



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DPTO. INGENIERÍA AGRÍCOLA



TRABAJO DE DIPLOMA

Determinación de los índices de fiabilidad de los tractores

XTZ- 150K-09

AUTOR: José Armando González Álvarez

TUTOR: Dr. C. Omar González Cueto

Santa Clara

CURSO 2013-2014

Pensamiento

“Es bueno insistir en la necesidad de impulsar la campaña en dos sentidos; uno el que fomenta la audacia revolucionaria creando las máquinas; otra, la relativa especialización hacia las ramas como la Mecánica Agrícola que nos permite una mayor flexibilidad en nuestros planes al no disponer de la maquinaria agrícola importada”

Ernesto Guevara

Dedicatoria

A mi abuela Esther, a mi madre y mi padre por haberme sabido guiar por el camino correcto, apoyarme en los momentos difíciles, cada uno a su forma, siendo mi motivo de inspiración.

A mi familia en general y a otras personas que sin ser mi familia se han hecho sentir como si lo fueran.

A mi novia por darme consejos.

A mis amigos, a mi tutor y asesor por ayudarme en la realización de este trabajo y hacer posible que el mismo se exponga en este momento.

Agradecimientos

A mis padres de quien siempre he recibido el apoyo moral y espiritual. A toda mi familia.

Mi novia que está ahí siempre.

Agradecimiento al tutor Dr. C. Omar González Cueto.

A los profesores que contribuyeron a nuestra formación integral.

A esas personas que me dieron su apoyo y siempre confiaron en que este momento era posible que se hiciera realidad.

A mis compañeros de año por hacerme pasar estos tiempos como los mejores de mi vida.

RESUMEN

El conocimiento de los índices de fiabilidad es fundamental para una explotación adecuada de las máquinas agrícolas, ya que estos caracterizan la relación entre el tiempo que la máquina está disponible para el trabajo y el tiempo dedicado a la eliminación de los fallos y el mantenimiento de estas. Este trabajo se realizó en la Empresa Agropecuaria valle del Yabú del municipio Santa Clara, en la provincia de Villa Clara. El mismo tuvo como objetivo determinar los índices de fiabilidad de los tractores XTZ –150K-09 en las condiciones de trabajo de la Empresa Agropecuaria valle del Yabú. Para su realización se hizo el cronometraje del trabajo de cuatro tractores formando conjuntos con el arado AT-90, la grada de 2199 kg y el tiller. Además, se analizó la información proveniente de la Tarjeta de Consumo de combustible de estos tractores durante el año 2013. Se determinaron los coeficientes de mantenimiento técnico, de seguridad tecnológica, de seguridad técnica, el tiempo medio para la reparación, el tiempo medio entre fallas y el coeficiente de disponibilidad técnica. Los resultados mostraron que el sistema de asistencia técnica de los tractores XTZ-150K-09, en la Empresa Agropecuaria valle del Yabú debe ser mejorado. Además mostró que es posible utilizar en calidad de información primaria para el cálculo de los índices de fiabilidad las Tarjetas de Consumo de combustible, siempre y cuando estos documentos en las condiciones de producción sean llenados sistemáticamente y según lo establecido. Los buenos resultados de todos los coeficientes de fiabilidad calculados, en primer lugar, debido a que tienen pocos años de explotación y a la excelente calidad de fabricación, muestran que el trabajo de estos tractores es estable y que, aunque existen dificultades, estos tractores tienen una explotación adecuada.

ABSTRACT:

The knowledge of the indexes of reliability is fundamental for an appropriate exploitation of the agricultural machines, since they characterize the relationship between the time that the machine is available for the work and the time dedicated to the elimination of the shortcomings and the maintenance them. This work was carried out in the agricultural sector of Yabú valley in Sta Clara municipality, in Villa Clara province. The objective of thin work was to determine the indeces of viability of the XTZ-150K-09 tractors under the condition of work of the XTZ-150K-09 tractors unde the conditions of work of the agricultural sector Yabú valley. For the realization of it the timing of the work of four tractors was made forming groups with the plow AT-90, the tier of 2199 kg and the tiller. Also, the information coming from the Card of Consumption of fuel of these tractors was analyzed during the year 2013. The coefficients of technical maintenance were determined, of technological security, of technical security, the half time for the repair, the half time between flaws and the coefficient of technical readiness. The results showed that the system of technical attendance of the XTZ-150K-09 tractors under the condition of work of the agricultural sector Yabú valley should be improved. It also showed that it is possible to use in quality of primary information for the calculation of the indexes of reliability the Cards of Consumption of fuel, provided these documents under the production conditions are filled systematically and according to the agreement. The good results of all the calculated coefficients of reliability, in the first place, because they have few years of exploitation and to the excellent quality of production, show that the work of these tractors is stable and that, although difficulties exist, these tractors have an appropriate exploitation.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
Capítulo I. Revisión bibliográfica	7
1.1. Sistema preventivo planificado de asistencia técnica a tractores y máquinas agrícolas.	7
1.2. Definiciones de Fiabilidad.	11
1.3. Análisis de investigaciones realizadas para la determinación de la fiabilidad de tractores y máquinas agrícolas.	14
II. MATERIALES Y MÉTODOS	17
2.1. Métodos utilizados para la caracterización de la Empresa Agropecuaria valle del Yabú, de los tractores XTZ- 150K-09 y del sistema de asistencia técnica que se aplica a estos.	17
2.2. Métodos utilizados para la obtención de la información primaria y el cálculo de los índices de fiabilidad del tractor en las condiciones de trabajo de la Empresa Agropecuaria valle del Yabú.	17
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
3.1. Resultados de la caracterización de la Empresa Agropecuaria valle del Yabú y del tractor XTZ-150K-09.	25
3.2. Cálculo de los índices de fiabilidad del tractor en las condiciones de trabajo de la Empresa Agropecuaria valle del Yabú.	28

CONCLUSIONES.....	25
RECOMENDACIONES.....	34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
ANEXOS	37

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Desde el momento de su creación, el hombre, como ser social, ha intentado facilitar su vida cotidiana con la ayuda de utensilios o herramientas, en especial, cuando al paso de los años se vio obligado a trabajar la tierra para consumir sus frutos y lograr el sustento familiar. Con el auge de la tecnología de máquinas, hasta nuestros días, cuando el incremento del volumen de producción obliga a aumentar las velocidades de las operaciones, surgen las máquinas agrícolas abriendo un amplio campo para el desarrollo de cada función: labranza, siembra, cosecha, carga y transporte de productos (Zaldívar, 2013).

La mecanización de la producción agropecuaria tiene un papel muy importante en la agricultura ya que está destinada a aportar la maquinaria agrícola, los sistemas de riego, los sistemas de cosecha y pos cosecha y las fuentes energéticas que sustentan la mayor parte de los trabajos en la agricultura. Por ello, es importante una adecuada planificación de los recursos y maquinaria que se encuentran vinculados a esta actividad, para evitar las pérdidas económicas, poder anticipar las sobreproducciones y tener un adecuado control sobre las maquinarias.

Según lo planteado en los *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución* (PCC, 2011), en los lineamientos 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, 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. La Figura 1 muestra los tractores de ruedas que se importaron del 2008 al 2011 los cuales llegaron a alcanzar la cifra total de 1036 durante esos cuatro años (ONEI, 2011).

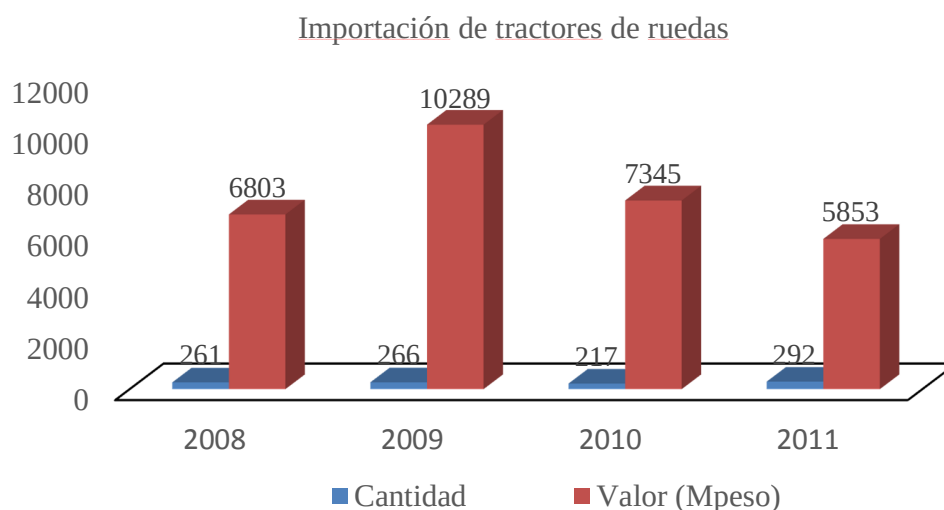


Figura 1: Tractores de ruedas importados en Cuba durante el cuatrienio 2008-2011
(ONEI, 2011).

El alto rendimiento explotativo de los tractores, alcanzando altos valores de utilización durante toda su vida útil, son exigencias fundamentales para lograr que los gastos realizados para la compra de esta maquinaria rindan los frutos esperados. Estos requisitos son alcanzables solo cuando esta se encuentra en buen estado. En la producción agrícola la preparación de las máquinas para el trabajo tiene una elevada importancia, ya que las tareas asignadas se realizan en la mayoría de los casos bajo condiciones extremas, lo cual provoca el desgaste anticipado de las máquinas e implementos 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).

Para alcanzar un trabajo eficiente y por largo tiempo de la maquinaria es necesario la realización de las tareas de asistencia técnica a las máquinas, las cuales se desarrollan con el objetivo de mantener su capacidad de trabajo. Es fundamental que los equipos laboren sin roturas y rindan al máximo de sus potencialidades técnicas. Desde el punto de vista puramente económico es deseable una alta fiabilidad de las máquinas para reducir los costos 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.*, 2006), debido al alto nivel de roturas e interrupciones en el servicio, dado en la mayoría de los casos por el envejecimiento de la maquinaria.

Muchas son las investigaciones que se han llevado a cabo sobre la fiabilidad y su importancia para lograr obtener un estimado de 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 (Lomonosov, 1980; Kolgunov, 1982; Pérez, 1995; Oliveira, 1997; Daquinta, 1999b; Shkilova, 1999; Shkilova y Torres, 2002) 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 ésta en gran medida depende de la correcta realización de los mantenimientos técnicos y reparaciones.

Diferentes autores como (Shkiliova *et al.*, 2005; Shkiliova *et al.*, 2007; Fernández, 2013) han utilizado en calidad de la información primaria para el cálculo de los índices de fiabilidad las Tarjetas de Consumo de Combustible y las Órdenes al taller. Ellos consideran que estos documentos son una fuente valiosa de información siempre y cuando sean llenados sistemáticamente y según lo establecido. Estos autores, basándose en la información disponible en los documentos en cuestión, determinaron el coeficiente de disponibilidad técnica para tractores MTZ - 50 y MTZ - 80 (Shkiliova *et al.*, 2005), 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. Estos índices representan en sí los indicadores de clase mundial para evaluar la gestión de mantenimiento y, por tanto, pueden ser utilizados con este fin a nivel de empresa.

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 (Hernández, 1999a; Miranda, 2005; Luques, 2013; Ruiz, 2013).

La Empresa Agropecuaria valle del Yabú posee un parque de máquinas deteriorado y sobreexplotado, con más de 20 años de servicio en casi todos los tractores. La situación de estas maquinarias y de otros factores económicos y subjetivos, ha hecho que las producciones de esta empresa, en años recientes, no satisfagan las necesidades y los planes que para ella ha asignado el partido y el estado en la provincia. Con vistas a la recuperación de los niveles de producción se desarrolla un plan inversionista que incluye la compra de maquinaria agrícola.

Desde el año 2012 se incorporaron al parque de maquinaria tractores XTZ-150K-09, de clase traccional 30 kN, los cuales se destinaron a trabajos de preparación de suelos. A estas máquinas se les ha aplicado el sistema preventivo planificado que tradicionalmente se le hace a todos los tractores pertenecientes al Ministerio de la Agricultura en Cuba. Sin embargo, hasta la fecha, no se han hecho investigaciones que permitan cuantificar la eficiencia del sistema de atención técnica a este tipo de tractores en cuanto a la fiabilidad de explotación de estos. A partir de estos elementos se realiza esta investigación que tiene como:

Problema científico:

¿Cuáles son los índices de fiabilidad de los tractores XTZ – 150K - 09 en las condiciones de trabajo de la Empresa Agropecuaria valle del Yabú?

Hipótesis:

Si se determinan los índices de fiabilidad y se caracteriza el sistema preventivo planificado que se aplica a los tractores XTZ-150K-09, es posible hacer recomendaciones a los directivos

de maquinaria, para explotar de una forma más eficiente estos tractores en las condiciones de trabajo de la Empresa Agropecuaria valle del Yabú.

Objetivo general:

Determinar los índices de fiabilidad de los tractores XTZ –150K-09 en las condiciones de trabajo de la Empresa Agropecuaria valle del Yabú.

Tareas de Investigación:

- Caracterización de la Empresa Agropecuaria valle del Yabú, de los tractores XTZ-150K-09 y del sistema de asistencia técnica que se aplica a estos.
- Obtención de la información primaria para la realización de la investigación y cálculo de los índices de fiabilidad del tractor en las condiciones de trabajo de la Empresa Agropecuaria valle del Yabú.

Capítulo I

Capítulo I. Revisión bibliográfica

1.1. Sistema preventivo planificado de asistencia técnica a tractores y máquinas agrícolas.

Para el mantenimiento de la capacidad de trabajo de las máquinas es necesario realizar un grupo de labores que permitan su disponibilidad para el trabajo el mayor tiempo posible. Este grupo de labores se incluyen dentro del sistema preventivo planificado de asistencia técnica a tractores y máquinas agrícolas. González (1992), considera que el servicio técnico es un complejo de procesos para mantener el estado técnico adecuado de la máquina, lo cual incluye el mantenimiento técnico, la reparación, el diagnóstico técnico y los abastecimientos. Alén (2009), plantea que el sistema preventivo de mantenimiento es un sistema de medidas científicamente argumentadas, destinadas a mantener las máquinas aptas para el trabajo, Aquí se incluye el asentamiento, los mantenimientos planificados, las inspecciones periódicas, las reparaciones y la conservación. La tarea principal en aplicar este sistema consiste en mantener las máquinas y disminuir el coste propio de los trabajos mecanizados. Según Daquinta (2004), el sistema de mantenimiento técnico no es más que un conjunto de operaciones que deben recibir los equipos en su periodo de explotación o vida útil, para mantener y restablecer la capacidad de trabajo. Este sistema de mantenimiento técnico y reparación de la maquinaria agrícola lo componen las actividades de asentamiento, chequeo técnico, mantenimiento técnico (preventivo, predictivo y correctivo), reparación (eventual, media y general) y la conservación.

El mantenimiento planificado es un complejo de operaciones tecnológicas que se cumplen sucesivamente de una manera determinada, con el objetivo de alcanzar un alto nivel de

producción, prevenir los desgastes anticipados, las roturas y averías, así como reducir los gastos de explotación (Alén, 2009).

Según Sima (2010), el mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive partes.

Bajo esas premisas se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de sub-ensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones, las cuales se considera importante realizar para evitar fallos.

Debido a lo expresado por los autores mencionados, podemos decir de forma concluyente, que un sistema preventivo planificado de asistencia técnica a tractores y máquinas agrícolas no es más que, todo un conjunto de operaciones que se le realiza a la maquinaria con un mismo fin, de mantener la maquinaria apta para las labores que se le asignan y lograr un aumento de su vida útil previendo los desgastes anticipados.

En Cuba para la maquinaria agrícola está establecido el Sistema de Mantenimiento Técnico y Reparaciones Preventivo Planificado, que fue introducido en los años 60 producto de la colaboración de la desaparecida URSS. 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 (Fernández, 2013).

Este sistema comprende los siguientes elementos:

El asentamiento: tiene el objetivo de asegurar el ajuste de las superficies de trabajo en toda máquina nueva o recién reparada, se desarrolla observando un régimen previsto con aumento

paulatino de las cargas antes que la máquina sea sometida a explotación. El orden en que se debe desarrollar el mantenimiento, así como las condiciones de explotación de la máquina en cuestión, son establecidas por el fabricante y aparecen en las recomendaciones e instrucciones de la fábrica productora.

Mantenimiento técnico diario: pronostica un control del estado técnico de la máquina una vez finalizado el turno de trabajo o antes de comenzar el próximo turno, mediante un chequeo visual y verificación auditiva. Se controla la seguridad de las sujeciones, niveles de agua, aceite, combustible, funcionamiento de los aparatos de control y eliminación de las deficiencias encontradas.

Mantenimiento técnico periódico: se desarrolla después que la máquina ha desarrollado un determinado volumen de trabajo y su finalidad es la de chequear y restablecer las regulaciones de los mecanismos, uniones, conjuntos y órganos de trabajo, prevenir el desgaste temprano de las diferentes piezas y conexiones de la máquina, así como asegurar la economía y estabilidad de su funcionamiento.

El mantenimiento entre campañas: se desarrolla el paso a la explotación de la máquina entre una temporada y otra. Este tipo de mantenimiento se desarrolla fundamentalmente en aquellos países donde existen cambios climatológicos significativos, y en este caso, el mantenimiento comprende el lavado del sistema de refrigeración, cambios de aceite en conformidad con la temporada en la cual trabajará la máquina y se realiza el chequeo de los conjuntos y mecanismos.

El mantenimiento técnico después de la campaña: se realiza al final de la temporada de explotación de la máquina y se desarrolla el chequeo técnico del estado de la máquina sin proceder a su desmontaje, así se determinan las posibilidades de su reparación para la conservación y explotación.

Los mantenimientos técnicos, en sentido general, Fernández *et al.* (2011) los clasifica en: Mantenimiento correctivo: consiste en intervenir con una acción de reparación cuando el fallo se ha producido, restituyendo la capacidad de trabajo a la máquina. Concibe también acciones de limpieza y lubricación con carácter preventivo, acorde, en general, a las recomendaciones y exigencias de los fabricantes. Las acciones de reparación se pueden clasificar en pequeñas, medias y generales.

Mantenimiento preventivo: concibe la realización de intervención con carácter profiláctico según una programación, con el objetivo de disminuir la cantidad de fallos aleatorios, no obstante, estos no se eliminan totalmente. Con el accionar preventivo se introducen nuevos costos, pero se reducen estos en las reparaciones, las cuales disminuyen en cantidad y complejidad. Las operaciones que se realizan son intervenciones típicas, que incluyen la limpieza, los ajustes, los reaprietes, las regulaciones, la lubricación, los cambios de elementos utilizando el concepto de recurso asignado justificado convenientemente y hasta las propias reparaciones de cualquier tipo, siempre que sean planificadas previamente.

Mantenimiento predictivo: trata de un mantenimiento profiláctico, pero que no descansa en el cumplimiento de una programación rígida de acciones como las mencionadas en el preventivo. Aquí lo que se programa y se cumple con obligación son las inspecciones, cuyo objetivo es la detección del estado técnico del sistema y la indicación sobre la conveniencia

o no de realización de alguna acción correctora. También puede indicar el recurso remanente que le queda al sistema para llegar a su estado límite.

El chequeo técnico: se desarrolla para controlar el cumplimiento de las reglas de explotación y revisar la correspondencia del estado técnico real de la máquina con los requerimientos estipulados en la documentación técnica, así como para determinar el grado de preparación de las máquinas para la realización de su trabajo.

1.2 Definiciones de Fiabilidad.

La fiabilidad es uno de los parámetros principales a tener en cuenta a la hora de adquirir un equipo de cualquier tipo, ya que la misma se define como la probabilidad de que un equipo funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones operativas específicas (por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, fricción, velocidad, tensión, nivel de vibraciones, etc.) (Nachlas, 2002).

Varias son las definiciones que los autores han dado sobre la fiabilidad. Según Nachlas (1995), la fiabilidad es el estudio de la longevidad 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. 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 (Nachlas, 1995).

Holický y Vrouwenvelder (2013), plantean que la fiabilidad de un dispositivo componente o sistema sometido a unas condiciones de trabajo concretas, es la probabilidad de que este funcione correctamente (sobreviva sin fallar) durante un determinado periodo de tiempo. Así pues, la fiabilidad constituye un aspecto fundamental de la calidad de todo dispositivo que sea posible hacer estimaciones sobre la vida útil del producto.

Según Kleine (2009), fiabilidad significa menor necesidad de intervención; en una definición así, 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 equilibrado, 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 de reparación (Shkiliova *et al.*, 2007).

Lograr que los equipos laboren sin roturas y rindan al máximo de sus potencialidades técnicas es realmente una necesidad, estas y otras cuestiones relacionadas con el funcionamiento sin fallos de los equipos, instrumentos, sistemas y sus componentes, constituyen el objeto de estudio de la teoría de la fiabilidad. Supóngase que puede definirse un estado que se designara como falla para cualquier componente del sistema cuando este interrumpe su funcionamiento. Si tal componente se pone bajo condiciones de tensión a un tiempo determinado y se observa hasta que falla, el tiempo para fallar o la duración se designará por T y puede considerarse como una variable aleatoria continua con una función de distribución (Cabrera *et al.*, 1997; Daquinta, 1999a).

Según Daquinta *et al.* (1998), 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.

En general la fiabilidad es la capacidad de un equipo de cumplir con las tareas para las que fue diseñado, de forma eficaz durante su vida útil.

Hernández *et al.* (1986), consideran que las maquinarias agrícolas durante su explotación se enfrentan a constantes variaciones de la carga, producidas por irregularidades del terreno y la propia masa vegetal. Esto trae aparejado desajustes de los elementos conjugados y, por tanto, la variación de las regulaciones de trabajo, con la consiguiente afectación de los parámetros tecnológicos, de calidad, la aparición de fallos y, por ende, parada por roturas. Todo esto afecta los sistemas de las máquinas, interrumpe el ritmo de trabajo, limita el rendimiento y eleva los gastos directos de explotación, sobre todo, por concepto de consumo de piezas de repuesto, paradas y reparación.

Además de los índices de fiabilidad como el tiempo medio entre fallos y el tiempo medio para reparación, el coeficiente de fiabilidad o coeficiente de disponibilidad técnica es uno de los más calculados (Shkiliova *et al.*, 2005; Shkiliova *et al.*, 2006; Shkiliova *et al.*, 2007; Fernández, 2013). Este representa la probabilidad de que la máquina o elemento específico analizado este apto para el trabajo en un momento arbitrariamente escogido, excepto en los periodos de mantenimiento. El mismo caracteriza el trabajo sin fallo y la reparabilidad, su valor debe encontrarse entre 0,8 - 0,9, el cual se considera bajo para valores inferiores a 0,8 (Hernández, 1999a).

1.3. *Análisis de investigaciones realizadas para la determinación de la fiabilidad de tractores y máquinas agrícolas.*

Diversos autores han coincidido en que la fiabilidad de explotación (seguridad técnica y tecnológica) de la maquinaria agrícola, en gran medida depende de la correcta realización de los mantenimientos técnicos y reparaciones (Daquinta, 1999c; Hernández, 1999b; Shkiliova *et al.*, 2005). Estos autores, para apreciar la fiabilidad de explotación de la máquina, utilizan, como indicador generalizado, el coeficiente de fiabilidad de explotación que caracteriza la relación entre el tiempo durante el cual la máquina se encuentra en el estado de servicio y el tiempo total de trabajo de la máquina (Shkiliova *et al.*, 2007). Esta autora plantea que el índice de fiabilidad de explotación debe ser caracterizado por los gastos de tiempo y de recursos para mantener la capacidad de trabajo de las máquinas.

Shkiliova *et al.* (2005), determinaron el trabajo útil promedio entre los fallos de los tractores MTZ-80 y MTZ-50 en las condiciones de la empresa Cultivos Varios de Güira de Melena. La determinación de este índice de fiabilidad se realizó sobre la base de la información primaria asentada en las Tarjetas de Gasto de Combustible y las órdenes al taller durante el período de los años 2001-2003.

De la Cruz *et al.* (2013), analizaron la disponibilidad técnica de la cosechadora de arroz CLAAS DOMINATOR 130. Este fue realizado en la unidad empresarial de base integral de servicios técnicos perteneciente a la Empresa Agroindustrial de Granos “Los Palacios”, en la provincia de Pinar del Río, durante el periodo julio-diciembre del año 2012. La recogida de la información primaria sobre la disponibilidad de la cosechadora se realizó en las condiciones de producción. Los coeficientes que se calcularon fueron coeficientes de

disponibilidad técnica, para su determinación se utilizaron los cálculos del trabajo útil medio hasta el fallo y el tiempo promedio invertido en la eliminación de la falla.

Díaz y Rodríguez (2006), en una de sus investigaciones encaminadas al análisis del comportamiento de la fiabilidad de las combinadas KTP-2M en la cosecha de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y las pérdidas que ocasionan, utilizó el coeficiente de disponibilidad técnica. Para realizar el cálculo de este se tuvo en cuenta el tiempo de trabajo limpio entre fallos, tiempo de trabajo planificado entre fallos, tiempo de trabajo que se invierte en detectar y eliminar el fallo, así como el número de fallos. Este trabajo se realizó en un periodo de tiempo de diez días mediante el método de foto cronometraje en tres bloques de distintos rendimientos, condiciones y diferentes variedades del cultivo.

Fernández (2013), determinó los índices de fiabilidad del conjunto de tractores de varias empresas agropecuarias de la antigua provincia de La Habana. Los índices calculados fueron el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio para la reparación. Estos índices, así como el coeficiente de mantenimiento técnico, el coeficiente de seguridad tecnológica y el coeficiente de seguridad técnica, calculados a partir de la NC 34-37 (2003), han sido ampliamente utilizados para expresar los índices de fiabilidad de tractores y máquinas agrícolas y caracterizar la aplicación de los sistemas de asistencia técnica a los sistemas de máquinas.

Para determinar los índices de la fiabilidad de los artículos, es necesario realizar una recogida de la información primaria sobre el trabajo útil, los fallos y tiempo de su eliminación para una considerable muestra de objetos de investigación durante un período de tiempo prolongado. Sin embargo, en la mayoría de las empresas agropecuarias del país, están llevando por cada máquina las tarjetas de gasto de combustible y órdenes al taller, donde se

asenta toda la información necesaria para el cálculo de los principales índices de la fiabilidad (Shkiliova *et al.*, 2005). Varias han sido las investigaciones que han utilizado información proveniente de estas fuentes para determinar los índices de explotación (Shkiliova *et al.*, 2005; Shkiliova *et al.*, 2007; Fernández, 2013), lo cual muestra como estas pueden ser muy útiles para estos cálculos. También se utiliza como fuente la información proveniente de las cronocartas y fotocronometraje empleados para la evaluación tecnológico explotativa (Bagbiegue, 2013; Luques, 2013; Ruiz, 2013).

Basándose en la información disponible en los documentos en cuestión, es posible determinar el coeficiente de disponibilidad técnica para cada tractor y del parque de tractores, así como su cambio dinámico durante un año, el tiempo promedio de eliminación de un fallo, el tiempo gastado en la ejecución de los mantenimientos técnicos programados y su costo. Estos índices representan en sí los indicadores de clase mundial para evaluar la gestión de mantenimiento y, por tanto, pueden ser utilizados con este fin a nivel de empresa.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Métodos utilizados para la caracterización de la Empresa Agropecuaria valle del Yabú, de los tractores XTZ- 150K-09 y del sistema de asistencia técnica que se aplica a estos.

Para la caracterización de la empresa se entrevistaron a los funcionarios encargados de las producciones agrícolas y a los de mecanización. Además, se revisaron documentos en los que se obtuvo la información necesaria. Para la caracterización del tractor se buscó información en fuentes bibliográficas sobre estos como Luques (2013) y Sotto *et al.* (2012). La caracterización del sistema de asistencia técnica que se aplica se realizó mediante entrevistas al personal encargado del pelotón de tractores, de los talleres de mantenimiento y reparación, así como a los operadores. También se buscó información en documentos y reglamentos de asistencia técnica a la maquinaria (Fernández *et al.*, 2011).

2.2. Métodos utilizados para la obtención de la información primaria y el cálculo de los índices de fiabilidad del tractor en las condiciones de trabajo de la Empresa Agropecuaria valle del Yabú.

La información primaria para la realización de la investigación se obtuvo a través de la aplicación de los procedimientos descritos en la NC 34-37 (2003). Se hicieron cronocartas durante los trabajos del tractor formando conjuntos con el arado AT 90 (Figura 2), la grada de 2199 kg (Figura 3) y el tiller (Figura 4).



Figura 2. Conjunto tractor XTZ-150K-09 y el arado AT 90.



Figura 3. Grada de 2199 kg.



Figura 4. Conjunto tractor XTZ-150K-09 y el tiller.

Las cronocartas se llenaron primero con los aspectos relacionados con la identificación de los campos, la fecha, los equipos a utilizar y las condiciones del suelo. El tiempo de inicio del trabajo se anotó y, posteriormente, el tiempo final de cada una de los trabajos realizados por el conjunto. La duración de cada operación se determinó por la diferencia del tiempo del comienzo de esta (final de la operación anterior), y el tiempo final de la misma.

Para la identificación de las distintas operaciones realizadas en la jornada se estableció la siguiente relación de códigos.

1- Tiempo limpio de trabajo, T_1

Tiempo transcurrido en el cual el conjunto, según la tarea, elabora 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.

2- Tiempo auxiliar, T_2

Tiempo transcurrido en operaciones sin las cuales no se puede realizar el trabajo limpio del conjunto.

$$T_2 = T_{21} + T_{22} + T_{23} \quad [1]$$

Donde:

Tiempo de viraje, T_{21} : 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.

Tiempo de traslado en el lugar de trabajo, T_{22} : 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).

Tiempo de paradas tecnológicas, T_{23} : 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.

3- Tiempo de mantenimiento técnico de la máquina en ensayo, T_3

$$T_3 = T_{31} + T_{32} + T_{33} \quad [2]$$

Donde:

Tiempo para la ejecución del mantenimiento técnico diario, T_{31} : 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).

Tiempo para la preparación de la máquina para el trabajo, T_{32} : 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 implementos agrícolas y otros.

Tiempo para realizar las regulaciones, T_{33} : 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).

4- Tiempo para la eliminación de fallos, T_4

Donde:

$$T_4 = T_{41} + T_{42} \quad [3]$$

Tiempo para eliminación de los fallos tecnológicos (funcionales), T_{41} : tiempo para eliminar los embasamientos de los órganos de trabajo (suelos húmedos, semillas, fertilizantes y otros), así como los trabajos al vacío para evitar los embasamientos o después de su limpieza.

Tiempo para eliminar los fallos técnicos, T_{42} : 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.

5- Tiempo de descanso y para la realización de las necesidades fisiológicas del personal de servicio del conjunto, T_5

6- Tiempo de traslados en vacío, T_6

$$T_6 = T_{61} + T_{62} \quad [4]$$

Donde:

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 para continuar el trabajo.

7- Tiempo de mantenimiento técnico de la máquina agregada a la de ensayo:

T_7 : tiempo de mantenimiento técnico diario del apero acoplado al tractor.

8- Tiempo de paradas por causas ajenas a la máquina en ensayo, T_8

Donde:

$$T_8 = T_{81} + T_{82} + T_{83} \quad [5]$$

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.

El cronometraje del día de trabajo se llevó a cabo ininterrumpidamente durante todo el turno.

La observación se llevó desde el momento del comienzo hasta el final de la realización de cada una de ellas. Si durante el tiempo del cronometraje ocurrieron roturas en el momento de la reparación o eliminación del defecto, el tiempo empleado se consideró por elementos. Las paradas vinculadas con la organización de la reparación y los mantenimientos se reflejaron en diferentes momentos de aplicación, indicándose el tiempo empleado. A todas las paradas

y traslados se le señaló en la columna “observaciones” del modelo de cronometraje lo siguiente: las causas, el lugar donde se realizó y otros elementos que aclaran la operación en cuestión.

Los coeficientes de fiabilidad calculados a partir de la información recogida en las cronocartas fueron:

Coeficiente de mantenimiento técnico, K_3

$$K_3 = \frac{T_1}{T_1 + T_3} \quad [6]$$

Coeficiente de seguridad tecnológica, K_{41}

$$K_{41} = \frac{T_1}{T_1 + T_{41}} \quad [7]$$

Coeficiente de seguridad técnica, K_{42}

$$K_{42} = \frac{T_1}{T_1 + T_{42}} \quad [8]$$

A partir de la información asentada en las Tarjetas de Consumo de Combustible se obtuvieron los tipos de fallos y sus causas, su duración y el tiempo trabajado por el tractor durante el año 2013. A partir de estos datos se obtuvieron los siguientes índices de fiabilidad.

Tiempo medio para reparación, $TMPR$

$$TMPR = \frac{\sum HTMC_i}{NTMC} \quad [9]$$

Donde:

i: iésimo tractor a prueba

$HTMC$: tiempo empleado para la solución de los fallos.

$NTMC$: número total de fallos.

Tiempo medio entre fallas, $TMEF$

$$TMEF = \frac{\sum HROP_i}{\sum NTMC} \quad [10]$$

Donde:

HROP: horas trabajadas durante el período por el *i*ésimo tractor a prueba.

Coeficiente de disponibilidad técnica, K_{dt}

$$K_{dt} = \frac{\sum HROP_i}{\sum HROP_i + \sum HTMC_i} \quad [11]$$

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados de la caracterización de la Empresa Agropecuaria valle del Yabú y del tractor XTZ-150K-09.

La Empresa Agropecuaria valle del Yabú se encuentra ubicada en el municipio Santa Clara, provincia Villa Clara. Fue fundada por Arnaldo Milián Castro en el año 1969. La misión de esta es producir y comercializar, hortalizas, viandas, frutales, granos, leche y carne, así como la industrialización de algunos de estos productos para satisfacer las necesidades de la población y la elaboración de medios biológicos contra plagas y enfermedades. La empresa cuenta con una plantilla de 1411 trabajadores y 1098 de ellos son mujeres. Las áreas cultivables de la empresa presentan suelos pardos con carbonatos, muchos de los cuales son regados con aguas provenientes del embalse Arroyo Grande. Los cultivos principales con que cuenta son arroz, frijoles, garbanzos, tomate, plátanos, papa y boniato.

Los tractores XTZ-150K-09 (Figura 5) fueron introducidos a principios del año 2012, están destinados a realizar labores agrícolas de alta demanda energética como: la subsolación, aradura, gradeo, siembra y labores de transporte con remolques de alta capacidad (hasta 20 t). Se emplean ampliamente en la agricultura, distinguiéndose por las facilidades para ejecutar labores de transporte.

La existencia del dispositivo trasero de levante y del árbol independiente de toma de fuerza, permite realizar trabajo con cosechadoras de arrastre o semintegrales, máquinas para aplicar fertilizantes orgánicos y químicos, etc. En las condiciones de esta empresa se utilizan para

labores de preparación de suelos, formando conjuntos con el arado AT-90, la grada de 2199 kg y el tiller. La Tabla 1 muestra las características técnicas del tractor XTZ-150K-09.



Figura 5. Tractor XTZ-150K-09

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

Característica técnica	Valor
Motor, modelo, fabricante	YAMZ-236D-3, Avtodizel, Rusia
Potencia nominal, kW	128.7
Frecuencia nominal de giro, rpm	2100
Números de cilindros	6
Disposición de cilindros	En forma de V
Diámetro de cilindros/corregido del embolo, mm	130/140
Cilindrada del motor , L	11.15
Sistema de arranque	Arrancador electrónico
Consumo específico de combustible a potencia nominal, g/kW.h.	220(162)

El sistema de asistencia técnica empleado en la Empresa Agropecuaria valle del Yabú, es el establecido por reglamento en la agricultura cubana en todas las empresas anexas a este organismo. Este sistema incluye, como primer paso, el asentamiento, el cual fue aplicado a estos tractores según los procedimientos establecidos para esta tarea. Hasta la fecha de realización de la investigación a estos tractores se le han aplicado también los chequeos técnicos y el sistema de mantenimiento preventivo planificado.

Como plantean (Fernández *et al.* (2011)), este sistema se caracteriza por la periodicidad reglamentada de ejecución de las operaciones de mantenimiento técnico y reparaciones con carácter preventivo de los trabajos, dirigidos a prevenir las fallas y consecuencias. En el caso del tractor XTZ-150K-09 incluye el mantenimiento técnico diario (Anexo 1), el mantenimiento técnico número 1 (Anexo 1), que se realiza cada 250 horas de trabajo; el mantenimiento técnico número 2 (Anexo 1), que se realiza cada 500 horas de trabajo; el mantenimiento técnico número 3 (Anexo 1), que se realiza cada 1000 horas de trabajo y la reparación parcial (Anexo 1), que se realiza cada 2000 horas de trabajo.

En cuanto al mantenimiento técnico diario, en las condiciones de explotación y durante las observaciones realizadas, se comprobó que las principales operaciones que se le hacían a estos tractores eran la limpieza o lavado del tractor, el completamiento de los niveles de aceite en los distintos depósitos, el completamiento del nivel de agua en el radiador, la revisión de las uniones y conductores hidráulicos y la regulación de los aperos. Este es el mantenimiento más importante que se le realiza al tractor, porque lo prepara para el trabajo diario. A partir de las observaciones realizadas en el campo se aprecia que a estos tractores se le realizan más operaciones que las planificadas para este tipo de asistencia técnica, lo cual se considera

adecuado para el nivel de esfuerzos a que se ve sometido durante la realización de los trabajos de preparación de suelos.

Los mantenimientos planificados 1 y 2 se realizan en el taller central de la empresa, los tractores realizan estos mantenimientos cuando han alcanzado un número de moto horas aproximada a las establecidas, es decir, no se respeta exactamente la periodicidad planificada. Debido a la falta de piezas de repuestos e insumos para estos tractores, no se les realizan todas las operaciones concebidas, lo cual hace que la calidad de los trabajos no sea la adecuada. En ocasiones no se contaba con el aceite necesario para la realización del cambio o el relleno en los cárteres, afectándose también la calidad de los mantenimientos. Las horas trabajadas por estos equipos todavía no han llegado a ser las necesarias para la realización de los mantenimientos 3.

3.2. Cálculo de los índices de fiabilidad del tractor en las condiciones de trabajo de la Empresa Agropecuaria valle del Yabú.

La Figura 6 muestra los resultados del cronometraje realizado a los tractores en prueba. Este se realizó en 14 turnos de control, alcanzándose un total de 85.11 horas de trabajo limpio, a un total de cuatro tractores XTZ-150K-09 formando conjunto con el arado AT-90, la grada 2199 kg y el tiller. El Anexo 2 muestra los elementos de la composición del tiempo de turno de cada uno de los conjuntos evaluados.

Elementos del tiempo de turno

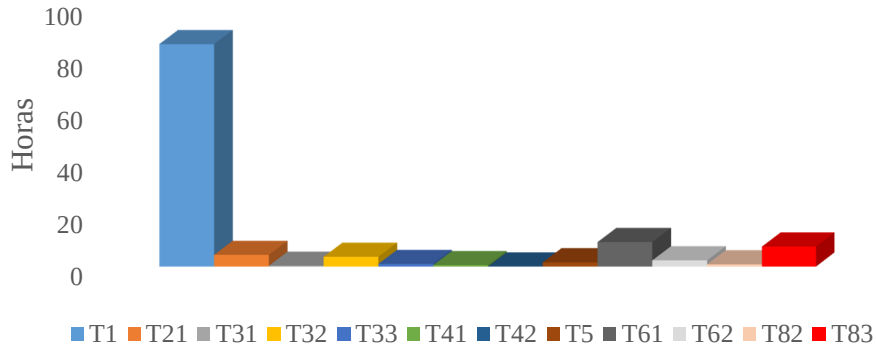


Figura 6 elementos del tiempo de turno

La Figura 7 muestra el comportamiento de los elementos del turno en porcentaje, se aprecia como principal elemento el tiempo de trabajo limpio y alcanza un valor de 72,73%, mientras que los tiempos dedicados a mantenimiento técnico y la eliminación de fallos alcanzan, respectivamente, valores de 4,3% y 0,48%.

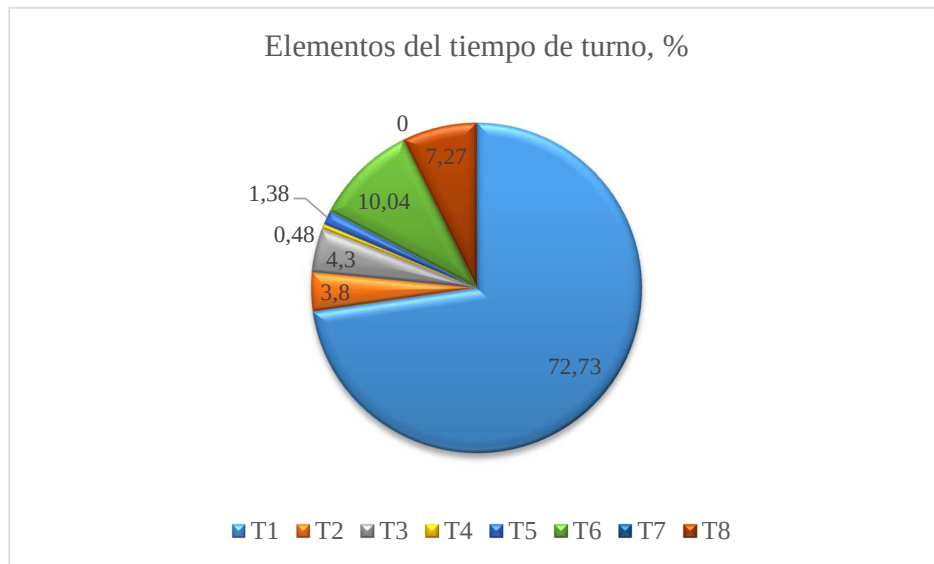


Figura 7. Elementos del tiempo de turno, %.

A partir de los tiempos empleados en trabajo limpio y en la realización de los mantenimientos técnicos se obtuvo el coeficiente de mantenimiento técnico, el cual alcanzó valores de 0.94, debido a que el porcentaje de tiempo perdido para mantenimiento técnico fue de 5.03 h, es decir, un valor bajo comparado con el tiempo de trabajo limpio del tractor, que fue de 85.11 h. 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 a la máquina para el trabajo y en la realización de las regulaciones.

El coeficiente de seguridad tecnológica, calculado a partir de las horas de trabajo limpio y el tiempo empleado en la eliminación de las fallas tecnológicas, alcanzó un valor de 0.99, debido a que las condiciones de suelo durante la realización de los trabajos fue la adecuada, por tanto, se produjeron pocos atascamientos del tractor, solo ocurrió en una ocasión debido a la lluvia que cayó durante la realización de la aradura. El mejoramiento de la respuesta de este tractor a las fallas tecnológicas pudiera resolverse o mejorarse si se le pudiera instalar 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.

El coeficiente de seguridad técnica, calculado a partir de las horas de trabajo limpio y el tiempo empleado en la eliminación de fallos técnicos, alcanzó un valor de 0.99, debido a que, como los tractores son nuevos, estos, durante la realización de los trabajos tuvieron muy pocas roturas. Las principales roturas que se produjeron fueron: roturas de mangueras hidráulicas y caída de pasador del punto de enganche del tractor. Sin embargo, durante la realización de la evaluación, los tractores fueron explotados con deficiencias técnicas que no se solucionaron debido a urgencias de trabajo y a no contar con las piezas de repuesto necesarias para su eliminación. 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. Otra de las dificultades observadas durante la realización de las pruebas fue que el taller móvil es uno solo, sin embargo, los tractores trabajaban en un dúo y los dos restantes por separado, lo cual hace que se demore la solución de las fallas debido a la distancia a recorrer para su tramitación cuando el tractor afectado no estaba junto al taller y a que no disponían de un sistema de comunicación eficiente entre ellos.

La distribución de fallas por sistemas, obtenido de la información tomada de las Tarjetas de Consumo de Combustible se muestra en la Tabla 2. Ahí se puede apreciar que el sistema hidráulico del tractor fue el que acumuló mayor cantidad de fallas, siguiéndole el sistema de alimentación y el sistema eléctrico. Las principales fallas fueron las roturas de las mangueras hidráulicas, salideros de aceite, roturas del filtro de aceite y del ventilador. Estos resultados coinciden con los de Shkiliova *et al.* (2005) quienes encontraron, para tractores MTZ- 80 y MTZ-510 en las condiciones de la Empresa Agropecuaria Güira de Melena, que las principales fallas de estos se produjeron en el sistema hidráulico. Sin embargo, esta investigación determinó el tiempo de trabajo del tractor a partir del consumo de combustible, lo cual puede introducir mayor cantidad de errores en los cálculos debido a que el consumo de combustible puede ser alterado por diferentes causas y, por lo tanto, diferir en gran medida del real.

Tabla 2. 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

El tiempo medio para la reparación es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema, y mide la efectividad en restituir las condiciones óptimas de operación una vez que el equipo se encuentra fuera de servicio debido a una falla, dentro de un período de tiempo determinado. Este coeficiente, el del tiempo medio para la reparación de los fallos, alcanzó un valor de 14.85 h, debido a la falta de piezas de repuesto, a la falta de agregados disponibles para el cambio cuando alguno fallaba, a la poca preparación de los mecánicos y demás personal que atiende estos equipos, a las pocas condiciones técnicas disponibles para la eliminación de los fallos (tanto en el campo como en el taller), a la falta de insumos para la reparación, a no disponer de equipamiento para el diagnóstico técnico de estos equipos y a la escasa disponibilidad de información técnica sobre estos.

El tiempo medio entre fallas indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de una falla, es decir, es 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 alcanzó un valor de 0.87, es decir, el tractor está disponible para el trabajo un 87% del tiempo. Este resultado es bueno, coincidiendo con el intervalo propuesto por (Hernández, 1999a), de considerar valores de K_{dt} entre 0.8 y 0.9 como buenos. Este resultado se obtiene en primer lugar debido a que son tractores nuevos y a la calidad de fabricación de estos. Otro factor que influyó es el fácil acceso que tienen los mecánicos y el personal que trabaja la reparación, a los distintos conjuntos y partes del tractor, lo cual disminuye el tiempo de reparación de las máquinas.

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 rendimiento y utilidad económica de estos. Estas pudieran ser:

1. Prever el trabajo conjunto de todos los tractores del pelotón para facilitar el acceso al taller móvil de todos y con esto disminuir el tiempo de eliminación de fallos.
2. Disponer de agregados del tractor para implementar un sistema de reparación por intercambio de agregados, al menos parcial.
3. Completar el taller móvil con los medios necesarios para la reparación, así como el stock de piezas de repuesto que en este debe haber, para enfrentar en el menor tiempo posible las fallas.
4. Suministro estable de piezas de repuesto, herramientas e insumos para la reparación tanto al taller móvil como al taller central.
5. Disponer de medios de diagnóstico técnico para implementar un sistema de mantenimiento técnico predictivo, al menos parcial.
6. Trabajar arduamente en la capacitación del personal que atiende estos tractores.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

El sistema de asistencia técnica de los tractores XTZ-150K-09, en la Empresa Agropecuaria valle del Yabú debe ser mejorado, previendo el trabajo conjunto de todos los tractores del pelotón para facilitar el acceso al taller móvil; disponer de agregados para implementar un sistema de reparación por intercambio de agregados; completar el taller móvil con los medios necesarios para la reparación, así como el stock de piezas de repuesto que en este debe haber para enfrentar, en el menor tiempo posible las fallas; lograr un suministro estable de piezas de repuesto, herramientas e insumos para la reparación tanto al taller móvil como al taller central; disponer de medios de diagnóstico técnico para implementar un sistema de mantenimiento técnico predictivo y trabajar en la capacitación del personal que atiende estos tractores.

El trabajo realizado ha demostrado que es posible utilizar en calidad de la información primaria para el cálculo de los índices de fiabilidad las Tarjetas de Consumo de Combustible, siempre y cuando estos documentos, en las condiciones de producción, sean llenados sistemáticamente y según lo establecido.

Los buenos resultados de todos los coeficientes de fiabilidad calculados, en primer lugar, debido a que tienen pocos años de explotación y a la excelente calidad de fabricación, muestran que el trabajo de estos tractores es estable y que, aunque existen dificultades, estos tractores están teniendo una explotación adecuada.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

Adicionar operaciones de mantenimiento técnico diario en el reglamento de mantenimientos del tractor, de modo que se establezca la obligación de revisar el aceite en los cárteres del tractor, agua en el radiador y chequeo de las uniones de los sistemas hidráulicos y de alimentación.

Revisar la posibilidad de incorporar el bloqueo de los trenes de tracción para aumentar el esfuerzo de tracción en condiciones adversas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NC 34-37: *Metodología para la evaluación Tecnológico - explotativa., Máquinas Agrícolas y Forestales*, Vig. 2003.
- ALÉN, C.: *Modelo de cálculo de fiabilidad del proceso de inspección de mercado* **Tesis en opción del grado científico de Doctor**, Universidad Politécnica de Madrid, 2009.
- BAGBIEGUE, N.: *Análisis de las posibilidades de agregación del nuevo tractor XTZ-150K-09 con los arados y gradas introducidos en la agricultura cubana*, 49pp., **Tesis en opción del título de Ingeniero**, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, 2013.
- CABRERA, A.; W. GUERRA y P. NICO: *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 8(2): 1997.
- DAQUINTA, A.: *Mantenimiento y reparación de la maquinaria agrícola* 500pp., **Tesis de Doctorado en Ciencias Técnicas**, 1999a.
- : *Mantenimiento y reparación de la maquinaria agrícola.* , 500pp., **Tesis en opción del grado científico de Doctor**, Universidad de Ciego de Ávila, 1999b.
- DAQUINTA, A.; A. GARCIA; B. HERNANDEZ y J. PERES DE CORCHO: *"Valoración integral de la fiabilidad de las cosechadoras de caña KTP"*, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 7(2): 81-, 1998.
- DAQUINTA, L.: *"Mantenimiento y reparación de la maquinaria agrícola"*: 1999c.
- : *Mantenimiento y reparación de la maquinaria agrícola*, 2004.
- DE LA CRUZ, P.; C. MIRANDA; L. SHIKILIOVA; M. RIBET y O. FERNÁNDEZ: *"Análisis de la disponibilidad técnica de la cosechadora de arroz CLAAS DOMINATOR 130"*, 15: 2013.
- DÍAZ, A. y E. RODRÍGUEZ: *"Análisis del comportamiento de la fiabilidad de las combinadas KTP-2M en la cosecha de Saccharum officinarum (Caña de azúcar) y las pérdidas que ocasionan."*: 2006.

- FERNÁNDEZ, M.: *Perfeccionamiento de la gestión de los mantenimientos y reparaciones en las unidades empresariales de base integrales de servicios técnicos*, 2013.
- FERNÁNDEZ, M.; L. SHIKILIOVA y L. SUAREZ: *Talleres y asistencia técnica*, Ed. IAGRIC, 2011.
- GONZÁLEZ, V.: *"Explotación del parque de máquina "*, III: 250, 1992.
- HERNÁNDEZ, A.: *"Determinación de los principales indicadores de fiabilidad de las cosechadoras KTP-2M"*, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 8(1): 95, 1999a.
- HERNÁNDEZ, A.: *"Determinación de los principales indicadores de fiabilidad de las cosechadoras KTP-2M"*, 8: 55-59, 1999b.
- HERNÁNDEZ, A.; L. SHIKILIOVA; A. GARCIA y P. SUAREZ: *"Determinación de los índices de fiabilidad de las cosechadoras de caña KTP-2M"*, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 8(1): 91, 1986.
- HOLICKÝ, M. y T. VROUWENVELDER: 2013.
- JROBOSTOV, N., S.: *"Explotación del parque de tractores y máquinas "*: 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.
- LOMONOSOV, Y.: *"Fundamentos de la fiabilidad de la técnica agrícola "*: 1980.
- LUQUES, D.: *"Evaluación tecnológica explotativa y económica del tractor t-150k."*: 55, 2013.
- MIRANDA, A.: *"Búsqueda de nuevas alternativas para la organización del proceso cosecha - transporte de arroz, en las condiciones del complejo agroindustrial arrocero Los Palacios"* MINAG, 2005.
- NACHLAS, J.: *"Fiabilidad, Ed. ISDEFE"*, 1995.
- NACHLAS, J. A.: *"Fiabilidad (i): Conceptos básicos"*: 2002.

- OLIVEIRA, G.: *"La reaparición de la técnica agrícola una batalla crucial"*, Revista cañera, 13(1): 40, 1997.
- ONEI: *"Anuario Estadístico de Cuba"*, Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, pp, 2011.
- PCC: *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*, 2011.
- PÉREZ, C.: *"Rendimiento probabilístico del pelotón de cosechadoras cañeras KTP- 2."*, RCTA, 5(2): 11-12, 1995.
- RUIZ, R.: *"Evaluación técnico-explotativa de las cosechadoras cañeras case ih austofta-8000."*: 58, 2013.
- SHIKILIOVA, L.; M. FERNÁNDEZ y J. NARANJO: *"Determinación del trabajo útil promedio entre fallos de los tractores MTZ-80 y MTZ- 50"*, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 14(2): 94, 2005.
- SHIKILOVA, L.: *"Derterminación de los principales indicadores de fiabilidad de las cosechadoras KTP- 2M "*, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias: 1999.
- SHIKILOVA, L. y F. TORRES: *"Evaluación del nivel de la asistencia técnica en las condiciones de empresas agrícolas"*: 2002.
- 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. IGLESIAS: *"Cálculo de los índices de fiabilidad de explotación de la técnica agrícola"*: 9, 2006.
- 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.

SIMA. **Mantenimiento preventivo.** [en línea] Disponible en: www.mantenimientoplanificado.com

[Consulta: www.mantenimientoplanificado.com].

SOTTO, P.; R. CAMPOS; N. CAMPOS; M. FERNÁNDEZ; R. RODRÍGUEZ; O. LÓPEZ y A.

RÍOS: *Uso y explotación de los tractores XTZ- 150K-09*, Ed. IAgric, 2012.

ZALDÍVAR, M. C. *Evaluación de las combinadas cosechadoras de caña de azúcar para las condiciones explotativas de Venezuela* [en línea] Disponible en:

<http://www.monografias.com/trabajos67/evaluacion-condiciones-explotativas-venezuela/evaluacion-condiciones-explotativas-venezuela.shtml> [Consulta: 2013].

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1

Tablas de mantenimientos para los tractores XTZ-150K-09

No	Nombre del conjunto donde se realiza la operación	Tipos de mantenimientos.			
		(Periodicidad)			
		Cada turno	No.1 Cada250h	No.2 Cada500h	No.3 Cada1000h R.P Cada2000h
1	Limpieza y fregado del tractor	X	X	hX	X
2	Realizar diagnóstico del diésel, determinar la potencia y la economía (en caso de tener medios para esto)				X Dentro de 2000 h motor
3	Comprobar diagnóstico de recursos del tractor con T _o precedente a la entrega para la reparación				X Dentro de 8000 h motor
4	Serviciar el sistema de depuración de aire de diésel (realizar por indicaciones del avisador de obstrucción)				
	-Verificar la hermeticidad del camino de admisión del diésel.			X	X
	-Limpiar hendiduras y la rejilla del depurador		X	X	X
	-Limpiar (soplar) el elemento filtrante principal			X	X

	-Cambiar elementos filtrante, principal y preventivo	X	X	X	
5	Prestar servicios al sistema de alimentación:				
	-Verter sedimentos de filtros para depuración basta y fina del combustible del tanque mismo	X	X	X	
	-Cambiar el elemento filtrante del filtro para depuración basta de combustible y lavar el cuerpo del filtro		X	X	
	-Cambiar elementos filtrantes del filtro para depuración fina de combustible. En caso de que el diésel pierda la potencia es necesario cambiar el elemento filtrante sin esperar la realización del mant-tecn.		X	X	
	-Desmontar inyectores del motor y efectuar su mantenimiento técnico		X	X	X
	-Apretar empalmes roscados del accionamiento de la bomba de combustible de alta presión		X	X	X

Tipos de mantenimientos.

No	Nombre del conjunto (Periodicidad)					
donde se realiza la	operación	Cada turno	No.1	No.2	No.3	R.P
				Cada500h	Cada1000 h	Cada2000h

		Cada 250		
		h		
	-Comprobar y regular, si es necesario, el ángulo de avance de la inyección.		X	X
	-Comprobar la presencia de aceite en el embrague del avance de la inyección de combustible.		X	X
	-Cambiar aceite en el embrague del avance de la inyección de combustible.		X	X
			Dentro de 3000 h motor	
	-Desmontar la bomba de combustible de alta presión del motor y realizar su mantenimiento técnico.		X	X
			Dentro de 3000 h motor	
6	Verificar y regular si son necesarios los huelgos para la dilatación en accionamiento de las	X	X	

	válvulas del mecanismo de distribución de gases.		
7	Apretar más las tuercas de los espárragos que sujetan las culatas de cilindros.	X	X
8	Verificar y regular si son necesarios los huelgos para la dilatación en accionamiento de las válvulas del mecanismo de distribución de gases.	X	X
9	Prestar servicio al sistema de engrase y al sistema hidráulico.		
	-Cambiar el elemento filtrante del filtro de aceite del sistema de lubricación del motor. En caso de que se ilumine el indicador de	X	X

motor calentado, es necesario cambiar el elemento filtrante sin esperar el plazo indicado						
-Lavar el filtro de depuración centrífuga de aceite del sistema de engrase del motor.				X	X	
-Lavar los respiradores de agregados					X	X
Tipos de mantenimientos.						
No	Nombre del conjunto donde se realiza la operación	(Periodicidad)				
		Cada turno	No.1 Cada250h	No.2 Cada500h	No.3 Cada 1000 h	R.P Cada 2000 h
10	Comprobar y rellenar aceites, si es necesario, en :					
	-Caja de velocidades		X	X	X	
	-Cárter del motor		X	X	X	
	-Depósito del mecanismo montado		X	X	X	
	-Dispositivo de la dirección		X	X	X	

-Puentes motrices	X	X	X
-Reductor del árbol toma de fuerza (si se utiliza)	X	X	X
11 Mantenimiento del equipo eléctrico:			
-Limpiar la batería, comprobar el nivel de electrolito y su densidad, añadir agua destilada, si es necesario	X	X	X
-Cargar la batería en régimen estacionario hasta el 100% de su capacidad		X	X
-Comprobar el estado del conducto de alambres y aislar los lugares averiados			X
-Desmontar el arranque eléctrico y realizar su mantenimiento eléctrico			X Dentro de 3500 h motor

-Desmontar el generador y realizar su mantenimiento técnico				X Dentro de 3500 h motor
12 Repostar lubricantes en:				
-Cojinetes del acoplamiento de embrague	X	X	X	
-Cojinetes de las crucetas del árbol cardan			X	
-Cojinetes del rodillo tensor de correas de transmisión		X	X	
-Crucetas de la columna de dirección	X	X	X	
-Uniones por estrías de árbol cardan			X	
-Apoyo intermedio del eje de accionamiento del puente trasero			X	
Apoyo intermedio del árbol de toma de fuerza			X	
Articulaciones del bastidor			X	

Unidades acopladas de los frenos de las ruedas	X	X
Unidades acopladas de la dirección	X	X
Mecanismo montado		X
Equipo de remolque y enganche		X

Tipos de mantenimientos.

No	Nombre del conjunto donde se realiza la operación	(Periodicidad)			
		Cada turno	No.1 Cada250h	No.2 Cada500	No.3 Cada1000h
					R.P Cada2000 h
13	Cambiar aceite en:				
	-Cárter,			X	X
	-Caja de velocidades,				X
	-Depósito de mecanismo montado,				X
	-Depósito de la dirección,				X
	-Puentes propulsores,				X
	-Reductor del árbol de toma de fuerza (si es necesario)				X

14 Comprobar y regular, si es necesario

-Acoplamiento

del embrague y retén

-Regulador de presión y
válvula de seguridad del
sistema neumático

Según la necesidad

-Bloque de cambio de la
caja de velocidad

En el proceso de trabajo

-Bloque del arranque del
motor

En el proceso de trabajo

-Freno de parqueo

X

-Cojinetes de las ruedas
motrices de engranajes de
transmisión principales y
de los reductores de las
ruedas

X Dentro de
4000 h
motor

-Freno de ruedas y su
accionamiento

X

X

-Chequear y apretar las sujeciones exteriores del tractor	X	X
*El mantenimiento técnico de inyectores se realizará solo en el primer mantenimiento técnico, después en el caso del MT-2 (Dentro de 1000 horas motor).		
*El control de cómo están apretadas las tuercas de espárragos que sujetan las culatas de los cilindros se realizará solo en los primeros MT-1 y MT-2.		

Anexo 2

Elementos del tiempo de turno

