

UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Departamento de Ingeniería Agrícola



**EVALUACIÓN TECNOLÓGICA EXPLOTATIVA DEL TRACTOR
XTZ-150K-09, EN LABORES DE PREPARACIÓN DE SUELO**

NORELY MACHADO TRUJILLO

**Tesis presentada en opción al grado académico de Master en
Ingeniería Agrícola**

Santa Clara, 2015



UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Departamento de Ingeniería Agrícola



**EVALUACIÓN TECNOLÓGICA EXPLOTATIVA DEL TRACTOR
XTZ-150K-09, EN LABORES DE PREPARACIÓN DE SUELO**

Autor: Ing. Norely Machado Trujillo.

Tutor: Dr. C. Omar González Cueto, Prof. Titular.

**Tesis presentada en opción al grado académico de Master en
Ingeniería Agrícola**

Santa Clara, 2015

Pensamiento

...” Hagamos el propósito de redoblar nuestros esfuerzos y juremos ante nosotros mismos que si un día nuestro trabajo, nos pareciera bueno, debemos luchar por hacerlo perfecto, conociendo de antemano que para la conquista nada será nunca suficientemente bueno y ninguna obra será jamás suficientemente perfecta”...

Fidel Castro Ruz.



Agradecimientos

....Agradezco a la revolución por haberme dado la posibilidad de forjarme y superarme como profesional.

.....Agradezco a mis tutores, el Dr. Omar González Cueto y a la MSc. Maritza Cruz Sotomayor por su ayuda y dedicación en la realización de esta tesis de maestría.

.....Agradezco a toda mi familia por la ayuda, cariño y confianza brindada en todo momento.

....Agradezco a mis padres Celina y José Miguel, mi hermano Yoinel y a Yenía por confiar en mí en todo momento.

.....Agradezco a mi hijo y a mi esposo Alfredo por su apoyo, su amor y su confianza.

.....Agradezco a todos mis compañeros de trabajo de la Subdelegación de Mecanización por el apoyo que me brindaron así como a todos aquellos que compartieron momentos alegres y difíciles conmigo.

.....Agradezco al grupo de la filial del IAgriC en Camagüey por el apoyo incondicional que me brindaron cuando más lo necesitaba.

.....Agradezco a los profesores de la Maestría en Ingeniería Agrícola que me impartieron sus conocimientos para el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en áreas de la Empresa Agropecuaria Valle del Yabú con el objetivo de determinar los índices tecnológico - explotativos, de fiabilidad y los gastos directos de explotación del tractor XTZ-150K-09 formando agregado con el arado de 6 discos AT-90, la grada de 24 discos GRSV 24x24 y el tiller de profundidad media de 11 órganos CHR-11P, para las condiciones de la empresa Agropecuaria Valle del Yabú. Para la realización del trabajo se utilizaron las normas cubanas NC 34-37, NC 34-38, and NC 34-47. Los resultados obtenidos mostraron que los índices tecnológicos-explotativos del tractor XTZ-150K-09 con los tres aperos evaluados tienen muy buen desempeño demostrándose en los valores alcanzados por los coeficientes de utilización del tiempo explotativo. El conjunto tractor-arado obtuvo un valor superior de 0,78, comparado con el conjunto tractor-grada y el conjunto tractor-tiller que alcanzaron valores de 0,64 y 0,68 respectivamente. Los índices de fiabilidad obtenidos mostraron el excelente desempeño del tractor con los tres aperos y las principales fallas se presentaron en los conductos hidráulicos, roturas del filtro de aceite y del ventilador, evidenciando que el principal conjunto con dificultad fue el sistema hidráulico del tractor. Los mayores gastos directos de explotación se obtuvieron con el conjunto tractor-arado alcanzando un valor de 53,36 peso/h, seguido de la grada con 46,84 peso/h y el tiller con el menor gasto de 44,83 peso/h.

ÍNDICE

INDICE



RESUMEN

INTRODUCCIÓN 10

CAPÍTULO I. ESTADO ACTUAL DEL TEMA 10

1.1 Situación actual del parque de tractores en Cuba 10

1.2 Índices utilizados para la evaluación tecnológico-explotativa de la maquinaria agrícola 11

1.3 Fiabilidad de la maquinaria agrícola 14

1.4 Gastos de explotación de la maquinaria agrícola 18

1.5 Análisis de las investigaciones realizadas para la evaluaciones tecnológico explotativa, de fiabilidad y económica de la maquinaria agrícola 20

1.6 Conclusiones parciales 22

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS 20

2.1 Metodología para la obtención de los índices tecnológico- explotativos del tractor XTZ-150 K-09 20

2.1.1 Metodología para la realización del cronometraje 24

2.1.2 Metodología para la obtención de los índices tecnológico- explotativos 25

2.2 Metodología utilizada para la determinación de los índices de fiabilidad del tractor XTZ-150K-09 26

2.3 Metodología para determinar la velocidad de trabajo del tractor 28

2.4 Metodología utilizada para determinar el consumo de combustible del tractor evaluado 28

2.5 Metodología utilizada para la evaluación económica 29

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
3.1 Caracterización de la empresa, del tractor y los aperos evaluados.....	35
3.2 Resultados obtenidos de la determinación de los índices tecnológico- explotativos	37
3.3 Resultados obtenidos de la determinación de los índices de fiabilidad	43
3.4 Resultados obtenidos de la determinación de los gastos directos de explotación	47
3.5 Conclusiones parciales.....	50
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Desde los primeros años de la Revolución, se comenzó la introducción masiva y acelerada de medios mecanizados más modernos, procedentes del área socialista. Esto constituyó uno de los pilares de la transformación de la agricultura tradicional en una moderna, y un medio para aliviar las condiciones de trabajo en el campo e incrementar la productividad.

A partir del 1959 se pone en vigor la Ley de Reforma Agraria y se entregan tierras a los campesinos y otros recursos, dentro de estos recursos está incluida la maquinaria agrícola. A raíz de esta problemática se acometieron en el país amplios planes de diversificación e intensificación agrícola.

Dicha reforma provocó, conjuntamente con otros planes de desarrollo en otras ramas de la economía, un déficit sustancial de la fuerza de trabajo y se hizo necesario un incremento importante en la productividad del trabajo del hombre.

El desarrollo científico técnico y el impacto que provoca la ciencia y la tecnología en el entorno material y en la vida espiritual del hombre indican que, indudablemente, asistimos a cambios sin precedentes en el sector agrícola, contribuyendo al incremento de la producción y la eficiencia de las máquinas.

Para paliar esta situación, una de las vías fundamentales que se ha utilizado fue el incremento de la fuerza de trabajo mecanizada, mediante la importación de

máquinas; incrementándose de forma gradual el número de tractores en Cuba hasta los años 90.

A partir de esta fecha, con el derrumbe del campo socialista, se elimina la principal fuente de entrada de maquinaria agrícola y piezas de repuesto; esta situación provocó un deterioro inevitable de la maquinaria, producto de lo cual a partir del año 1991, comienza una disminución de la cantidad de tractores en explotación, tanto de potencia baja, de media, como en los de alta potencia (Fernández, 2013).

La situación que presenta la economía cubana en los momentos actuales tiene características excepcionales en cuanto a complejidad de los retos que enfrenta, así como el adverso panorama internacional en que se ve obligada a actuar. El sector empresarial constituye el pilar estratégico para la recuperación del crecimiento económico del país.

En los *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución* (PCC, 2011), en los números 184, 193, 202 y 209 se hace referencia a la necesidad de incrementar la producción de alimentos, potenciando programas de producción de arroz, frijol, maíz, soya y otros granos que garanticen el incremento productivo, para contribuir a la reducción gradual de las importaciones de estos productos, alcanzar el autoabastecimiento de alimentos y lograr incrementar las exportaciones de estos. Objetivos similares se proponen para la producción de azúcar. Para conseguir estas líneas estratégicas se deben elevar los rendimientos y la eficiencia de la producción agrícola, la cual es imposible sin el desarrollo adecuado de la mecanización. El programa del PCC prevé reorganizar las actividades de riego, drenaje y los servicios de maquinaria agrícola para lograr un uso racional del agua, la infraestructura hidráulica y los equipos agrícolas disponibles, combinando el uso de la tracción animal

con tecnologías de avanzada. Sin embargo, gran parte de la maquinaria agrícola tiene más de 20 años de explotación (IIMA-MINAG, 2003; Lora, 2006; Herrera *et al.*, 2011), debido a esto el estado cubano ha realizado acciones en función de la modernización de los parques de maquinaria, realizando constantes importaciones de estas durante los últimos años. En los últimos cuatro años se importaron 2015 tractores con un valor de 58 275 MP (ONEI, 2013). La Figura 1 muestra la cantidad de tractores importados, así como su valor en pesos durante el cuatrienio 2010-2013.

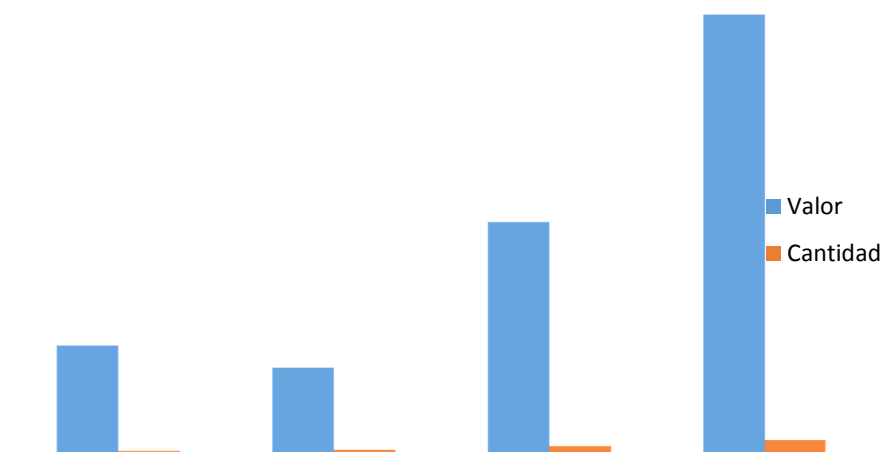


Figura 1. Tractores importados en Cuba, valor y cantidad, durante el cuatrienio 2010-2013 (ONEI, 2013).

El alto rendimiento explotativo de los tractores con altos valores de utilización durante toda su vida útil, son exigencias fundamentales para lograr que los gastos realizados para la compra de maquinaria rindan los frutos esperados. Estos requisitos son alcanzables solo cuando esta se encuentra en buen estado. En la producción agrícola las tareas asignadas se realizan en la mayoría de los casos bajo condiciones extremas, lo cual provoca el desgaste anticipado de las máquinas e aperos agrícolas. Como resultado de la influencia de estos factores pueden bajar considerablemente los

índices de explotación de las máquinas y surgir las paradas de los conjuntos por desarreglos técnicos, si no se realizan a tiempo y con la calidad debida las medidas encaminadas a mantener las máquinas en buen estado técnico (Jrobostov, 1977).

La evaluación de máquinas, en la cual se determinan sus características de manejo y desempeño, su impacto económico, como también sus parámetros ingenieriles, llegó en una etapa posterior de desarrollo, a pesar de los mayores beneficios potenciales que estas actividades pueden entregar al usuario y al fabricante (Smith *et al.*, 1994).

La evaluación tecnológico-explotativa es la vía más efectiva para llegar a conocer los índices de explotación de un equipo, la cual incluye un estudio de fiabilidad de la técnica. La misma consiste en la obtención de los tiempos de trabajo mediante el foto cronometraje, a partir de los cuales se calcula la productividad y los coeficientes de explotación. El análisis de estos resultados permite conocer las productividades obtenidas por tipo de tiempo empleado y coeficientes que describen tanto la explotación como la fiabilidad del equipo. También se han determinado otros índices que demuestran la fiabilidad de la máquinas agrícolas, así como la disponibilidad y utilización técnica y los gastos de explotación (Matos y López, 2011).

Para mantener la fiabilidad y efectividad de trabajo de las máquinas es necesario contar con un conjunto de medios, documentación y ejecutores, lo cual representa el Sistema de Mantenimientos Técnicos y Reparaciones (SMTR), estando su trabajo reglamentado por determinadas reglas, resoluciones, decisiones, etcétera (Shkiliova y Fernandez, 2011; Fernández, 2013). En Cuba para la maquinaria agrícola está establecido el Sistema de Mantenimientos Técnicos y Reparaciones Planificado Preventivo. Este fue introducido en los años 60 producto de la colaboración con la URSS, y se caracteriza por la periodicidad reglamentada (planificación) de ejecución

de las operaciones de mantenimientos técnicos y reparaciones y carácter preventivo de los trabajos, dirigidos a prevenir las fallas y sus consecuencias. Este sistema en su esencia no ha experimentado grandes cambios durante su funcionamiento, y hasta ahora se aplican los conceptos establecidos en su inicio, incluyendo el lenguaje, términos y definiciones. Sin embargo, la introducción en la agricultura de la técnica moderna, el desarrollo de los trabajos para la reorganización de su utilización y explotación técnica exigen que se investiguen los índices de fiabilidad de estas máquinas, para a partir de estos tomar decisiones sobre el sistema de mantenimiento técnico y reparaciones empleados.

Desde el punto de vista económico, es deseable una alta fiabilidad de las máquinas para reducir los gastos totales, ya que el costo anual para mantener ciertos equipos y sistemas en funcionamiento ha llegado a ser varias veces mayor al costo original (Shkiliova *et al.*, 2007), debido al alto nivel de roturas e interrupciones en el servicio, dado en la mayoría de los casos por el envejecimiento de la maquinaria. La fiabilidad es importante para obtener un estimado de la vida útil y así poder anticiparse a los posibles fallos. El obtener una buena estimación de la fiabilidad del tractor o de alguno de sus conjuntos, posibilitará la toma de decisiones relacionadas acerca de cuándo conviene revisarlo o cambiarlo por otro nuevo. Diversos autores como (Kolgunov, 1982; PÉREZ, 1995; OLIVEIRA, 1997; Daquinta *et al.*, 1998) que se dedicaron al estudio de la fiabilidad de la maquinaria agrícola, han coincidido en que la fiabilidad de explotación (seguridad técnica y tecnológica) de esta maquinaria en gran medida depende de la correcta realización de los mantenimientos técnicos y reparaciones.

La realización de pruebas y evaluaciones de las nuevas tecnologías introducidas en Cuba permite tener un mayor conocimiento de la técnica a utilizar, su adaptación a las condiciones de explotación y recomendaciones para su adecuada utilización.

Los índices económicos son, sin dudas, necesarios e importantes a la hora de tomar la decisión de seleccionar una máquina así como de su perfeccionamiento. Las evaluaciones a las máquinas siguen un orden lógico de realización que va desde la etapa de investigación y desarrollo de los prototipos hasta la puesta en explotación de la nueva máquina. A partir de la tarea técnica, se definen los índices económicos y financieros de cada propuesta, lo cual exigirá una revisión de los gastos y las ganancias proyectadas para descubrir si satisfacen los objetivos y los volúmenes de producción que debe alcanzar la máquina (Iani y Clemente, 1999).

En la provincia Villa Clara, como parte de la respuesta a los lineamientos del PCC se realiza el plan de desarrollo de la Empresa Agropecuaria Valle del Yabú, la cual ha variado su misión de la producción de viandas hacia la producción de granos. Esta empresa ha sido potenciada con la introducción de nuevas máquinas que le permitan dar respuesta a las crecientes exigencias de producción de alimentos de la provincia y el país. Dentro de la maquinaria de nueva adquisición se encuentran cuatro tractores XTZ 150K-09, así como otros aperos, máquinas agrícolas y cosechadoras. Estos tractores no han sido evaluados con anterioridad y no se conocen sus índices tecnológico-explotativos, sus índices de fiabilidad ni sus gastos directos de explotación, elementos que son necesarios conocer para realizar una explotación más eficiente de estos medios. En la provincia ha sido explotado durante muchos años el tractor T-150K, del cual tampoco se han obtenido sus índices, o al menos no se encontraron referencias sobre esto publicadas.

La Empresa Agropecuaria Valle del Yabú tiene características que hace difícil lograr un alto nivel de rendimiento y utilización de la maquinaria agrícola, esto se debe a:

- Deterioro de la maquinaria, reflejado en un coeficiente de disponibilidad técnica que no sobrepasa el 70%.
- Insuficiente conocimiento de los índices de explotación de los equipos de potencia media.
- Insuficiente conocimiento sobre el uso eficiente de las nuevas tecnologías de tractores adquiridas por la empresa.
- Limitada actividad de capacitación al personal que opera con los equipos agrícolas de preparación de suelo.
- Desconocimiento de los índices de los tractores y sus productividades con diferentes agregados en diferentes condiciones, teniendo en cuenta en todos los casos las recomendaciones del fabricante.
- Déficit del personal técnico en la actividad de mecanización agrícola.

Estos factores motivan el desarrollo de la investigación que tiene como:

Objeto de estudio: los índices tecnológico- explotativos, de fiabilidad y económicos del tractor XTZ-150K-09.

Problema científico: ¿Cuáles serán los índices de explotación, de fiabilidad y económicos del tractor XTZ-150K-09 en labores de preparación de suelos para las condiciones de la empresa Agropecuaria Yabú?

Hipótesis:

La determinación de los índices tecnológicos, explotativos, de fiabilidad y económicos del tractor XTZ-150K-09 durante las labores de preparación de suelos en las

condiciones de la empresa Agropecuaria Yabú, permitirá realizar recomendaciones a los agricultores para mejorar la eficiencia en la explotación de dicho equipo.

Objetivo general: determinar los índices de explotación, de fiabilidad y económicos del tractor XTZ-150K-09 durante la preparación de suelos en las condiciones de la Empresa Agropecuaria Valle del Yabú.

Para dar cumplimiento al objetivo general propuesto, se plantean los objetivos específicos siguientes:

Objetivos específicos:

- 1- Caracterizar las condiciones de explotación de los tractores en la empresa Agropecuaria Valle del Yabú.
- 2- Realizar la evaluación tecnológico-explotativa al tractor XTZ-150K-09 formando agregado con el arado, la grada y el tiller en labores de preparación de suelo en la Agropecuaria Valle del Yabú.
- 3- Determinar índices fiabilidad del tractor XTZ-150K-09 formando agregado con el arado, la grada y el tiller en labores de preparación de suelo en la Agropecuaria Valle del Yabú.
- 4- Determinar los gastos directos de explotación del tractor XTZ-150K-09 formando agregado con el arado, la grada y el tiller en labores de preparación de suelo en la Agropecuaria Valle del Yabú.

CAPÍTULO I. ESTADO ACTUAL DEL TEMA

CAPÍTULO I. Estado actual del tema

1.1 Situación actual del parque de tractores en Cuba

Como resultado del proceso de importación de nuevas tecnologías Cuba marcha hacia la transformación de su modelo agrícola y se ha iniciado un proceso de asimilación de resultados científico-técnicos obtenidos por los centros de investigaciones y de prácticas campesinas exitosas olvidadas, que forman parte de sistemas de producción. En este contexto se han realizado cambios y renovaciones en el campo de la maquinaria agrícola, los cuales han dado paso a nuevas posibilidades y perspectivas con el desarrollo de varios programas y acciones encaminadas al uso eficiente de la maquinaria agrícola.

Dentro de las acciones priorizadas se encuentra la sustitución paulatina del parque de tractores por otros más modernos y eficientes (Azoy *et al.*, 2012). Se han introducido varias líneas de equipos al país, dentro de las cuales se encuentra el tractor XTZ-150K-09, destinado fundamentalmente a realizar labores agrícolas de alta demanda energética como la subsolación, aradura, gradeo, siembra y recolección, atenciones culturales y labores de transporte con remolques de alta capacidad (hasta 20 t). Se emplea ampliamente en la agricultura, distinguiéndose por las posibilidades para ejecutar labores de transporte, que se practican en el transcurso de todo el año (Soto *et al.*, 2012).

El país a través de proyectos con colaboración extranjera, innovación a través de los institutos de investigación y la importación de maquinaria (Figura 2) de países como Bielorrusia, Brasil, China, entre otros; ha sustituido gradualmente su parque envejecido.

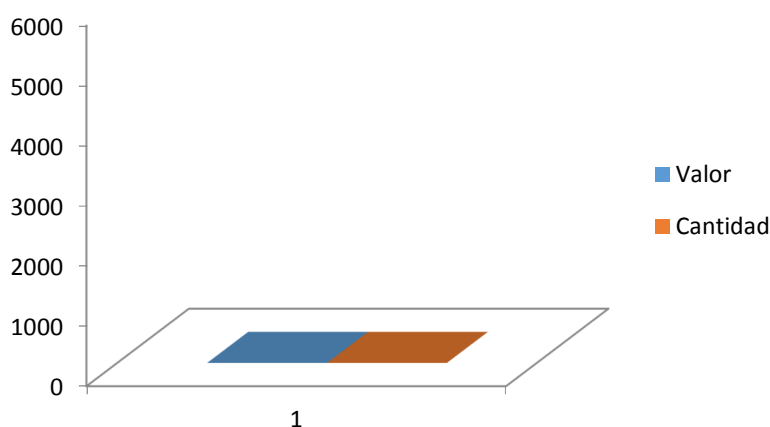


Figura 2. Importación de máquinas agrícolas y forestales (ONEI, 2013).

Alvarado (2004), plantea que ha habido grandes innovaciones en la mecanización en las últimas décadas reflejado en la introducción de máquinas para la realización de labores agrícolas. Un factor negativo lo ha constituido la escasa mano de obra disponible para la producción agrícola y los productores han tenido que aumentar el grado de mecanización en sus fincas. Además, el trabajo utilizando el tractor es más productivo y económico, comparado con el trabajo realizado por el hombre. En la actualidad, el tractor es el elemento más importante en la mecanización agrícola, porque tiene la capacidad de manejar una gran cantidad de aperos en tareas muy diversas.

En la actualidad, Cuba posee una maquinaria envejecida con un promedio de más de 20 años de explotación, por lo que han perdido su capacidad de responder a las necesidades de explotación y el coeficiente de disponibilidad técnica no sobrepasa el 65%. No cuenta con las tecnologías de las grandes fábricas para producir piezas de repuestos, por lo que necesita adquirirla a través de la importación, con previa asesoría de especialistas de varias instituciones, entre las que se encuentra el Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), institución responsable de validar, certificar, evaluar y proponer adaptaciones o modificaciones de toda la maquinaria que se introduzca al país.

La eficacia de la mecanización de la producción agrícola depende, en grado considerable, de la estructura de los tractores y del nivel de su utilización. Las cualidades de explotación se ponen de manifiesto durante su trabajo en conjunto con aperos, están estrechamente relacionadas entre sí y se pueden clasificar en tres grupos: agrotécnicas, técnico- económicas y técnicas generales. Dentro de las cualidades técnico-económicas se encuentra el rendimiento o productividad, los gastos de amortización, la seguridad en la explotación, la correspondencia a los índices de la tecnología y la economía de reparación y servicios técnicos del tractor.

1.2 Índices utilizados para la evaluación tecnológico-explotativa de la maquinaria agrícola

Según Garrido (1985), la explotación es la materia que permite estudiar el uso racional de los recursos materiales que son utilizados para la mecanización de la producción agropecuaria. Consiste en la aplicación de una serie de medidas técnicas, tecnológicas, económicas y organizativas que permiten que los tractores y máquinas realicen los trabajos para los cuales han sido destinados, con la mayor eficiencia

posible, garantizando la ejecución de los trabajos en los plazos agrotécnicos establecidos, con la calidad requerida y los menores gastos explotativos posibles.

La utilización de las máquinas es un proceso fundamental en el sistema de explotación y su efectividad depende ante todo del modo racional de su uso. En este proceso cumplen con una importante función las propiedades que determinan la funcionalidad, el rendimiento, la fiabilidad y las tareas del mantenimiento.

Las experiencias adquiridas de ningún modo pueden acelerar el desarrollo en la explotación de las máquinas sin un respaldo teórico y experimental, sin la aplicación de un adecuado sistema de reposición y evaluación de la capacidad de trabajo de éstas, denominado internacionalmente Ingeniería del Mantenimiento (Zaldívar y de la Coromoto, 2009).

Muchos índices importantes de explotación de los tractores dependen esencialmente de las condiciones de trabajo. El índice que mejor refleja el grado de perfección técnica, las condiciones de trabajo y el nivel de utilización del conjunto, son los gastos directos de explotación por unidad de tiempo o de producción (Jrobostov, 1977).

Definir una correcta administración del parque de máquinas, tractores y tracción animal es vital para garantizar el uso eficiente de las fuentes de energía e implementos y máquinas agrícolas en el proceso de producción agropecuaria de las empresas agrícolas. La utilización altamente productiva de los conjuntos de tractores y máquinas y la buena calidad agrotécnica de los trabajos se logran a condición de que el tractor y las máquinas –aperos que forman el conjunto tengan altos índices de explotación, se encuentren en buen estado técnico y estén adecuadamente seleccionados.

(Jrobostov, 1977) refiere que los índices fundamentales de explotación de las máquinas y aperos agrícolas a tener en cuenta son:

- La calidad de trabajo, la profundidad y el carácter de labranza del terreno, la altura de corte, la ausencia de pérdidas de la cosecha.
- El rendimiento, el frente de labor y la velocidad de movimiento admisible según la calidad de trabajo y la resistencia mecánica de las máquinas.
- El esfuerzo de tracción y la potencia que se necesitan para el trabajo de las máquinas, el gasto de combustible y de lubricantes por hectárea o por unidad de producto elaborado, el rendimiento de la máquina.
- El número de obreros que atienden la máquina, así como la seguridad de trabajo del personal, el acceso cómodo para realizar los reglajes, la comodidad del mantenimiento y del manejo de la máquina.
- La fiabilidad de la máquina, el plazo de servicio de sus principales piezas y mecanismos hasta la reparación, la capacidad de paso por los campos y caminos, la amplitud para realizar las reparaciones.
- Los gastos directos de explotación por unidad de trabajo.

Diversos autores han desarrollado programas de computación que sirven como herramientas para facilitar diferentes cálculos de explotación de los tractores. Algunos de estos son el AnaExplo (Sotto *et al.*, 2006b), el Cemaq (Sotto *et al.*, 2006a), el SMDHL (de las Cuevas *et al.*, 2010) y el TecExp (de las Cuevas *et al.*, 2012). Este último está desarrollado sobre una plataforma de trabajo EXCEL para Windows, donde se determinan los indicadores tecnológicos–explotativos de los conjuntos a prueba, para las condiciones organizativas y productivas del proceso de trabajo. Este sistema

determina además los índices de la efectividad tecnológica de las máquinas agropecuarias y forestales según la norma (NC 34-37, 2003), a partir de cronometrajes en no menos de 5 turnos de control realizados a la máquina a prueba en condiciones de campo.

Esta herramienta expresa los resultados de cada turno de control, contemplando el volumen de trabajo realizado, balance de tiempo (limpio, operativo, productivo, de turno y explotativo), productividad horaria y en 8 h, gasto de combustible por unidad de trabajo realizado y en tiempo de explotación, tiempo de eliminación de desperfectos tecnológicos y técnicos, coeficiente de seguridad tecnológica y técnica, coeficiente de utilización del tiempo productivo y explotativo. Además nos ofrece un resumen de los índices primarios del turno de control, determinando la cantidad de veces que se repite los tiempos según su código, así como el tiempo total consumido en el mismo. Por último determina los indicadores tecnológicos generales de la evaluación de la máquina a prueba según la cantidad de turnos de control realizada.

1.3 Fiabilidad de la maquinaria agrícola

La fiabilidad de una máquina es su propiedad de cumplir las funciones indicadas conservando sus índices de explotación en los límites prefijados durante un tiempo determinado o el volumen de trabajo requerido, está condicionada por la perfección de su estructura, por la tecnología de producción y reparación, por las condiciones y su nivel de utilización. La productividad de trabajo y el rendimiento económico de las máquinas depende en sumo grado de su fiabilidad de explotación (Nachlas, 2002).

Según Nachlas (1995), la fiabilidad es el estudio de la vida útil de las máquinas y el fallo de los equipos. Para la investigación de las causas por las que los dispositivos

envejecen y fallan, se aplican principios científicos y matemáticos. Una mayor comprensión de los fallos de los dispositivos, ayudará en la identificación de las mejoras que pueden introducirse en los diseños de los productos, para aumentar su vida o, por lo menos, limitar las consecuencias adversas de los fallos.

Cada una de las máquinas que trabaja en la agricultura y sus partes componentes están predestinadas a cumplir las funciones asignadas en determinadas condiciones de producción y explotación técnica. El estado técnico de las máquinas durante el proceso de explotación cambia, así como cambian de nominal al límite los valores de los parámetros que lo caracterizan. Cuando al menos un parámetro estructural sobrepasa su valor límite, esto puede provocar un deterioro o la pérdida de la capacidad del trabajo de la máquina o sus partes componentes. Las partes componentes de las máquinas se regulan, recuperan y sustituyen para lograr que sus parámetros técnicos no sobrepasen durante el proceso de explotación el valor límite y los agregados no alcancen su estado límite (Shkiliova, 2011).

Las máquinas modernas agrícolas (tractores, combinadas y otras) están constituidas por decenas de miles de piezas, cada cual potencialmente puede fallar por uno o varios parámetros de su estado técnico. Sin embargo, es conocido de la práctica de explotación que solamente hasta un 5% de las piezas representan la fuente principal de las fallas de las máquinas. Debido a esto en la práctica durante el proceso de dirección del estado técnico y de fiabilidad de las máquinas, generalmente, se trabaja con 100...200 piezas, que condicionan el nivel de trabajo sin falla, durabilidad y mantenibilidad de las máquinas agrícolas (Daquinta, 2008). Por tanto, se concede mucha importancia al diseño de los productos o a su rediseño, con anterioridad a la

fabricación o a la venta. Fiabilidad es la probabilidad de que un dispositivo realice adecuadamente su función prevista a lo largo del tiempo, cuando opera en el entorno para el que ha sido diseñado.

A propósito, Kleine (2009), refiere que la fiabilidad significa menor necesidad de intervención; el concepto de fiabilidad debe comprender las acciones que aumentan la duración actual de la vida de un equipo (como la lubricación, la alineación, el calibrado, etc.) y que, por tanto, prolongan el tiempo medio entre fallos.

La definición deja claro que acciones como el control de estado no están relacionadas con la fiabilidad, sino con la minimización del tiempo medio para la reparación (Shkiliova *et al.*, 2007).

Daquinta *et al.* (1998) ha señalado que: “los índices de fiabilidad caracterizan, en determinada medida, las propiedades separadas o de grupos de la fiabilidad de las máquinas. Cada índice tiene su esencia diferente e indicadores individuales incompatibles con otros según su magnitud”.

El tema de la fiabilidad de la maquinaria ha sido muy debatido y estudiado. La metodología de la norma cubana incluye el cálculo de índices como: los de seguridad técnica y tecnológica, los cuales permiten una valoración sobre la fiabilidad del equipo o máquina en investigación (NC 34-37, 2003).

Los objetivos fundamentales de la recopilación y el procesamiento de la información sobre la fiabilidad de las máquinas perfeccionamiento constructivo de las piezas y de la tecnología de fabricación, montaje, control y prueba, encaminado a garantizar y elevar la fiabilidad; elaboración de medidas dirigidas a comprobar las reglas de

explotación y a elevar la eficiencia del mantenimiento técnico, así como incrementar la calidad de las reparaciones y disminuir los gastos incurridos en su realización.

Las tareas del sistema de recopilación y procesamiento de la información son:

1. Determinación y estimación de los indicadores de la fiabilidad de los objetos técnicos.
2. Búsqueda de las deficiencias constructivas y tecnológicas de las piezas que disminuyen la fiabilidad.
3. Determinación de las regularidades del surgimiento de las fallas.
4. Establecimiento de la influencia de las condiciones y regímenes de explotación sobre la fiabilidad de las piezas.
5. Corrección de los indicadores normados de la fiabilidad.
6. Optimización de las normas de gasto de las piezas de repuesto, revelación de las deficiencias de la explotación y el perfeccionamiento del sistema de mantenimiento y reparación.
7. Determinación de la efectividad de las medidas encaminadas a elevar la fiabilidad de las piezas hasta un nivel óptimo (Menéndez y Menéndez, 2007).

La evaluación del mantenimiento dentro de una organización permite analizar el cumplimiento de los objetivos propuestos, posibilita identificar los aspectos sobre los cuales es preciso trabajar para lograr eficiencia en la actividad y desarrollar las acciones para la continua mejora. Esto puede lograrse con la ayuda de indicadores, entendiéndose por indicador a aquella variable cuyo valor o tendencia nos indica algo relevante para la organización y que además de aportarnos una información, nos permite tomar decisiones en nuestro ámbito de actuación o contexto (González, 2010). Fernández (2013), afirma que dentro de los indicadores para la gestión del

mantenimiento, los más conocidos y divulgados son los de tiempo medio entre fallas (TMEF), tiempo medio para la falla (TMPF), tiempo medio para reparación (TMPR), y el coeficiente de disponibilidad técnica (K_{dt}).

Algunos autores como (Shkiliova *et al.*, 2005; Shkiliova *et al.*, 2007; Fernández, 2013), han utilizado como información primaria para el cálculo de los índices de fiabilidad las tarjetas de consumo de combustible y las órdenes de taller, considerando que estos documentos son una fuente valiosa de información siempre que se logre una sistematicidad y calidad en su elaboración. Como resultado de estos trabajos se obtuvo el coeficiente de disponibilidad técnica para tractores MTZ-50 y MTZ-80, así como su cambio dinámico durante un año, el tiempo promedio de eliminación de fallos, el tiempo gastado en la ejecución de los mantenimientos técnicos programados y su costo.

Otros autores han utilizado como fuente primaria para el cálculo de los indicadores de fiabilidad los resultados del foto cronometraje o cronocartas realizadas a máquinas agrícolas durante las evaluaciones tecnológico-explotativas según los procedimientos establecidos en la (NC 34-37, 2003) (Hernández, 1999; Miranda, 2005; Luques, 2013; Ruiz, 2013).

1.4 Gastos de explotación de la maquinaria agrícola

Durante los últimos años las instituciones de investigación del mundo de la agricultura se han dado a la tarea de realizar estudios para encontrar métodos más efectivos de preparación de suelos y cultivo que garanticen el incremento de los rendimientos agrícolas. Sin embargo la elevación de la eficiencia de los diferentes métodos agrotécnicos no se debe realizar sobre la base de los incrementos de producción sino tomando en consideración varios índices de gran importancia económica como son

productividad del trabajo, gastos de producción, compensación de los gastos adicionales y compensación de las inversiones adicionales para la realización de los nuevos métodos agrotécnicos. La eficiencia económica de la maquinaria está determinada por los gastos de materiales y recursos humanos en la realización de los trabajos (González, 1993).

La evaluación económica, realizada por la metodología de la NC 34-38 (2003), ha sido aplicada a cosechadoras, tractores y aperos. Con esta se han determinado los gastos directos de explotación, así como otros índices de efectividad económica (Mejías *et al.*, 2012). Los elementos del gasto directo de explotación que con mayor frecuencia han sido determinados son los gastos de salario, combustibles y lubricantes, depreciación y gastos de mantenimiento y reparación (Chedré *et al.*, 2005; Loreto *et al.*, 2008; Morejón *et al.*, 2008; Paneque *et al.*, 2009a; Paneque *et al.*, 2009b; Ricote *et al.*, 2010; Matos y López, 2011; Martínez *et al.*, 2012; Nejadi y Raoufat, 2013). Mejías *et al.*, (2012) realizaron un estudio donde se analizaron comparativamente tres tecnologías de preparación de suelo, teniendo en cuenta los gastos de trabajo, los cuales se consideran como un índice fundamental que caracteriza el grado de mecanización, siendo a su vez un elemento que determina los gastos de producción. El costo de utilización del tractor varía de una explotación a otra, y de una región a otra. Los factores que influyen en los gastos, además del tamaño y del tipo de máquina, son el número de días de trabajo al año, el tipo de trabajo realizado, el cuidado con el que se trata al tractor, entre otros. Uno de los más importantes es el tiempo de utilización. Para el parque de máquinas y tractores (PMT) según Garrido (1985); González (1993), Brizuela *et al.* (2006) y Vazquez *et al.* (2012) el problema se reduce al cumplimiento de las labores mecanizadas en el plazo establecido, con la máxima

calidad y el mínimo de gastos; para lo cual se deben seleccionar adecuadamente los conjuntos, sus indicadores de trabajo y consumo, e incrementar al máximo la carga de trabajo y de este modo disminuir los gastos fijos específicos y con ello los gastos de trabajo.

1.5 Análisis de las investigaciones realizadas para la evaluaciones tecnológico explotativa, de fiabilidad y económica de la maquinaria agrícola

La complejidad de los procesos agropecuarios mecanizados exige que los tractores y máquinas agrícolas utilizados sean sometidos constantemente a estudios e investigaciones con el objetivo de obtener información sobre su capacidad técnica de trabajo, sus índices económicos y otras características que nos permitan su mejor explotación, así como el perfeccionamiento continuo del diseño y la construcción (González, 1993).

Este autor mantiene que, mediante las pruebas de las máquinas, en condiciones económicas y naturales típicas, se pueden determinar sus principales cualidades de explotación tales como: la seguridad de su estructura; la correspondencia con las exigencias agrotécnicas; los índices energéticos y de rendimiento; la economía, así como la comodidad del mantenimiento.

Dichas pruebas se realizan, tanto a las máquinas nuevas que se introducen en las empresas, como a las que han sido modificadas y las que se encuentran en explotación, con el fin de comprobar su capacidad de trabajo. Mediante estas pruebas se logra adquirir información valiosa sobre la situación que presentan estos índices, lo cual contribuye a mejorar la explotación del equipo y por tanto, a la reducción evidente de los gastos de explotación.

Han sido varias las evaluaciones tecnológico-explotativas que se han realizado tanto a tractores como a cosechadoras, ya sean de arroz o de caña, se han realizado también a aperos y a tecnologías de preparación de suelos. En el caso de los tractores, la Estación de Prueba del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric.), ha realizado un número significativo de pruebas estatales utilizando la metodología establecida en la NC 34-37 (2003), a diferentes equipos introducidos en Cuba, a los cuales se le determinaron los índices tecnológicos explotativos y de fiabilidad (IIMA, 2004, 2009a,b; Colón y Ortíz, 2011; IIMA, 2002), (IAgric, 2014).

Con esta evaluación se determinan, a partir de cronometrajes realizados a la máquina a prueba en condiciones de campo, los indicadores de explotación, contemplando el balance de tiempo (limpio, operativo, productivo, de turno y de explotación), productividad horaria y de la jornada, gasto de combustible por unidad de trabajo realizado y en tiempo de explotación (de las Cuevas *et al.*, 2012).

Varias han sido las evaluaciones realizadas a cosechadoras de arroz (Miranda, 2005; Loreto *et al.*, 2008), a tractores y máquinas agrícolas (García, 2004; Rodríguez *et al.*, 2007; Vázquez *et al.*, 2009; Colón y Ortíz, 2011; Bravo, 2012; Martínez *et al.*, 2012; Matos y García, 2012; Vazquez *et al.*, 2012) y a cosechadoras de caña (Ruiz, 2013; Daquinta *et al.*, 2014; De la Rosa *et al.*, 2014), para las cuales se determinaron los índices tecnológicos explotativos y de fiabilidad. Según Vázquez *et al.*, (2009), utilizan esta metodología, para evaluar varios aperos y conjuntos de labranza en cuatro tecnologías de preparación de suelo. Aunque se han realizado ya una importante cantidad de evaluaciones de este tipo, aún queda mucho por investigar. Cada evaluación que se realiza, ofrece resultados aplicables sólo para las condiciones de

dicha investigación o región, lo que evidencia que en materia de evaluaciones, se puede avanzar aún más.

1.6 Conclusiones parciales

1. En Cuba se ha introducido el tractor XTZ-150K-09, destinado fundamentalmente a realizar labores agrícolas de alta demanda energética sin que hasta la fecha se hayan realizado evaluaciones tecnológico – explotativas, de fiabilidad y económicas de su desempeño.
2. La eficacia de la mecanización de la producción agrícola depende en grado considerable del correcto manejo de los índices de explotación, de su fiabilidad, así como de los gastos directos de explotación.
3. Las evaluaciones a máquinas agrícolas han sido ampliamente utilizadas para determinar los índices de explotación a partir de la aplicación de la NC-34-37 para la evaluación tecnológico-explotativa y los gastos directos de explotación a partir de la aplicación de la NC-34-38 para la evaluación económica.
4. Los índices de productividad por hora de tiempo limpio, por hora de tiempo operativo, por hora de tiempo productivo y por hora de tiempo de explotación, así como los coeficientes de pases de trabajo y de seguridad técnica y tecnológica reflejan los indicadores tecnológico explotativos de los tractores y máquinas agrícolas.
5. Los índices de tiempo medio entre fallas, tiempo medio para la reparación y el coeficiente de disponibilidad técnica son indicadores que reflejan la fiabilidad de las máquinas agrícolas.
6. Los gastos directos de explotación manifiestan el grado de perfeccionamiento en la utilización de las máquinas agrícolas.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

Capítulo II. Materiales y Métodos

El presente trabajo fue desarrollado en la empresa Agropecuaria Valle del Yabú, perteneciente al MINAGRI, situada en la Carretera a Sagua, Km. 4 ½, del municipio Santa Clara, provincia de Villa Clara. Sus actividades fundamentales están dirigidas a la producción de cultivos varios y la actividad pecuaria. La investigación estuvo dirigida al tractor XTZ-150K-09 ubicado en la UEB Integral de Servicios Técnicos. Los mismos están agrupados en forma de pelotón de preparación de suelos. Para la determinación de las condiciones de ensayo se utilizó la norma cubana NC 34-47 (2003).

2.1 Metodología para la obtención de los índices tecnológico- explotativos del tractor XTZ-150 K-09

La norma cubana (NC 34-37, 2003) establece la metodología para la obtención y análisis de los índices de la efectividad tecnológico-explotativa de las máquinas agropecuarias y forestales. Esta se realizó en todos los trabajos principales y complementarios en varios turnos de control y en diferentes labores de preparación de suelos. Se tomaron los valores de los tiempos de trabajo teniendo en cuenta la clasificación establecida en la norma cubana (Anexo1). Esta evaluación se realizó durante el primer trimestre del año 2014.

2.1.1 Metodología para la realización del cronometraje

Para el cronometraje del ensayo se utilizó el modelo 1 de cronometraje (Anexo 2). Se anotaron en orden cronológico todas las operaciones y los elementos del tiempo de trabajo de la máquina y se especificaron los datos sobre la organización de los ensayos. Los componentes del agregado, el régimen de trabajo de la máquina, las características del cultivo que se elabora o procesa, los materiales, el gasto de combustible, el volumen de trabajo realizado, los gastos de aceite y grasa, los materiales auxiliares, la cantidad de personal de servicio y otros datos vinculados con la prueba de cada tipo de máquina. El cronometraje del día de trabajo se realizó ininterrumpidamente durante todo el turno y la observación se llevó a cabo desde el momento del comienzo del trabajo del personal de servicio. Los resultados primarios del turno se calcularon y escribieron en la última hoja del modelo de cronometraje. Para el procesamiento de datos se utilizó el sistema automatizado "TECEXP" (de las Cuevas *et al.*, 2012), desarrollado sobre una plataforma de trabajo EXCEL para Windows (Figura 3). Con este se determinaron los indicadores tecnológicos-explotativos de los conjuntos a prueba, para las condiciones organizativas y productivas del proceso de trabajo, según la norma (NC 34-37, 2003), a partir de los cronometrajes realizado a la máquina a prueba en condiciones de campo.

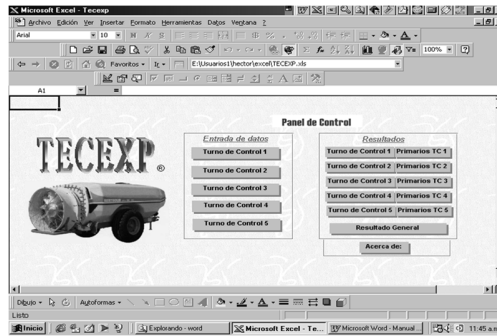


Figura 3. Ambiente de trabajo del sistema automatizado “TECEXP”.

2.1.2 Metodología para la obtención de los índices tecnológico- explotativos

Los índices tecnológico- explotativos se determinaron a partir de las siguientes ecuaciones.

- W_1 - Productividad por hora de tiempo limpio, (ha/h)

$$W_1 = \frac{Q}{T_1} \quad (1)$$

Donde: Q - volumen de trabajo realizado con la máquina, (ha);

T_1 - tiempo de trabajo limpio, (h).

- W_{02} - Productividad por hora de tiempo operativo, (ha/h)

$$W_{02} = \frac{Q}{T_{02}} \quad (2)$$

$$T_{02} = T_1 + T_2$$

Donde: Q - volumen de trabajo realizado con la máquina, (ha);

T_{02} - tiempo operativo, (h).

- W_{04} - Productividad por hora de tiempo productivo, (ha/h)

$$W_{04} = \frac{Q}{T_{04}} \quad (3)$$

$$T_{04} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

Donde: T_{04} - tiempo productivo, (h).

- W_t - Productividad por hora de tiempo turno sin fallo, (ha/h)

$$W_t = \frac{Q}{T_t} \quad (4)$$

$$T_t = T_1 + T_2 + T_3 + T_5 + T_6 + T_7$$

Donde: Q- volumen de trabajo realizado con la máquina, (ha);

T_t- tiempo turno sin fallo, (h).

- W₀₇- Productividad por hora de tiempo de explotación (ha/h)

$$W_{07} = \frac{Q}{T_{07}} \quad (5)$$

$$T_{07} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7$$

Donde: Q - volumen de trabajo realizado con la máquina (ha);

T₀₇- tiempo de explotación, (h).

- T_g- Tiempo general del ensayo(h)

$$T_g = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 \quad (6)$$

- K₂₁- Coeficiente de pases de trabajo

$$K_{21} = \frac{T_1}{T_1 + T_{21}} \quad (7)$$

- K₀₄- Coeficiente de utilización del tiempo productivo

$$K_{04} = \frac{T_1}{T_1 + T_{04}} \quad (8)$$

- K₀₇- Coeficiente de utilización del tiempo explotativo

$$K_{07} = \frac{T_1}{T_1 + T_{07}} \quad (9)$$

2.2 Metodología utilizada para la determinación de los índices de fiabilidad del tractor XTZ-150K-09.

La norma cubana establece la metodología para el cálculo de los coeficientes que determinan la fiabilidad de la técnica.

- Coeficiente de mantenimiento técnico, K₃

$$K_3 = \frac{T_1}{T_1 + T_3} \quad (10)$$

- Coeficiente de seguridad tecnológica, K_{41}

$$K_{41} = \frac{T_1}{T_1 + T_{41}} \quad (11)$$

- Coeficiente de seguridad técnica, K_{42}

$$K_{42} = \frac{T_1}{T_1 + T_{42}} \quad (12)$$

Además de los coeficientes de fiabilidad propuestos, se tuvo en cuenta otros índices como los determinados por (Fernández, 2013). Para el cálculo de dichos índices se tomó la información asentada en las tarjetas de consumo de combustible de todo un año, de las cuales se obtuvieron los tipos de fallos y sus causas, su duración y el tiempo trabajado por el tractor durante el período de la investigación. A partir de estos datos se calcularon los siguientes índices de fiabilidad.

- Tiempo medio para reparación ($TMPR$)

$$TMPR = \frac{\sum HTMC_i}{NTMC} \quad (13)$$

Donde: i - iésimo tractor a prueba;

$HTMC$: tiempo empleado para la solución de los fallos, (h);

$NTMC$: número total de fallos.

- Tiempo medio entre fallas ($TMEF$)

$$TMEF = \frac{\sum HROP_i}{\sum NTMC} \quad (14)$$

Donde:

$HROP$ - horas trabajadas durante el período por el iésimo tractor a prueba, (h);

- K_{dt} - Coeficiente de disponibilidad técnica,

$$K_{dt} = \frac{\sum HROP_i}{\sum HROP_i + \sum HTMC_i} \quad (15)$$

2.3 Metodología para determinar la velocidad de trabajo del tractor.

La velocidad media de trabajo (V_{tm}), en Km/h se obtuvo a partir de la longitud de los campos medida mediante una lienza de 50 m entre el tiempo empleado en el recorrido. Este fue obtenido de la medición realizada con un cronómetro digital con un margen de error del 1%.

$$V_{tm} = \frac{S}{tm} \quad (16)$$

$$tm = \frac{\sum_{i=1}^n t}{n} \quad (17)$$

Donde: S- Longitud de los surcos, (m);

tm- tiempo empleado en recorrer el campo, (h).

n- número de veces que se midió el tiempo en el campo.

2.4 Metodología utilizada para determinar el consumo de combustible del tractor evaluado

El combustible consumido por el tractor durante el turno de trabajo, se obtuvo a través mediciones realizadas al inicio y final de cada turno con una regla aforada, teniendo en cuenta que el tanque tiene una capacidad total de 315 L. Como resultado se obtiene la diferencia, que representa lo consumido en cada turno de trabajo. El procesamiento de los datos experimentales se realizó a través de hoja de cálculo Excel y del paquete estadístico STATGRAPHICS PLUS, Versión 5.1, determinándose los estadígrafos.

2.5 Metodología utilizada para la evaluación económica

Para la evaluación económica se ha utilizado la norma cubana (NC 34-38, 2003), que establece la metodología para la ejecución de los cálculos para la determinación de indicadores de las máquinas agrícolas y forestales sometidas a ensayos estatales.

Los datos informativos básicos que se utilizaron para la evaluación económica de la técnica son:

- Los resultados de la evaluación tecnológico-explotativa durante las pruebas estatales.
- Las normativas y materiales de consulta.
- Las tasas salariales del personal de servicio, utilizados durante las pruebas.

Gastos directos de explotación (G de), peso por unidad de producción.

$$G_{de} = S_t + A_t + R_t + C_t + A_m + R_m \quad (18)$$

Donde:

S-gasto de salario del operador, (peso);

A_t, A_m-gastos de depreciación del tractor y de la máquina agregada, (peso);

R_t, R_m- gastos para la reparación general, corriente y servicio técnico periódico del tractor y de la máquina agregada, (peso);

C_t-gastos en combustible y lubricantes, (peso);

- Gastos de salario (peso).

$$S_t = S_b + S_{ss} + S_v \quad (19)$$

Donde:

S_b-gasto de salario básico;

S_{ss}-gasto de seguridad social;

S_v- gasto por vacaciones.

- Gastos para la depreciación de la máquina (peso).

$$A = \frac{(V_n - V_r)}{c_n} a \quad (20)$$

Donde:

V_n- precio del tractor o máquina (peso);

V_r- valor residual (peso);

a-coeficiente de descuento para la depreciación;

C_n-carga de trabajo anual (h).

El coeficiente de descuento para la depreciación fue tomado de García (2011).

- Gastos para las reparaciones totales y parciales y el mantenimiento técnico (peso).

$$R = \frac{(V_n - V_r)}{c_n} r k j m \quad (21)$$

Donde:

r k j m- tasa de reparación y mantenimiento;

Los porcentajes de descuentos para las reparaciones y mantenimientos y el tiempo de trabajo anual se tomaron de la documentación técnica existente (García, 2011). El valor residual es calculado estimando un valor del 20% para el tractor y un 10% en los aperos según la literatura consultada.

- Gastos en combustibles y lubricantes (peso).

$$C = g m_c P_c + g m_l P_l \quad (22)$$

Donde:

P_c- precio complejo de los combustibles, lubricantes, (peso);

g m- cantidad de materiales de engrase, combustible por unidad de producción.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capítulo III. Resultados y discusión

3.1 Caracterización de la empresa, del tractor y los aperos evaluados

La Empresa Agropecuaria Valle del Yabú cuenta con un balance total en área de 4129,85 ha, de ellas área agrícola 2277,19 ha y cultivables 1451,34 ha, siendo 653,01 ha de cultivos permanentes y 798,33 ha de cultivos temporales.

Los suelos predominantes en la empresa son los pardos con carbonatos, los cuales presentan factores limitantes como la compactación, son poco profundos, muy poco profundos, ondulados y fuertemente ondulados, plásticos, baja fertilidad natural, drenaje deficiente y débilmente salinos.

La entidad está estructurada en 4 UBPC, 16 CCS y 5 UEB, de las cuales una de ellas es la UEB Integral de Servicios Técnicos, encargada de la prestación de servicios de preparación de suelos, cultivo, mantenimiento y reparación de toda la maquinaria de la empresa.

La maquinaria en dicha UEB está organizada en pelotones con el aseguramiento logístico necesario, dentro de estos se encuentra el pelotón de preparación de suelos integrado por los 4 tractores XTZ-150K-09.

La empresa cuenta con un parque de maquinaria de 53 tractores, de los cuales el 90% son de potencia baja, y sólo un 10% de potencia media, hacia los cuales se ha enfocado la presente investigación.

Los tractores suministrados a la empresa y evaluados en esta investigación corresponden a la tecnología del tractor de potencia media, modelo XTZ-150K-09 (Figura 4). El mismo está destinado para trabajos agrícolas que demanden mucha energía (labrado de la tierra, cultivo, tratamiento del suelo antes de la siembra, rastrojamiento, escarificación mediante discos, siembra, recolección de diferentes cultivos, aplicación de fertilizantes, trabajos con las maquinarias suspendidas, semisuspendidas y remolcadas). Permite la transportación con remolques de hasta 20 t a velocidades hasta 30 km/h.



Figura 4. Tractor XTZ-150K-09

Las principales características de este tractor se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características técnicas del tractor XTZ-150K-09

Principales características	
Denominación común	Potencia media
Categoría	2 (81-150 hp)
Clase traccional	30-40 kN
Tipo de uso	Uso general
Ejes motrices	4x4
Tipo de bastidor	articulado
Sistema de rodaje	Sobre neumáticos
	21,3R24. Simples - 4 ruedas, dobladas 8 ruedas
Dispositivo de levante	Trasero de 2 y 3 puntos hidráulico, capacidad de carga 4500 kg
Sistema de enganche	Integral, semi-integral y de arrastre
Capacidad del tanque de combustible, l	315

En la Tabla 2 se muestran otros parámetros técnico explotativos y constructivos de este modelo de equipo.

Tabla 2. Otras características técnicas del tractor XTZ-150K-09

MOTOR	CARACTERÍSTICAS
Motor, modelo, fabricante	YAMZ-236D-3, «Avtodizel», S.A., Federación de Rusia
Potencia nominal, Kw. (h.p.)	128,7(175)
Frecuencia nominal de giro, rev/min	2100
Numero de cilindros, un.	6
Disposición de cilindros	En forma V
Diámetro de cilindro/recorrido del émbolo, mm	130/140
Cilindrada del motor, L	11,15
Sistema de arranque	arrancador eléctrico
Consumo específico de combustible a potencia nominal, g/kW.h. (g/h.p.h.)	220 (162)

El uso del software TECEXP agilizó notablemente la obtención de los resultados de esta investigación. El mismo disminuye en un gran porcentaje el tiempo empleado en los cálculos de los diferentes indicadores, comparado con el procesamiento manual. Este ha sido aplicado para la evaluación tecnológica-explotativa de máquinas asperjadoras de chorro proyectado EOLO y MARTINIANI en el cultivo de los cítricos, así como en diferentes investigaciones de la Facultad de Mecanización Agropecuaria de la Universidad Agraria de la Habana (de las Cuevas et al., 2012).

Se evaluaron tres agregaciones con el tractor XTZ-150K-09 con la grada de 24 discos GRSV 24/24 (Figura 3), el arado de 6 discos AT-90 (Figura 4) y el tiller de profundidad media CHR-11P (Figura 5). Los aperos utilizados durante esta evaluación son de producción nacional y se comprobó que este tractor logra un correcto acoplamiento con cada uno de ellos.

Para la formación correcta del tractor- implemento se consideraron una serie de aspectos:

Para el tractor: Potencia efectiva, masa del tractor, potencia traccional categoría del enganche (I, II, III), capacidad de levante del sistema hidráulico.

Para el implemento: Ancho de labor, profundidad de trabajo, velocidad de trabajo, masa del equipo, cantidad de órganos de trabajo, regulación de los órganos.



Figura 5. Grada roturadora 24 de discos GRSV 24/24



Figura 6. Arado de 6 discos AT-90



Figura 7. Tiller de profundidad media de 11 órganos CHR-11P

Los implementos utilizados en esta investigación han sido ampliamente utilizados por otros sectores como AZCUBA donde fue introducido inicialmente el arado AT-90, obteniéndose excelentes resultados, se extendió su uso gradualmente al MINAGRI, donde se ha confirmado su buen desempeño.

Las principales características de los aperos agrícolas utilizados se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Principales características de los aperos agrícolas utilizados

Labor	Implemento	Peso(Kg.)	Ancho de trabajo(m)
mullido	Grada 24x24	2199	2,80
alisado	Tiller TC-11	265	2,85
aradura	AT-90		1,70

3.2 Resultados obtenidos de la determinación de los índices tecnológico-explotativos

Para la evaluación de los conjuntos formados por el tractor XTZ 150K-09 y el arado de 6 discos, la grada de 24 discos y el tiller de profundidad media, se tomaron los resultados de 10 turnos de control, para un total de 93,53 horas trabajadas con un volumen de trabajo de 101,37 ha. La Tabla 4 muestra los valores totales de los principales tiempos que componen la jornada, apreciándose la realización de más de 15 horas de trabajo limpio por cada conjunto evaluado, según lo establecido en la norma cubana (NC 34-37, 2003) para este tipo de prueba.

Tabla 4. Valores primarios obtenidos del cronometraje con los tres aperos evaluados

Valores primarios de los tiempos	UM	Arado	Grada	Tiller
Tiempo limpio (T1)	h	19,78	19,59	20,78
Tiempo operativo (T02=T1+T2)	h	21,29	21,09	23,12
Tiempo productivo (T04=T1+T2+T3+T4)	h	22,78	26,61	26,45
Tiempo de turno sin fallos (Tt=T1+T2+T3+T5+T6+T7)	h	26,35	30,52	30,59
Tiempo de explotación (T07=T1+T2+T3+T4+T5+T6+T7)	h	26,43	30,59	30,67
Volumen de trabajo	ha	22,00	35,92	43,45
Tiempo total de trabajo	h	28,40	32,88	32,25

Los resultados obtenidos de la evaluación de los índices tecnológico– explotativos se muestran en la Figura 8. Durante el período de investigación el tractor en la labor con el arado se comportó con un productividad de 1,11 ha/h de tiempo limpio, superiores a las obtenidas por (Martínez *et al.*, 2012), con la grada alcanzó un valor de 1,83 ha/h y en el caso del tiller de 2,09 ha/h. Las horas invertidas en los tiempos de trabajo limpio para los tres agregados fueron aproximadamente iguales, sin embargo, debido a la diferencia que existe en los anchos de trabajo de los aperos, a la velocidad de trabajo y a la resistencia a la tracción, la productividad por hora de tiempo limpio fue menor en el caso del arado. Se aprecia en el caso del tiller, que de los tres es el que menos resistencia traccional tiene y mayor velocidad de trabajo, por lo que obtiene la mayor productividad en ha/h limpias.

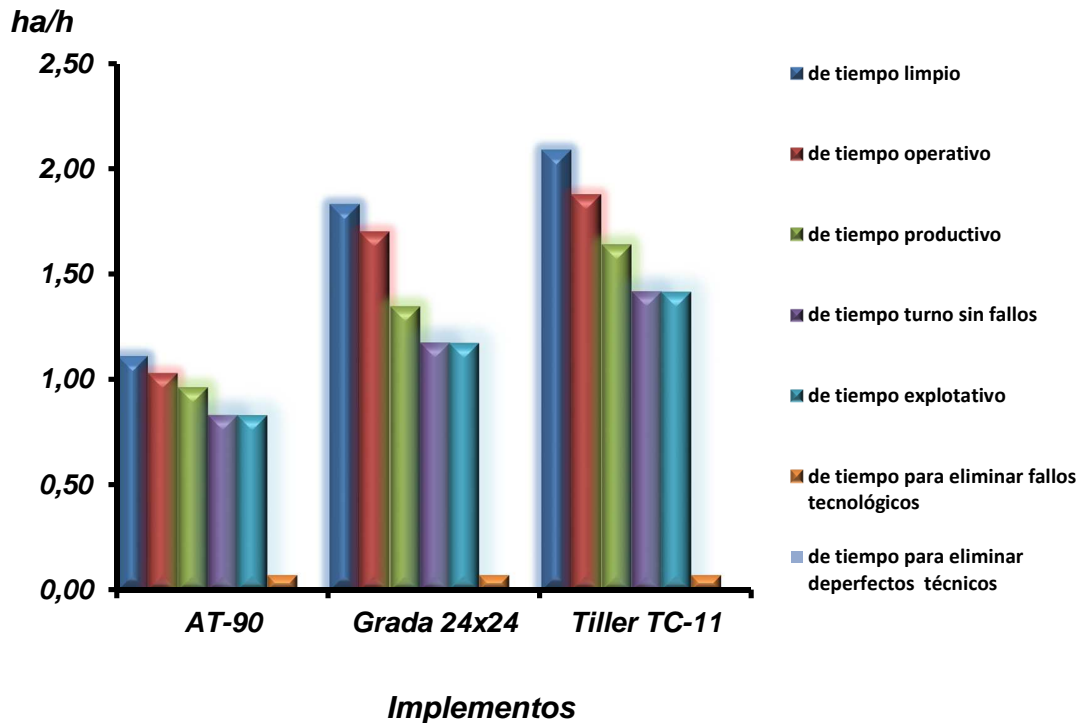


Figura 8. Productividades por hora del tractor con los tres aperos evaluados.

El agregado formado con el arado tuvo una productividad de 1,03 ha/h de tiempo operativo, con la grada de 1,70 ha/h y con el tiller de 1,88 ha/h. Se aprecia una mayor productividad en el tiller pues tienen gran influencia los métodos y tiempos de viraje (T_{21}), los cuales son menores para el tiller, por ser de acoplamiento integral facilitando el manejo en el viraje, a diferencia del arado y la grada que son de arrastre y necesitan mayor tiempo para esta maniobra. Esto contribuye a un mayor tiempo auxiliar, y un menor rendimiento en el arado tal y como muestran los resultados obtenidos.

Durante la prueba se pudo comprobar que fueron realizados todos los mantenimientos planificados, así como el que se realiza a diario antes de comenzar la jornada laboral y al concluir esta. Se observó rigurosidad con las acciones a realizar en cada tipo de mantenimiento como el engrase de todos los conjuntos de trabajo del tractor y la grada, el ajuste de sujeciones en ambos, ya que son sometidas a grandes vibraciones. El buen manejo y destreza por parte del operador tuvo influencia directa en los tiempos empleados para llevar a cabo estas acciones. Estos mostraron valores bajos, perdiendo poco tiempo aunque siempre se mantuvo la calidad. Esto tuvo repercusión positiva en el aprovechamiento del tiempo productivo que en el arado mostró valores de 0,97 ha/h, en la grada 1,35 ha/h y en el tiller de 1,64 ha/h, siendo éste último el menos complejo desde el punto de vista de ajustes. El tiempo empleado para la eliminación de fallos (T_{41}) manifestó valores bajos, pues las roturas presentadas durante la prueba fueron de fácil solución.

La productividad de tiempo de turno sin fallos (W_t) y de tiempo explotativo (W_{07}) mostraron valores de 0,84 y 0,83 ha/h respectivamente para el conjunto tractor- arado, con el tractor- grada mostró valores de 1,18 y 1,17 ha/h y con el tractor- tiller de 1,42 ha/h para ambos tiempos. La productividad por hora de tiempo de explotación depende del volumen de trabajo realizado con la máquina en ha/h y el tiempo de explotación. Se tiene en cuenta además los tiempos dedicados al descanso del personal, al traslado en vacío y el tiempo dedicado al mantenimiento de la máquina agregada a la de prueba, que para el caso del arado, la grada y el tiller los tiempos fueron casi nulos, debido a que no se realizó traslado de un campo a otro y el descanso del personal fue muy pequeño en todos los casos.

El gasto de combustible específico (C_e) y por hora de tiempo explotativo (C_h) con el arado manifestó los mayores valores de 27,56 l/ha y 22,94 l/h respectivamente, inferiores a los obtenidos por la empresa hasta el momento de 28,78 l/ha. Esto se debe a que la rotura, labor realizada con este implemento, requiere mayor esfuerzo de tracción, una mayor profundidad de trabajo y por tanto hay una mayor resistencia ofrecida por el suelo al desplazamiento y penetración del implemento, lo que ocasiona un mayor consumo de combustible. La grada y el tiller ofrecen valores de 11,32 y 9,81 l/ha de gasto específico y 13,29 y 13,90 l/h de gasto horario de combustible como se muestra en la Figura 9. Estos valores son inferiores si se comparan con los obtenidos en la empresa de 14,77 l/ha en el caso de la grada y 12,88 l/ha con el tiller.

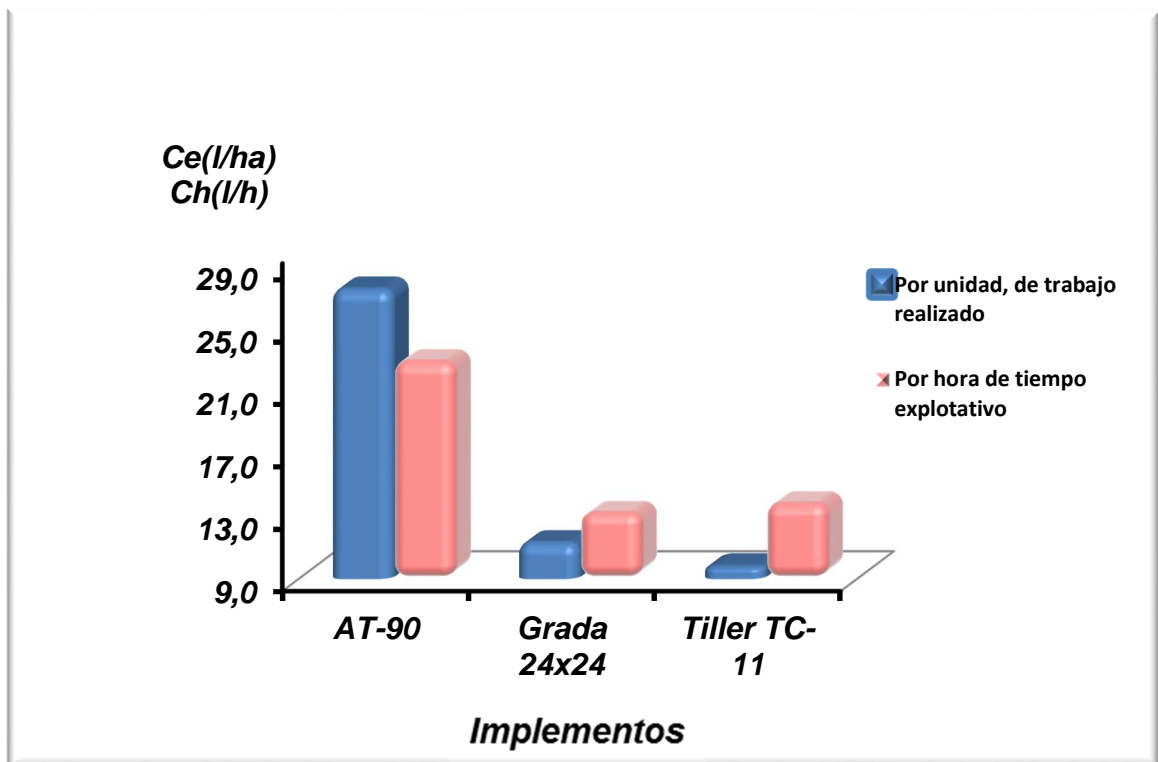


Figura 9. Gasto de combustible de cada conjunto analizado.

El coeficiente de pases de trabajo (K_{21}) depende de los tiempos empleados en los virajes. El método de giro empleado, según el esquema de labor, fue la combinación de adosando y hendiendo con giro a la izquierda para la grada y el arado, éste último, aunque es de enganche integral, no es reversible, por lo que se usa el mismo método. No se calcula el ancho de la amelga analíticamente sino basado en criterios empíricos considerándose erróneo ya que puede ocasionar pérdidas innecesarias de tiempo en los virajes incrementando los valores de T_{21} con una influencia directa en el coeficiente de pases de trabajo. El tiller muestra un valor 0,95 siendo el mayor de los tres ya que es el que menos tiempo emplea en virajes al utilizarse el método de ida y vuelta.

El coeficiente de servicio tecnológico (K_{23}), está determinado por los tiempos en paradas tecnológicas, que en todos los casos fue cero por las características propias de estos aperos que no necesitan ser abastecidos de materiales tecnológicos o descargar material cosechado.

El coeficiente de mantenimiento técnico (K_3), tuvo valores bajos en los tres agregados por la rapidez con la que se efectuaron, alcanzando este coeficiente un valor constante de 0,94 para cada conjunto. Las principales pérdidas de tiempo durante el mantenimiento técnico se produjeron durante la realización de los mantenimientos técnicos diarios, los cuales se realizaban con rapidez debido a las pocas labores que se le hacían en las operaciones de mantenimiento, de alistamiento de la máquina para el trabajo y en la realización de las regulaciones.

En la Figura 10 se reflejan los valores del coeficiente de utilización del tiempo explotativo y productivo en los tres agregados evaluados en esta investigación, manifestándose un mejor comportamiento con el agregado formado con el arado de 6

discos AT- 90 en ambos casos con valores de 0,87 y 0,78, siendo menores para los demás conjuntos. Se puede apreciar que del tiempo total evaluado con cada uno de los aperos, es el conjunto formado con el arado el que mostró un mejor aprovechamiento de dicho tiempo. Estos valores se consideran satisfactorios al compararse con los obtenidos por (Jrobostov, 1977; Paneque, 1986; Ibáñez y Villar, 1994; Paneque *et al.*, 1994; Iglesias *et al.*, 1999).

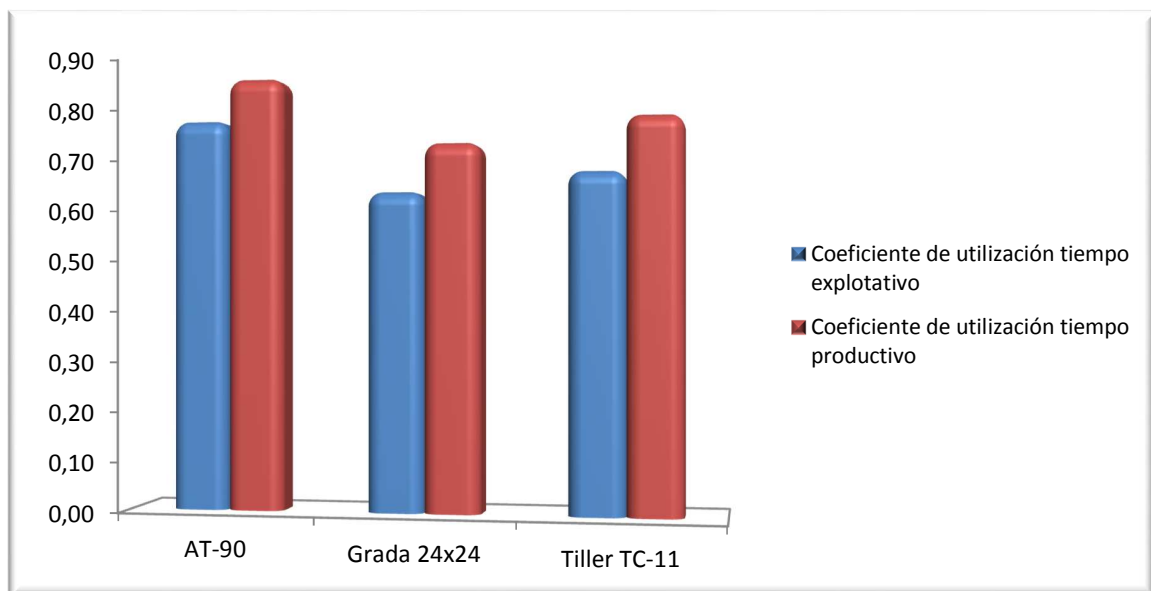


Figura 10. Coeficiente de utilización del tiempo explotativo y productivo en los tres agregados evaluados.

3.3 Resultados obtenidos de la determinación de los índices de fiabilidad

A partir de las cronocartas se calcularon los índices de fiabilidad que aparecen reflejados en la (NC 34-37, 2003) para los tres conjuntos evaluados. Además a partir de los datos de las tarjetas de consumo de combustible se obtuvieron los índices de fiabilidad de tiempo medio para la reparación, tiempo medio entre fallos y el coeficiente de disponibilidad técnica.

En la Figura 11 se refleja el comportamiento de los coeficientes de seguridad tecnológica y técnica, los cuales mostraron valores similares para cada conjunto de $K_{41}=0,996$ y $K_{42}=1$ respectivamente. Este resultado se debe a que el tiempo empleado en la eliminación de desperfectos técnicos fue cero pues estos equipos tienen poco tiempo de explotación y sus índices de roturas son muy bajos. Los conjuntos investigados no presentaron desperfectos técnicos durante el período de prueba y el tiempo para la eliminación de los fallos tecnológicos presentó valores muy bajos. Estos valores obedecen a que las condiciones de suelo durante la realización de los trabajos fue la adecuada y se produjeron pocos atascamientos del tractor. Una de las medidas recomendadas para lograr una mejor respuesta de este tractor a las fallas tecnológicas pudiera ser la instalación de un sistema de bloqueo de los diferenciales, el cual permitiría la realización de similares valores de esfuerzos en ambas ruedas y ejes, ayudando a disminuir el patinaje excesivo cuando realiza trabajos que demandan grandes esfuerzos de tracción.

Los resultados de los índices de fiabilidad, a partir de la información recogida en las tarjetas de consumo de combustible muestran que el tractor en estudio tiene una elevada fiabilidad, expresada en los valores de los índices analizados.

El tiempo medio para la reparación de los fallos (TMPR) alcanzó un valor de 14,85 h a causa de la falta de piezas de repuesto y a la falta de agregados disponibles en la empresa para el cambio cuando alguno falla. Otro elemento que influyó fue la poca preparación de los mecánicos y del personal que opera estos equipos. Además no cuentan con las condiciones técnicas necesarias en el taller móvil ni en el taller central para la eliminación de los fallos. No se dispone de un equipo de diagnóstico técnico,

existe déficit de insumos para la reparación y de información técnica sobre estos equipos.

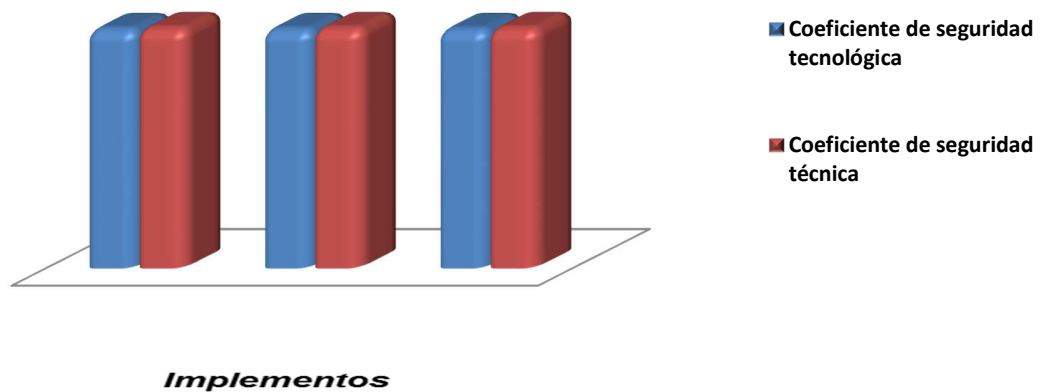


Figura 11. Coeficientes de seguridad tecnológica y técnica para los tres conjuntos evaluados.

El tiempo medio entre fallas (TMEF) indica el tiempo medio transcurrido hasta la falla. Este coeficiente también se conoce como tiempo de trabajo útil entre fallos y expresa el tiempo en que está disponible el tractor entre una falla y otra. Este alcanzó un valor de 105,7 h, es decir, que como promedio el tractor es capaz de trabajar durante dos semanas sin que se produzcan fallas.

El coeficiente de disponibilidad técnica mostró un valor de $K_{dt}=0.87$. Este se considera aceptable según estudios anteriores realizados por Hernández (1999) que propone un intervalo óptimo entre 0,8 y 0,9. Este valor alcanzado se debe a los pocos años de explotación y a la excelente calidad lograda durante la fabricación. El diseño y construcción de estos equipos facilitan el manejo durante las reparaciones haciendo

más fácil el acceso a los diferentes conjuntos y subconjuntos del tractor, disminuyendo considerablemente el tiempo de reparación.

Durante la realización de la evaluación, los tractores presentaron algunas deficiencias que no siempre se solucionaron por falta de piezas o por urgencias de trabajo. Algunas de estas deficiencias fueron: válvula reguladora de presión de aire con desperfectos, salideros en los conductores hidráulicos, salideros de agua en el radiador, rotura del odómetro y rotura del sello del diferencial.

La distribución de fallas por sistemas, obtenida de la información tomada de las tarjetas de consumo de combustible se muestra en la Tabla 5. Se puede apreciar que existe una tendencia a una mayor cantidad de fallas en el sistema hidráulico del tractor, seguido del sistema de alimentación y del sistema eléctrico. Las principales fallas fueron las roturas de las mangueras hidráulicas, salideros de aceite, roturas del filtro de aceite y del ventilador.

Tabla 5. Distribución de los fallos por sistemas del tractor

Tractor XTZ-150K-09		
Denominación del sistema	Fallo	
	Cantidad	%
Sistema hidráulico	12	50,00
Sistema de alimentación	5	20,83
Sistema eléctrico	4	16,67
Sistema de rodamiento	1	4,17
Sistema de enfriamiento	2	8,33
Total	24	100

A partir de los elementos aportados anteriormente es posible realizar recomendaciones a los productores para mejorar la explotación de estos tractores y por ende obtener mayor productividad.

Se recomienda:

- Mantener los tractores agrupados trabajando en forma de pelotón para facilitar el acceso al taller móvil para disminuir al mínimo el tiempo para la eliminación de fallos.
- Disponer, en la medida de lo posible, de algunos agregados del tractor para implementar un sistema de reparación por intercambio y de esta forma disminuir el tiempo medio entre fallos.
- Disponer de medios de diagnóstico técnico para implementar un sistema de mantenimiento técnico predictivo, al menos parcial.
- Crear las condiciones para acometer acciones de capacitación del personal que opera estos tractores.

3.4 Resultados obtenidos de la determinación de los gastos directos de explotación

Los resultados del cálculo de los elementos componentes de los gastos directos de explotación en los diferentes conjuntos evaluados se muestran en la Figura 12. Como se observa, la mayor influencia recae sobre los gastos en combustibles y lubricantes, siendo el arado el que muestra los valores más elevados de 15,62 peso/h por ser más caro y mayor consumidor de combustible, seguido de la grada con 13,43 peso/h. Otro elemento de gasto que influye sobre los resultados es el de salario, que en el arado refleja los valores mayores de 10,95 peso/h, seguido del tiller con 5,84 peso/h, el menor

valor lo muestra la grada con 3,99 peso/h. Los gastos en mantenimiento y reparación fueron muy bajos así como los de depreciación.

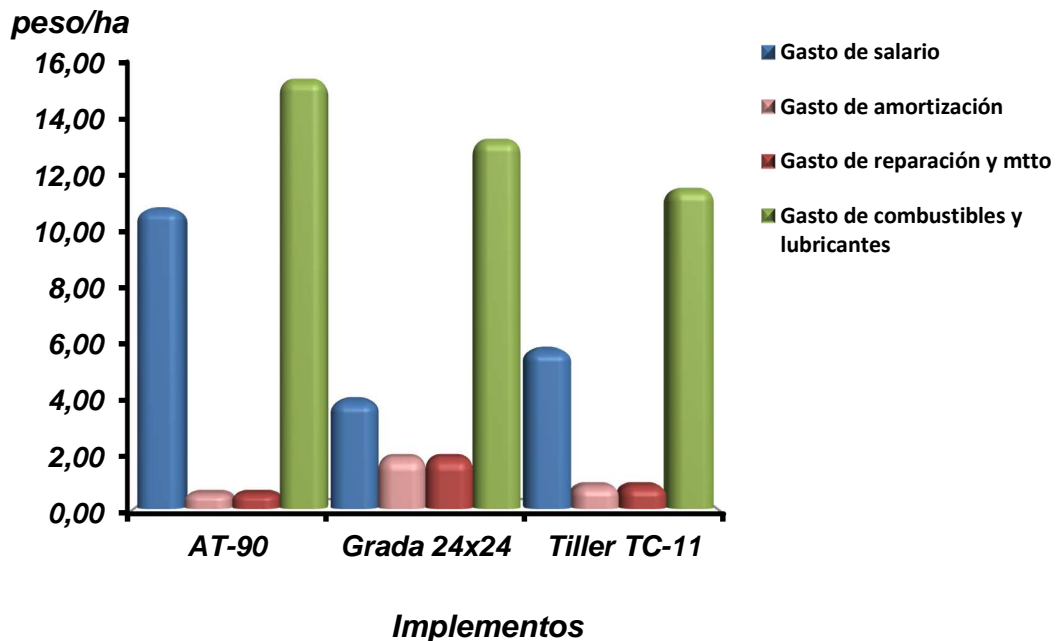


Figura 12. Distribución de los gastos por cada conjunto evaluado.

La Figura 13 muestra los resultados obtenidos en los gastos directos de explotación para cada agregado, comportándose con un menor gasto directo de explotación la agregación con el tiller de 44,83 peso/h para las condiciones de esta empresa y siendo el arado el que alcanza los más altos valores de 53,36 peso/h, inferiores a los obtenidos por Torres (2012).

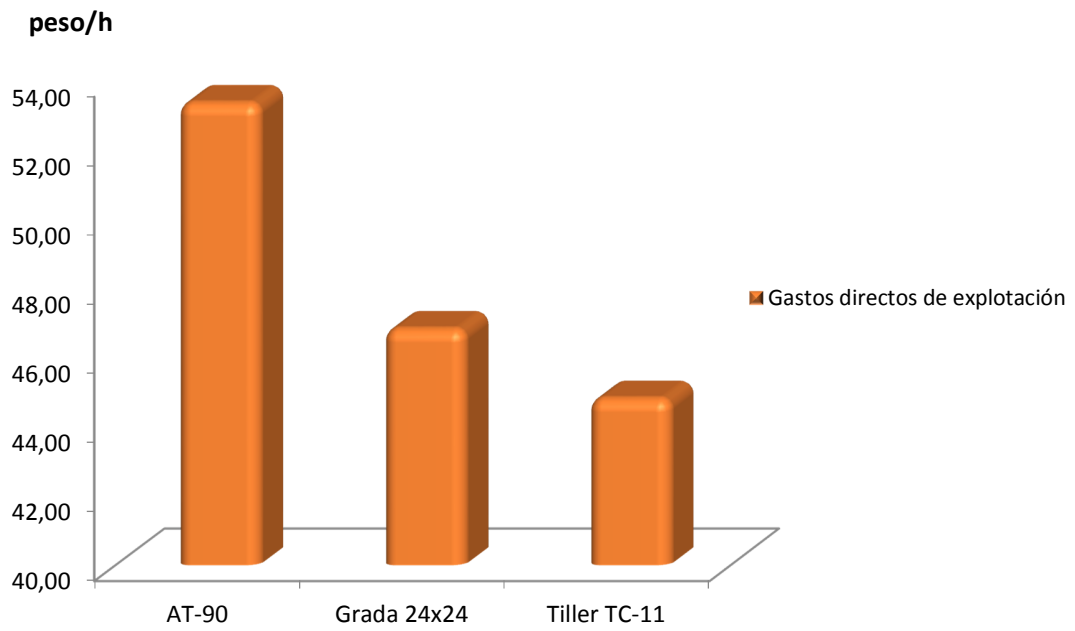


Figura 13. Gastos directos de explotación para los conjuntos evaluados.

3.5 Conclusiones parciales

- 1- Las productividades del tractor XTZ-150K-09 con los tres aperos analizados pudiera ser mejorado a partir de un mejor aprovechamiento de los tiempos de trabajo.
- 2- Los altos índices de productividad por hora de tiempo de turno sin fallos obtenidos mostraron las altas potencialidades de explotación que tiene este tractor y su excelente estado técnico, el cual se pone de manifiesto también en los valores del coeficiente de seguridad técnica el cual alcanzó un valor de 0,996.
- 3- Los gastos directos de explotación del conjunto formado por el tractor XTZ-150K-09 y el arado de 6 discos AT-90 son los más altos debido que el trabajo con este apero consume mayor cantidad de combustible y es el que presenta un mayor precio de compra.

CONCLUSIONES

Conclusiones

1. Los resultados de los índices tecnológicos- explotativos muestran que el tractor XTZ-150K-09 con los tres aperos evaluados tienen muy buen desempeño demostrándose en los valores alcanzados por la productividad por hora de tiempo explotativo que para el arado alcanzó un valor de 0,83 ha/h, la grada 1,17 ha/h y el tiller 1,42 ha/h.
2. Es posible obtener una mejor explotación e índices de productividad de los agregados evaluados a partir de la determinación y el marcaje en el campo de amelgas y franjas de viraje óptimas.
3. Los índices de fiabilidad el excelente desempeño del tractor con un tiempo medio para la reparación de 14,85 h y un tiempo medio entre fallas de 105,7 h; los principales conjuntos con dificultades fueron: el sistema hidráulico del tractor, el sistema de alimentación y el sistema eléctrico.
4. Los gastos directos de explotación calculados muestran que el conjunto formado con el arado es el más gastos ocasiona con un valor de 53,36 peso/h, seguido de la grada con un gasto de 46,84 peso/h y el tiller con el menor gasto de explotación con un valor de 44,83 peso/h.

RECOMENDACIONES

Recomendaciones

- Mantener los tractores agrupados trabajando en forma de pelotón para facilitar el acceso al taller móvil para disminuir al mínimo el tiempo para la eliminación de fallos.
- Disponer, en la medida de lo posible, de los principales agregados del tractor para implementar un sistema de reparación por intercambio así como los medios necesarios para la reparación en el taller móvil y de esta forma disminuir el tiempo medio entre fallos.
- Crear las condiciones para llevar a cabo acciones de capacitación del personal que opera estos tractores.
- Aplicar esta metodología en otros escenarios productivos dando continuidad a la investigación sobre este tractor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARADO, A.: *Maquinaria y mecanización agrícola*, Ed. EUNED, 2004.
- AZOY, A. C.; S. M. FERNÁNDEZ y L. SHKILIOVA: "Cálculo de indicadores de consumo de lubricantes en los tractores. Estudio de caso.", *Revista Ingeniería Agrícola*, 2(1): 47-51, 2012.
- BRAVO, D.: *Evaluación Tecnológica- Explotativa y económica de la sacadora hileradora de tubérculos IMAC en la Empresa Agropecuaria Yabú*, Pregrado, Departamento Ingeniería Agrícola, Universidad Central de las Villas, 2012.
- BRIZUELA, M.; A. RÍOS y L. VILLARINO: *Tecnologías para las producciones agrícolas en Cuba*, Ed. Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria (IIMA), 2006.
- COLÓN, I. A. y A. E. ORTÍZ: *Evaluación de algunos indicadores tecnológico- explotativos del tractor YUMZ-6AM y el surcador SA-2 en la labor de surcado, para el acanterado en semilleros de cultivos hortícolas.*, 13pp., Trabajo de Curso, Departamento de Mecanización, Universidad de Granma, 2011.
- CHEDRÉ, J.; F. GONZÁLEZ; O. LÓPEZ; I. NAVARRO y J. SUÁREZ: "Evaluación del Motocultivador KUBOTA con su familia de implementos", *Revista Ingeniería Agrícola*: 2005.
- DAQUINTA, A.: *Mantenimiento y Reparación de la Maquinaria Agrícola*, Ed. Editorial Félix Varela, La Habana, 2008.
- DAQUINTA, A.; A. GARCÍA; B. HERNÁNDEZ y J. PÉREZ DE CORCHO: "Valoración integral de la fiabilidad de las cosechadoras de caña KTP", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 7(2): 81, 1998.
- DAQUINTA, L. A.; J. DOMINGUEZ; C. PÉREZ y M. FERNÁNDEZ: "Indicadores técnicos y de explotación de las cosechadoras de caña de azúcar CASE-IH 7000 y 8000 en la provincia de Ciego de Ávila", *Ingeniería Agrícola*, 4(3): 3-8, 2014.
- DE LA ROSA, A. A.; L. VENTURA; I. CALZADA y O. SUÁREZ: "Valoración del proceso de cosecha mecanizada de la caña de azúcar, utilizando las cosechadoras CASE IH (A 7000) en la empresa azucarera "Arquímedes Colina Antúnez"", *Ingeniería Agrícola*, 4(4): 30-34, 2014.
- DE LAS CUEVAS, H.; M. DÍAZ y P. PANEQUE: "Software para el cálculo de indicadores energéticos, de explotación y económicos del sistema de distribución de humus de lombriz", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(2): 65-70, 2010.
- DE LAS CUEVAS, H. R.; T. RODRÍGUEZ y M. I. HERRERA: Software para la evaluación tecnológica de las máquinas agrícolas. Memorias de Memorias de la Convención Internacional de Ingeniería Agrícola 2012, pp. 2012.
- FERNÁNDEZ, M.: *Perfeccionamiento de la gestión de los mantenimientos y reparaciones en las Unidades Empresariales de Base Integrales de Servicios Técnicos.*, Doctorado, Universidad Agraria de la Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez", Cuba, 2013.
- GARCÍA, A.: *Mecanización Agropecuaria*, Ed. Editorial Félix Varela, Habana, 2011.
- GARCÍA, F.: "Evaluación en condiciones de laboratorio y de campo del surcador-fertilizador IIMA-BALDAN", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(4): 55-58, 2004.
- GARRIDO, J.: *Explotación de la Maquinaria*, Ed. Editorial Pueblo y Educación, Cuba, 1985.
- GONZÁLEZ, R.: 1993. *Explotación del parque de maquinaria*.

- HERNÁNDEZ, A.: "Determinación de los principales indicadores de fiabilidad de las cosechadoras KTP-2M", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 8: 1999.
- HERRERA, M. I.; A. TOLEDO y M. P. GARCÍA: "Elementos de gestión en el uso del parque de tractores.", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.*, 20(1): 20-24, 2011.
- IAGRIC: *Certificación de los resultados de ensayo. Informe de prueba del tractor de baja potencia 4x4 New Holland modelo TT-75* IAgriC, 2014.
- IANI, G. y M. CLEMENTE: "Evaluación de las combinadas cosechadoras de caña de azúcar.": 1999.
- IBÁÑEZ, M. y S. VILLAR: *Justificación económica del uso de la maquinaria agrícola*, Ed. Universidad de Concepción. Departamento de mecanización y energía., Chile, 1994.
- IGLESIAS, C.; P. PANEQUE y L. SHKILIOVA: *Evaluación y pruebas de tractores y máquinas agrícolas*, Ed. Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, México, 1999.
- IIMA-MINAG: *Estudio nacional del parque de tractores» (resultados preliminares)*, Ed. MINAG, La Habana, 2003.
- IIMA: *Informe de Pruebas Tractor de dos ruedas Diesel de 12 HP Modelo BS-12 con la Fresadora NC-800M y Arado dediscos CBS-1,5* IIMA, Cuba, 2004.
- : *Certificado de Ensayos al Tractor de 4X2 Modelo JINMA-650* IIMA, Cuba, 2009a.
- : *Certificado de Ensayos al Tractor JINMA-1204* IIMA, Cuba, 2009b.
- : *Informe de Pruebas del tractor Marca Mc Cormick Modelo CX-70, 2002* IIMA, 2002.
- JROBOSTOV, S. N.: *Explotación del parque de tractores y máquinas*, Ed. Editorial MIR, 1977.
- KLEINE, B.: "¿Qué es la fiabilidad? El cambio del paradigma de fiabilidad.", *Revista ABB*: 2009.
- KOLGUNOV, V.: "La fiabilidad de las cosechadoras de trigo", *Revista Mechanizatsia*, 5: 27-28, 1982.
- LORA, D.: "Utilización del balance de maquinaria para el análisis económico-comparativo de tecnologías", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(1): 28-31, 2006.
- LORETO, A.; L. LEÓN; F. RODRÍGUEZ y P. PÁEZ: "Análisis del comportamiento de la actividad de las combinadas L-517 y la IMPAG en la cosecha del arroz en la Granja Agrícola Vueltabajo, perteneciente al CAI Arroceros Los Palacios de la provincia de Pinar del Río, Cuba.", *Avances*, 10(4): 2008.
- LUQUES, D.: *Evaluación tecnológica explotativa y económica del tractor XTZ-150K-09*, 55pp., Universidad Central de Las Villas, 2013.
- MARTÍNEZ, J.; J. GARCÍA y A. RODRÍGUEZ: "Resultados de la evaluación agrotécnica, tecnológica y de explotación del multiarado M-250 y el arado de disco Baldan en la rotura de un suelo ferralítico rojo compactado ", *Revista Ingeniería Agrícola*, 2(2): 2012.
- MATOS, N. y E. GARCÍA: "Evaluación técnica y de explotación de los camiones en la transportación de la caña", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(2): 30-33, 2012.
- MATOS, N. y J. LÓPEZ: *Evaluación técnico – explotativa y económica de las cosechadoras cañeras en la Empresa Azucarera Argentina. Florida. Camagüey*. Cuba, 2011.
- MEJÍAS, J.; J. GRAVE DE PERALTA y I. MACÍAS: "Evaluación económica de la preparación de suelos en una empresa agrícola de la provincia Holguín ", *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, N° 167: 2012.

- MENÉNDEZ, F. y A. MENÉNDEZ: *Análisis del sistema de mantenimiento empleado en la UEB Hormigón y Terrazo Morón.*, Pregrado, Universidad de Ciego de Avila, Cuba, 2007.
- MIRANDA, A.: "Búsqueda de nuevas alternativas para la organización del proceso cosecha - transporte de arroz, en las condiciones del complejo agroindustrial arrocero Los Palacios": 2005.
- MOREJÓN, Y.; A. GASTELUA; R. GONZÁLEZ; F. MILANÉS y M. ROBAINA: "Evaluación energética-económica del acopio y transportación de residuos agrícolas cañeros", *Naturaleza y Desarrollo*, 6(2): 2008.
- NACHLAS, J. A.: *Fiabilidad*, Ed. ISDEFE, 1995.
- NACHLAS, J. A.: "Fiabilidad (i): Conceptos básicos": 2002.
- NC 34-37: 2003. *Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la evaluación tecnológico-explotativa.*, Vig. 2003.
- NC 34-38: 2003. *Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la evaluación económica.*, Vig. 2003.
- NC 34-47: 2003. *Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la determinación de las condiciones de ensayo*, Vig. 2003.
- NEJADI, J. y M. H. RAOUFAT: "Field performance of a pneumatic row crop planter equipped with active toothed coulter for direct planting of corn in wheat residue", *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(2): 327-334, 2013.
- OLIVEIRA, G.: "La reaparición de la técnica agrícola una batalla crucial", *Cañaveral*, 13(1): 40, 1997.
- ONEI: *Anuario Estadístico. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.* (Anuario Estadístico de Cuba), 2013.
- PANEQUE, P.: *Investigación para la determinación de los parámetros de trabajo óptimos de los tractores para la mecanización de las labores en plantaciones en desarrollo y producción de cítricos en Cuba*, 145pp., Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas), Universidad Agraria de La Habana, La Habana, 1986.
- PANEQUE, P.; H. DE LAS CUEVAS; M. VILA y R. MEDERO: "Parámetros de explotación de los tractores para la mecanización de los cítricos en Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 4(1): 18-25, 1994.
- PANEQUE, P.; A. MIRANDA; N. ABRAHAM y M. SUÁREZ: "Determinación de los costos energéticos y de explotación del sistema de cultivo del arroz en seco", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(1): 7-10, 2009a.
- PANEQUE, P.; A. MIRANDA; M. SUÁREZ y N. ABRAHAM: "Costos energéticos y de explotación del cultivo del arroz en fangueo directo", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2): 2009b.
- PCC: *Linamientos de la política económica y social del partido y la revolución* 2011.
- PÉREZ, C.: "Rendimiento probabilístico del pelotón de cosechadoras cañeras KTP- 2.", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 5(2): 11-12, 1995.
- RICOTE, A.; E. GARCÍA; E. OLIVARES y L. BERGOLLA: "Indicadores de explotación de segadoras de arroz en la producción popular del municipio Vertientes en la provincia de Camagüey", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(2): 22-26, 2010.
- RODRÍGUEZ, T.; H. R. DE LAS CUEVAS; M. I. HERRERA y P. PANEQUE: "Evaluación tecnológica de la asperjadora de chorro proyectado modelo Matabí.", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(3): 73-76, 2007.

- RUIZ, R.: *Evaluación técnico-explotativa de las cosechadoras cañeras CASE IHAUSTOFT-8000*, 58pp., Tesis en opción del título de Ingeniero Agrícola, Departamento de Ingeniería Agrícola, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, 2013.
- SHKILIOVA, L.: "Sistemas de Mantenimiento Técnico y Reparaciones y su aplicación en la Agricultura", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(1): 72-77, 2011.
- SHKILIOVA, L. y M. FERNANDEZ: "Sistemas de Mantenimiento Técnico y Reparaciones y su aplicación en la Agricultura", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(1): 72-77, 2011.
- SHKILIOVA, L.; M. FERNÁNDEZ y J. NARANJO: "Determinación del trabajo útil promedio entre los fallos de los tractores MTZ-80 y MTZ-50", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(2): 35-39, 2005.
- SHKILIOVA, L.; A. MIRANDA y C. E. IGLESIAS: "Cálculo de los índices de fiabilidad de explotación de la técnica agrícola", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.*, 16(2): 52-55, 2007.
- SMITH, D. W.; B. G. SIMS y D. H. O'NEIL: "Principios y prácticas de prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas.", *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO*, 110: 1994.
- SOTO, P. D.; R. CAMPO DE LOS REYES; N. CAMPOS; M. FERNÁNDEZ; R. RODRÍGUEZ; O. LÓPEZ y A. RÍOS: *Compendio de información y reglamentaciones para la capacitación de los operadores, mecánicos y jefes de pelotones. Uso y Explotación de los Tractores XTZ 150K-09. IAgric-MINAG.*, La Habana, 2012.
- SOTTO, P.; N. FUENTES; D. LORA; R. SALVAT; M. WONG y M. BRIZUELA: *Maquinaria Agrícola. Programación y control de su explotación. CEMaq, Ed. AGRINFOR*, La Habana, 2006a.
- SOTTO, P.; N. FUENTES; R. SALVAT; M. BRIZUELA; D. LORA y M. WONG: *Maquinaria Agrícola. Programación y Control de su Explotación. Planificación y control de su utilización. AnaExplo, Ed. AGRINFOR*, 2006b.
- TORRES, Y.: *Evaluación energética y económica de conjuntos formados por tractor-arado en la Empresa Azucarera George Washington*, 38pp., Tesis en opción del título de Ingeniero Agrícola, Departamento de Ingeniería Agrícola, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, 2012.
- VÁZQUEZ, H. B.; L. R. PARRA; R. ALFONSO; J. T. MATOS y Y. ARÉVALO: "Evaluación Tecnológica Explotativa de conjuntos de labranza en cuatro tecnologías de preparación de suelo para el cultivo de la yuca.", *Revista Cubana de Desarrollo Local*, 1: 2009.
- VAZQUEZ, H. B.; L. R. PARRA; V. M. SÁNCHEZ-GIRÓN y A. ORTIZ: "Análisis de la productividad y el consumo de combustible en conjuntos de labranza en un fluvisol para el cultivo de la yuca (Manihot esculenta, Crantz)", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(2): 38-41, 2012.
- ZALDÍVAR, M. C. y G. DE LA COROMOTO: "Las máquinas agrícolas en el escenario del proceso de innovación tecnológica", *Revista Tecnología en Marcha*, N° 3, Vol. 22: 10-16, 2009.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1. Clasificación de los tiempos obtenidos del cronometraje.

Símbolo	Denominación	Características
T1	Tiempo limpio de trabajo	Tiempo transcurrido en el cual la máquina, según la tarea, elabora (conserva), dosifica y cambia el objeto de trabajo. Tiempo de trabajo, cuando todos los órganos principales de la máquina se encuentran bajo carga, incluyendo el tiempo de trabajo agregado durante el viraje o durante su abastecimiento de materiales tecnológicos en marcha, si el proceso tecnológico no se interrumpe.
T2	Tiempo auxiliar	$T 2 = T 21 + T 22 + T 23$ Gasto del tiempo al final de cada pasada cuando se interrumpe el proceso tecnológico y la máquina realiza la maniobra (viraje) para continuar el trabajo.
T21	Tiempo de viraje	
T22	Tiempo de traslado en el lugar de trabajo.	Tiempo de traslado en vacío del lugar de trabajo al lugar de carga y regreso (por ejemplo, traslado de la máquina fertilizadora hacia el lugar de carga del material y regreso al campo para continuar el trabajo.
T23	Tiempo de paradas tecnológicas	Paradas de la máquina vinculadas con ejecución del servicio tecnológico: abastecimiento de materiales tecnológicos (semilla, agua, fertilizantes, herbicidas, alambre, plaguicidas y otros), descarga del material cosechado en los lugares de estacionamiento.
T3	Tiempo de mantenimiento técnico de la máquina en ensayo.	$T 3 = T 31 + T 32 + T 33$
T31	Tiempo para la ejecución del mantenimiento técnico diario.	Tiempo invertido en las operaciones del mantenimiento técnico diario, previstos por el manual de explotación de la máquina (limpieza, engrase, abastecimiento de combustible, apriete de tornillos, regulaciones).

T32	Tiempo para la preparación de la máquina para el trabajo.	Tiempo para la puesta en marcha y calentamiento del motor; tiempo para llevar la máquina en su posición de transporte y de trabajo, cuando la máquina se traslada de un campo a otro o del lugar de estacionamiento al campo; tiempo invertido en cambiar el esquema tecnológico de la máquina hacia otro tipo de trabajo; tiempo para acoplar y quitar los aperos agrícolas y otros.
T33	Tiempo para realizar las regulaciones.	Tiempo para la realización de las operaciones de regulación relacionadas con los cambios de condiciones de trabajo (regulación de la profundidad de trabajo de los arados, sembradoras, cultivadores, número de revoluciones, ajuste de las holguras y otros).
T4	Tiempo para la eliminación de fallos.	$T 4 = T 41 + T 42$
T41	Tiempo para eliminación de los fallos tecnológicos (funcionales).	Tiempo para eliminar los embasamientos de los órganos de trabajo (suelos húmedos, semillas, fertilizantes y otros), así como para los trabajos al vacío para evitar los embasamientos o después de su limpieza.
T42	Tiempo para eliminar los fallos técnicos	Tiempo para la eliminación de los desperfectos técnicos (deformaciones, roturas), desmontaje y montaje del conjunto, en el cual se encuentra la pieza rota; retiro de la pieza rota y colocación de la nueva o reparada, regulación del mecanismo y conjunto producto de la eliminación de la rotura; eliminación de las deformaciones.
T 5	Tiempo de descanso del personal de servicio de la máquina en ensayo.	Tiempo para las necesidades fisiológicas y descanso del personal de servicio.
T 6	Tiempo de traslados en vacío	$T 6 = T 61 + T 62$
T 61		Tiempo de traslado del parqueo, brigada o distrito hacia el campo o viceversa.
T 62		Tiempo de traslado de un campo a otro o entre parcelas a para continuar el trabajo.
T 7	Tiempo de mantenimiento técnico de la máquina agregada a la de ensayo.	Tiempo de mantenimiento técnico diario, previsto en la instrucción para la explotación, arranque, calentamiento y otros.
T 8	Tiempo de paradas por causas ajenas a la máquina en ensayo.	$T 8 = T 81 + T 82 + T 83$

T 81	Tiempo de parada por falta de fuente energética, transporte, piezas de repuestos, esfera de preparación del campo para el trabajo y otros.
T 82	Tiempo de paradas por lluvia, rocío, vientos fuertes, alta o baja temperatura, alta humedad de los campos o cultivos.
T 83	Tiempo para tomar muestras y pesarlas, fotografiado, almuerzo del personal, eliminación de los desperfectos de la máquina agregada a la prueba, recepción de instrucciones y otros.

Anexo 2: MODELO 1 DEL CRONOMETRAJE

Institución que realiza el ensayo _____

Modelo de cronometraje No _____

Nombre de la máquina _____ Marca _____ No
 Fabrica _____ Inv _____

Lugar del ensayo _____
 Cronometrista _____

Número del campo _____ Operador _____

Tractor (marca, modelo, inv. número) _____

Implemento _____ Fecha _____ Turno _____

Tipo de trabajo _____ Cultivo, variedad _____

Ancho constructivo _____

Régimen de trabajo: _____

(Ancho de trabajo del agregado, cantidad órganos de trabajo, profundidad, altura de corte, norma de entrega y Otros)

Determinación de la velocidad de trabajo: _____ km/ h, _____ m/ s.

DISTAN CIA	m										
TIEMPO	s										

Comienzo del cronometraje _____ Final del cronometraje _____ Duración _____ horas

Combustible gastado: Había _____ Agregado _____ Consumo del turno _____

Materiales gastados _____ (aceites, grasas, fertilizantes, semillas y otros).

Suelo: Ligero _____ Medio _____ Pesado _____
 Seco _____ Medio _____ Húmedo _____

Humedad del suelo:

Relieve: Plano _____ Con inclinación _____ Ondulado _____
 Accidentado _____ Microrelieve: Plano _____

Características del material utilizado o procesado _____ (Tipo, fórmula, humedad, tóxico, masa, otros)

Personal participante: En el agregado _____ En las operaciones auxiliares _____

Estado de la superficie del suelo: Mullido. _____ Con algunos terrones. _____ Con muchos terrones. _____

Condiciones

Meteorológicas:

(Estado del tiempo, humedad, velocidad del viento, temperatura, precipitaciones, dirección del viento y otros)

Características _____ del _____ cultivo:

(Rendimiento, marco de siembra, cantidad de plantas por unidad de superficie, dimensiones de las plantas)

Características _____ del _____ campo:

(Largo del campo, obstáculos, labor anterior, enyerbamiento, cultivo anterior y otros)

ESQUEMA DEL CAMPO (Indique las medidas de los lados en metros y la dirección del movimiento del agregado)

Volumen de trabajo realizado en el turno dado en:

- ha _____
- kg _____
- kg/m _____
- otras _____

--

MODELO 1 (conclusión)

Fecha _____ Marca de la Máquina _____ No
 Inventario _____

INDICES DE LOS RESUMENES DEL CRONOMETRAJE

código	Cantidad de veces	Tiempo total (minutos)	código	Cantidad de veces	Tiempo total (minutos)	Observaciones sobre el trabajo de la máquina
						Tiempo de trabajo del motor (h)
						-bajo carga
						-en vacío
						-estacionario
						-otras observaciones

INDICES PRIMARIOS DEL TURNO:

Denominación de los índices	U / M	Valor
Tiempo total de trabajo	horas	
Tiempo de trabajo limpio	horas	
Volumen de trabajo realizado	ha, kg,	
Productividad por hora de tiempo limpio	ha/ h, kg/ h, kg/ h	
Tiempo en eliminación de desperfectos técnicos	horas	
Tiempo de paradas que no dependen de la máquina	horas	
Otros		

Personal participante:	Nombre:	Firma:
Cronometrista		
Técnico o Ingeniero probador		
Economista		
Otros		

Modelo 2. Resultados de la evaluación tecnológica explotativa de la nueva máquina

N/O	DENOMINACION DE LOS INDICES	U/M	INDICES
1	Lugares de trabajo, composición del agregado condiciones generales en que se realizan los ensayos y regímenes de trabajo.		
2	Volumen de trabajo realizado	ha., kg	
3	Duración de la observación cronométrica - tiempo limpio - tiempo operativo - tiempo productivo - tiempo turno - tiempo explotativo.	horas	
4	Productividad por hora. - De tiempo limpio - De tiempo operativo - De tiempo productivo - De tiempo turno - De tiempo explotativo.	ha, kg, kg/m	
5	Productividad en ocho horas. - en el tiempo turno - en el tiempo explotativo.	ha, kg, kg/ m	
6	Gasto de combustible. - por unidad de trabajo realizado - por hora de tiempo explotativo	kg, litros	
7	Gasto de materiales auxiliares	kg	
8	Tiempo de eliminación de desperfectos tecnológicos	hora	
9	Coeficiente de seguridad tecnológica (K41)		
10	Tiempo de eliminación de desperfectos técnicos - Cantidad de casos. - Volumen de trabajo laborado por fallo	Unidad ha, kg	
11	Coeficiente de seguridad técnica (K42)		
12	Coeficiente de utilización del tiempo productivo (K 04)		
13	Coeficiente de utilización del tiempo explotativo(K 07)		