}^n X_j - (n-1)$	0,92	0,92	0,93

Resultados de la fiabilidad de las piezas que fallan en las cosechadoras NEW HOLLAND TC-57

La información primaria recogida durante los años 2012...2014 durante la campaña de cosecha de arroz posibilita determinar el trabajo útil total realizado por cada cosechadora durante el período de observación, la cantidad total de las fallas de cada cosechadora, así como clasificar estas fallas según el grupo de complejidad (Tabla 5). En la tabla antes mencionada

se muestran las fallas totales ocurridas durante el período de observación y la influencia que ejerce en estas fallas totales. Las fallas del primer, segundo y tercer grupo de complejidad las cuales representan el 68,3; 15,5 y el 16,2% de las fallas totales respectivamente; indicándose con estos valores un aumento de las roturas de las cosechadoras, lo cual se debe a la no realización de los mantenimientos técnicos planificados, los que permiten el control y la prevención de las fallas.

Se determinó que la mayor cantidad de fallas del primer grupo de complejidad durante la explotación de las cosechadoras, ocurren en las correas de los diferentes sistemas de transmisión de fuerzas, llegando a representar el 35,5% de las fallas totales correspondientes a este grupo de complejidad y de las piezas no recuperables el 64,5%. De igual forma, se muestra que la mayor cantidad de fallas del segundo grupo de complejidad, ocurren en las bielas de los diferentes mecanismos de las cosechadoras, llegando a representar el 29,5% de las fallas totales corres-

pondientes a este grupo de complejidad. También se muestra que la mayor cantidad de fallas del tercer grupo de complejidad, ocurren en el mecanismo diferencial, llegando a representar el 21,7% de las fallas totales correspondientes a este grupo de complejidad.

De esta forma, se evidencia que se pueden tomar medidas que posibiliten aumentar la productividad de las cosechadoras, con la reducción de las fallas técnicas que puedan ocurrir una vez se conozcan las piezas que fallan y el efecto que ocasionan sobre la fiabilidad de explotación de estas máquinas.

TABLA 5. Trabajo útil total de las cosechadoras, cantidad de fallas total y por los grupos de complejidad durante las campañas 2012...2014

Cosechadora (No. Inv.)	Trabajo útil acumulado durante el período observado		Cantidad de fallas m	Cantidad de fallas según el grupo de complejidad I, II y III		
	Toneladas, t	Horas, h		m ^I	m ^{II}	m ^{III}
Inv. 15216	3652,9	1327	92	69	15	8
Inv. 15218	2907,92	1109	83	63	7	13
Inv. 15220	2908,45	932	109	62	22	25
	Total		284	194	44	46

CONCLUSIONES

Se determinó el coeficiente de fiabilidad de explotación de las cosechadoras NEW HOLLAND TC-57 en su variante cronométrica y de costo, obteniéndose los siguientes resultados: El coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante cronométrica al considerarse el tiempo invertido en la gestión y búsqueda de las piezas oscila entre 0,58...0,62; y al no considerarse este tiempo el coeficiente alcanza valores de 0,82...0,83.

El coeficiente de fiabilidad de explotación en su variante de

costo, oscila entre 0,94...0,95.

Se evidencia que la aparición de fallas se reduce si se realizan las actividades de mantenimiento planificadas y se dispone de un inventario de piezas adecuado en la brigada de cosecha. La mayor cantidad de fallas observadas en las cosechadoras objeto de estudio, ocurren en las correas de los diferentes sistemas de transmisión de fuerzas, en las bielas de los diferentes mecanismos y en el mecanismo diferencial; estas fallas representan el 32,4% de las fallas totales ocurridas en el periodo observado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMU, L.G.: "Logística de cosecha. Evaluación de tiempos y movimientos. Indicadores y control", *Revista Técnicaña*, ISSN: 0123-0409, 26: 25-30, 2010.
- GARCÍA, C.E.; FLEÓN: "Evaluación de la explotación de los medios técnicos en la cosecha transportada del arroz", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 19 (1): 11-17, 2010.
- IGLESIAS, C.E.; Y. MOREJÓN; R. LLANES: "Determinación de la composición del complejo cosecha-transporte del arroz con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 21 (2): 24-29, 2012.
- IZMAILOV, A.Y.: *Technologies and technical solutions to increase the effectiveness and efficiency of transport systems of agriculture*, 200pp., M.FGNU" Rosinformagroteh», ISBN: 978-5-7367-0683-9, Moscú, Rusia, 2007.
- KOLGUNOV, V.A.; POGOSIAN, E.A.: "La fiabilidad de las cosechadoras de trigo", *Mechanika*, ISSN: 1392-1207, (5): 27-28. Moscú (en ruso), 1982.
- MATOS, N.Y.C. IGLESIAS: "Modelo económico-matemático para la organización racional de los medios técnicos en la cosecha-transporte-recepción de la caña de azúcar", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 21 (3): 49-54, 2012.
- MATOS, N.Y.; MARTÍNEZ; R. PÉREZ DE ARMAS; Y. MADRUGA: "Optimización del proceso cosecha-transporte-recepción de la caña de azúcar", *Revista Cubana de Ciencias Informáticas (RCCI)*, ISSN: 1994-1536, 5 (3): 2012.
- MATOS, N.; C. IGLESIAS; E. GARCÍA: "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*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 23 (2): 28-33, 2014.
- MIRANDA, A.; S. CASTELLS; O. FERNÁNDEZ; F. SANTOS; C. IGLESIAS: "Análisis de la utilización del tiempo de turno por las cosechadoras arroz CLAAS DOMINATOR", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 22 (4): 27-31, 2013.
- MOREJÓN, M.Y.; C. IGLESIAS y G. DOMÍNGUEZ: "Evaluación de los medios de transporte utilizados en el proceso cosecha-transporte del arroz en el Complejo Agroindustrial Los Palacios", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 21 (3): 45-48, 2012.

- MOREJÓN, Y. & C. IGLESIAS: "Use of Queueing Theory to the organization of the complex rice harvest-transport on the Agroindustrial Rice Complex Los Palacios" *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 23 (2): 23-26, 2014a.
- MOREJÓN, M. Y.; P. COLLAZO; Y. ROQUE; C. IGLESIAS: "Sistema Automatizado para la organización racional del proceso cosecha-transporte de cereales (SAORCE)" *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 23 (3): 89-93, 2014b.
- NACHLAS, J. A.: *Fiabilidad*, Publicaciones de Ingeniería de Sistemas, Cuarta Edición. ISBN: 84-89338-07-8. Madrid, España, 1984.
- NC 92-10.: *Fiabilidad, control de la calidad, clasificación, términos y definiciones*. CEN. La Habana, aprobada 1978, vig. 1980.
- NC 92-31.: *Fiabilidad, control de la calidad, cálculo de los índices de fiabilidad de los artículos industriales*. CEN. La Habana, aprobada 1981, vig. 1982.
- SERVER, P.; R. DIEGUEZ, R. FERNÁNDEZ: "El transporte de la caña de azúcar utilizando la modelación", *Revista Universitaria*, ISSN: 1607-6079, 3 (1): 2002a.
- SERVER, P.; R. DIEGUEZ; A. ESQUIVEL y R. CARDOSO: Análisis de un modelo para el transporte de la caña de azúcar, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 11 (2): 91-93 2002b.
- SHEPELYOV, S. D.; OKUNE, G. A.; CHERKASOV, Y. B.: "Influencia del período de servicio al cosechador en la estructura tecnológica de línea espera", 4pp., *Revista Agroingeniería, Chelyabinsk*. ISSN: 77-155498. Página Web: www.libr.orensau.ru 2014.
- TORRES, L. D.: *Mantenimiento. Su implementación y gestión*, pp. 17-53, Libro en Edición magnética. ISBN: 987-9406-81-8. La Habana, 2005.
- YESIN, K. S.: Methods of selection of transport during grain harvesting, cultural Tour. *World of Transport and Technological Machines*, ISSN: 77-47352, 2 (41): 95-102, 2013.

Yanoy Morejón Mesa, Profesor Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabaque, Cuba. Correo electrónico: ymm@unah.edu.cu

Liudmila Shkiliova, UNAH, Correo electrónico: liudmila@unah.edu.cu

Ciro Iglesias Coronel, UNAH, Correo electrónico: ciro@unah.edu.cu

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos o de ceapropósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

Influencia de la distancia de transportación y la cantidad de medios de transporte en la estabilidad y costo del proceso cosecha-transporte del arroz

*Influences of the transportation distance
And the number of means of transport in the stability
and cost of the process harvest-transport of the rice*

M.Sc. Yanoy Morejón Mesa, Dr.C. Ciro Iglesias Coronel, Ing. Javier León Martínez

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

RESUMEN. La presente investigación se desarrolló en la Empresa Agroindustrial de Granos (EAIG) Los Palacios, empleándose el sistema SAORCE-CTR para la determinación de la composición racional de los medios mecanizados que intervienen en el proceso de cosecha-transporte del arroz. Tomándose cinco variantes de distancias de transportación y dos rendimientos agrícolas, se determinó la influencia de la distancia de transportación y la cantidad de medios de transporte en la estabilidad y costo del proceso, para una brigada compuesta por tres cosechadoras NEW HOLLAND TC-57; obteniéndose que para campos con rendimientos agrícolas de 3,2 t/ha, las pérdidas económicas totales por paradas se reducen al emplearse cinco medios de transporte en las variantes de transportación I, II y III en 1,88; 3,61 y 7,06 peso/h respectivamente lo que representa el 3,2%; 8,3% y 9,7% de las pérdidas económicas totales al emplearse la composición actual de la EAIG y para las variantes de transportación IV y V las pérdidas económicas totales por paradas se reducen al emplearse seis medios de transporte en 20,35 y 22,37 peso/h respectivamente lo que representa el 22 y 23,6% de las pérdidas económicas totales al emplearse la composición actual de la EAIG. En campos con rendimientos agrícolas de 4,2 t/ha las pérdidas económicas totales por paradas se reducen al emplearse seis medios de transporte en cada una de las variantes de transportación en 5,51; 11,93; 19,69; 31,3 y 168,32 peso/h respectivamente, lo que representa el 8,3; 14,8; 21,3; 30,4; 67,1% de las pérdidas económicas totales al emplearse la composición actual de la EAIG.

Palabras clave: cosechadora de arroz, rendimiento agrícola, pérdidas económicas.

ABSTRACT. This research was performed in the Agro-industrial Complex Los Palacios, being used the SAORCE-CTR system for the determination of the rational composition of the machinery that intervene in the process of harvest and transport of the rice. Taking five variants of transportation distances and two agricultural yields, was determined the influence of the transportation distance and the quantity of means of transport in the stability and cost of the process, for a brigade composed by three NEW HOLLAND TC-57 combines. Was obtained that for fields with agricultural yields of 3,2 t/ha, the economic total losses caused by the stops decrease when being used five means of transport in the transportation variants I, II and III in 1.88; 3.61 and 7.06 peso/h respectively, and that represents the 3.2%; 8.3% and 9.7% of the economic total losses when being used the current composition in the Complex. For the transportation variants IV and V the economic total losses for stops decrease when being used six means of transport respectively in 20.35 and 22.37 peso/h what represents the 22% and 23.6% from the economic total losses when being used the current composition. In fields with agricultural yields of 4.2 t/ha the economic total losses for stops decrease when being used six means of transport in each one of the transportation variants in 5.51; 11.93; 19.69; 31.3 and 168.32 peso/h respectively, what represents the 8.3%; 14.8%; 21.3%; 30.4%; and 67.1% of the economic total losses when being used the current composition of de Agro-Industrial Complex.

Keywords: rice harvesting, agricultural yield, economic losses.

INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo del proceso de cosecha-transporte de cereales, influyen diversos factores de orden técnico,

tecnológico, económico y social; que están dados por la fundamentación de la composición racional de los medios que

intervienendichoprocesotecnológico,evidenciándoseunaserie de aspectos organizativos que determinan directamente en la calidad del mismo, entre los que se pueden citar:

- Los bajos índices de productividad alcanzados por las cosechadoras;
- Las malas condiciones que presentan los viales por los que se traslada el grano cosechado;
- La ineficiencia del ciclo de transportación del grano cosechado hacia los centros de recepción y de retorno al campo;
- El congestionamiento o falta de medios de transporte en el campo en cosecha y centro de recepción del grano, que ocasiona un incremento en el tiempo de ciclo por la pérdida del tiempo no productivo en la espera, aumentándose los costos del proceso.

Partiendodelosaspectosorganizativosantesmencionados lapresenteinvestigaciónsedesarrollaporlafaltadecontinuidad enelflujodelsistematecnológicodecosecha,queinclusollegaa detenerlo;estoescasudofundamentalmenteporladeficiencia organizativa del proceso.

Paradeterminarlainfluenciadeladistanciadetransportaciónylacantidaddemediosdetransporteenlaestabilidad y costodelprocesocosecha-transportedelarroz,esnecesariala evaluación de la cosechadora, debido a que esta predetermina la productividad potencial del proceso. Además, de la cosechadoradependeelaprovechamientodeltiempodeturnoen el período de cosecha, la calidad en el corte, trilla y limpieza del grano y la cantidad de medios de transporte a asignar por brigadadecosecha,influyendo ambastécnicasenloscostos totales del proceso.

Unelementoqueinfluyedirectamenteenlaestabilidad y costo del proceso es la composición del complejo cosecha-transporte, lacualsedebedeterminarconsiderandocriterios técnico-económicosqueposibilitendeterminarlaorganizaciónracionaldelproceso,teniéndoseencuentaelmínimo de los costos por unidad de tiempo y/o unidad de producto cosechadoytransportado, dondeinfluyen laproductividad delacosechadora, lacapacidaddelosmediosdetransporte,

ladistanciadetransportación, eltiempocondicionesdelos viales, lostiemposdesperaparalacargadelproductoen elcampoyladescargaenloscentrosderecepción,sobre locualhaninvestigadodiversosautores,entreellosServer

etal.(2002a,b);Matos*etal.*2012;MatoseIglesias(2012)y otros^{c123456789}.

MÉTODOS

Paraladeterminacióndelainfluenciadeladistanciade transportación y la cantidad de medios de transporte en la estabilidad y costo del proceso cosecha-transporte del arroz en las condiciones de la Empresa Agroindustrial de Granos (EAIG) Los Palacios, se emplea el sistema SAORCE-CTR con el que se puede determinar la cantidad racional de medios de transporte, tomándose como referencia una brigada conformada por tres cosechadoras NEW HOLLAND TC-57 desarrollando la operación de cosecha en campos de arroz conrendimientosagrícolaspromediosde3,2y4,2t/hay poruneslabóndetransporteconformadoportractoresNEW HOLLAND TS-6020 cada uno con dos remolques IMECA, considerándose cinco variantes de transportación, que se relacionanacontinuación:

- VarianteI.Distanciadetransportación6km(asfalto4km y terraplén 2 km);
- VarianteII.Distanciadetransportación12km(asfalto9km y terraplén 3 km);
- VarianteIII.Distanciadetransportación18km(asfalto13km y terraplén 5 km);
- VarianteIV.Distanciadetransportación24km(asfalto17km y terraplén 7 km);
- VarianteV.Distanciadetransportación30km(asfalto22km y terraplén 8 km).

El sistemaSAORCE-CTRtieneentresusfuncionalidadesel empleodelaTeoríadelServicioMasivoyelcriterioeconómico delmínimodeloscostostotalesporparadasdelascosechadoras y losmediosdetransporte, apartirdeloscostosdeexplotación (Morejón, 2014a; Morejón *et al.*, 2014b).

$$S \quad C \quad t \quad_{esp} \quad C_{PT} \quad nP \quad_{min, peso/h} \quad (1)$$

PC $cola$

donde:

C_{pc} , C_{pt} - costo horario por paradas de la cosechadora y de los medios de transporte, peso/h;
 γ -número de servidores (medios de transporte) que lle-

¹ BETANCOURT, Y., BULLAÍN, A.: Modelación de los medios de transporte en el proceso de cosecha del arroz por camiones con la utilización de la teoría del servicio masivo, Trabajo de Diploma, UNAH-CEMA, La Habana. Cuba. 2007.

² GARCÍA, C.: Organización de los medios de cosecha y transporte del cultivo del arroz en el Complejo Ruta Invasora, Trabajo (en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas), Universidad de Holguín, Cuba, 2006.

³ Iglesias, C. C.: Fundamentación de la cantidad óptima de medios de transporte en el eslabón de cosecha de caña por el método del servicio masivo, Memoria magnética ISBN 959-16-0414-9 Agring, Cuba, 2006.

⁴ IGLESIAS, C.C.: Carácter probabilístico del trabajo de los medios de cosecha de la caña de azúcar. Agrociencias. Edición magnética, ISSN-978-959-282-053-1. Cuba. 2007a.

⁵ IGLESIAS, C.C.: Composición óptima de la brigada cosecha-transporte del arroz a través de la teoría del servicio masivo. Agromec. Edición magnética ISSN-1607-6281. Cuba. 2007b.

⁶ IGLESIAS, C.C.: Determinación de la composición óptima de la brigada cosecha-transporte del arroz por la Teoría del Servicio Masivo. Monografía. CEMA-UNAH. La Habana. Cuba. 2008.

⁷ IGLESIAS, C.C., MOREJÓN, Y., ÁLVAREZ, M.: Determinación de la composición del complejo cosecha-transporte de la caña de azúcar con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo. Congreso Internacional de Ciencias Agropecuarias, Agrociencia, Agring, UNAH, ISBN: 978-959-16-1367-7. Cuba. 2011.

⁸ MATOS, N.: Organización racional del complejo de máquinas en la cosecha-transporte - recepción de la caña de azúcar en la Empresa Azucarera "ARGENTINA". Tesis de Doctorado. UNAH. Mayabeque. Cuba. 2012.

gan o entran al sistema de servicio masivo o sistema de espera en una unidad de tiempo;

t_{esp} -Tiempo mediodedeesperadecadasolicituddelacosechadora, h;

n -Cantidad de medios de transporte para el servicio de un grupo de cosechadoras;

P_{cola} -probabilidad de que una unidad arribe al sistema y tenga que esperar o sea la probabilidad de que exista una cola tanto de los medios de transporte por las cosechadoras, como de las cosechadoras por los medios de transporte.

Considerando lo planteado en la expresión (1) es posible determinar el costo horario por paradas de la cosechadora de la siguiente manera:

$$C_{PC} C_{exp} C_{dc} C_c C_l C_{mr} C_{soc} \text{ peso/h} \quad (2)$$

donde:

C_{exp} -Costos de explotación, peso/h;

C_{dc} -Costo de depreciación de la cosechadora, peso/h;

C_c -Costo del combustible consumido, peso/h;

C_l -Costo del lubricante consumido, peso/h;

C_{mr} -Costo de las operaciones de mantenimiento y reparación, peso/h; C_{soc} -Costo de salario del operador de la cosechadora, peso/h.

De igual forma se puede determinar el costo del tiempo de parada de los medios de transporte, empleando la expresión siguiente:

$$C_{PT} C_{dt} C_{mr} C_{sot} \text{ peso/h} \quad (3)$$

donde:

C_{dt} -Costo de depreciación del medio de transporte, peso/h;

C_{mr} -Costo de las operaciones de mantenimiento y reparación, peso/h;

C_{sot} -Costo en salario del operador del medio de transporte, peso/h. A partir de la determinación de las probabilidades que sean exanalos procesos estocásticos que se manifiestan durante el proceso de cosecha, es posible determinar la probabilidad de que una unidad del complejo cosecha-transporte arribe al sistema y tenga que esperar o sea la probabilidad de que exista una cola tanto de los medios de transporte por las cosechadoras, como de las cosechadoras por los medios de transporte, la cual se determina de la siguiente manera:

$$P_{cola} = \frac{1}{C} \sum_{i=1}^n P_i \quad (4)$$

donde:

P_c -probabilidad de que haya unidades (cosechadora y/o medio de transporte) en el sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la composición racional del complejo cosecha-transporte del arroz en campos con rendimientos agrícolas de 3,2 t/ha

Partiendo de los fundamentos teórico-metodológicos planteados, se obtiene que para todas las variantes de transporte, cuando se emplean uno y dos medios de transporte se cumple la condición n , por lo que el sistema no puede satisfacer las solicitudes y la cola crece indefinidamente. De forma similar ocurre cuando se emplean tres medios de transporte en las variantes de transporte IV y V.

Los resultados demuestran que para brigadas de cosecha conformadas por tres cosechadoras NEW HOLLAND TC-57, en campos con rendimientos agrícolas de 3,2 t/ha; al considerarse la probabilidad de que una unidad cosechadora o medio de transporte arribe al sistema de cosecha y tenga que esperar, resulta racional la asignación de tres medios de transporte para las variantes de transporte (I y II), sin embargo para el resto de las variantes de transporte (III, IV y V) es racional la utilización de cuatro medios de transporte, pero al considerarse el criterio económico del mínimo costo de las pérdidas económicas totales por paradas en una hora, se obtiene que para las variantes de transporte (I, II y III) se requieren cinco medios de transporte y para las variantes (IV y V) seis medios de transporte. Esta contradicción entre la probabilidad de que arribe una unidad de cosecha y/o transporte al sistema y tenga que esperar y el mínimo costo de las pérdidas económicas totales por paradas en una hora, está dada por la reducción del tiempo mediodede estancia de una unidad en el sistema y principalmente de las cosechadoras como eslabón principal del proceso, por tanto al determinarse la cantidad racional de medios de transporte se reducen las paradas de las cosechadoras y las pérdidas económicas por paradas del proceso cosecha-transporte. Estas propuestas de composición se muestran en las Figuras 1(a...e) representándose los modelos matemáticos que responden a la relación existente entre la probabilidad de que una unidad arribe al sistema y tenga que esperar (Probabilidad de que surja una cola) para cada una de las variantes de transporte en función de la cantidad de medios de transporte.

Analizándose los resultados obtenidos de las pérdidas económicas por paradas del proceso cosecha-transporte, se evidencia que al considerarse la conformación actual empleada por la EAIG "Los Palacios", en la que se emplean cuatro medios de transporte para las tres cosechadoras antes mencionadas, es posible reducir las pérdidas económicas totales por paradas si se emplean cinco medios de transporte en las variantes de transporte I, II y III en 1,88; 3,61 y 7,06 peso/h respectivamente, lo que representa el 3,2; 8,3 y 9,7% de las pérdidas económicas totales por paradas al emplearse la conformación empleada por la EAIG. Sin embargo para las variantes de transporte IV y V es posible reducir las pérdidas económicas totales por paradas al emplearse seis medios de transporte en 20,35 y 22,37 peso/h respectivamente, lo que representa el 22 y 23,6% de las pérdidas económicas totales por paradas al emplearse la conformación actual de la EAIG.

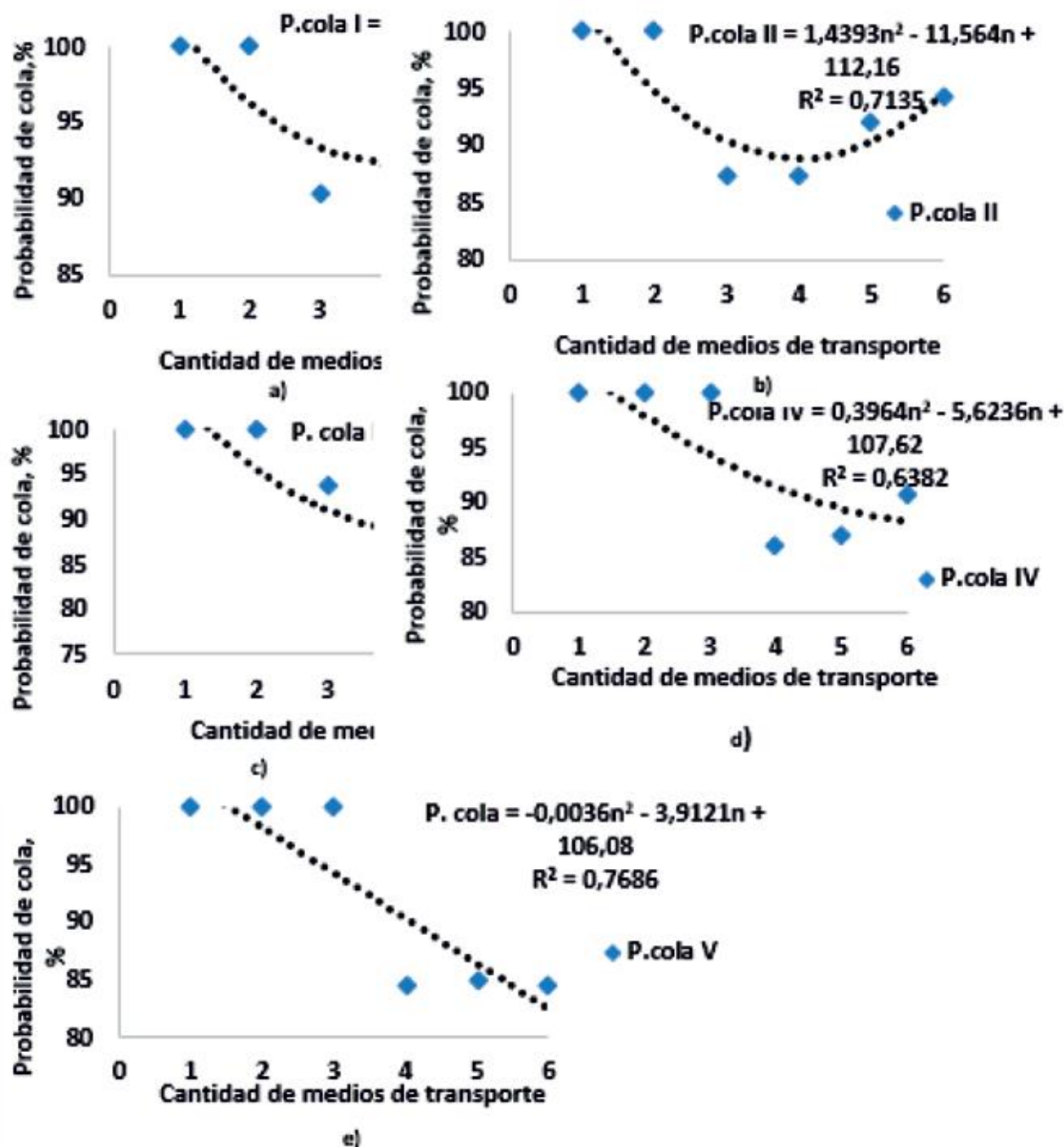


FIGURA 1. Comportamiento de la probabilidad de que una unidad arribe al sistema y tenga que esperar para cada una de las variantes de transportación en función de la cantidad de medios de transporte, en campos con rendimientos agrícolas de 3,2 t/ha.

Determinación de la composición racional del complejo cosecha-transporte del arroz en campos con rendimientos agrícolas de 4,2 t/ha

Partiendo de los fundamentos teórico-metodológicos planteados, se obtiene que para todas las variantes de transportación, cuando se emplean uno y dos medios de transporte se cumple la condición n , por lo que el sistema puede satisfacer las solicitudes y la colava crecer indefinidamente. De forma similar ocurre cuando se emplean tres medios de transporte en

las variantes de transportación III, IV y V.

Estos resultados demuestran que para brigadas de cosecha en las que se emplean tres cosechadoras NEW HOLLAND TC-57, en campos con rendimientos agrícolas de 4,2 t/ha; al considerarse la probabilidad de que una unidad arribe al sistema y tenga que esperar, resulta racional la asignación de tres medios de transporte para la variante de transportación (I), para las variantes de transportación (II y III) resulta racional la utilización de cuatro medios de transporte y para la variante de transportación (IV y V) resulta racional la utilización de

seis medios de transporte, pero si se considera el mínimo de las pérdidas económicas totales por paradas, se obtiene que para todas las variantes de transportación se requieren seis medios de transporte. Esta contradicción entre la probabilidad de que una unidad arribe al sistema y tenga que esperar y el mínimo de las pérdidas económicas totales por paradas, está dada por la reducción del tiempo promedio de estancia de una unidad en el sistema y principalmente de las cosechadoras como eslabón principal del proceso, por tanto a medida que se incrementa la cantidad de medios de transporte se reducen las paradas de las cosechadoras y por ende las pérdidas económicas por paradas del proceso cosecha-transporte y el costo total del proceso disminuyen.

Estas propuestas de composición se muestran en las Figuras 2(a...e) representándose los modelos matemáticos que

responden a la relación existente entre la probabilidad de que una unidad arribe al sistema y tenga que esperar (Probabilidad de que surja una cola) para cada una de las variantes de transportación en función de la cantidad de medios de transporte.

De igual forma al analizarse los resultados obtenidos de las pérdidas económicas por paradas del proceso cosecha-transporte, se evidencia que al considerarse la conformación actual empleada por la EAIG "Los Palacios", en la que se emplean cuatro medios de transporte para las tres cosechadoras antes mencionadas, es posible reducir las pérdidas económicas totales por paradas al emplearse seis medios de transporte en cada una de las variantes de transportación en 5,51; 11,93; 19,69; 31,3 y 168,32 peso/h respectivamente, lo que representa el 8,3; 14,8; 21,3; 30,4 y el 67,1% de las pérdidas económicas totales por paradas al emplearse la conformación actual de la EAIG.

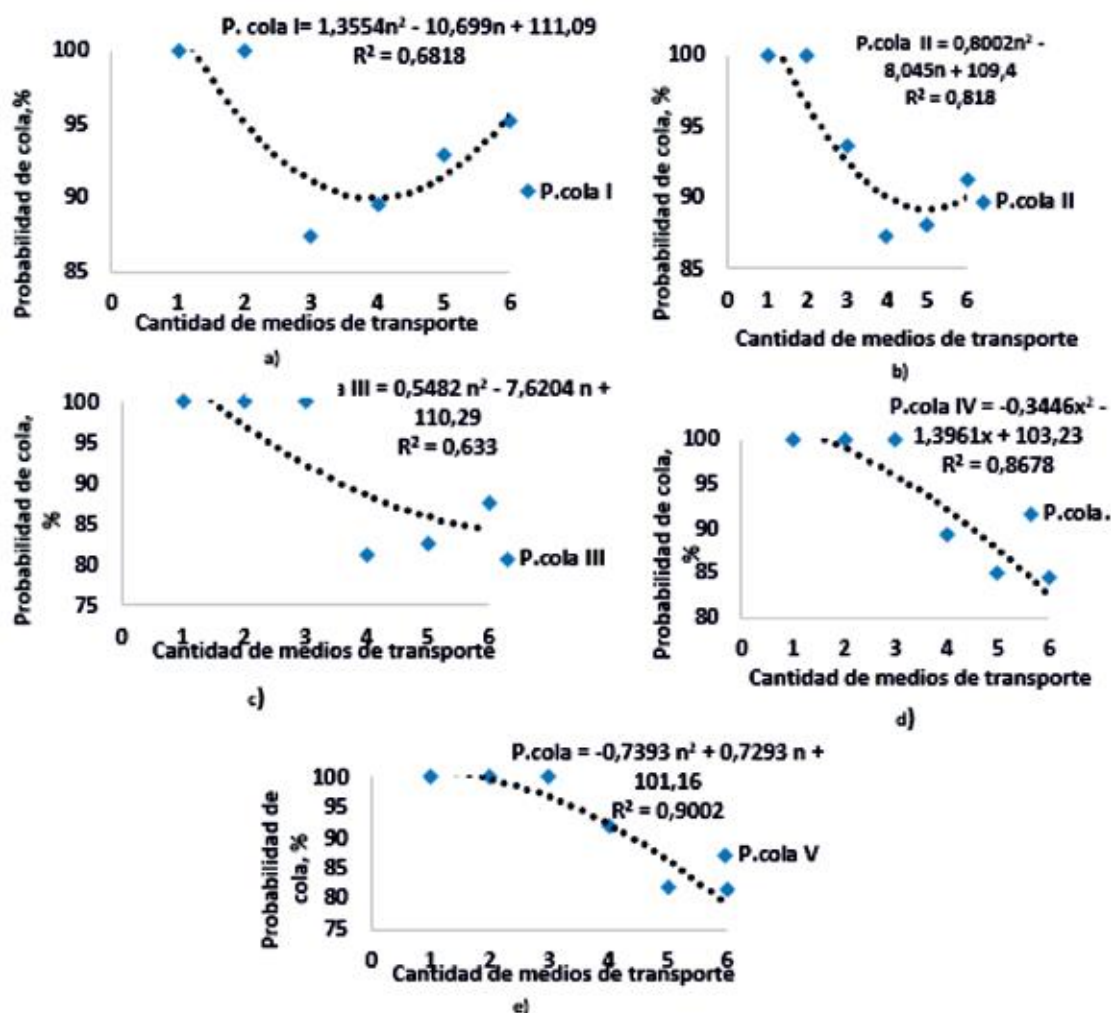


FIGURA 2. Comportamiento de la probabilidad de que una unidad arribe al sistema y tenga que esperar para cada una de las variantes de transportación en función de la cantidad de medios de transporte, en campos con rendimientos agrícolas de 4,2 t/ha.

CONCLUSIONES

- Los fundamentos teórico-metodológicos planteados permitieron determinar la composición racional de los medios mecanizados que intervienen en el proceso de cosecha-transporte del arroz, confirmando su validez.

- Se determinó la influencia de la distancia de transportación y la cantidad de medios de transporte en la estabilidad y costo del proceso cosecha-transporte del arroz, empleándose el sistema SAORCE-CTR, tomándose cinco variantes de transportación en dos rendimientos agrícolas diferentes, obteniéndose los siguientes resultados:

- Paracampos con rendimientos agrícolas de 3,2 t/ha, las pérdidas económicas totales por paradas se reducen en las variantes de transportación I, II y III en 1,88; 3,61 y 7,06 peso/h al emplearse cinco medios de transporte, lo que representa el 3,2; 8,3 y 9,7% de las pérdidas económicas totales por paradas al emplearse la composición actual de la EAIG y para las variantes de transportación IV y V las pérdidas económicas totales por paradas se reducen en 20,35 y 22,37 peso/h respectivamente, al emplearse seis medios de transporte, lo que representa el 22 y 23,6% de las pérdidas económicas totales por paradas al emplearse la composición actual de la EAIG.
- Paracampos con rendimientos agrícolas de 4,2 t/ha las pérdidas económicas totales por paradas se reducen en 5,51; 11,93; 19,69; 31,3 y 168,32 peso/h respectivamente al emplearse seis medios de transporte en cada una de las variantes de transportación, lo que representa el 8,3; 14,8; 21,3; 30,4 y el 67,1% de las pérdidas económicas totales por paradas al emplearse la composición actual de la EAIG.
- El criterio económico del mínimo de los costos por paradas es más exacto que el criterio probabilístico de estabilidad del flujo tecnológico para la determinación de la estructura racional del complejo cosecha-transporte.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMU, L.G.: “Logística de cosecha. Evaluación de tiempo y movimientos. Indicadores y control”, *Revista Técnicaña*, ISSN: 0123-0409, 26: 25-30, 2010.
- GARCÍA, C.E.; FLEÓN: “Evaluación de la explotación de los medios técnicos en la cosecha y transporte del arroz”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 19 (1): 11-17, 2010.
- IGLESIAS, C.E.; Y. MOREJÓN; R. LLANES: “Determinación de la composición del complejo cosecha-transporte del arroz con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 21 (2): 24-29, 2012.
- IZMAILOV, A.Y.: *Technologies and technical solutions to increase the effectiveness and efficiency of transport systems of agriculture*, 200 pp., M.FGNU “Rosinformagroteh», ISBN: 978-5-7367-0683-9, Moscú, Rusia, 2007.
- MATOS, N. y C. IGLESIAS: “Modelo económico-matemático para la organización racional de los medios técnicos en la cosecha-transporte-recepción de la caña de azúcar”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 21 (3): 49-54, 2012.
- MATOS, N.; Y. MARTÍNEZ; R. PÉREZ DE ARMAS; Y. MADRUGA: “Optimización del proceso cosecha-transporte-recepción de la caña de azúcar”, *Revista Cubana de Ciencias Informáticas (RCCI)*, ISSN: 1994-1536, 5 (3): 2012.
- MATOS, N.; C. IGLESIAS; E. GARCÍA: “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*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 23 (2): 28-33, 2014.
- MIRANDA, A.; S. CASTELLS; O. FERNÁNDEZ; F. SANTOS; C. IGLESIAS: “Análisis de la utilización del tiempo de turno por las cosechadoras arroz CLAAS DOMINATOR”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 22 (4): 27-31, 2013.
- MOREJÓN, M.Y.; C. IGLESIAS y G. DOMÍNGUEZ: “Evaluación de los medios de transporte utilizados en el proceso cosecha-transporte del arroz en el Complejo Agroindustrial Los Palacios”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 21 (3): 45-48, 2012.
- MOREJÓN, Y. y C. IGLESIAS: “Use of Queueing Theory to the organization of the complex rice harvest-transport on the Agroindustrial Rice Complex Los Palacios”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 23 (2): 23-26, 2014a.
- MOREJÓN, M.Y.; P. COLLAZO; Y. ROQUE; C. IGLESIAS: “Sistema Automatizado para la organización racional del proceso cosecha-transporte de cereales (SAORCE)”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 23 (3): 89-93, 2014b.
- SERVER, P.; R. DIEGUEZ; R. FERNÁNDEZ: “El transporte de la caña de azúcar utilizando la modelación”, *Revista Universitaria*, ISSN: 1607-6079, 3 (1): 2002a.
- SERVER, P.; R. DIEGUEZ; A. ESQUIVEL y R. CARDOSO: “Análisis de un modelo para el transporte de la caña de azúcar”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 11 (2): 91-93, 2002b.
- SHEPELYOV, S.D.; OKUNE, G.A.; CHERKASOV, Y.B.: “Influencia del período de servicio a la cosechadora en la estructura tecnológica de línea espera”, *Revista Agroingeniería, Chelyabinsk*, ISSN: 77-155498, 2014. 4p. Página Web: www.libr.orensau.ru.
- YESIN, K.S.: “Methods of selection of transport during grain harvesting, cultural Tour”, *World of Transport and Technological Machines*, ISSN: 77-47352, 2 (41): 95-102, 2013.

Yanoy Morejón Mesa, Profesor Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Correo electrónico: ymm@unah.edu.cu

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales es específica sobre el propósito de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.



Use of Queueing Theory to organization of the complex rice harvest-transport on the Agroindustrial Rice Complex “Los Palacios”

Uso de la Teoría de Colas para la organización del complejo cosecha-transporte del arroz en el Complejo Agroindustrial Arrocero “Los Palacios”

M.Sc. Yanoy Morejón Mesa, Dr.C. Ciro E. Iglesias Coronel

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

ABSTRACT. The present research was carried out on the Agroindustrial Rice Complex “Los Palacios”, on Pinar del Rio province. The investigation had as main goal the study of the means stop probabilities, on the base of stochastic process, considering economical features that appear during the work of the complex rice harvest-transport with the harvester machine New Holland TC-57 and the joint tractor New Holland TS-6020 with trailers RA-6, looking for its rational organization. For the solution of this problem was used the Queueing Theory, taking the economical criteria of its optimization the minimum added expenses in one hour by harvester machines and means of transport stops in service, besides it is determined the quantity means of transport for a harvester brigade under probabilistic basis.

Keywords: rice, probabilities, mechanization.

RESUMEN. La presente investigación se realizó en el Complejo Agroindustrial Arrocero “Los Palacios”, provincia Pinar del Rio. La investigación tuvo como objetivo principal el estudio de las probabilidades promedio de paradas, sobre la base de los procesos estocásticos, considerándose el aspecto económico durante el trabajo del complejo cosecha-transporte del arroz con la cosechadora New Holland TC-57 y el conjunto tractor New Holland TS-6020 con remolques RA-6, buscándose de esta forma su organización racional. Para la solución de este problema se utilizó la Teoría de Colas, tomándose el criterio económico de los mínimos gastos sumados por paradas de la cosechadora y los medios de transporte, además se determinó la cantidad de medios de transporte para una brigada de cosecha bajo bases probabilísticas.

Palabras clave: cosecha mecanizada de arroz, teoría de las probabilidades, sistemas mecanizados.

INTRODUCTION

For the organization of the harvest-transport brigade of the rice it is important to consider technical and economical aspects, having in mind the minimum expenses for unit of time and/or unit of grain harvested and transported, where an noticeable influence is made by the harvester machine productivity, the means of transport capacity, the distance of transportation, the vial type and conditions, the waiting time to the charge of grain on the field and the discharge on the Reception Center (Betancourt & Bullaín, 2007).

The Queueing Theory was studied by (A. Kaufmann, 1981) and others authors (Buffa, 1968; Escudero, 1972; Cooper, 1981;

Gross and Harris, 1985; Kashyap & Chandry, 1988; Medhi, 1991; Walfrand, 1988; Wolff, 1989; Martinez, 2004) making possible the analysis of waiting phenomenon that is related with the stochastic process, through mathematical models, that make possible to annex the probabilities; besides facilitating to make decisions that give us the possibility to improve the process organization and the systems rationality on the basis of costs reduction.

There are few developed research about the Queueing Theory use in the agricultural process, for that reason the present research is about the technological harvest-transport

process of the rice, making an analysis of every component that conform the complex and there were determined the indicators and parameters that made an influence in the efficiency of this process. Determining the organization of the process harvest-transport means, considering the economical criteria of the minimum added expenses for the harvester machine and the means of transport stops during one hour.

METHODS

Theoretical fundamentals to the organization of the rice harvest-transport process

During the mechanized harvest flow several kinds of machines are used, such as: harvester machines, means of transport and Grain Reception Center. The condition of continuity of productive flow is the equality between productivities of every mechanized link for a brigade.

$$n_1 W_1 = n_2 W_2 = \dots = n_i W_i$$

Where:

n_i — Quantity of joints for a link i determined;

W_i —productivity of the joint in the productive link i .

During the harvest-transport process the pendulum route is used (distance travelled with charge until the Reception Center and distance travelled empty till the field) (Iglesias *et al.*, 2012; González, 1993).

Determination of the harvest-transport means organization using the Queueing Theory

The effective work of the harvest-transport complex depends on the transport service organization; therefore the rational determination of this means presents some difficulties during the productive process.

In production conditions, in the moment of harvester machine is fulfilled with grain and the arrival to the field of the means of transport don't correspond. For this reason the duration of the turn time, depends on the movement speed, of the times used in the Reception Center, and for the harvester machine location on the field and in the path outside the field. Other causes that have an influence in the harvester machine fulfilling with grain are: the relief, the productive yield, the grain humidity during the working day, etc. All the things previously mentioned can produce the unproductive stop of the harvester machine and means of transport. (Iglesias *et al.*, 2011; Iglesias, 2006).

Economically is convenient the minimum relation between the quantity of harvester machine and means of transport (Pérez and Iglesias, 1992). This criteria is achieved by the following expression:

$$S C_{PC} t_{esp} C_t n \text{ min,} \quad \text{peso/h} \quad (2)$$

Where:

C_{PC} — Losses per one hour of harvester machine stop waiting the means of transport to serve, peso;

Mean quantity of harvester machine fulfilled of grain (Demand of service in one hour);

t_w — Waiting mean time of every demand, h;

C_t — Cost per hour in the maintenance of the means of transport, peso/h;

n — Quantity of means of transport to give services to a harvester machines group.

In the queueing system it is used the stationary single flow of Poisson, which is free of consequences. This means that in equal time the demand of a service for two or more is few probable, for this, it is important consider the following hypothesis:

1st- The probability $P(t)$ doesn't depend of the time interval and don't have dependence of the initial time;

2nd- Two events don't occur never at the same time (the probability that two events happen together is very small);

3rd- If it is considered a very small time interval Δt , selected in whichever instant, the probability is equal to Δt ; the quantity is called mean rate of events or demand average of service in a unit of time.

The magnitude can be whichever (coefficient of system charge). A steady regime exists when $\lambda < n$, in contrary case $\lambda \geq n$ the system can't satisfy the demand and the queue grows indefinitely.

RESULTS AND DISCUSSION

Determination of the harvest-transport means organization using the Queueing Theory

For the determination of the rational quantity of transport means was taken a harvest-transport brigade conformed by three harvester machines New Holland TC-57 and a transport link conformed by tractors New Holland TS-6020 every one with two trailers RA-6. The rice field had a mean yield of 3,7 t/ha, and the transportation distance was of 13 km on pavement and 5 km on land from to the harvest field until the Reception Center. The results obtained were the following:

- The productivity of the harvester machine in exploitation time to an agricultural yield of 3,7 t/ha was 3,03 t/h.
 - The cycle time was of 4,02 h, this value is considered elevated, the main cause of this value was the field conditions. Using the expression 4 was possible determining the quantity of means of transport without considering the probabilities being this 4,56 means, but for the real conditions four means were reconsidered, taking this quantity of means as comparison base for two, three, four, five and six means of transport, to determine the probabilistical and economical characters.

The mean time of the harvester machine to fulfill its capacity for this yield was 0,45 h, so in one hour the channel can satisfy 2,22 joints of transport.

TABLE 1. Result of the probabilistically character to organize the harvest-transport brigade

Indicators	Quantity of means of transport				
	2	3	4	5	6
Capacity of the service channel (μ)	0,49	0,74	0,99	1,24	1,49
Coefficient of system charge (ϕ)	4,53	2,23	2,24	1,79	1,48
Probability that two enters (harvester machines) demand a service at the same time ($P_c(t)$)	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059
Probability that all service channels (transport) stop (P_0)	-	0,073	0,097	0,17	0,22
Probability that all enters (harvester machine) are exactly busy (P_L)	-	0,47	0,63	0,82	0,73
Probability that exist a queue in the harvester machine service (P_{queue})	-	0,53	0,37	0,18	0,27

The Table 1 shows the probabilistical character of the harvest-transport; when the quantities of means of transport change, showing that with five means of transport the probability that exist a queue in the harvester machine service is lower.

TABLE 2. Result of the determination of rational variant to organize the harvest-transport brigade

Indicators	Quantity of means of transport				
	2	3	4	5	6
Quantity of means of harvester machine in waiting to be served (m).	-	3,93	2,54	2,30	2,25
Waiting mean time in queue of the harvester machines (t_{esp}), h.	-	1,77	1,14	1,03	1,01
Losses per harvester machine stops, peso/h.	-	104,6	67,36	60,86	59,68
Losses per means of transport stops, peso/h.	-	6,36	8,48	10,60	12,72
Addition of losses per stops, peso/h.	-	110,96	75,84	71,46	72,4

The Table 2 shows the determination of rational variant to organize the harvest-transport brigade on an economical base, showing that with five means of transport the value of the addition of losses per stops is lower.

CONCLUSIONS

- This research validates the application of Queueing Theory for the rational organization of the harvest-transport complex, considering probabilistical and economical aspects.
- The probabilistical character is directly proportional to the addition of losses per stops, because of the variant of five

transport joints it is obtained the minimum cost per stops and the minimum probability that exist a queue in the harvester machine service.

- The rational quantity of transport joints is five with a cost of 71,46 peso/h, that in comparison with the actual composition with a cost of 75,84 peso/h, it is obtained an income of 43,8 peso per a working turn.

REFERENCES

- BETANCOURT, Y. & A. BULLAÍN: *Modelación de los medios de transporte en el proceso de cosecha del arroz por camiones con la utilización de la teoría del servicio masivo*, 75 pp., Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Mecanizador Agropecuario), UNAH-CEMA, La Habana, Cuba, 2007.
- BUFFA, E.: *Operations Management: Problems and Models*, Edición Revolucionaria, La Habana, Cuba, 1968.
- COOPER, R.: *Introduction to Queueing Theory*, 2da ed., Elsevier North Holland, New York, USA, 1981.
- ESCUADERO, L.F.: *Aplicaciones de la teoría de colas*. Ediciones Deusto, Bilbao, España, 1972.
- GONZÁLEZ, R.: *Explotación del parque de maquinaria*, Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba, 1993.
- GROSS, D & C.M. HARRIS: *Fundamentals of Queueing Theory*, 2da ed., Wiley, New York, USA, 1985.
- IGLESIAS, C. C., Y. MOREJÓN & R. LLANES: "Determinación de la composición racional del complejo cosecha-transporte del arroz con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo en el Complejo Agroindustrial Arrocerero "Los Palacios", *Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21 (2): 24-29, 2012.
- IGLESIAS, C. C., Y. MOREJÓN, M. ALVÁREZ: Determinación de la composición del complejo cosecha-transporte de la caña de azúcar con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo. Cuba, En: Congreso Internacional de Ciencias Agropecuarias, Agrociencia, Agring, UNAH, Mayabeque, Cuba, 2011.

-
- IGLESIAS, C.E. Fundamentación de la cantidad óptima de medios de transporte en el labón de cosecha de caña por el método del servicio masivo Cuba, En: Congreso Internacional de Ciencias Agropecuarias, Agrociencia, Agring, UNAH, La Habana, 2006.
- KASHYAP, B.R.K. & M.L. CHANDRY: *An Introduction to Queueing Theory*, A&A Publications, Kingston, Ontario, Canadá, 1988.
- KAUFMANN, A.: *Métodos y modelos de la investigación de operaciones*, 570pp., Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 1981.
- MARTÍNEZ, M.: *Teoría de colas. Investigación de operaciones*, Universidad Alejandro de Humboldt, Caracas, República Bolivariana de Venezuela, (Monografía), 2004.
- MEDHI, J.: *Stochastic Models in Queueing Theory*, Academic Press, San Diego, USA, 1991.
- PÉREZ, B. & C. IGLESIAS: *Investigación de la transportación de la caña por camiones*, 70pp, Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Mecanizador Agropecuario), UNAH, La Habana, Cuba, 1992.
- WALFRAND, J. *An Introduction to Queueing Networks*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. USA, 1988.
- WOLFF, R. W.: *Stochastic Models and the Theory of Queues*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. USA, 1989.

Recibido: 19 de septiembre de 2012.

Aprobado: 28 de enero de 2014.

Yan y Morejón Mesa, Profesor, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP: 32700. Correo electrónico: ymm@unah.edu.cu

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.



November 01, 2013

MSc. Yanoy Morejón Mesa (Corresponding author)

Assistant Professor
Department of Agricultural Engineering
Agrarian University of Havana
Mayabeque, Cuba. CP: 32700
E-mail: ymm@unah.edu.cu

Subject: Review report of the research paper

Title: Determination of the probabilistical character to organize the complex rice harvest-Transport on the Agroindustrial Rice Complex "Los Palacios"

Manuscript ID: S-11065

Dear Yanoy Morejón Mesa,

Thanks a lot for your interest in **International Journal of Applied Science and Technology**. Your research problem is of interest to us. Your manuscript has been reviewed by two reviewers. Please find the reviewers' comments and suggestions as attached with this letter. The editorial board has decided to publish your paper with no modification.

Please don't feel hesitation to contact with the editor for any query.

I look forward to hearing from you.

With thanks,

Dr. Jorge J. Santiago-Aviles

Editor

International Journal of Applied Science and Technology (IJAST)
Contact: editor@ijastnet.com, editor.ijast@hotmail.com

Attachments:

1. Terms and Conditions (Page 2)
2. Reports of Reviewers (Page 3 & 4)
3. Payment Instructions (Page 5)

Terms and Conditions

Publication fee

You have to pay a publication fee of 230 USD. The usual publication fee is 200 USD, but 30 USD is charged for each additional author due to the supply of an additional copy of the printed journal. If you don't want to get more than one copy of the printed journal, you will have to pay the usual publication fee (USD 200). Now a waiver policy is applicable. Please inform the editor when the payment has been made.

Schedule for publication

Your paper will be published in **Vol. 3 No. 7** if you satisfy the payment and modification (if any) criteria by **November 15, 2013**. The probable date of publication is **November 30, 2013**.

Additional information

1. You will get one copy of printed journal (free of charge). The copy will be sent to your address by post. It takes generally two weeks. Please confirm us the mailing address through e-mail.
2. You can also get additional copy of the printed journal by paying 30 USD for each.
3. You can download your published paper from online version with free of charge.
4. You may also ask to publish the paper later if you need more time for modification or payment.

Evaluation Criteria	Yes	No
The paper makes original contribution	√	
The paper is well organized	√	
Author Guidelines has been followed properly in preparing the manuscript	√	
The paper is based on sound methodology	√	
Literature review is adequate	√	
Analysis and findings support objectives of the paper	√	

Decision regarding the paper

- (*) Accept the paper in its current format
- () Accept the paper with the minor changes
- () Resubmit with the major changes
- () Decline the submission

Comments and Suggestions

The paper is well organized. It is based on sound concepts. There is a good consistency throughout the whole paper.

I would like to recommend this paper to publish in IJAST.

Evaluation Criteria	Yes	No
The paper makes original contribution	√	
The paper is well organized	√	
Author Guidelines has been followed properly in preparing the manuscript	√	
The paper is based on sound methodology	√	
Literature review is adequate	√	
Analysis and findings support objectives of the paper	√	

Decision regarding the paper

- (*) Accept the paper in its current format
- () Accept the paper with the minor changes
- () Resubmit with the major changes
- () Decline the submission

Comments and Suggestions

The subject matter of the paper is critical to the relevant field of research. The presentation of thoughts in the paper is notable. The paper is well organized. In my opinion, the paper is publishable with no significant revision.

SOFTWARE

Sistema automatizado para la organización racional del proceso cosecha-transporte de cereales (SAORCE)

Automated system to the rational organization of cereals harvest-transport process (SAORCE)

M.Sc. Yanoy Morejón Mesa, Ing. Pedro L. Collazo Abreu, Ing. Yosleidy Roque Alayon, Dr.C. Ciro E. Iglesias Coronel
Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. La presente investigación trata sobre la organización racional del proceso Cosecha-Transporte-Recepción (CTR) de cereales. A partir de la necesidad que tienen las empresas productoras de cereales en Cuba y otros países, así como necesidad de agilizar, centralizar y dinamizar la organización racional de la composición de los medios mecanizados que intervienen en el proceso de forma automatizada, posibilitando reducir las pérdidas de tiempo en el ciclo de transportación, de recursos humanos y materiales propiciando ventajas económicas a través de la reducción de los costos implicados en la cadena productiva, incurriendo de este modo en una acertada toma de decisiones a cargo de los directivos. El presente trabajo tiene como objetivo general: implementar un sistema automatizado que gestione mediante la Teoría de Colas el carácter probabilístico, la composición racional y los parámetros técnicos y de explotación del flujo continuo del proceso de cosecha-transporte-recepción de cereales, asegurando el control, confiabilidad, integridad y disponibilidad de la información, así como una disminución considerable del tiempo de procesamiento de la información. Como principal resultado se puede mencionar la implementación de una aplicación software libre, multiplataforma que gestiona la composición racional del proceso a través del estudio probabilístico que proporciona ventajas considerables a los directivos. También brinda un conjunto de salidas y gráficos que permiten mejorar el análisis y distribución de la información.

Palabras clave: cosecha-transporte-recepción, cereales, Teoría de Colas, multiplataforma, sistema automatizado, composición racional.

ABSTRACT. This research is about the rational organization of cereals harvest-transport-reception process. This investigation arises from the current need that Cuban cereal productive enterprises and others countries have, and from the need to make more dynamic, to centralize and to facilitate the rational organization of the mechanized means composition that conform the process; reducing the waste of time in the transportation cycle, of materials and human resources, causing economic advantages through the implicated costs reduction in the productive chain, incurring in this way, in a better decision making of its executives. To this end, this work has as general goal to implement an automated system that obtains through the Queueing Theory mathematical model, the probabilistic character, the rational composition and the technical parameters of the continuous flow of the harvest-transport-reception process, assuring the control, reliability, security, integrity and informational availability, as well as a considerable decrease of the information processing time. As main result of this work we can mention the implementation of a multi-platform and free software application that obtains the rational composition of the process through the probabilistic study giving considerable advantages to the executives. Also, it offers a set of outputs and graphics that will allow the improvement of the information analysis.

Keywords: harvest-transportation-reception, cereals, Queueing Theory, multiplatform, automated system, rational composition.

INTRODUCCIÓN

La informática y las comunicaciones han propiciado el desarrollo de procesos de gestión de información, disminuyendo el tiempo necesario de procesamiento y el costo de operaciones al aprovechar las ventajas de la automatización por medio de sistemas informáticos (Caballero *et al.*, 2012).

El sistema desarrollado funciona sobre la idea estandarizada de abastecerse de la información obtenida de

diferentes fuentes como bases de datos y ficheros, gestionar las operaciones de procesamiento y exponer los resultados de diversas formas. Una de las alternativas más utilizada para presentar la información, facilitando la apreciación de la misma para los diferentes propósitos que cada usuario

tiene, consiste en la obtención de los reportes informáticos (Gordon & Olson, 1985).

En la mayoría de los procesos que se realizan en cualquier organización, se intercambia información y se generan datos que se almacenan tanto en medios informatizados como no informatizados, siendo un objetivo a corto plazo unificar la información en Sistemas Informativos que mejoren los procesos, brinden soporte para la toma de decisiones y viabilicen el trabajo. Cuba no está exenta a este contexto internacional y lleva a cabo una política de desarrollo significativo de la informatización de la sociedad, implementando sistemas sobre la base de asegurar el control, confiabilidad, seguridad, integridad y disponibilidad de la información.

En tal sentido una de las aplicaciones de gran importancia de estos sistemas es la automatización de procesos en la agricultura, ejemplo de ello son los sistemas de gestión y control de cosecha, de información geográfica, sistemas expertos, sistemas de modelación de producciones, transportación y almacenamiento de productos agrícolas, por solo citar algunos ejemplos. Estas herramientas se usan para gestionar información en disímiles procesos en este campo, por ejemplo se puede gestionar y administrar información de la cosecha y post-cosecha de cereales para lograr una mayor productividad, calidad y racionalidad del proceso cosecha-transporte-recepción (CTR). Este proceso transcurre por distintas etapas conformando un ciclo complejo que se inicia con la cosecha del producto y termina en su consumo:

- La primera etapa: se basa en la cosecha y transportación del producto;
- La segunda etapa: comprende el secado, molinado y almacenamiento del producto;
- La tercera etapa: está conformada por la distribución y el consumo del producto final obtenido.

El sistema desarrollado responde directamente a la primera etapa de la cadena productiva; este posibilita determinar la forma organizativa más racional para el desarrollo del proceso cosecha-transporte-recepción de cereales; dado que en la actualidad se evidencia bajo aprovechamiento de las productividades de las nuevas tecnologías de cosecha, influyendo también la inadecuada cantidad de medios de transporte por brigada de cosecha, lo cual se realiza sin fundamentación científica-técnica y de forma arbitraria sin el empleo de un modelo organizativo racional; además surgen diversos problemas de orden técnico, tecnológico, económico y social que afectan el flujo del proceso de cosecha y beneficio poscosecha y las operaciones de transportación (Pavlovki, 1970; Goberman, 1975; Camargo, y Hernández, 1989).

En relación a la problemática existente en el proceso tecnológico de cereales, se aprecian una serie de aspectos organizativos que influyen directamente en la calidad del mismo, entre ellos se pueden citar (Morejón, 2012; García, 2005):

- La baja cantidad de ciclos de transportación que realiza el medio de transporte;
- Las malas condiciones que presentan los viales por los que se traslada el grano cosechado;
- El congestionamiento de medios de transporte en el campo

y el centro de recepción del grano, ocasionando con ello un incremento en el tiempo de ciclo por la pérdida del tiempo no productivo en la espera.

Para determinar la composición racional de los elementos mecanizados que intervienen en el proceso CTR, se determinan las probabilidades que definen el carácter estable del sistema, lo cual se logra con la aplicación de la Teoría de Colas (Escudero, 1972; Kaufmann, 1981; Martínez, 2004; Medhi, 1991), tomando como criterio de optimización los costos mínimos por paradas del proceso.

MÉTODOS

LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

En la actualidad existen un gran número de lenguajes de programación para diferentes fines, estos se pueden utilizar según el propósito y las habilidades de los desarrolladores así como las exigencias de los clientes. Entre los más populares y ajustables a las características del software a desarrollar se pueden mencionar: C, C++, C# y Java, teniendo en cuenta que la aplicación debe ser de escritorio y software libre, se decidió seleccionar a Java.

Este lenguaje es la base para casi todo tipo de aplicaciones, es el estándar global para desarrollar y distribuir aplicaciones móviles, juegos, contenido basado en web y software de empresa, lo que hace posible desarrollar, implementar y utilizar de forma eficaz interesantes aplicaciones y servicios. Desde portátiles hasta centros de datos, desde consolas para juegos hasta súper computadoras, desde teléfonos móviles hasta Internet. Java ha sido probado, ajustado y ampliado por una gran comunidad de desarrolladores, arquitectos de aplicaciones y entusiastas. Se ha convertido en un valor impagable para los desarrolladores, ya que permite (JavaHispano, 2008):

- Escribir software en una plataforma y ejecutarla virtualmente en otra;
 - Crear programas que se puedan ejecutar en un explorador y acceder a servicios Web disponibles;
 - Desarrollar aplicaciones de servidor para foros en línea, almacenes, encuestas, procesamiento de formularios HTML;
 - Combinar aplicaciones o servicios que utilizan el lenguaje Java para crear aplicaciones o servicios con un gran nivel de personalización;
1. Escribir aplicaciones potentes y eficaces para teléfonos móviles, procesadores remotos, productos de consumo y prácticamente cualquier otro dispositivo.

METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL SOFTWARE

Para el desarrollo del Sistema Automatizado para la organización racional de la cosecha-transporte – recepción de cereales (SAORCE), se utilizó la metodología Rational Unified Process (RUP), la cual permite obtener un software robusto, flexible y escalable. Las herramientas utilizadas para el modelado del sistema desarrollado fueron Visual Paradigm IReport. (IBM, 2006; Sullon, 2006; Schmuller, 2004).

EJEMPLO DE LA APLICACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO (SAORCE)

El diseño de interfaces de usuario es una tarea que adquiere relevancia en el desarrollo de un sistema, la calidad de la Interfaz de Usuario (UI) puede ser uno de los motivos que conduzcan a un sistema al éxito o al fracaso. En la construc-

ción de la UI del sistema que se propone se tuvo en cuenta los estándares internacionales. La secuencia de empleo del sistema es la siguiente:

En la Figura 1 se muestra la ventana principal del sistema. En el cual se muestran los iconos que permiten gestionar los datos referentes las cosechadoras, compensadores, medios de transporte y centros de recepción.



FIGURA 1. Ventana principal del sistema.

Al pulsar la opción gestionar datos (Figura 2), el sistema despliega un menú contextual que posee varias opciones para insertar, modificar, eliminar y buscar datos, por ejemplo: la cosechadora y otros elementos del proceso de cosecha-transporte-recepción de cereales. En este caso si el usuario realiza correctamente todas las opciones, el sistema muestra los mensajes de éxito correspondientes a la validación de entrada de datos.

Id	No.	Marca	Modelo	Fabricante	Procedencia
1	001	New Holland	TC-57	Brazil	BoindSA
2	002	New Holland	TC-57	Brazil	BoindSA

FIGURA2. Interfaz para la gestión de los datos de la cosechadora.

Cuando el usuario realice todas esas acciones le aparecerá la ventana correspondiente al análisis y podrán realizar los cálculos de parámetros de explotación, del carácter probabilístico de los mismos, costos económicos y la composición, lo que permite determinar la variante racional; esto se puede observar en las Figuras 3, 4, 5 y 6.



FIGURA 3. Interfaz para los cálculos de los parámetros de explotación.



FIGURA 4. Interfaz para los cálculos del carácter probabilístico del proceso.



FIGURA 5. Interfaz para los cálculos económicos.



FIGURA 6. Interfaz para la determinación de la composición racional del proceso.

CONCLUSIONES

- El sistema SAORCE posibilita determinar la composición racional del proceso cosecha-transporte-recepción de cereales bajo el criterio económico de los mínimos gastos de

- producción y el comportamiento probabilístico del sistema.
- El sistema SAORCE fue validado e introducido con éxito en la Empresa Agroindustrial de Granos "Los Palacios", Pinar del Río, Cuba.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CABALLERO, I.; BLANCO, M. A. y PIATTINI, M.: *Optimización del Proceso de Gestión de Información para la Mejora de la Calidad de la Información*, Escuela Superior de Informática UCLM: Ciudad Real, España, [en línea] 06 noviembre 2012, Disponible en: <http://www.grise.upm.es/rearviewmirror/Consulta: enero 7 2013>.
- CAMARGO, J. y HERNÁNDEZ, A.: *Operaciones en el transporte*, Editorial Ciencias Sociales, La Habana, Cuba, 1989.
- ESCUADERO, L.F.: *Aplicaciones de la teoría de colas*, Ediciones Deusto, Bilbao, España, 1972.
- GARCÍA, S. S.: *Investigación del complejo mecanizado cosecha-transporte de cebada en la Región del Bajío Guanajuatense para elevar su eficiencia técnico-económica*, pp. 14-60, Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas), Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 2005.
- GOBERMAN, V.: *Manual de explotación del transporte en la agricultura*, pp. 10-15, Ed. Rosseljoizdat, Moscú, Rusia, 1975.
- GORDON, D. B. & OLSON, M. H.: *Management Information Systems*, pp. 23-30, Conceptual foundations, structure, and development, McGraw-Hill, Second Edition, USA, 1985.
- IBM: *RationalUnifiedProcess (RUP) Internet*, [en línea], 12 julio 2006, Disponible en: <http://www.136.ibm.com/developerworks/rational/products/> [Consulta: febrero 5 2013].
- JAVAHISANO: *Por qué elegir a Java*, Internet, [en línea] 09 julio 2008, Disponible en: <http://javahispano.es/porquejava/> [Consulta: enero 25 2013].
- KAUFMANN, A.: *Métodos y modelos de la investigación de operaciones*, 570pp., Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 1981.
- MARTÍNEZ, M.: *Teoría de colas. Investigación de operaciones*, Universidad Alejandro de Humboldt. Caracas, Venezuela, (monografía), 2004.
- MEDHI, J.: *Stochastic Models in Queueing Theory*, Academic Press, San Diego, USA, 1991.
- MOREJÓN, Y.: *Determinación de la composición racional de la brigada Cosecha-Transporte-Recepción del arroz con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo en el Complejo Agroindustrial arrocero "Los Palacios"*, Tesis (en opción al grado científico de Máster en Mecanización), Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 2012.
- PAVLOVSKI, G. T.: *Bases tecnológicas para la proyección en el flujo del proceso de cosecha y beneficio poscosecha de los cultivos de granos*, pp. 21-34, Ed. Gostini, Moscú, Rusia, 1970.
- SCHMULLER, J.: *Aprendiendo UML en 24 horas*, pp. 6-10, Prentice Education, 4ta. Ed. Español, México, 2004.
- SULLON, M.: *Rational Solutions for software*, "Rational Unified Process" [en línea] 08 mayo 2006, *Prug: Soluciones Racionales*, Disponible en: <http://www.prug.solucionesracionales.com/node/12>. [Consulta: febrero 06 2013].

Recibido: 17 de abril de 2013.

Aprobado: 20 de marzo de 2014.

Yanay Morejón Mesa, Ing., Profesor, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP: 32700
Correo electrónico: ymm@unah.edu.cu



Determinación de la composición racional del complejo cosecha-transporte del arroz con la aplicación De la Teoría del Servicio Masivo en el Complejo Agroindustrial Arrocerero “Los Palacios”

Determination of the rational composition of complex rice harvester-transport with the application of the Theory of Massive Service, on the Agroindustrial Rice Complex “Los Palacios”

Ciro E. Iglesias Coronel¹, Yanoy Morejón Mesa², Ronier Llanes Díaz³

RESUMEN. El presente trabajo se realizó en el Complejo Agroindustrial Arrocerero “Los Palacios”, en la provincia Pinar del Río. La investigación tuvo como objetivo el estudio del complejo tecnológico de cosecha-transporte del arroz con la cosechadora New Holland TC -57 y un tractor New Holland TS-6020 con dos remolques RA-6, en búsqueda de su composición racional. Para la solución del problema planteado se fundamentó la Teoría del Servicio Masivo, aplicado al fenómeno del proceso cosecha-transporte del arroz, el cual permite sobre bases probabilísticas y bajo el criterio económico de los mínimos gastos sumados por las paradas de las cosechadoras para ser servidas y del transporte en espera para brindar su servicio, así como determinar la cantidad de medios óptimos para una brigada de cosecha.

Palabras clave: composición racional, cosecha-transporte, teoría del servicio masivo.

ABSTRACT. The present research was carried out on the Agroindustrial Rice Complex “Los Palacios”, on the Pinar del Río province. The investigation had as objective the study of the technological complex of harvester-transport of the rice with the combine New Holland TC-57 and the tractor New Holland TS-6020 with two trailers RA-6, for searching his rational composition. For the solution of this problem was used the Queueing Theory, considering the harvester-transport process of the rice, this give the possibility about probabilistic basis and the economical criteria of the minimum expenses added for stopped of the combine and means of transport in service, therefore determine the optimum quantity of means of transport for a harvester brigade.

Keywords: rational composition, harvester-transport, queueing theory.

INTRODUCCIÓN

El arroz es considerado el cereal que más se consume a nivel mundial. Aproximadamente 300 000 000 de perso-

nas lo consideran, de una forma u otra, su alimento principal. Siendo en Asia el mayor consumo per cápita, alrededor de 80 kg anuales. Este producto está también ingerido por millones de habitantes en África, diversos países de América del Sur, América Central, el Caribe y de Europa Central.

Recibido 29/11/10, **aprobado** 30/01/12, **trabajo** 19/12, artículo original.

¹ Dr. C., Prof. Titular Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP: 32700.

E-[✉](mailto:ciro@isch.edu.cu): ciro@isch.edu.cu

² Ing., Prof., Universidad Agraria de La Habana, Facultad. de Ciencias Técnicas.

³ Egresado de la Universidad Agraria de La Habana, Facultad. de Ciencias Técnicas.

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos o de ceapropósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

De esta forma el arroz es considerado el segundo cereal de mayor importancia para la alimentación mundial después del trigo, aunque las cifras crecieron, con una producción en el año 2003 de 591 000 000 toneladas de arroz cáscaray 354 000 000 para su consumo; siendo los países más productores: China, India, Indonesia, Bangladesh, y Vietnam los que representan el 72% de la producción mundial (Polo, 2011).

La cosecha de este cultivo presenta características muy particulares, tales como gran cantidad de materia verde, grano muy abrasivo, húmedo y delicado, que sumado a las dificultades del tránsito de la maquinaria por la escasa sustentabilidad del suelo, frecuentemente en condiciones de elevado grado de humedad, hacen de esta labor una tarea más complicada que en otros cultivos. Esta situación provoca mayores posibilidades de encontrar altas pérdidas o bajas eficiencias de cosecha (Landi, 1989).

En Cuba las pérdidas durante la cosecha de granos pueden llegar a alcanzar valores de hasta el 30%, debido al exceso de enyerbamiento, acción de los microorganismos, granos partidos o granos muy húmedos, deficiencia en la planificación de la cosecha y diferentes regulaciones de los órganos de trilla. Por otra parte, por un inadecuado manejo de los granos durante el almacenamiento, en especial cuando los granos se mantienen en un contenido de humedad superior al 13%, por lo cual pueden perderse lotes enteros (De Datta, 1986).

La presente investigación se realizó en las condiciones del Complejo Agroindustrial Arroceros (CAI Arroceros) "Los Pala-

cios", en el municipio Los Palacios, Pinar del Río, con el objetivo de estudiar el complejo tecnológico de cosecha-transporte del arroz con la cosechadora New Holland TC-57 y el tractor New Holland TS-6020 con dos remolques RA-6, en búsqueda de su composición racional, considerando la productividad de la cosechadora en diferentes rendimientos agrícolas y la demanda de medios de transporte durante el proceso de cosecha; partiendo para lo mismo del criterio económico de los gastos mínimos sumados por una hora de parada de las cosechadoras y medios de transporte con la utilización de la Teoría del Servicio Masivo.

MÉTODOS

Fundamentos teóricos para la optimización de las formas organizativas de la cosecha del arroz

Influencia de los factores de explotación en la duración de los elementos del ciclo de transportación En el proceso cosecha-transporte del arroz se utiliza la ruta pendular la cual se compone de dos trayectos (recorrido con carga hacia el centro de beneficio y recorrido vacío hacia el campo) (Goberman, 1975).

Durante el movimiento del medio de transporte desde el campo o cosecha hasta el centro de recepción y retorno es consumido un tiempo, al que se denomina tiempo de ciclo. Este se determina a través de la siguiente expresión:

$$T_c = t_{ll} + t_{rcca} + t_{rctt} + t_{rvt} + t_{va} + t_{ecc} + t_{em} + t_{ed} + t_{epv} + t_{dg} + t_{pcc} + t_{pv}, \text{ h} \quad (1)$$

donde:

t_{ll} - tiempo de llenado del medio de transporte por la cosechadora, h;

t_{rcca} - tiempo de recorrido con carga en asfalto, h;

t_{rctt} - tiempo de recorrido con carga en terraplén, h;

t_{rvt} - tiempo de recorrido vacío en terraplén, h;

t_{va} - tiempo de recorrido vacío en asfalto, h;

t_{ecc} , t_{em} , t_{ed} , t_{epv} - tiempo de espera con carga, de muestreo, descarga, de pesaje vacío, respectivamente, h;

t_{dg} - tiempo de descarga del grano, h;

t_{pcc} , t_{pv} - tiempo de pesaje con carga y vacío, respectivamente, h.

Productividad de la cosechadora. La productividad de la cosechadora se determina por:

$$W_c = 0,1 \cdot B_c \cdot V_c \cdot K_{exp}, \text{ ha/h} \quad (2)$$

$$W_c = 0,1 \cdot B_c \cdot V_c \cdot U \cdot K_{exp}, \text{ t/h} \quad (3)$$

donde:

B_c - Ancho de trabajo de la cosechadora, m;

V_c - Velocidad de trabajo de la cosechadora, km/h;

K_{exp} - coeficiente de utilización del tiempo de explotación de la cosechadora;

U - Rendimiento agrícola, t/ha.

Planteamiento del problema de organización en flujo del proceso tecnológico de cosecha mecanizada del arroz

Durante la cosecha mecanizada en flujo son utilizadas distintos tipos de máquinas como las cosechadoras, medios de

transportación y centros de recepción del producto cosechado. Las condiciones de continuidad sin interrupción del flujo es la igualdad de las productividades de cada eslabón mecanizado de dicha brigada, es decir:

$$n_1 W_1 = n_2 W_2 = \dots = n_i W_i \quad (4)$$

donde:

n_i - cantidad de conjuntos en un eslabón i dado;

W_i - productividad horaria del conjunto en i eslabón productivo.

Determinación de la composición óptima de la brigada cosecha-transporte por la Teoría del Servicio Masivo

Los métodos de organización en flujo de los procesos tecnológicos en cualquier tipo de producción son altamente progresivos. Estos métodos han encontrado en la agricultura

moderna un amplio empleo en los procesos productivos mecanizados.

El trabajo efectivo de todo el complejo de cosecha-transporte en un grado importante depende de la organización del servicio de transporte, en lo que la determinación racional de estos medios presenta algunas dificultades en la práctica productiva.

En condiciones de producción, el momento de llenado de la tolva de la cosechadora con el grano y de la llegada al campo del medio de transporte no se corresponde. Por esta razón la duración del tiempo de turno, depende de la velocidad del movimiento, tiempo de pesaje y de descarga en el centro de recepción, la situación de la cosechadora en el campo y la guardarraya. También en el tiempo de llenado de la tolva de la cosechadora influye: el relieve, el rendimiento agrícola del cultivo, la humedad del grano en el transcurso de la jornada de trabajo, etc. Todo esto trae consigo el inevitable paro improductivo de la cosechadora y medios de transporte (Amu, 2009; Iglesias, 2007a; Iglesias, 2007b; Server *et al.*, 2002).

Económicamente es conveniente que la relación en cantidad de cosechadora y medios de transporte sea mínima (Ramírez e Iglesias, 1993). Este criterio se logra en la función objetivo siguiente:

$$S = C_{PC} \cdot \lambda \cdot t_{exp} \left(\frac{1}{5} \right) C_t \cdot n \longrightarrow \min, \text{ peso/h}$$

donde:

C_{PC} - Pérdidas en una hora de parada de la cosechadora en espera del medio de transporte para el servicio, peso;
 λ - Cantidad media de tolvas llenadas (solicitud de servicio en una hora);

t_{exp} - Tiempo medio de espera de cada solicitud, h;
 C_t - Gasto horario en el mantenimiento de un medio de transporte (gasto directo), peso/h;
 n - Cantidad de medios de transporte para el servicio de un grupo de cosechadoras.

La cantidad de medios de transporte para un grupo de cosechadoras, si tienen en cuenta el carácter probabilístico de interrelación del sistema cosecha-transporte se determina de manera siguiente:

$$n = \frac{\sum W_c}{\sum w_t} = \frac{0.1 \cdot B_c \cdot V_c \cdot U \cdot \tau_c}{\frac{Q}{T_c}} \quad (6)$$

donde:

B_c - Ancho de trabajo de la cosechadora, m;
 V_c - Velocidad de la cosechadora, km/h;
 U - Rendimiento del campo, t/ha;
 τ_c - Coeficiente de utilización del tiempo de explotación de la cosechadora;
 Q - Capacidad nominal del medio de transporte, t;
 T_c - Tiempo de ciclo del medio de transporte, h.

Por el sistema tradicional de cálculo se puede obtener la cantidad de medios de transporte, pero es imposible determinar la cantidad media de cosechadoras en cola para ser servidas, y la duración media del tiempo de espera de los medios de transporte. Por esto evaluar las pérdidas por las paradas de

las cosechadoras no es posible por una u otra comparación cuantitativa del eslabón de transporte.

Por lo que se debe ver el proceso del complejo cosecha-transporte como un servicio masivo.

Durante los trabajos en grupos de cosechadoras constantemente surgen solicitudes de servicio cuando sus tolvas están llenas. Después de la descarga de la tolva, la cosechadora comienza a trabajar nuevamente. De esta manera el sistema cosechadora-medio de transporte debe verse como un sistema cerrado de servicio masivo, en el cual como promedio surgen (λ) solicitudes de servicio en una unidad de tiempo. A su vez cada medio de transporte (canal de servicio) tiene la capacidad de satisfacer (μ) solicitudes en una unidad de tiempo.

En el sistema de servicio masivo esta difundido mayormente el flujo simple estacionario de Poisson, el cual se caracteriza por ser ordinario, estacionario y libre de consecuencias. Esto significa que el mismo tiempo de solicitud de servicio de dos o más es un fenómeno poco probable.

El estado estacionario del flujo se determina en la continuidad del surgimiento probabilístico de solicitudes de servicio en un tiempo determinado. La no existencia de consecuencia, surge cuando la probabilidad del surgimiento de determinada cantidad de solicitudes no depende de las cantidades de esta.

$$\lambda = \frac{1}{t} \quad (7)$$

donde:

t - Esperanza matemática del tiempo entre dos servicios vecinos (tiempo medio de llenado de la tolva de la cosechadora), h.

La capacidad del canal de servicio es igual a,

$$\mu = \frac{n}{T_c} \quad (8)$$

donde:

T_c - Tiempo del ciclo del medio de transporte, h,
 n - Cantidad de medios de transporte.

En la producción agrícola ha tenido mayor repercusión el sistema de servicio masivo con espera. Este es un sistema, en el cual la solicitud llega en el momento (todos los canales de servicio están ocupados), se ponen en cola las cosechadoras y esperan hasta que quede un canal libre. Así la cosechadora con la tolva llena no deja el sistema y espera al transporte correspondiente para la entrega del grano.

La probabilidad de condiciones para el sistema con espera se describe a través de las siguientes dependencias:

Las condiciones probabilísticas, que todos los canales de servicios (transporte) se paren, es decir en el sistema no existen solicitudes de servicios (ni una de las cosechadoras están preparadas para la entrega del grano) es igual a:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{C_0}^n \frac{\varphi^C}{C!} + \frac{\varphi^n}{n!(1-\varphi_x)}} \quad (9)$$

donde:

n - Cantidad de medios de transporte que existen en el eslabón de transporte (canales de servicio existentes en el sistema);

ϕ -Coeficiente de densidad transferida del flujo de solicitudes, o coeficiente de carga del sistema para $n=1$,
 ϕ_x -coeficiente de densidad transferida del flujo de solicitudes o coeficiente de carga del sistema para $n \neq 1$, se determina por la relación de la cantidad media de solicitudes, las cuales están en condiciones de satisfacer:

$$\phi = \frac{\lambda}{n \cdot \mu} \quad (10)$$

La probabilidad de que en el servicio estén ocupadas exactamente K canales ($0 \leq K \leq n$).

$$P_C = \frac{\phi^C \cdot P_0}{C!} \quad (11)$$

La probabilidad de que exista una cola en el servicio de las combinadas, se determina de la siguiente manera:

$$P_{cola} = 1 - \sum_{k=1}^n P_c \quad (12)$$

En base a la expresión de μ se puede describir $\mu = \frac{n}{T_C}$. El parámetro ϕ para un sistema de un solo canal se corresponde al tiempo en el cual el sistema está ocupado cumpliendo solicitudes. Para la diferencia $1-\phi$ se corresponde al tiempo de paro del sistema. Para un sistema multicanal el parámetro ϕ es igual a la cantidad media de canales constantemente ocupados brindando servicio, y la diferencia $n-\phi$ son las cantidades de canales parados.

La magnitud ϕ puede ser cualquiera. Un régimen estable existe cuando $\phi < n$ en caso contrario $\phi \geq n$ el sistema no puede satisfacer las solicitudes, y la cola va a crecer indefinidamente.

El largo medio de las colas (cantidad de solicitudes en espera de ser satisfechas)

$$m_s = \frac{\phi^n \cdot \phi_x \cdot P_0}{n! (1 - \phi_x)^2} + \phi \quad (13)$$

El tiempo medio de espera del comienzo de las solicitudes es igual a la relación de la cantidad media de solicitudes en espera (cola) con la intensidad del flujo de solicitudes.

$$t_{esp} = \frac{m_s}{\lambda} \quad (14)$$

Determinación del costo económico por una hora de parada de la cosechadora y el medio de transporte durante el proceso de cosecha en espera

Como criterio de optimización para determinar la variante más económica de composición del eslabón de cosecha se tomará el del mínimo de los costos sumados por paradas en espera de ser servida la cosechadora, y el tiempo de espera del medio de transporte para comenzar a cumplir una solicitud de servicio de la cosechadora en una hora, se determina por la expresión 15.

Tales costos, para su análisis, se dividen en dos categorías: Costos Fijos (C_f) y Costos Variables (C_v) y la suma de los

costos fijos y los costos variables dan lugar a los costos totales o de explotación (C_{exp}), es decir:

$$C_{exp} = \sum_{i=1}^n C_{fi} + \sum_{i=1}^n C_{vi}, \text{ peso/h} \quad (15)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de los principales parámetros de la cosechadora que influyen en el proceso de cosecha-transporte

La productividad en tiempo de explotación de la cosechadora New Holland TC-57, se determinó a partir de los datos obtenidos durante su cronometraje, considerando la incidencia de los gastos de tiempos improductivos determinados, según se muestra en la Figura 1.

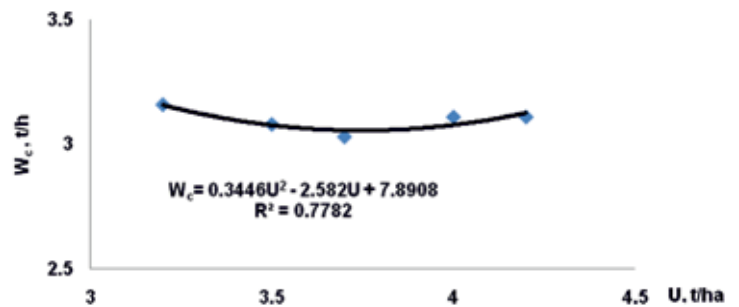


FIGURA 1. Productividad de la cosechadora New Holland TC-57 en tiempo de explotación (W) en función del rendimiento agrícola del grano (U).

La velocidad de la cosechadora (V) se determinó según los tiempos cronometrados en cada rendimiento (U) y la distancia de los campos correspondientes, la Figura 2 muestra el comportamiento de la cosechadora según el rendimiento agrícola.

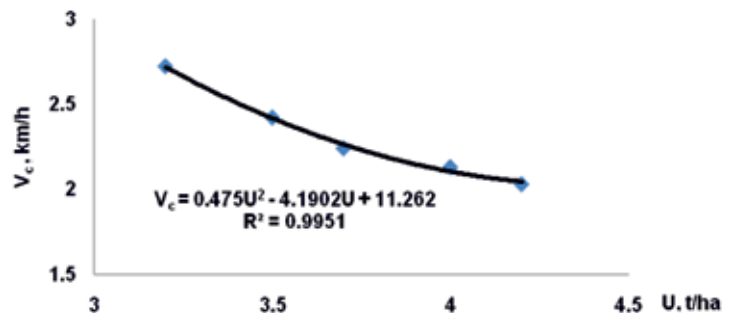


FIGURA 2. Velocidad de la cosechadora New Holland TC-57 (V) en función del rendimiento agrícola del grano (U).

Determinación de la composición óptima de medios de transporte de la brigada de cosecha

Para la determinación de la cantidad óptima de medios de transporte se tomó como ejemplo una brigada conformada por tres cosechadoras New Holland TC-57 y un eslabón de transporte conformado por tractores New Holland TS-6020, cada uno con dos remolques RA-6. El campo de arroz cosechado tuvo un rendimiento agrícola promedio de 3,7 t/ha, y

la distancia de transportación es de 13 km por asfalto y 5 km por terraplén desde el campo en cosecha hasta el centro de beneficio.

Es necesario determinar la cantidad óptima de medios de transporte en el proceso de cosecha-transporte, utilizando como criterio económico de optimización el mínimo costo de la suma por paradas de la cosechadora y medios de transporte para lo cual se emplea la Teoría del Servicio Masivo.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

La productividad de la cosechadora en tiempo de explotación para un rendimiento agrícola de 3,7 t/hafue de 3,03 t/h determinándose por la expresión (3).

El tiempo de llenado del remolque, se determinó partiendo del tiempo de descarga del grano de la cosechadora al medio de transporte (t_{dc}) el cual fue cronometrado y considerando que la cantidad de tolvas de la cosechadora requeridas para llenar el remolque es dos y que el número de remolques a llenar para conformar el labón de transporte es dos, obteniéndose un tiempo de llenado del medio de transporte de 1,33 h.

El tiempo de ciclo de transportación se determinó por la expresión (1), obteniéndose un valor de 4,02 h, esto se debe fundamentalmente a las condiciones que presentan los viales, lo que dificulta la trafabilidad de los medios de transporte.

La cantidad necesaria de medios de transporte se determinó por la expresión (6) obteniéndose como resultado que el número de medios de transporte requerido es 4,56 tomándose cuatro medios de transporte según el método de cálculo utilizado para las condiciones de transportación por terraplén y a falta desde el campo en cosecha hasta el centro de recepción, teniendo en cuenta los distintos elementos que conforman el tiempo de ciclo de transportación.

El tiempo medio de llenado de la cosechadora para este rendimiento agrícola es igual a 0,45 h. Entonces se tiene que en una hora el canal λ puede satisfacer 2,22 conjuntos de transporte, esto se puede determinar mediante la expresión (7).

La capacidad del canal de servicio en una hora (μ) es de 0,99 y se determina mediante la expresión (8).

La densidad de solicitudes del sistema (ϕ) se determina por la expresión (10) obteniéndose como resultado 2,24; siendo $2,24 < 4$, por lo que el régimen de funcionamiento del sistema de servicio es estable y el sistema puede satisfacer las solicitudes.

La probabilidad que en el sistema no existan solicitudes de servicio, o sea todos los medios de transporte estén en espera (P_0) es 0,097 según la expresión (9).

La probabilidad de que estén ocupados de 1...4 conjuntos de transporte (P_s) se determina a través de la expresión (11), obteniéndose un valor de 0,63.

La probabilidad de que exista una cola en el servicio de las cosechadoras (P_{cola}) se determinó por la expresión (12), obteniéndose como resultado 0,37.

El largo medio de la cola de las combinadas o cantidad de solicitudes en espera de ser satisfechas (m_s) es 2,54; este se determinó por la expresión (13).

El tiempo medio de espera de la cosechadora esperando el comienzo de ser servida (t_{esp}) se determinó por la expresión (14), obteniéndose como resultado 1,14 h.

El costo por paradas de la cosechadora y medios de transporte (S), se determinó empleando la expresión (5), estos cálculos se realizaron en el mismo orden para dos, tres, cuatro, cinco y seis conjuntos de transporte respectivamente los cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultado del cálculo para la determinación de la variante racional de organización de la brigada de cosecha-transporte

Indicadores	Cantidad de medios de transporte				
	2	3	4	5	6
Cantidad media de cosechadoras en espera de ser servidas (m_s).	-	3,93	2,54	2,30	2,25
Tiempo medio de espera en cola de las cosechadoras (t_{esp}), hora.	-	1,77	1,14	1,03	1,01
Pérdidas por paradas de la cosechadora, peso/h.	-	104,6	67,36	60,86	59,68
Pérdidas por paradas de los medios de transporte, peso/h.	-	6,36	8,48	10,60	12,72
Pérdidas sumadas de las paradas, peso/h.	-	110,96	75,84	71,46	72,4

CONCLUSIONES

- Las investigaciones experimentales realizadas en rendimientos agrícolas de 3,2...4,2 t/h permitieron obtener ecuaciones del comportamiento de la cosechadora New Holland TC-57 y el tractor New Holland TS-6020 con dos remolques RA-6.
- La cantidad racional de conjuntos de transporte para tres cosechadoras es de cinco con un costo de 71,46 peso/h, lo

cual en comparación con la actual composición de cuatro conjuntos con un costo de 75,84 peso/h, se obtiene un efecto económico de 43,8 peso en una jornada de trabajo.

- La variante tecnológica estudiada afirma la validez de la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo para la racionalización del complejo cosecha-transporte del arroz bajo criterios probabilísticos y económicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMU, L.G.: Modelo de optimización y asignación de equipos de transporte y cosecha en el sistema de abastecimiento de caña, En: **VIII Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar**, Tecnica, Colombia, 2009.
- DE DATTA, S.: *Principles and of Rice production*, 688pp., Editor Wiley & Sons, Editorial Limusa, México, 1986.
- GOBERMAN, V. A.: *Manual de explotación del transporte en la agricultura*, Rosseljoizdat, Moscú, (en Ruso), 1975.
- IGLESIAS, C.: Composición óptima de la brigada cosecha-transporte del arroz a través de la teoría del servicio masivo, En: **Agromec**, Edición magnética ISSN-1607-6281, La Habana, Cuba, 2007a.

-
5. IGLESIAS, C.: Carácter probabilístico del trabajo de los medios de cosecha de la caña de azúcar. En: **Agrociencias**, Edición magnética ISBN- 978-959-282-053-1, La Habana, Cuba, 2007b.
 6. LANDI, M.: *El arroz en la provincia de Entre Ríos, Argentina*, pp. 41-54, Informe INGER para Aca. Latina., Argentina, 1989.
 7. POLO VIAMONTES, M.: *El arroz en el mundo*, Infomed, La Habana, Cuba, (monografía), 2011.
 8. RAMÍREZ, J. y C. IGLESIAS: *Evaluación tecnológico-explotativa de la combinada de granos John Deere 7720*, Universidad Autónoma Chapingo, Dpto. de Ingeniería Mecánica Agrícola, Chapingo, México, 1993.
 9. SERVER, P.; R. DIEGUEZ Y R. FERNÁNDEZ: "El transporte de la caña de azúcar utilizando la modelación", Ciego de Ávila, Cuba, *Revista Universitaria*, 3(1): 2002.
-



ARTÍCULO ORIGINAL

Evaluación de los medios de transporte utilizados en el proceso cosecha-transporte del arroz en el Complejo Agroindustrial “Los Palacios”

Evaluation of the means of transport used in the rice harvest-transport process on the Rice Agroindustrial Complex “Los Palacios”

Yanoy Morejón Mesa¹,Ciro E. Iglesias Coronel²y Gemma Domínguez Calvo³

RESUMEN. El presente trabajo se realizó en el CAI Arroceros “Los Palacios”, en la provincia Pinar del Río. La investigación tuvo como objetivo principal la evaluación tecnológica y de explotación del conjunto tractor New Holland TS-6020 con remolque RA-6 durante el proceso cosecha-transporte del arroz, con el propósito de reducir los costos durante el desarrollo de este proceso. Para la solución del problema planteado se determinó el tiempo del ciclo de transportación y la productividad real y teórica de los medios de transporte, considerando para ello los parámetros e indicadores de los mismos, posibilitando realizar un análisis económico del uso eficiente de dichos medios.

Palabras clave: capacidad, tiempo de ciclo, productividad, costo.

ABSTRACT. The present research was carried out on the Agroindustrial Rice Complex “Los Palacios”, on Pinar del Río province. The investigation had as main goal the technological-operational evaluation of the joint tractor New Holland TS-6020 with trailers RA-6 during the harvest-transport process, with the purpose of reducing the costs during the development of this process. For the solution of this problem it was determined the transportation cycle time and the real and theoretical productivity of the means of transport, considering the parameters and indicators of the means, giving the possibility to realize an economical analysis of the efficient use of these means.

Keywords: capacity, cycle time, productivity, cost.

INTRODUCCIÓN

Entre las causas que encarecen la producción y las operaciones poscosecha de los cereales, se encuentra la transportación del producto desde el campo en cosecha hasta en Centro de Recepción, los costos correspondientes a los trabajos de transportación pueden ascender de 40...60% (García, 1999; Miranda *et al.*, 2004), lo cual está dado esencialmente por la productividad de la cosechadora, la capacidad de los medios de transporte, las distancias a recorrer hasta el Centro de Recepción, el tipo y condiciones de los viales y los tiempos de espera que surgen durante el proceso cosecha-transporte.

Por otra parte estudios realizados sobre los indicadores que permiten evaluar el trabajo de los medios de transporte, han demostrado que el coeficiente de utilización de la capacidad de carga estática es el que mejor caracteriza el trabajo de estos medios, porque refleja el grado de aprovechamiento de la capacidad de cada medio.

Estudios realizados para las condiciones de México por García e Iglesias (2003); García (2005), durante la cosecha de cebada maltera los medios de transporte del grano fueron usados en un 80%, lo que implicó un desaprovechamiento del 9% respecto al mínimo óptimo recomendado, el cual debe estar situado entre 0,95...1,15%, provocando una disminución

Recibido 17/02/11, aprobado 19/05/12, trabajo 39/12, artículo original.

¹ M. Sc., Prof., Universidad Agraria de La Habana. Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP: 32700.
E-mail: ymm@isch.edu.cu

² Dr. C., Prof. Titular, Universidad Agraria de La Habana. Facultad de Ciencias Técnicas.

³ Ing., Prof. Universidad Agraria de La Habana. Facultad de Ciencias Técnicas.

de la productividad de las cosechadoras en un 20...25% (Jro-bostov, 1977).

Partiendo de lo anterior surgió la necesidad de evaluar los medios de transporte que intervienen en el proceso cosecha-transporte del arroz para las condiciones específicas del CAI Arroceros "Los Palacios" con el propósito de reducir los costos que surgen en el proceso antes mencionado.

MÉTODOS

Bases para la determinación del tiempo de ciclo y parámetros productivos y económicos de los medios de transporte para cereales

- **Determinación del tiempo de ciclo (T).** La productividad del trabajo depende en grado considerable de la organización

$$T_c = t_l + t_{rcca} + t_{rcct} + t_{rvt} + t_{va} + t_{ecc} + t_{em} + t_{ed} + t_{epv} + t_{dg} + t_{pcc} + t_{pv}, h \quad (2)$$

donde:

t_l - tiempo de llenado del medio de transporte por la cosechadora, h;

t_{rcca} - tiempo de recorrido con carga en asfalto, h;

t_{rcct} - tiempo de recorrido con carga en terraplén, h;

t_{rvt} - tiempo de recorrido vacío en terraplén, h;

t_{rva} - tiempo de recorrido vacío en asfalto, h;

$t_{ecc}, t_{em}, t_{ed}, t_{epv}$ - tiempo de espera con carga, de muestreo, descarga, de pesaje vacío, respectivamente, h;

t_{dg} - tiempo de descarga del grano, h;

t_{pcc}, t_{pv} - tiempo de pesaje con carga y vacío, respectivamente, h.

- **Determinación de la productividad teórica (W_u) y real (W_r) y de los parámetros e indicadores para los medios de transporte.** La productividad de los medios de transporte se determina por la cantidad de toneladas-kilómetro o toneladas transportadas por unidad de tiempo. La determinación de la productividad teórica o máxima posible de los medios de transporte (W_u) se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$W_u = \frac{q_n}{T_c}, t/h \quad W_r = \frac{(q_n \cdot I_{cc})}{T_c}, t - km/h \quad (3, 4)$$

donde: q_n - capacidad nominal de carga del medio de transporte dado por el fabricante, t; L_{cc} - distancia recorrida con carga, km.

Así también, la productividad real de los medios de trans-

porte (W_r), está determinada por:

$$W_r = \frac{(q_n \cdot K_{uec})}{T_c}, t/h; \quad W_r = \frac{(q_n \cdot K_{uec} \cdot L_{cc})}{T_c}, t - km/h \quad (5, 6)$$

donde: K_{uec} - coeficiente de utilización estática de la capacidad de carga del medio de transporte, el cual se determina por la siguiente ecuación:

$$K_{uec} = \frac{q_r}{q_n} \quad (7)$$

donde: q_r - carga real de granos transportada, t.

Los parámetros e indicadores que caracterizan la eficiencia de los medios de transporte en la cosecha de productos agrícolas, sobre todo en aquellos que se rea-

lizan en flujo, tienen una gran importancia puesto que, influyen decisivamente en la productividad y en los costos del proceso tecnológico. De los parámetros constructivos y de explotación de los medios de transporte, así como de la organización del proceso, dependen que la cosecha se realice de forma armónica con las mínimas paradas no productivas y utilizando al máximo las posibilidades técnicas de todos los componentes del proceso. Los indicadores escalifican la utilización de los medios de transporte y brindan la posibilidad de evaluar y tomar las medidas oportunas para una mayor efectividad en su uso y en consecuencia aumentar la productividad y reducir los costos.

En el proceso cosecha-transporte del arroz se utiliza la ruta pendular la cual se compone de dos trayectos (recorrido con carga hacia el Centro de Recepción y recorrido vacío hacia el campo) (Goberman, 1975). Durante el movimiento del medio de transporte desde el campo en cosecha hasta el Centro de Recepción y de retorno no se consume tiempo, al que se denomina tiempo de ciclo el cual se puede determinar a través de la siguiente expresión:

$$T = t_c + t_r + t_e, h \quad (1)$$

lizan en flujo, tienen una gran importancia puesto que, influyen decisivamente en la productividad y en los costos del proceso tecnológico. De los parámetros constructivos y de explotación de los medios de transporte, así como de la organización del proceso, dependen que la cosecha se realice de forma armónica con las mínimas paradas no productivas y utilizando al máximo las posibilidades técnicas de todos los componentes del proceso. Los indicadores escalifican la utilización de los medios de transporte y brindan la posibilidad de evaluar y tomar las medidas oportunas para una mayor efectividad en su uso y en consecuencia aumentar la productividad y reducir los costos.

- **Determinación del costo económico para el medio de transporte durante el proceso de cosecha-transporte.** Los costos, para su análisis, se dividen en dos categorías: Costos Fijos (C_f) y Costos Variables (C_v) y a su vez los costos fijos y los costos variables dan lugar a los costos totales de explotación (C_{exp}) (Iglesias, 2002; Hunt, 1983; Muñante, 2002), es decir:

$$C_{exp} = \sum_{i=1}^n C_{fi} + \sum_{i=1}^n C_{vi}, \text{ peso/h} \quad (8)$$

Costos específicos (C_{esp}). Los costos específicos, definen el costo en peso por cada unidad de trabajo realizada, es decir, la relación existente de los costos de explotación en peso/h, entre la productividad (W) en ha/h, en t/h o bien t-km/h, para todo el complejo de cosecha-transporte solamente al guñe-labón y se determina por:

$$C_{esp} = \frac{C_{exp}}{W}, \text{ peso/ha, peso/t, peso/t - km} \quad (9)$$

RESULTADOS Y DISCUSION

Resultados de la evaluación tecnológica y de explotación de los medios de transporte

Para los resultados de esta investigación se consideró un rendimiento promedio de 3,7 t/ha, evaluándose el proceso tecnológico y de explotación del tractor NEW HOLLAND TS-6020 con remolque RA-6, el cual tiene una capacidad nominal de 8 t.

El ciclo de transporte del arroz en el CAI, se describe como un proceso el cual se lleva a cabo en tres etapas:

Etapas I. Estancia de los medios de transporte en el campo, en espera para ser cargados de grano;

Etapas II. Traslado de los medios de transporte con carga hacia el Centro de Recepción y retorno vacíos al campo en cosecha;

Etapas III. Estancia de los medios de transporte en el Centro de Recepción para la descarga del grano.

Para la evaluación del tiempo de ciclo fueron analizados 12 elementos, desde el campo en cosecha hasta el Centro de Recepción y retorno. El remolque que conforma este medio de transporte tiene una capacidad nominal de 8 t; la distancia media total de tiro de 18 km, de ellos 13 km por viales asfaltados y el resto viales de terraplén y como base para el cálculo del tiempo de ciclo el valor de cada uno de los elementos se determinó a través del cronometraje (Morejón, 2012).

- **Tiempo de ciclo (T_c).** Para el cálculo de la productividad de los medios de transporte es necesario determinar el tiempo de ciclo (T_c), el cual se determina a través del cronometraje de cada uno de los tiempos tecnológicos que intervienen en él. Para el tiempo de llenado del transporte (t_{ll}), se determina en primer lugar el tiempo de llenado de la tolva de la cosechadora (t_{lc}), cuyo resultado fue de 0,45 h. El tiempo de descarga del grano de la tolva de la cosechadora (t_{dc}) al medio de transporte fue de 0,04 h. El tiempo de recorrido promedio de la cosechadora (t_{rc}) en el campo en cosecha fue igual a 0,05 h. La velocidad de recorrido de la cosechadora con carga (V_{rcc}) y vacía (V_{rcv}) alcanzó valores de 3,63 y 4,44 km/h y una velocidad media de 4,03 km/h. La cantidad de tolvas de la cosechadora (N) que caben en el medio de transporte alcanzó un valor de dos por cada remolque RA-6. Por tanto, el tiempo de llenado del medio de transporte (t_{ll}) en el campo en cosecha fue de 1,33 h; el número de recorridos necesarios de la cosechadora (r) para realizar el llenado del medio de transporte fue dos.

Para determinar el tiempo de recorridos se debe considerar en primer lugar, la ubicación de los Centros de Recepción, los cuales para el rendimiento agrícola de 3,7 t/ha se encuentran a una distancia media de 18 km. Por tanto, los cálculos se realizaron a partir de esta distancia, el resultado para el tiempo de recorridos con carga en terraplén (t_{rct}) fue de 0,32 h; en asfalto (t_{rca}) de 0,72 h y en vacío en ambas condiciones (t_{rva}), 0,25 y 0,60 h. Por lo que, el tiempo promedio de recorrido (t_r), desde el terreno cosechado hasta el Centro de Recepción y viceversa, arrojó el valor de 1,89 h.

Para el cálculo del tiempo de estancia promedio del medio de transporte en el Centro de Recepción (t_s) se obtuvo 0,80 h. Por tanto, el tiempo de ciclo (T_c) es de 4,02 h a partir de la

sumatoria de todos los componentes de tiempo que lo conforman para el rendimiento y la distancia de transportación anteriormente planteados.

- **Productividad teórica (W_t) y real (W_r) de los medios de transporte.** La determinación de la productividad teórica del medio de transporte (W_t) tractor NEW HOLLAND TS-6020 con remolque RA-6, arrojó valores de 1,99 t/h y 35,82 t-km/h, según las expresiones 3 y 4; a su vez la productividad real (W_r) alcanzó valores de 1,95 t/h y 35,10 t-km/h, según las expresiones 5 y 6 las que evidenciaron su aplicabilidad.

La productividad teórica del medio de transporte (W_t), está en función de diversos parámetros técnicos y tecnológicos, además de la capacidad de carga nominal y el tiempo de ciclo, también del rendimiento del cultivo (U) y de la productividad de la cosechadora (W_c). La relación entre la productividad teórica del medio de transporte y el rendimiento agrícola se puede observar en la Figura 1., la línea de tendencia indica la alta correlación existente entre el rendimiento agrícola y la productividad del transporte hasta un 99,98 %, regido por la ecuación $W_t = 0,5322U - 0,0183$ t/h.

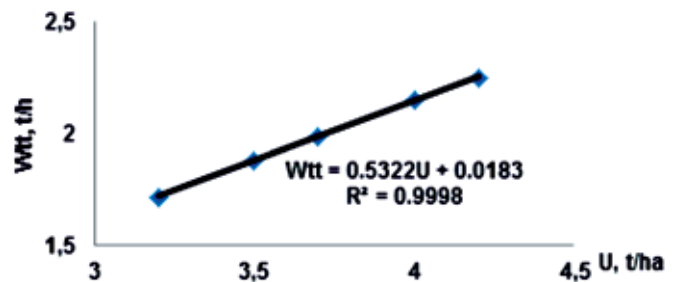


FIGURA 1. Comportamiento de la productividad teórica (W_t) del tractor NEW HOLLAND TS-6020 con remolque RA-6 en función del rendimiento agrícola del grano (U).

De igual forma la productividad real del medio de transporte (W_r), la relación entre la productividad real del medio de transporte y el rendimiento agrícola se puede observar en la Figura 2., observándose que la línea de tendencia indica la alta correlación existente entre el rendimiento agrícola y la productividad del transporte hasta un 99,96 %, regido por la ecuación $W_r = 0,5201U - 0,0194$ t/h.

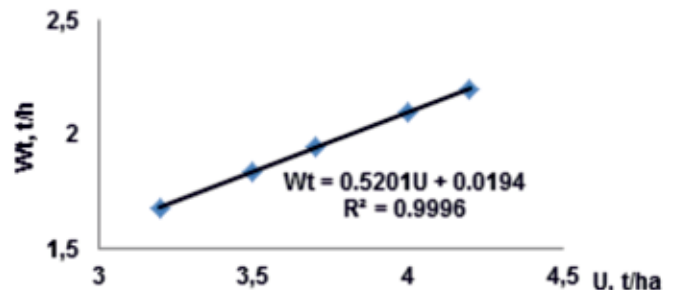


FIGURA 2. Comportamiento de la productividad real (W_r) del tractor NEW HOLLAND TS-6020 con dos remolques RA-6 en función del rendimiento agrícola del grano (U).

Por consiguiente se concluye que para ambos casos, a mayor rendimiento del cultivo y grano cosechado por la cosechadora, mayor es la productividad de los medios de transporte.

Resultados del análisis económico del medio de transporte durante el proceso de cosecha-transporte

Al emplear las expresiones 8y9, se obtiene un costo económico específico para la productividad teórica de los medios de transporte de 13,37 peso/h y para la productividad real de dichos medios se obtiene un costo de 13,65 peso/h, de esta forma si se utiliza al máximo la capacidad nominal de los medios de transporte es posible reducir los costos en 0,28 peso/h y si se considera que el turno de trabajo es de 10h, entonces se una reducción por turno de 2,8 peso.

Otro aspecto que se debe considerar es que este estu-

dio es para un solo remolque, y los conjuntos de transporte están formados por tres remolques, lo que influye directamente en la reducción de los costos si se utiliza la capacidad nominal de estos medios al máximo permisible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GARCÍA, S.S.: El proceso de producción agrícola: ejemplo de análisis para el proceso tecnológico del transporte. En: **Memorias del IX Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola**, Universidad Autónoma Chapingo, México, 1999.
 2. GARCÍA, S.S. y C. IGLESIAS: "Análisis tecnológico y de explotación del proceso de cosecha de cebada con la cosechadora John Deere 9500", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 12(4): 15-18, 2003.
 3. GARCÍA, S.S.: *Investigación del complejo mecanizado de cosecha-transporte de cebada en la región del Bajío Guanajuatense para elevar su eficiencia técnico-económica*, 161pp., **Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias)**, Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba, 2005.
 4. GOBERMAN, V. A. *Manual de explotación del transporte en la agricultura*, Rosseljoizdat, Moscú. (en idioma ruso), 1975.
 5. HUNT, D. *Maquinaria agrícola, rendimiento económico, costos, operaciones, potencia y selección de equipo*, Manual de laboratorio y cuaderno de trabajo, Editorial LIMUSA, México, 1983.
 6. IGLESIAS, C.E. *Administración de maquinaria agrícola, (apuntes para un libro de texto)*, 500pp., Universidad Autónoma Chapingo, México, 2002.
 7. JROBOSTOV, S. N. *Explotación del parque de tractores y máquinas*, Editorial Mir. Moscú, 1977.
 8. MIRANDA, C.A.; C. IGLESIAS; J. ANILLO y R. FIGUEROA: "Estudio comparativo de la productividad y el consumo de combustible de las máquinas cosechadoras de arroz Ideal 9075 y New Holland L5117 en función de los rendimientos agrícolas", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(1): 31-35, 2004.
 9. MOREJÓN, Y. *Determinación de la composición racional de la brigada de cosecha-transporte del arroz con la aplicación de la Teoría del Servicio Masivo en el CAI Arrocero "Los Palacios"*, 88pp., **Tesis (en opción al título de Master en Mecanización Agrícola)**, Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba, 2012.
 10. MUÑANTE, P.D. *Formulación y evaluación de proyectos (apuntes para el curso)*, Centro de Educación Continua y Servicios Universitarios, Universidad Autónoma Chapingo, México. (impreso), 2002.
-



CENDA

Centro Nacional de Derecho de Autor

Registro 2234-2013

CERTIFICACION DE DEPÓSITO LEGAL FACULTATIVO DE OBRAS PROTEGIDAS

La que suscribe, Lic. Maria-Teresa Otero Palacios, Especialista en Derecho de Autor y Derechos Conexos del Centro Nacional de Derecho de Autor, **CENDA**, deja constancia de que, previa comprobación, ha sido admitida en el área de depósito legal de esta Institución la obra, protegida por la legislación vigente de Derecho de Autor en la República de Cuba cuyos pormenores se describen a continuación:

Título: SAORCE-CTR.

Autor (a)(es): Yanoy Morejón Mesa; Pedro Luis Collazo Abreu; Yosleidy Roque Alayón; Ciro Iglesias Coronel.

Titular: Universidad Agraria de la Habana (UNAH).

Tipo de Obra: Software.

Características: La obra es un sistema automatizado para la organización racional del proceso Cosecha-Transporte-Recepción de cereales" SAORCE-CTR, es una herramienta que puede ser usada en las empresas productoras de cereales en Cuba y el mundo así como por investigadores agrícolas que trabajen en este campo para agilizar, centralizar y dinamizar la organización racional de la composición de los medios mecanizados que intervienen en el proceso.

El presente documento otorga la fe pública del acto de creación. La existencia y la titularidad originaria en esta fecha de la obra descrita, sólo constituiría prueba de primera vista ante cualquier litigio respecto a la autoría y explotación de la misma.

Dado en La Habana, a los 20 días del mes de septiembre de 2013.

Funcionario Público



Autor

UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA
"Fruhoso Rodríguez Pérez"

DIRECCION DE INFORMACION CIENTIFICO-TECNOLOGICA

20 de febrero de 2010
"Año 52 de la Revolución"

Hago constar:

Que el Ing. Yanoy Morejón Mesa es autor de la monografía titulada "Evaluación económica y energética de dos esquemas tecnológicos del comercio mecanizado cosecha-transporte del arroz. Estudio de caso: CAI Arrocero Los Palacios ", y ha sido aprobada para su publicación en el Anuario Científico "Ciencia en la UNAH 2009" con número de ISBN: 978-959-16-1163-5

Y para que así conste firma la misma,


MSc. Yanoy Morejón Mesa
Directora de la DIT



UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA

"Fructuoso Rodríguez Pérez"

DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN Y EL CONOCIMIENTO

"Año 54 de la Revolución"

23 de febrero de 2012

Hago constar:

Que el Ing. Roniel Llanes Díaz, es coautor de la monografía titulada "CONFORMACION DE LA BRIGADA COSECHA-TRANSPORTE DEL ARROZ CON LA APLICACION DE LA TEORÍA DEL SERVICIO MASIVO, EN EL CAI ARROCERO "LOS PALACIOS", publicada en el Anuario de la Ciencia del 2011, con ISBN 978-959-16-1372-1.

Para que así conste firma:



Lic. Sulen Jerez González

Especialista de la DGIC



AVALES ACREDITATIVOS DE LAS INSTITUCIONES



Los Palacios, 1 de septiembre de 2016


AVAL

Al resultado científico: Implementación del sistema automatizado SAORCE-CTR para la organización racional del complejo de máquinas que interviene en el proceso cosecha-transporte del arroz.

Autores: Dr.C. Yanoy Morejón Mesa, Dr. C. Ciro E. Iglesias Coronel, Dra. C. Liudmila Shkiliova, Dr. C. Alexander Miranda Caballero, MSc. Yoel Ribet Molleda e Ing. Natahali Abraham Ferro.

Esta propuesta presenta un aporte significativo al campo de la ciencia y a la aplicación a la agricultura de técnicas novedosas y relevantes en el campo de la mecánica computacional y los métodos numéricos en la ingeniería. Estas formulaciones han sido utilizadas para simular complejos problemas que se presentan durante el proceso cosecha-transporte del arroz a través de la implementación del sistema automatizado SAORCE-CTR, lo cual influye positivamente en la eficiencia productiva del proceso tecnológico y ha posibilitado la reducción de los costos a partir de la suma de los mínimos gastos por paradas.

Este resultado científico se ha venido introduciendo en la práctica por parte de nuestros especialistas, pues constituye una valiosa herramienta para simular la eficiencia en la utilización de la maquinaria agrícola utilizada en las actividades de cosecha mecanizada del cultivo de arroz en la provincia de Pinar del Río.


MSc. Yoel Ribet Molleda
Director General EAIG Los Palacios





Ministerio de Educación Superior

Dirección Ciencia y Técnica

Calle 23 Nº 565 e/ F y G Vedado,
La Habana, Cuba. Código Postal. 10400
☎ 7838-2359 Ext. 1166
✉ marisol.gonzalez@mes.gob.cu

La Habana, 5 de septiembre de 2016

"Año 58 de la Revolución"

**Aval de la Dirección de Ciencia y Técnica del MES sobre el trabajo propuesto a
Premio CITMA provincial, 2016.**

Certifico que el trabajo titulado "IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO SAORCE-CTR PARA LA ORGANIZACIÓN RACIONAL DEL COMPLEJO DE MÁQUINAS QUE INTERVIENE EN EL PROCESO COSECHA-TRANSPORTE DEL ARROZ", de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad Agraria de la Habana, la Unidad Científico Tecnológica de Base Los Palacios (UCTB) perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas y la Empresa Agroindustrial de Granos Los Palacios (EAIG Los Palacios), es avalado por la Dirección de Ciencia y Técnica.

La ejecución este Servicio Científico Técnico le facilitó a la Unidad Empresarial de Servicios Técnicos de la EAIG "Los Palacios" conocer mediante el empleo del sistema automatizado SAORCE-CTR, la composición racional del complejo cosecha-transporte del arroz a partir de criterios técnico-económicos teniendo en cuenta el mínimo de los costos por unidad de tiempo y/o unidad de producto cosechado y transportado en función de la productividad de la cosechadora, la cantidad y capacidad de los medios de transporte, la distancia de transportación, el tipo y condiciones de los viales, los tiempos de espera para la carga del producto en el campo y la descarga en los centros de recepción, lo cual permite disminuir en no menos del 5% las pérdidas económicas totales por paradas del complejo tecnológico.

Estos resultados son parte de dos tesis de maestrías defendidas, una tesis de doctorado defendida en el año 2015, seis trabajos de diplomas de estudiantes de Ingeniería agrícola e Informática, diez publicaciones referenciadas y electrónicas, y un registro informático legalizado por CENDA. Además se han presentado en eventos nacionales e internacionales y han tributado a tareas concebidas en dos proyectos de investigación.

DrC. Marisol González Pérez
Directora



Junio 17, 2016

"Año 58 de la Revolución"

Asunto: Aval del Consejo Científico del Instituto de Investigaciones de Granos sobre la relevancia de los resultados contenidos en la propuesta a premio CITMA 2016.


AVAL

Trabajo titulado: Implementación del sistema automatizado SAORCE-CTR para la organización racional del complejo de máquinas que interviene en el proceso cosecha-transporte del arroz.

Autores: Dr.C. Yanoy Morejón Mesa, Dr. C. Ciro E. Iglesias Coronel, Dra. C. Liudmila Shkillova, Dr. C. Alexander Miranda Caballero, MSc. Yoel Ribet Mollada e Ing. Natahali Abraham Ferro

Por medio de la presente se hace constar que las investigaciones desarrolladas por los compañeros antes mencionados han constituido un aporte significativo para el desarrollo de las agroindustrias destinadas a la producción de arroz, dado que estas investigaciones se orientan en la racionalización del proceso cosecha-transporte del arroz empleando la Teoría de Servicio Masivo, a través de la implementación del sistema automatizado SAORCE-CTR, lo cual influye positivamente en la eficiencia productiva del proceso tecnológico y ha posibilitado la reducción de los costos a partir de la suma de los mínimos gastos por paradas.

Sin otro asunto a tratar



MSc. Telcel Abdel González Morera

Director del Instituto de Investigaciones de Granos

Autopista Novia del Mediodía Km 16 ½, Bauta, Artemisa, Cuba

Tel.: (047) 37-3742, 37-3769

E.mail: telce@iiarroz.cu; direccion@iiarroz.cu



INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
Gaveta Postal No. 1, San José de Las Lajas, La Habana, Cuba. C.P. 32700
Tel. / Fax: (53) 47 86 3867
E-mail: mcperez@inca.edu.cu

5 de septiembre de 2016
"Año 58 de la Revolución"


**Aval del Consejo Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas sobre el trabajo
propuesto a Premio CITMA Provincial, 2016**

El trabajo titulado **"IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO SAORCE-CTR PARA LA ORGANIZACIÓN RACIONAL DEL COMPLEJO DE MÁQUINAS QUE INTERVIENE EN EL PROCESO COSECHA-TRANSPORTE DEL ARROZ"**, de la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad Agraria de La Habana, la Unidad Científico Tecnológica de Base Los Palacios (UCTB), perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas y la Empresa Agroindustrial de Granos Los Palacios (EAIG Los Palacios), es evaluado de satisfactorio por nuestro Consejo Científico.

El proceso de mecanización del cultivo del arroz requiere de un sistema de programación del trabajo y de control de la actividad, tanto de los indicadores productivos, como de los económicos, técnicos, tecnológicos, que permitan incrementar su eficiencia y requiere además del análisis de la utilización de todos los medios mecanizados que poseen, de su organización y explotación, del estudio y la adecuación de los índices e indicadores que emplean en su programación a corto y mediano plazo, para de esta forma poder incidir en su mejor aprovechamiento.

La implementación del sistema automatizado **SAORCE-CTR** por parte de la EAIG Los Palacios le permitirá tomar las decisiones correctas para lograr un mejor aprovechamiento de las capacidades productivas de los medios que intervienen en la cosecha-transporte-recepción del arroz, ya que se reducen los paros improductivos al determinarse por el programa la composición racional de los medios mecanizados que deben intervenir en el proceso a partir de los rendimientos agrícolas, las características de los viales y las distancia de transportación del grano cosechado.

Estos resultados se encuentran contenidos en dos tesis de maestrías defendidas, una tesis de doctorado defendida en el año 2015, seis trabajos de diploma de estudiantes de Ingeniería agrícola e Informática, en diez publicaciones referenciadas y electrónicas, en un registro informático legalizado por CENDA, se han presentado en eventos nacionales e internacionales y han tributado a tareas concebidas en dos proyectos de investigación.


Dra. C. María del Carmen Pérez Hernández
Presidenta Consejo Científico


DIRECCIÓN GENERAL

AVAL

Certifico que el trabajo titulado **"INVESTIGACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE LAS COSECHADORAS DE ARROZ NEW HOLLAND TC-57 Y LAVERDA 225 REV PARA LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTOS TÉCNICOS DIARIOS Y MT-1"**, del autor: MSc. Osmany Fernández Abreu, Dra. Liudmila Shkiliova, Dr. Alexander Miranda Caballero y colaboradores, resulta de gran importancia dado que el mismo constituye una herramienta práctica para evaluar y reportar de manera sistemática el nivel de mantenibilidad de las cosechadoras de arroz en las condiciones del EAIG "Los Palacios".

Con la aplicación de los resultados de la investigación se pudo elaborar las medidas para perfeccionar el funcionamiento del sistema logístico, elevar la disponibilidad de las cosechadoras de arroz y utilizar con más racionalidad los recursos materiales, financieros y humanos que cuenta el EAIG Los Palacios. Los resultados presentados han sido divulgados adecuadamente tanto en revistas nacionales como en eventos científicos nacionales e internacionales y los mismos formaron parte de la defensa de una tesis de Maestría en Mecanización Agrícola, además el mismo fue premio CITMA Academia Provincial en el año 2012.



Dr.C. Antihus Hernández Gómez
Decano - Presidente Consejo Científico
Facultad de Ciencias Técnicas
UNAH



PREMIOS RELACIONADOS CON EL RESULTADO



REPÚBLICA DE CUBA

La Comisión Nacional de Grados Científicos

en uso de las facultades que le han sido conferidas

ORTORGA A:

YANÓY MOREJÓN MESA

**EL RECONOCIMIENTO ANUAL POR
MENCIÓN MEJOR TESIS DE DOCTORADO DE LAS
CIENCIAS AGROPECUARIAS**

En consideración a que ha cumplido los requisitos preceptuados al efecto a partir del análisis de las tesis aprobadas en el período comprendido entre el 1ro de septiembre de 2015 y el 31 de julio de 2016, según se expresa en la Resolución No. 1 del 16 de enero de 2017.

Dado en La Habana, a los 19 días del mes de enero de 2017. "Año 59 de la Revolución"


Secretario


Presidente



LA DELEGACIÓN DEL MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE EN PINAR DEL RÍO

PREMIO PROVINCIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA

Otorga el:

Implementación del sistema automatizado SAORCE-CTR para la organización racional del complejo de máquinas que interviene en el proceso cosecha-transporte del arroz.

Al resultado científico

DrC. Yanoy Morejón Mesa

DrC. Alexander Miranda Caballero

DrC. Ciro E. Iglesias Coronel

DraC. Liudmila Shkiliova

del Autor/es:

por su novedoso aporte a la investigación científica en la rama de las Ciencias Agrarias


Delegado
Ministerio de Ciencia,
Tecnología y Medio Ambiente

Dado en la ciudad de Pinar del Río, a los 15 días del mes de Enero de 2017
en conmemoración al Día de la Ciencia Cubana.



LA DELEGACIÓN DEL MINISTERIO DE CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE EN PINAR DEL RÍO

PREMIO PROVINCIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA

Otorga el:

Al resultado
científico:

Fundamentos para la racionalización del proceso tecnológico cosecha-transporte del arroz con el empleo de la teoría del servicio masivo.

- Ms.C Yanoy Morejón Mesa.
- Dr.C Ciro E. Iglesias Coronel
- Dra.C Liudmila Shkiliova
- Dr.C Alexander Miranda Caballero
- Ms.C Yoel Ribet Molledo.

del Autor/es:

por su novedoso aporte a la investigación científica en la rama de las Ciencias Agropecuarias

Delegado
Ministerio de Ciencia,
Tecnología y Medio Ambiente

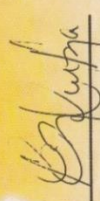
Dado en la ciudad de Pinar del Río, a los 15 días del mes de Enero de 2014
en conmemoración al Día de la Ciencia Cubana



RECONOCIMIENTO

Al Joven Investigador: Yancy Morejón Mesa
por haber obtenido Mención en la categoría de Ciencias Agropecuarias

Dado en La Habana, Cuba, el 15 de abril de 2017


Msc. Elba Rosa Pérez Minto
Ministra



EVENTOS CIENTIFICOS RELACIONADOS CON EL RESULTADO

IX Conferencia de Ingeniería Agrícola

AgrIng 2015



CERTIFICADO

A: Yanoy Morejón Mesa, Liudmila Shkiliova y Ciro Iglesias
Coronel



Por la presentación del Trabajo: ***"Influencia de la fiabilidad de explotación de las cosechadoras NEW HOLLAND TC-57 en el tiempo de turno"*** en el marco del IX Taller de Ingeniería Agrícola



Dado en Mayabeque a los 10 días del mes de diciembre de 2015



Ramos

Dr.C. Ernesto Ramos Carbajal
Director CEMA

Dra. C. Annia García Pereira
Decana FCT- UNAH

ISBN: 978-959-285-032-3



VII Conferencia de Ingeniería Agrícola Agring 2013

A: Josue Mojon Mesa Rector L. Colegio Agrar
Yucatán Rector Agrar. Ciro F. Aguilar Aguilar

Por la presentación del Trabajo :

Culturación del proceso agrícola - transporte
repositor al campo.

Mayabeque, Diciembre 2013



Dr. C. Antihus Hernández Gómez
Presidente Comité Organizado
Decano FCT- UNAH





V Edición de la Conferencia Científica
Internacional sobre Desarrollo
Agropecuario y Sostenibilidad

El Comité Organizador otorga el presente certificado a:

Yanoy Morejón Mesa, Ciro E. Iglesias Coronel

por su participación como **Ponente** con el trabajo titulado

RACIONALIZACIÓN DEL COMPLEJO COSECHA-TRANSPORTE DEL ARROZ APLICANDO LA
TEORÍA DEL SERVICIO MASIVO EN EL CAI ARROCERO "LOS PALACIOS"

Dado en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba, a los 19 días del mes de abril de 2012




Ministerio de educación superior

ISBN: 978-950-250-775-3

Dr. C. Luis Antonio Barranco Olivera
Presidente del Comité Organizador








La Unidad Científica Tecnológica de Riego "Los Palacios"
y el Comité Agronómico del Arrozero "Los Palacios"
otorgan el presente

CERTIFICADO


A Yanay Morejón Mesa

Por su participación en el Cuarto Encuentro Internacional Arrozero
"CEARSI 2011"
Dado en Los Palacios a los 15 días del mes de noviembre de 2011.
Año 15 de la República



[Signature]
Dr. Alexander Alvarado Chacabarro
Director UCRB Los Palacios
Arrozero "Los Palacios"

Auspician:



Póster: Racionalización del complejo arvecha-transporte del arroz
aplicando la Teoría del Servicio Manero en el CAS Arvechero
"Los Palacios".



alc

Agrociencias 2011

Congreso Internacional de Ciencias Agropecuarias

"La ciencia como la vida ha de ponerse en lengua diaria"

A: Ing. Sanoy Morcijn Mesa

Por la presentación del Trabajo *Determinación de la composición del complejo casaca-transporte de la caña de azúcar con la aplicación de la teoría del Servicio Masivo.*

Presentado como: *Posters Digital*

ISBN: 978-959-16-1367-7

Universidad Agraria de La Habana

Fructuoso Rodríguez Pérez

19 - 21 de octubre de 2011

Dr. Balbín

Presidencia Comité Organizador

Dr. C. María Irene Balbín Arias

Rectora UNAH





V ENCUENTRO INTERNACIONAL DE JÓVENES AGROPECUARIOS

Interjoven 2012

Las Brigadas Técnicas Juveniles
del Instituto de Ciencia Animal, otorgan el presente

CERTIFICADO

A: Yanay Manjón mesa

Por su participación en el evento como:

☒ Ponente

☐ Delegado

☐ Invitado

☐ Comité Organizador

☐ Conferencia

☒ Poster

☐ Presentación Oral

☐ Mesa Redonda

TÍTULO: La valoración económica y explotación de los recursos
de transporte utilizados en el primer ascenso - transporte
del arroz en el Complejo Agroindustrial (La Palmarina)

Maryen Alberto Vázquez
Presidente Comité Organizador

Dado en el Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba,
a los 9 días del mes de junio de 2012.



Dr. C. José A. Díaz Unfioria
Director General