

**UNIVERSIDAD CENTRAL MARTA ABREU DE LAS VILLAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**DPTO. INGENIERIA AGRÍCOLA**



**Trabajo de Diploma**

**Titulo: Evaluación energética y económica de conjuntos  
formados por tractor-arados en la Empresa Azucarera "George  
Washington".**

**Autor: Yoandri Torres Martínez.**

**Tutor: Dr. C. Omar Gonzáles Cueto.**

**Santa Clara**

**Curso: 2011-2012.**

## **DEDICATORIA**

- A mis padres y hermana que se han esforzado tanto para que pudiera lograr esta hermosa meta.
- A mi mujer que me ha ayudado tantos en mis empeños.
- A los mártires de esta revolución que entregaron sus vidas por un triunfo sin igual.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A nuestra revolución socialista.
- A todos los trabajadores de la empresa azucarera “George Washington”.
- Quisiere agradecer especialmente a mi tutor Dr. C. Omar Gonzáles Cueto quien ha brindado sus valiosos conocimientos y experiencias en la realización de este trabajo.
- A mis amigos, por darme la motivación de seguir cada día hacia delante.
- A todos los que de una forma u otra han colaborado en la realización de dicho trabajo, llegue mis más sencillos agradecimientos.

## RESUMEN

Con el avance tecnológico el hombre ha aportado medios de producción para la labranza de los suelos que se han hecho imprescindibles para la agricultura en nuestros tiempos. En nuestros tiempos muchos tractores y arados pasan a formar agregados, sin estos ser evaluados energéticamente en las condiciones de labranza. El presente trabajo tiene el objetivo de realizar la evaluación energética de agregados formados por tractor-arados en la Empresa Azucarera "George Washington", para conocer sus principales indicadores de productividad, de fiabilidad y económicos, con los cuales tomar decisiones respecto a las formaciones de agregados. Se utilizaron las metodologías descritas según Jrobortov, (1977), para la evaluación teórica de la formación del conjunto tractor-máquina agrícola, y la NC-34-38 para la evaluación económica, Estas evaluaciones comprenden el cálculo de los índices de explotación, fiabilidad y los gastos directos de explotación que permiten el conocimiento de la calidad de las formaciones de agregados. Entre los resultados obtenidos es importante destacar que se determinaron los cálculos para la evaluación energética de agregados y se determinaron las pérdidas económicas que provocan la formación de los agregados tractor-máquina agrícola, o sea los gastos directos de explotación.

## **ABSTRACT**

With the technological advance the man has contributed even means of production the farm of the floors that they have become indispensable for the agriculture in our times. In our times many tractors and plows pass to form attachés, without these being evaluated energetically under the farm conditions. The present work has the objective of carrying out the energy evaluation of attachés formed by tractor-plows in the Sugar Company "George Washington", to know its main indicators of productivity, of reliability and economic, with those which to make decisions regarding the formations of attachés. The methodologies were used described according to Jrobotov, (1977), for the theoretical evaluation of the formation of the combined agricultural tractor-machine, and the NC-34-38 for the economic evaluation, These evaluations understand the calculation of the indexes of exploitation, reliability and the direct costs of exploitation that allow the knowledge of the quality of the formations of attachés. Among the obtained results it is important to highlight that the calculations were determined for the energy evaluation of attachés and the economic losses were determined that cause the formation of the attachés agricultural tractor-machine, that is to say the direct costs of exploitation.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I</b>	5
<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	5
<b>CAPITULO II</b>	11
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	11
2.1. Principales características técnicas de los tractores Belarus, Case IH y de los arados A-10 000, y AT-90.	12
2.2. Metodología para la evaluación energética de la formación del conjunto tractor-máquina agrícola.	14
2.3. Metodología para calcular los gastos directos de explotación.	19
<b>CAPÍTULO III</b>	22
<b>RESULTADOS Y DICUSIÓN</b>	22
3.1. Resultados de la evaluación energética de la formación del conjunto tractor-máquina agrícola.	22
3.2. Cálculo de los gastos directos de explotación.	27
<b>CONCLUSIONES</b>	33
<b>RECOMENDACIONES</b>	34
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	35
<b>ANEXOS</b>	40

## **INTRODUCCIÓN**

## INTRODUCCIÓN

Entre los más difíciles problemas confrontados por la humanidad está la escasez de alimentos. La producción agrícola ha crecido en muchos países; sin embargo, el número de personas hambrientas ha aumentado, debido al rápido crecimiento de la población y la carencia de una distribución efectiva de alimentos (Acosta, 1994).

Hoy en día millones de personas padecen desnutrición crónica y no pueden disfrutar de una vida saludable y activa; entre ellos más de 200 millones de niños menores de cinco años, que se acuestan todas las noches con hambre, sin disponer de las calorías y proteínas esenciales que necesita su cuerpo para crecer (Figueroa, 2003).

La seguridad alimentaria es de máxima importancia para mejorar el estado nutricional de las personas que padecen hambre y desnutrición persistentes y de muchas que están en peligro de encontrarse en la misma situación. Se entiende por seguridad alimentaria el acceso de todas las personas en todo momento a los alimentos necesarios para llevar una vida activa y sana. Esto referido a los hogares es la capacidad de las familias para obtener, ya sea produciendo o comprando, los alimentos suficientes para cubrir las necesidades dietéticas de sus miembros y esto solo se consigue cuando se dispone de suministros de alimentos (ONU, 1997).

Los países desarrollados y en vías de desarrollo necesitan tecnologías que incrementen la productividad y economicen mano de obra. La mecanización agrícola no es una actividad aislada, sino que forma parte de un complejo conjunto de interacciones que están dirigidas al incremento de la producción agrícola. El desarrollo no se concibe sin el empleo de la técnica mecanizada. Esta es de gran importancia ya que con su introducción se humaniza el trabajo,

se incrementan los rendimientos por área y aumenta significativamente y progresivamente la productividad del trabajador, lo que se revierte en un incremento de las ofertas de productos a la población. El desarrollo de la mecanización como elemento importante en la producción agrícola, solo es posible con la introducción del desarrollo científico-técnico, para lo cual, se debe contar con un parque de maquinaria cuya eficiencia y durabilidad depende, sobre todo, del modo en que se emplee y de la calidad de los mantenimientos y las reparaciones que se le hagan.

A partir de 1988, cuando se producen cambios en las relaciones comerciales que se desarrollaban en el campo socialista, Cuba quedó privada de la entrada de combustibles, maquinaria agrícola, piezas de repuesto y otros insumos que se necesitaban para mantener el sistema de producción alcanzado, dando como resultado una disminución de la producción agropecuaria hasta niveles del 30 % con relación a los años anteriores y obligando al país a introducir cambios estructurales y tecnológicos dentro de la producción agrícola.

Después de 1990 con la desaparición del campo socialista y el recrudecimiento del bloqueo económico al país, la situación económica se torna más difícil, y sostener el nivel de motorización alcanzado en la agricultura era imposible

El gran parque de maquinaria que se explota en Cuba ha envejecido en la actualidad y no es posible su rápida renovación, producto de la falta de recursos económicos por la aguda caída de la producción nacional. A partir de 1995 se comienzan a recibir pequeñas cantidades de nueva técnica y reconstruir otra parte, adaptándosele nuevos motores y de mayor fiabilidad, potencia y más económicos.

Estos cambios en el equipamiento exigen la creación de condiciones correspondientes en la esfera de la explotación técnica en el campo, que permitan la realización completa de las potencialidades de la misma.

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.

Sin embargo, se adquieren tractores y no los aperos adecuados para la correcta formación de los conjuntos agrícolas. De esta manera no se obtienen todos los resultados que pueden brindar estos medios, debido a que los tractores no se explotan en los regímenes de velocidad más eficientes y los rendimientos de los conjuntos son menores. Por lo tanto se producen mayores gastos directo de explotación y un mayor gasto por peso de producción.

Situaciones como las anteriormente señaladas se presentan en la Empresa Azucarera: George Washington, donde se realizó este trabajo. Aquí se introdujeron tractores Belarus y CASE, pero no los aperos adecuados a estos equipos, por lo tanto con la explotación de estos no se obtienen los índices más eficientes, lo cual hace que la inversión realizada no rinda el máximo de los beneficios que pudieran esperarse.

A partir de los elementos presentados anteriormente se fundamenta esta investigación, la cual presenta como:

**Objeto de Estudio:** Correcta formación de conjuntos tractor-máquina agrícola.

**Problema Científico:** ¿Cómo formar conjuntos tractor-máquina agrícola que sean explotativa y económicamente más eficiente?

**Hipótesis:** Si se evalúa teóricamente eficiencia de la formación de los conjuntos tractor-máquinas agrícolas es posible determinar las pérdidas económicas que se provocan y realizar recomendaciones para mejorar los índices económicos y de explotación de estos conjuntos.

**Objetivo:** Evaluar teóricamente la eficiencia de la formación de los conjuntos tractor-máquinas agrícolas para determinar las pérdidas económicas que se provocan y realizar recomendaciones para mejorar los índices económicos y de explotación de estos conjuntos.

#### **Tareas de investigación**

1. Evaluación energética de la formación del conjunto tractor-arados en la Empresa Azucarera "George Washington".
2. Evaluación económica de la formación del conjunto tractor- arados en la Empresa Azucarera "George Washington".

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Con el avance tecnológico el hombre ha aportado medios de producción que se han hecho imprescindible para la agricultura en nuestros tiempos. El uso de nuevas tecnologías cada vez más sofisticadas y un mejor y más profundo conocimiento del mundo agrícola, sirven de apoyo para amortiguar los efectos negativos que se producen en el sector agrícola y alcanzar el objetivo esperado mediante la optimización de los recursos existentes con una consecuente aplicación de la producción, este no es único objetivo de la nueva generación de máquinas destinadas al cultivo y a la fertilización de las plantaciones agrícolas, junto a esto encontramos otras aspiraciones como pueden ser el confort y la seguridad en el trabajo, la adaptación de las máquinas a diferentes situaciones, así como, su durabilidad y fiabilidad (Rubet et al., 2002).

Se agrupa bajo el concepto general de maquinaria agrícola a toda la serie de máquinas y equipos que utilizan los agricultores en sus labores agrícolas. Por tanto, una máquina agrícola es aquella que tiene autonomía de funcionamiento y depende del funcionamiento de un motor de combustión interna y mecanismos de transmisión que la permiten desplazarse por el campo y realizar sus funciones cuando desarrolla el trabajo (Bausat, 2010).

Suárez et al., (2005) refiere que por lo general los medios mecanizados: tractores, remolques, combinadas, arados y gradas de discos, son agresivos al suelo. Todos ellos son la base de nuestras tecnologías más extendidas de producción agropecuaria. La agresión fundamental se produce por la

compactación, con la consiguiente pérdida de la fertilidad del suelo, debido a la poca infiltración del agua, obstáculos a la penetración de las raíces, mayor consumo energético, etc. El otro efecto que producen las tecnologías motorizadas radica en el uso de implementos inadecuados. La tecnología de inversión de la capa superior del suelo, la más fértil, es el fundamento de trabajo de los arados de vertedera y de las gradas y arados de discos. El disco es un órgano de trabajo compactador, pues para su movimiento giratorio debe apoyarse sobre el fondo del surco y a esa fuerza se agrega la de la masa propia del implemento.

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

1-La calidad de trabajo, la profundidad y el carácter de labranza del terreno, la altura de corte, la ausencia de pérdidas de la cosecha.

2-El rendimiento, el frente de labor y la velocidad de movimiento admisible según la calidad de trabajo y la resistencia mecánica de las maquinas.

3-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 del a máquina.

4-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.

5-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.

6-Los gastos directos de explotación por unidad de trabajo.

Linares, (1996) refiere que el agrupamiento de los conjuntos se realiza en el siguiente orden:

Se precisan los requisitos agrotécnicos (profundidad de labor en la parcela dada, el tipo de rejas que se empleen, etc), se elige el tipo de tractor y la marca de la máquina agrícola, se elige la velocidad de trabajo del tractor y la velocidad de movimiento del conjunto, se determina la cantidad de maquinas en el conjunto, se compone el conjunto, es decir se enganchan o se suspenden las máquinas, se disponen en orden determinado los órganos de trabajos.

Las máquinas se escogen de manera que sus cualidades de explotación garanticen un alto rendimiento (en el trabajo) del conjunto y una buena calidad de trabajo con los gastos mínimos de labor y medios.

Coronel et al., (1999) refiere que al elegir el tipo de tractor hay que tener en cuenta la posibilidad de utilizar totalmente la potencia del tractor durante el trabajo con las máquinas o aperos agrícolas de que se dispone. Al realizar las labores de cultivo la distancia entre las ruedas o entre las orugas tiene que corresponder a la anchura de los entresurcos. El tipo de tractor que se escoge para las condiciones del terreno dadas debe tener, dentro de lo posible las mejores propiedades de adherencia y las menores pérdidas en el rodamiento, es decir, debe tener el máximo rendimiento. Los tractores más potentes se utilizan en la mayoría de los casos, en operaciones que demanden grandes

gastos de energía, los tractores menos potentes deben ser empleados en operaciones que no requieren tanta cantidad de energía y en parcelas pequeñas.

González, (1993) refiere que el cálculo analítico de la composición del conjunto se realiza en el orden siguiente:

Después de elegir los tipos de máquinas para el conjunto de destino dado, se establece la zona del probable régimen de velocidad (de las velocidades de trabajo y del número de velocidades) de acuerdo con las demandas agrotécnicas, las cualidades de explotación de las máquinas y las condiciones de trabajo. La velocidad de movimiento influye esencialmente en la calidad de trabajo de las máquinas y aperos agrícolas. La velocidad de movimiento permisible del conjunto depende del tipo de operación que se realice, de las cualidades físicas y mecánicas del suelo (especialmente de la humedad) y de las máquinas que componen el conjunto. Se determina la fuerza tangencial de tracción del tractor ( $F_{tr\ máx}$ ) en las velocidades elegidas para las condiciones dadas, se calcula el frente de labor máximo del conjunto correspondiente a la carga completada del tractor en las velocidades elegidas, se determina la cantidad necesaria de máquinas basándose en el frente de labor máximo obtenido del conjunto, se halla la resistencia traccional de trabajo ( $R_{ta}$ ), se calcula el coeficiente de aprovechamiento de la potencia efectiva ( $\xi N_e$ ) y se calcula el rendimiento del tractor ( $n_{trac}$ ).

Chudakov, (1977) plantea que en el caso general de la fuerza de resistencia al movimiento del tractor ( $F_{mov}$ ), influyen las siguientes fuerzas de resistencia: la fuerza de resistencia a la rodadura del tractor ( $F_{rr}$ ), que surge como resultado de la deformación del terreno y de los neumáticos, la fuerza de resistencia por

la pendiente ( $F_{rp}$ ), que surge durante el movimiento por una superficie inclinada, no siempre es una fuerza a la resistencia del movimiento sino también, una fuerza motriz en caso que se mueva hacia abajo por la inclinación, la fuerza de resistencia del aire ( $F_{ra}$ ), que depende generalmente de las dimensiones del cuerpo y del tratamiento del cuerpo, de su forma, y de la articulación de algunos de sus elementos, la fuerza de resistencia por la inercia ( $F_{ri}$ ), que surge como resultado de la existencia de las fuerzas de inercia de las masas con movimiento de avance, y también de los momentos de las fuerzas de inercia de las masas que giran aceleradamente.

El balance de potencia del tractor muestra la distribución de la potencia efectiva del motor para la superación de diferentes resistencias, una parte de la potencia del motor se gasta en la superación de las pérdidas mecánicas hidráulicas en la transmisión y la potencia restante se entrega por completo a las ruedas motrices del tractor. La parte de la potencia que se gasta en la superación de la resistencia al rodamiento representa el producto de la fuerza de resistencia al rodamiento por la velocidad (González, 1993).

Aguilera et al., (2005) plantean que como alternativa para reducir el valor de la energía requerida por el arado se tiene que:

- a) la profundidad de aradura no debe ser mayor de lo necesario,
- b) el conjunto agrícola se debe trabajar con las regulaciones apropiadas,
- c) trabajar el conjunto en la velocidad de avance apropiada.

González et al., (2009b) refieren que la producción agrícola depende en gran medida del consumo de energía, específicamente en las labores agrícolas como es el caso de la preparación de suelo y, dentro de ella, su proceso

fundamental: la aradura o rotura que representa un consumo cerca del 30 al 35% de los costos de producción y aproximadamente el 40% de los gastos energéticos de los trabajos agrícolas. Una aradura eficiente permite optimizar los gastos económicos y energéticos, debido a su gran influencia en los rendimientos y los costos de producción.

Rodríguez et al., (2007) consideran que el índice que más ampliamente 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, de trabajo o de producción.

Varias investigaciones han establecido que el costo energético por concepto de combustible y máquina representa un alto porcentaje del costo energético total de producción en la agricultura empresarial (FAO, 1990; Fluck, 1992; Hetz, y Barrios. 1997).

La NC 34-37, (2003), expresa que los gastos directos de explotación se componen de los siguientes elementos: el salario del personal de servicio (S), los gastos de renovación (A), los gastos para la reparación general, corriente y servicio técnico periódico (R), los gastos en combustible, lubricantes o energía eléctrica (C). Esta ha sido utilizada ampliamente para la evaluación económica de los agregados agrícolas, con trabajos presentados por González et al. (2009a); González et al. (2009b) y Miranda et al. (2009).

## CAPITULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Empresa Azucarera: George Washington del municipio Santo Domingo, en la provincia de Villa Clara. En esta se han introducido tractores Belarus, figura 1, y Case IH, figura 2, los cuales son utilizados para el transporte de la caña, para la realización de trabajos de preparación de suelos y otros trabajos de cultivo. Los conjuntos agrícolas para la realización de la aradura se forman con los arados A-10 000, AT 90.

La evaluación de la formación de los conjuntos tractor-máquinas agrícolas se realizó mediante la siguiente metodología, propuesta por Jrobostov (1977), y la evaluación de los gastos directos de explotación se realizó mediante la NC 34-38 (2003).



Figura 1. Tractor Belarus modelo MTZ-1221.



Figura 2. Tractor Case IH modelo Maxxum-150.

### 2.1. Principales características técnicas de los tractores Belarus, Case IH y de los arados A-10 000, y AT-90.

Las principales características técnicas de los tractores Belarus modelo MTZ-1221, (Levkov, 2001) y Case IH modelo Maxxum-150, se pueden observar en la tabla 1 y la tabla 2, respectivamente, según el Manual de Explotación de estos. Las principales características técnicas de los arados A-10 000 y AT-90 se pueden observar en la tabla 3 y la tabla 4, respectivamente.

Tabla 1. Principales características técnicas del tractor Belarus modelo MTZ-1221.

Denominación	Valor
Longitud (mm)	4950
Anchura (mm)	2250
Altura (mm)	2850
Base (mm)	2750
Rodada de las ruedas delanteras (mm)	1545-2265
Rodada de las ruedas traseras (mm)	1600-2400
Franqueo vertical agrotécnico bajo las mangas de los semiejes (mm)	620
Masa de explotación (kg)	5150
Potencia efectiva kW (HP)	96 (130)
Rotación nominal (rpm)	2100

Tabla 2. Principales características técnicas del tractor Case IH modelo Maxxum-150.

Denominación	Valor
Longitud (mm)	4615
Anchura (mm)	2012
Altura (mm)	3090
Base (mm)	2740
Rodada de las ruedas delanteras (mm)	1552-2269
Rodada de las ruedas traseras (mm)	1530-2232
Franqueo vertical agrotécnico bajo las mangas de los semiejes (mm)	450
Masa de explotación (kg)	5250
Potencia efectiva kW (HP)	113 (154)
Rotación nominal	2300

El tractor Case IH Maxxum-150 posee una caja de cambios (caja de velocidades) sincronizada 18/12. Los anexos 1 y 2 muestran el esquema de funcionamiento de las cajas de velocidades de ambos tractores y los diferentes escalones de marcha con las velocidades calculadas correspondientes. El cambio de velocidades se realiza por medio de:

- la palanca principal tres, que junto con el pedal de embrague se utiliza para cambiar cualquiera de las cinco relaciones ya este el tractor parado o en movimiento.
- de la palanca de gamas uno, que junto con el pedal de embrague se utiliza para seleccionar una de las relaciones de gama, (A, gama de velocidades más baja, B y C gama de velocidades más altas),
- la palanca de inversión dos. que se utiliza para seleccionar la marcha hacia delante o hacia atrás.

El diseño de la transmisión permite fáciles cambios de velocidades dentro de la misma gama, incluso de marcha atrás.

Tabla 3. Principales características técnicas del arado A-10 000.

Denominación	Valor
Cantidad de discos	5
Ancho de trabajo (m)	1.34
Diámetro de los discos (mm)	660-710
Profundidad de trabajo (m)	0.25
Masa de explotación (kg)	1460

Tabla 4. Principales características técnicas del arado AT-90.

Denominación	Valor
Cantidad de discos	6
Ancho de trabajo (m)	1.70
Diámetro de los discos (mm)	660-710
Profundidad de trabajo (m)	0.25
Masa de explotación (kg)	

## 2.2. Metodología para la evaluación energética de la formación del conjunto tractor-máquina agrícola.

La fuerza de tracción máxima en los propulsores ( $F_{tr \text{ máx}}$ ) se calculó mediante:

$$F_{tr \text{ máx}} = \frac{N_e + i_o + n_{tr}}{\omega \cdot r_x} \quad (1)$$

donde:

$F_{tr \text{ máx}}$ - fuerza de tracción máxima en los propulsores (kN);

$N_e$  potencia efectiva del motor (kW);

$i_o$  - relación de transmisión para la velocidad seleccionada;

$n_{tr}$  - rendimiento mecánico de la transmisión;

$\omega$  - frecuencia nominal de rotación del cigüeñal ( $s^{-1}$ );

$r_k$  - radio de rodadura de la rueda (m);

La relación de transmisión para la velocidad seleccionada ( $i_o$ ), se calculó a partir de la fórmula empírica:

$$i_o = 0.377 \frac{r_k \cdot n}{v_{tr}} \quad (2)$$

Donde;

$n$  - frecuencia nominal de rotación del cigüeñal (rpm);

$v_t$  - velocidad teórica de desplazamiento para la marcha seleccionada (km/h);

La frecuencia nominal de rotación del cigüeñal ( $s^{-1}$ ) se calculó a través de:

$$\omega = \frac{n \times \pi}{30} \quad (3)$$

**La fuerza adherente máxima ( $F_{adh}$ ) se determinó mediante:**

$$F_{adh} = G_{adh} \cdot \mu \quad (4)$$

donde:

$F_{adh}$  - fuerza adherente máxima (kN);

$G_{adh}$  - peso adherente del tractor (kN);

$\mu$  - coeficiente de adherencia;

Para el caso de tractores de tracción 4x4 el peso adherente es igual al peso del tractor,

El coeficiente de adherencia se selecciono  $\mu = 0.6$  **Jrobortov (1977)**,

**La fuerza de resistencia al movimiento del tractor ( $F_{mov}$ ) se calculó mediante:**

$$F_{mov} = F_{rr} + F_{ri} + F_{rp} + F_{ra} \quad (5)$$

donde:

$F_{mov}$  - fuerza de resistencia al movimiento del tractor (kN);

$F_{rr}$  - fuerza de resistencia a la rodadura del tractor (kN);

$F_{ri}$  - fuerza de resistencia por la inercia (kN);

$F_{rp}$ -fuerza de resistencia por la pendiente (kN);

$F_{ra}$ - fuerza de resistencia del aire (kN);

Dado que se analiza el trabajo del conjunto durante la labor de aradura en un campo sin pendiente y que la velocidad de trabajo es baja, se considera la no influencia de la fuerza de inercia y de la fuerza del viento en el desempeño del conjunto. Por tanto la ecuación (5) queda como:

$$F_{rmov} = F_{rr} \quad (6)$$

**La fuerza de resistencia a la rodadura del tractor ( $F_{rr}$ ) se calculó.**

$$F_{rr} = f \cdot G_{tr} \cdot \cos \alpha \quad (7)$$

donde:

f - coeficiente de resistencia a la rodadura;

$\alpha$  - ángulo de la pendiente ( $^{\circ}$ );

Para el coeficiente de resistencia a la rodadura se selecciona  $f=0.1$  Jrobostov (1977)

**La resistencia a la tracción del arado ( $R_{ta}$ ) se determinó mediante:**

$$R_{ta} = km \cdot b_{tr} \cdot a \quad (8)$$

Km- coeficiente de resistencia específica traccional del suelo ( $N/m^2$ ),

$b_{tr}$ - ancho de trabajo del arado (m)

a- profundidad de trabajo del arado (m),

km se seleccionó como  $25 N/m^2$  (Jrobostov, 1977)

**La fuerza de tracción disponible ( $F_{trd}$ ), se calculó como:**

$$F_{trd} = \frac{F_{tr \max}}{F_{adh}} - F_{rmov} \quad (9)$$

donde:

$F_{trd}$  - fuerza de tracción disponible (kN).

**El coeficiente de aprovechamiento de esfuerzo de tracción se determinó a partir de,**

$$\xi F_{tr} = \frac{R_{ta}}{F_{trd}} \quad (10)$$

Según Jrobostov (1977) el balance de potencia del tractor queda:

$$N_e = N_r + N_{atf} + N_{pat} + N_{rr} + N_{rp} + N_{ri} + N_{ra} + N_{rar} \quad (11)$$

donde:

$N_r$ -potencia perdida en la transmisión de fuerza del tractor (kW);

$N_{atf}$ - potencia perdida en el accionamiento del árbol toma de fuerza del tractor (kW);

$N_{pat}$ - potencia perdida debido al patinaje del tractor (kW);

$N_{rr}$ - potencia perdida debido a la resistencia de la rodadura del tractor (kW);

$N_{ri}$ -potencia perdida debido a la inercia del tractor ((kW);

$N_{ra}$ - potencia perdida debido a la resistencia del aire (kW);

$N_{rar}$  - potencia perdida debido a la resistencia a la tracción del arado (kW);

Debido a que para el desempeño del arado no se utiliza el árbol toma de fuerza, así como a que ya se estableció la no influencia del aire, la pendiente y la inercia, estos valores de las potencias perdidas se hacen iguales a 0. Por lo tanto la ecuación de balance (11), toma la siguiente forma,

$$N_e = N_r + N_{pat} + N_{rr} + N_{rar} \quad (12)$$

**La potencia perdida debido al patinaje del tractor ( $N_{pat}$ ) se calculó como:**

$$N_{pat} = F_{tr} \cdot (v_t - v_{tr}) \quad (13)$$

donde:

$F_{tr}$ - fuerza de tracción real (kN);

$$F_{tr} = F_{rr} + R_{ta} \quad (14)$$

$v_{tr}$ - velocidad de trabajo de la máquina (km/h);

$$v_{tr} = v_t \cdot (1 - \delta) \quad (15)$$

donde:

$\zeta$ -patinaje del tractor;

**La potencia perdida debido a la resistencia de la rodadura del tractor ( $N_{rr}$ )**

**se determinó mediante:**

$$N_{rr} = F_{rr} \cdot v_{tr} \quad (16)$$

**La potencia perdida debido a la resistencia a la tracción del arado ( $N_{rar}$ ) se**

**calculó como:**

$$N_{rar} = R_{ta} \cdot v_{vt} \quad (17)$$

**La potencia efectiva real que utiliza el tractor ( $N_{er}$ ) se calculó a partir de:**

$$N_{er} = \frac{N_k}{n_{tr}} \quad (18)$$

donde:

$N_{er}$ - potencia efectiva real que utiliza el tractor (kW);

$N_k$  –potencia perdida en los propulsores (kW);

**La potencia perdida en los propulsores ( $N_k$ ) se determinó como:**

$$N_k = N_{pat} + N_{rr} + N_{rar} \quad (19)$$

**El coeficiente de aprovechamiento de la potencia efectiva se calculó a**

**partir de:**

$$\xi N_e = \frac{N_{er}}{N_e} \quad (20)$$

**El rendimiento del tractor ( $n_{trac}$ ) se calculó como:**

$$n_{trac} = \frac{N_{rar}}{N_{er}} \quad (21)$$

donde:

$n_{trac}$ - rendimiento del tractor,

La metodología empleada para la realización de los cálculos de los gastos directos de explotación fue:

### **2.3. Metodología para calcular los gastos directos de explotación.**

**Los gastos directos de explotación ( $G_{de}$ ) se calculan mediante:**

$$G_{de} = S \div A \div R \div C \div A_a \div R_a \quad (22)$$

donde:

S-salario del personal de servicio (pesos);

A-gastos de renovación de la máquina (pesos);

R-gastos para la reparación general, corriente y servicio técnico periódico de la máquina (pesos);

C-gastos en combustible, lubricantes o energía eléctrica (pesos);

$A_a$ - gastos de renovación del arado (pesos);

$R_a$ - gastos para la reparación general, corriente y servicio técnico periódico del arado (pesos);

**Los gastos para la renovación de la máquina (A), se calcula mediante:**

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{07} \cdot C_{za}} \quad (23)$$

donde:

B-precio de la máquina nueva o base (pesos);

a-coeficiente de descuento para la renovación;

$W_{07}$ -productividad del agregado o del trabajador en una hora de tiempo explotativo. Turno en unidad de producción;

$C_{za}$ - carga zonal anual;

## La productividad del agregado o del trabajador en una hora de tiempo

**Explotativo, turno en unidad de producción, se determina:**

$$W_{07} = 0.1 \cdot b_{tr} \cdot v_{tr} \cdot \tau$$

donde:

$b_{tr}$ -ancho de trabajo del arado (m);

$\tau$  -coeficiente de aprovechamiento del turno de trabajo; se seleccionó 0.8 según (Valdés, 1993).

La carga zonal anual ( $C_{za}$ ) se determina cuando no existan normativas, según las cartas tecnológicas perspectivas de la zona en base a la formula siguiente:

$$C_{za} = D \cdot t \quad (25)$$

donde:

D-cantidad de días de trabajo de la máquina en el plazo aerotécnico;

t-cantidad de horas de trabajo de la máquina en un día (h);

**Los gastos para las reparaciones totales y parciales y el mantenimiento técnico (R) se determinan:**

$$R = \frac{B \cdot (r_{kj} + r_{mk})}{W_{07} \cdot C_n} \quad (26)$$

donde:

$r_{kj}$ ,  $r_{mk}$ -coeficiente de descuento para las reparaciones total y corriente;

$C_n$ -carga anual normada. (h);

La carga normativa anual se determina según la documentación técnica existente.

**Los gastos en combustibles, lubricantes o energía eléctrica (C) se determinan:**

$$C = G_m \cdot P_c \quad (27)$$

donde:

P<sub>c</sub>-precio complejo de los combustibles, lubricantes o energía eléctrica;

G<sub>m</sub>-cantidad de materiales de engrase, combustible y energía eléctrica por unidad de producción en (kg), (kW/ h);

**Los gastos de renovación del arado (A<sub>a</sub>) se determinan:**

$$A_a = \frac{B_a \cdot a_a}{W_{07} \cdot C_{za}} \quad (28)$$

donde:

B<sub>a</sub>-precio del arado nuevo o base (pesos);

a<sub>a</sub>-coeficiente de descuento para la renovación del arado;

C<sub>za</sub>- carga zonal anual del arado;

**Los gastos para la reparación general, corriente y servicio técnico periódico del arado se determinan:**

$$R_a = \frac{B_a \cdot (r_{kj} + r_{mk})}{W_{07} \cdot C_n} \quad (29)$$

donde:

r<sub>kj</sub> , r<sub>mk</sub>-coeficiente de descuento para las reparaciones total y corriente del arado;

## CAPÍTULO III.

### RESULTADOS Y DICUSIÓN

#### 3.1. Resultados de la evaluación energética de la formación del conjunto tractor-máquina agrícola.

La figura.3 muestra los principales resultados obtenidos durante el cálculo de formación del conjunto para el tractor Belarus MTZ-1221 y el arado AT-90, para las velocidades de trabajo real de 3.51 km/h y 4.5 km/h.

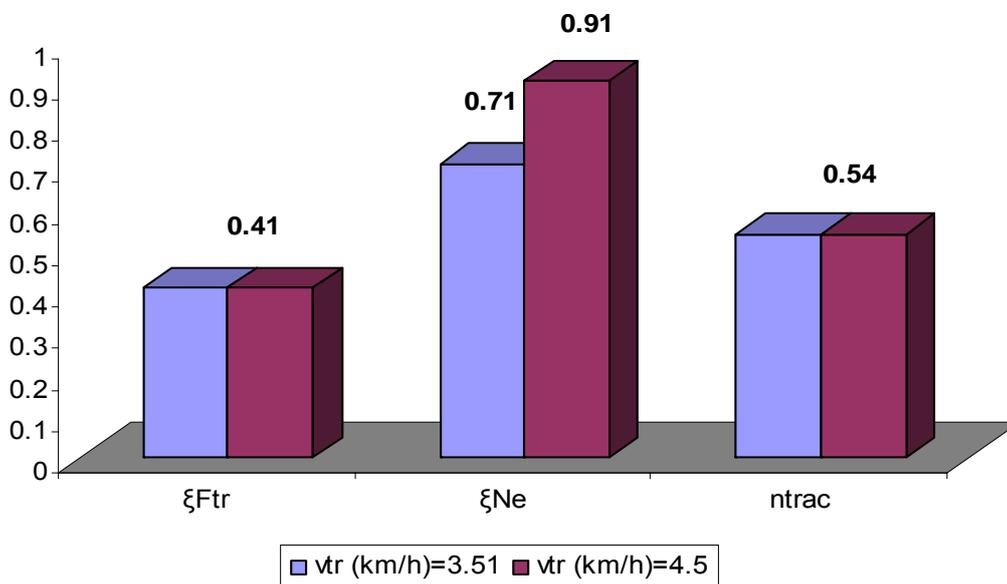


Figura 3. Principales resultados obtenidos durante el cálculo de formación de agregados para el tractor Belarus MTZ-1221 y el arado AT-90.

En la figura 3, se puede observar que al aumentar la velocidad de trabajo real ( $v_{tr}$ ), aumenta también el coeficiente de aprovechamiento de la potencia ( $\xi_{Ne}$ ). Aquí se aprecia que al formar el conjunto tractor Belarus MTZ-1221 más el arado AT-90 a una velocidad de trabajo de 4.5km/h se obtiene un coeficiente de aprovechamiento de la potencia de 0.91, el cual se considera algo alto para el desempeño del motor debido a que Márquez (2005) plantea que motor del tractor debe trabajar a un 75% – 85 % de la potencia efectiva del motor debido

a que la explotación con cargas superiores puede provocar que el motor pierda potencia con el uso. Conviene contar con un margen suficiente de aprovechamiento de la potencia efectiva para contrarrestar el efecto de la alta variabilidad de la resistencia traccional del suelo y para lograr una vida útil del equipo mayor.

Como se aprecia en la figura 3 el coeficiente de aprovechamiento de esfuerzo de tracción ( $\xi_{F_{tr}}$ ), se mantiene igual para ambas velocidades, puesto que este depende de:

-la resistencia traccional del arado ( $R_{ta}$ ), la cual no tiene variación ya que el coeficiente de resistencia específica traccional del suelo ( $K_m$ ), el ancho de trabajo del arado ( $b_{tr}$ ) y la profundidad de trabajo del arado ( $a$ ), son iguales para ambas velocidades,

-la fuerza de tracción disponible ( $F_{trd}$ ), la cual se mantiene igual ya que la fuerza adherente máxima ( $F_{adh}$ ) es igual para ambas velocidades puesto que no ocurre variación en el peso adherente del tractor ( $G_{adh}$ ), ni en el coeficiente de adherencia ( $\mu$ ) y la fuerza de resistencia al movimiento del tractor ( $F_{rmov}$ ) es igual a la fuerza de resistencia a la rodadura del tractor ( $F_{rr}$ ), para ambas velocidades,

En el rendimiento del tractor ( $n_{trac}$ ), influyen la potencia consumida en a la resistencia a la tracción del arado la cual depende de la resistencia traccional y la velocidad de trabajo del conjunto y la potencia efectiva que entrega el tractor en ese instante, la cual depende de la potencia consumida en los propulsores del tractor y de la eficiencia de la transmisión.

En la figura 4, se muestran los principales resultados obtenidos durante el cálculo de formación de agregados para el tractor Belarus MTZ-1221 y el

arado A-10 000, para las velocidades de trabajo real de 3.51 km/h, 4.5 km/h y 5.49 km/h.

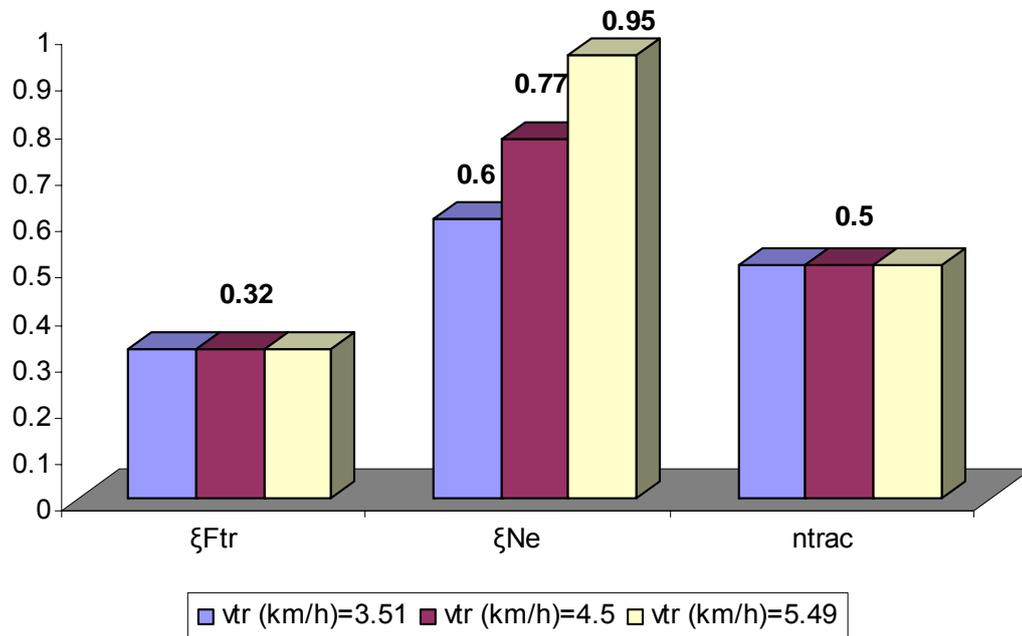


Figura 4. Principales resultados obtenidos durante el cálculo de formación de agregados para el tractor Belarus MTZ-1221 y el arado A-10 000.

En la figura 4 se observa un comportamiento similar al de la figura anterior, al aumentar la velocidad de trabajo real ( $v_{tr}$ ), se mantiene igual el coeficiente de aprovechamiento de esfuerzo de tracción y el rendimiento de tracción del tractor y aumenta el coeficiente de aprovechamiento de la potencia. Debido al alto valor de  $\xi_{Ne}$  para la variante a velocidad de trabajo de 5.49 km/h, atendiendo solo al efecto de la variación de la resistencia específica de tracción y de la vida útil del tractor se propone la utilización del tractor Belarus MTZ-1221 más el arado A-10 000 a 4.5 km/h, ya que se obtiene un coeficiente de aprovechamiento de la potencia ( $\xi_{Ne}$ )=0.77, que está dentro del intervalo de 75% – 85 %, antes mencionado,

En la figura 5, se muestran los principales resultados obtenidos durante el cálculo de formación de agregados para el tractor Case IH Maxxum-150 y el arado AT-90, para las velocidades de trabajo real de 3.37 km/h, 4.03 km/h y 5.01 km/h.

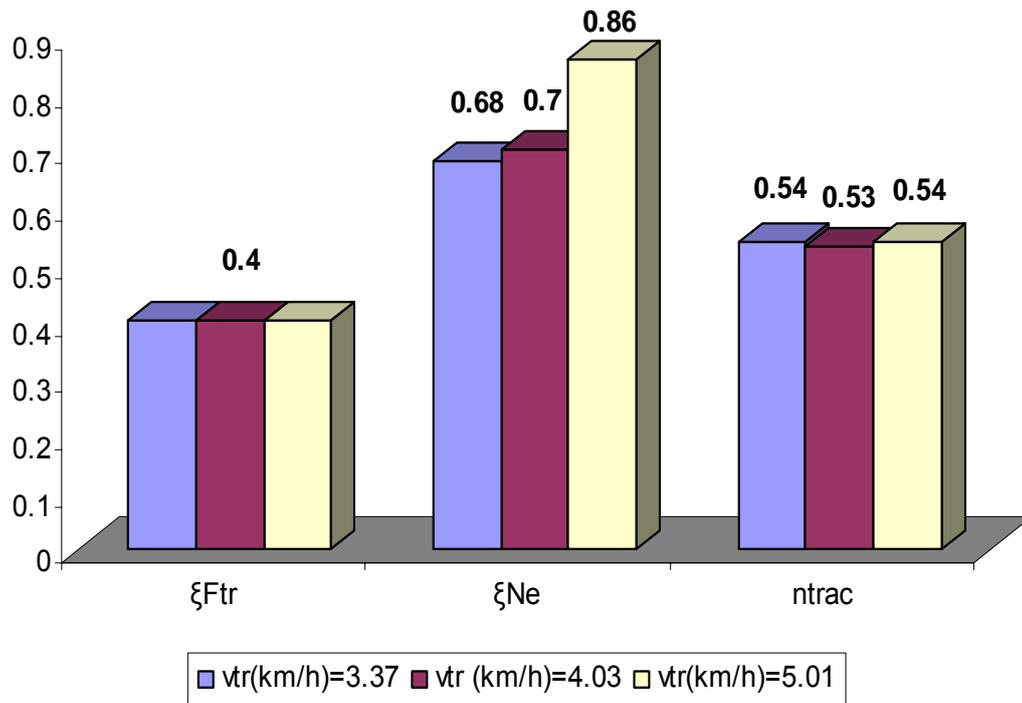


Figura 5, Principales resultados obtenidos durante el cálculo de formación de agregados para el tractor Case IH Maxxum-150 y el arado AT-90.

En la figura 5, se puede observar que al aumentar la velocidad de trabajo real ( $v_{tr}$ ) ocurre una variación del rendimiento del tractor ( $n_{trac}$ ), por lo que el tractor Case IH Maxxum-150 más el arado AT-90, debe trabajar a 5.01km/h, ya que se obtiene un coeficiente de aprovechamiento de la potencia ( $\xi_{Ne}$ )=0,86 que está próximo al valor de 75% – 85 %.

Si las condiciones de adherencia del tractor están en el límite de lo admisible, el esfuerzo suplementario debido al mal corte del arado, penaliza doblemente el rendimiento del conjunto apero-tractor, el exceso de esfuerzo de tracción

exige mayor potencia del motor, a la vez que aumenta el nivel de patinaje y se incrementa el tiempo necesario para finalizar la labor.

En la figura 6 se muestran los principales resultados obtenidos durante el cálculo de formación de agregados para el tractor Case IH Maxxum 150 más el arado A-10 000, para las velocidades de trabajo real de 4.03 km/h, 5.01 km/h, 5.50 km/h y 6.23 km/h.

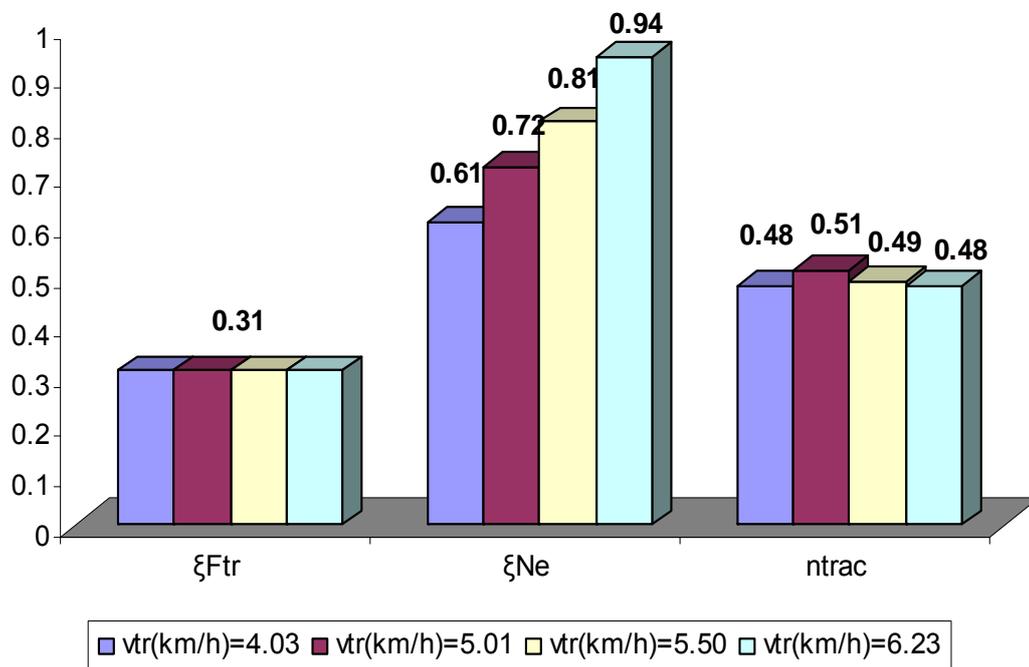


Figura 6, Principales resultados obtenidos durante el cálculo de formación de agregados para el tractor Case IH Maxxum-150 y el arado A-10 000,

En la figura 6, se observa que al aumentar la velocidad de trabajo real ( $v_{tr}$ ), manteniéndose igual el coeficiente de aprovechamiento de esfuerzo de tracción ( $\xi_{Ftr}$ ), aumenta el coeficiente de aprovechamiento de la potencia ( $\xi_{Ne}$ ), y varía el rendimiento del tractor ( $n_{trac}$ ), por lo que el tractor Case IH Maxxum-150 más el arado A-10 000, debe trabajar a 5.50km/h, ya que se obtiene un coeficiente de aprovechamiento de la potencia de 0,81 dentro del rango 75% – 85 % de esta.

En el rendimiento del tractor ( $n_{\text{trac}}$ ), existen variaciones debido a que la potencia perdida debido a la resistencia a la tracción del arado ( $N_{\text{rar}}$ ), aumenta de forma desigual, o sea que no aumenta de forma escalonada.

La utilización correcta de las velocidades reales de trabajo tiene una gran importancia para el aumento de la eficiencia de la mecanización de los trabajos, ya que la velocidad real de trabajo se condiciona por, la zona de velocidad, la fuerza de tracción, la resistencia de tracción de las máquinas agrícolas, las condiciones del suelo, el relieve de los campos, el ancho de trabajo del arado y la profundidad de trabajo del arado, que se puede reducir o aumentar la profundidad de intervención tomando en consideración el desarrollo radicular de la especie vegetal considerada. Al trabajar el motor del tractor con menor carga, este se hace menos eficiente.

Los conjuntos en los que el coeficiente de aprovechamiento de la potencia efectiva es inferior a 75% pueden mejorar su capacidad de carga y su productividad aumentando el ancho de trabajo del agregado, utilizando un implemento de mayor ancho de trabajo o adicionando uno o dos órganos de trabajo al apero correspondiente, si fuera posible de acuerdo a la construcción de este.

### **3.2. Cálculo de los gastos directos de explotación**

En la figura 7, se muestran los principales resultados obtenidos durante el cálculo de los gastos directos de explotación ( $G_{\text{de}}$ ) para la formación de agregados del tractor Belarus MTZ-1221 más el arado AT-90 para las velocidades de trabajo real de 3.51 km/h y 4.5 km/h.

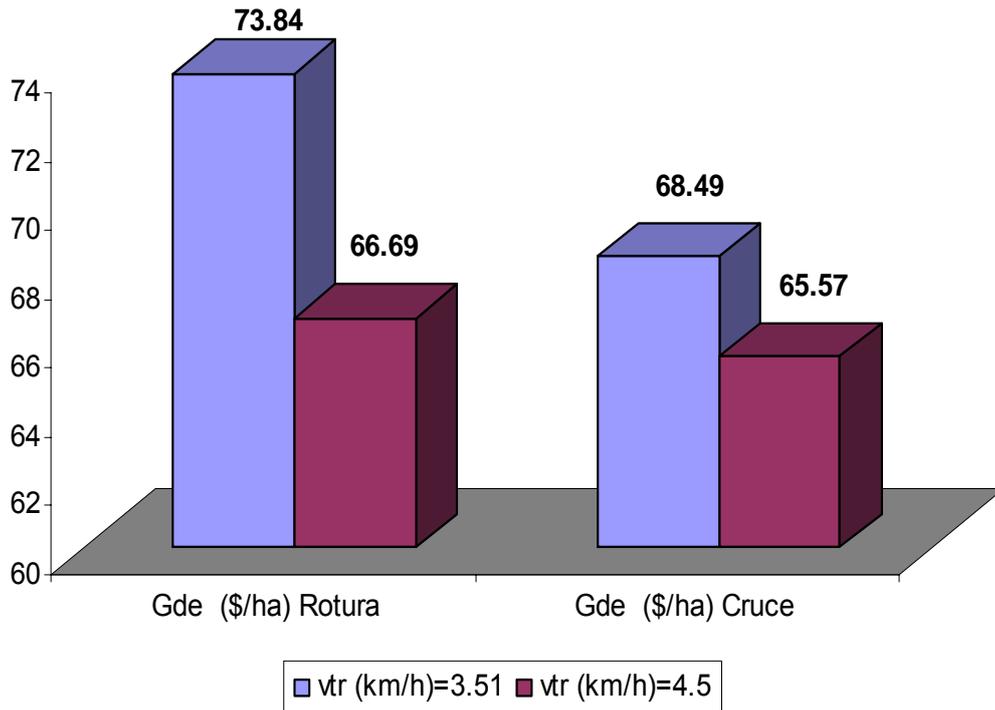


Figura 7. Principales resultados obtenidos durante el cálculo de los gastos directos de explotación ( $G_{de}$ ) para la formación de agregados del tractor Belarus MTZ-1221 más el arado AT-90.

En esta se observa que al aumentar la velocidad de trabajo real ( $v_{tr}$ ), disminuyen los gastos directos de explotación ( $G_{de}$ ), por lo que el tractor Belarus MTZ-1221 más el arado AT-90, debe trabajar a 4,5km/h. En esto influye esencialmente la productividad del conjunto, ya que al aumentar la velocidad, dentro de lo permisible por la agrotecnia y las posibilidades del conjutno, aumenta también la productividad y mientras mayor sea esta menor será el consumo específico de combustible. No solo trabajar con las velocidades indicadas disminuye los gastos directos de explotación, también se logra elevando el coeficiente de aprovechamiento del turno. Este depende; del proceso tecnológico, el largo de surco, el tamaño de los campos, las formas de mantenimiento técnico y la organización de los trabajos, entre otros.

En la figura 8, se muestran los principales resultados obtenidos durante el cálculo de los gastos directos de explotación ( $G_{de}$ ) para la formación de agregados del tractor Belarus MTZ-1221 más el arado A-10 000 para las velocidades de trabajo real de 3.51 km/h, 4.5 km/h y 5.49 km/h.

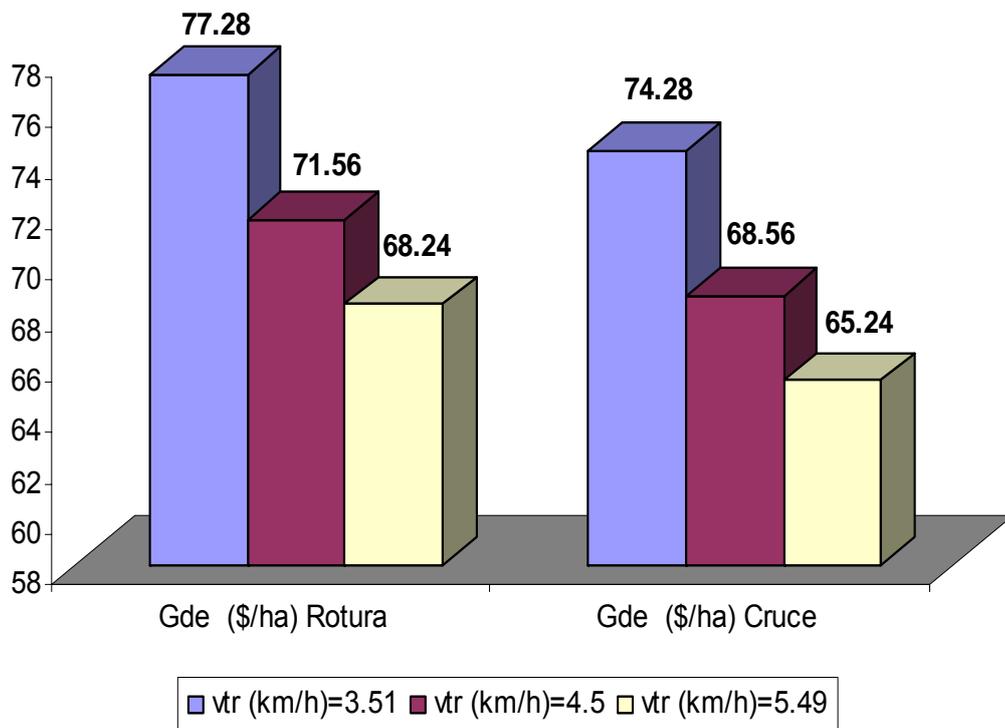


Figura 8. Principales resultados obtenidos durante el cálculo de los gastos directos de explotación ( $G_{de}$ ) para la formación de agregados del tractor Belarus MTZ-1221 más el arado A-10 000.

En la figura 8, se observa que al aumentar la velocidad de trabajo real disminuyen los gastos directos de explotación. Pero en este caso, no se debe trabajar a 5,49 km/h, porque como se aprecia en la figura 4, el coeficiente de aprovechamiento de la potencia efectiva es superior al 85%, por lo tanto el tractor trabajará sobrecargado.

En la figura 9, se muestran los principales resultados obtenidos durante el cálculo de los gastos directos de explotación ( $G_{de}$ ) para la formación de

agregados del tractor Case IH Maxxum-150 más el arado AT-90 para las velocidades de trabajo real de 3.37 km/h, 4.03 km/h y 5.01 km/h.

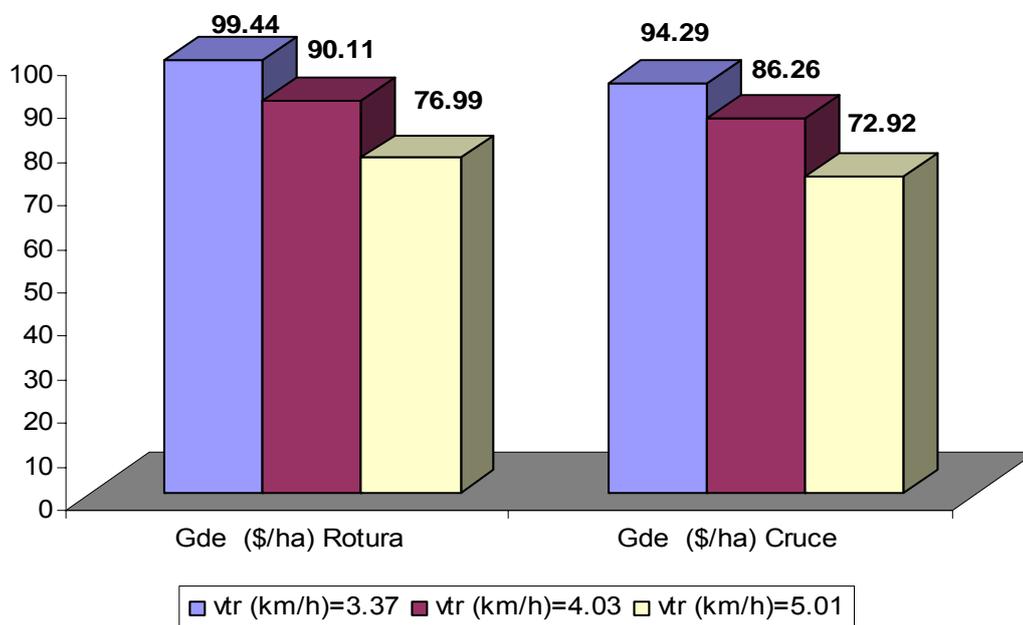


Figura 9. Principales resultados obtenidos durante el cálculo de los gastos directos de explotación ( $G_{de}$ ) para la formación de agregados del tractor Case IH Maxxum 150 más el arado A-10 000.

En la figura 9, se observa un comportamiento similar a las figuras 7 y 8. En los gastos directos de explotación ( $G_{de}$ ), influye directamente el salario del personal de servicio (S), los gastos de renovación de la máquina (A), los gastos para la reparación general, corriente y servicio técnico periódico de la máquina (R), los gastos en combustible, lubricantes o energía eléctrica (C), los gastos de renovación del arado ( $A_a$ ), los gastos para la reparación general, corriente y servicio técnico periódico del arado ( $R_a$ ).

En la figura 10, se muestran los principales resultados obtenidos durante el cálculo de los gastos directos de explotación ( $G_{de}$ ) para la formación de agregados del tractor Case IH Maxxum-150 más el arado AT-90 para las velocidades de trabajo real de 4.03 km/h y 5.01 km/h, 5.50 km/h y 6.23 km/h.

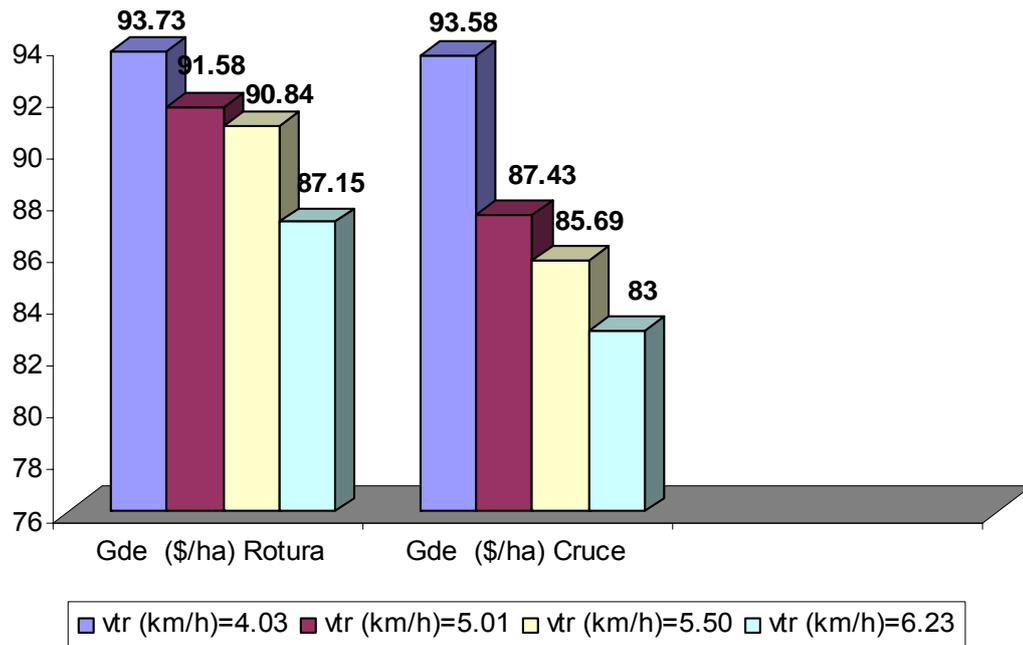


Figura 10. Principales resultados obtenidos durante el cálculo de los gastos directos de explotación ( $G_{de}$ ) para la formación de agregados del tractor Case IH Maxxum 150 más el arado AT-90.

En la figura 10, se puede observar que al aumentar la velocidad de trabajo real ( $v_{tr}$ ), disminuyen los gastos directos de explotación ( $G_{de}$ ), donde el tractor Case IH Maxxum-150 más el arado A-10 000, debe de trabajar a 5.50km/h, ya que si se trabajara a 6.23km/h se estuviera utilizando demasiado el coeficiente de aprovechamiento de esfuerzo de tracción ( $\xi_{Ftr}$ ), que es 0.94 y no esta dentro del rango de 0.75%-0.85% de la potencia efectiva. Para disminuir estos gastos se debe disminuir el consumo específico de energía mediante la reducción de la resistencia específica de las maquinas-aperos, la suspensión (enganche), la regulación, tienen que ser correctos, los mantenimientos de las maquinas-aperos deben de ser adecuados, disminuir la cantidad de obreros que atienden los conjuntos, rebajar los gastos de reparaciones, del mantenimiento, lubricantes y de las reparaciones auxiliares.

Los gastos directos de explotación son directamente proporcionales a los gastos específicos de energía e inversamente proporcionales a la utilización de la potencia y del tiempo. Para reducir los gastos directos durante el cumplimiento de los trabajos mecanizados es necesario elevar el coeficiente de aprovechamiento del tiempo del turno, disminuir el consumo específico de energía, aumentar la potencia de los medios energéticos, elevar el rendimiento del tractor, rebajar los gastos de reparaciones y servicios técnicos periódicos, y rebajar los gastos en combustible, lubricantes o energía eléctrica.

## CONCLUSIONES

- La evaluación energética y económica de conjuntos formados por tractor-arados en la Empresa Azucarera “George Washington” muestra que en varios de los casos analizados los tractores están siendo explotados a velocidades que provocan una elevada carga en el motor, lo cual llevará al desgaste excesivo de los mecanismos de estos y al acortamiento de la vida útil del tractor. En otros casos el aprovechamiento de la potencia efectiva es bajo, por lo tanto se desaprovechan las capacidades de trabajo del conjunto.
- La obtención de altos rendimientos de los conjuntos agrícolas a partir de una adecuada utilización de la gama de velocidades del tractor y del ancho de trabajo de los arados, permite que se reduzcan los gastos directos de explotación de estos.

## **RECOMENDACIONES**

- Continuar la investigación evaluando la formación del conjunto de los demás agregados utilizados para la labranza primaria del suelo, debido a que estos son los que mayores gastos directos de explotación provocan.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

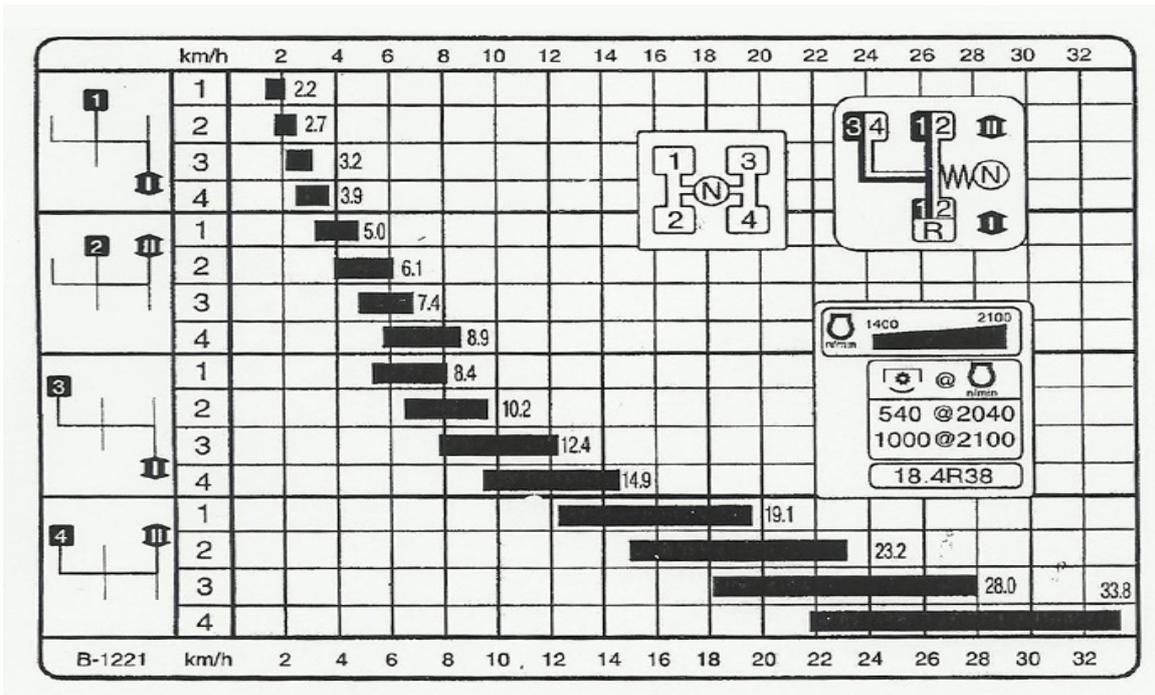
- Aguilera N. C., López F. O., Kuk Uc W. A. y Cabrera J. R. S. “Efecto del contenido de humedad del suelo sobre la fuerza de tiro horizontal requerida por un arado de tres discos”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14, (1), 5-9, 2005.
- Bausat, A. M. Maquinaria agrícola. 2010.
- Chudakov, D.A. 1977. Fundamentos de la teoría y cálculo de tractores y automóviles. Edición MIR. URSS. 435 p.
- Coronel C.I. Rondón P.P. Shkiliova L. Evaluación y pruebas de máquinas agrícolas, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. México.1999. 485 p.
- Dixis Figueroa Pedraza 2003. Seguridad alimentaria familiar. Universidad Federal de Pernambuco. 4(2) Abril-Junio 2003.
- FAO. Energy consumption and input output relation in feld operations, CNRE study No. 3, Rome, Italy, 1990.
- Fluck, R. Energy for farm production, 287pp., Vol. 6 of Energy for World Agriculture, (Ed): Elsevier, Amsterdam, 1992.
- Garrido P.J. Implemento, Máquinas Agrícolas y fundamentos para su explotación. 1984.
- González, R. Explotación del parque de maquinaria. Ed. Félix Varela 1993.
- González, R., García de la Figal, A.E., Morejón, Y. y Morales D. “Evaluación energética de la labor de rotura con tracción animal y tractor

- MTZ-510. Estudio de caso: Granja Guayabal, San José de las Lajas, La Habana, Cuba”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(3): 82-86, 2009.
- González, R., Morejón Y., Cazeau, M.O. “Evaluación energética de la cosecha-transporte del forraje para la alimentación del ganado vacuno en San José de las Lajas, Cuba”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(4): 13-16, 2009.
  - Hetz, E. y Barrios, A. “Reducción del costo energético de labranza/siembra utilizando sistemas conservacionistas en Chile”, *AgroCiencia*, 13(1): 41-47, Chillán, Chile, 1997.
  - Jróbrostov. S.N. Explotación del parque de tractores y máquinas. Ed. Mir Moscú. 1977. 552p
  - Levkov V.G. Manual de explotación del tractor Belarus 1221. 2001
  - Linares .P. Teoría de la tracción de tractores agrícolas. Universidad política de Madrid, 1996.
  - Rodríguez, Y., González A. F., Valdez R. G., Ponciano C. E. S y Rodríguez C. M. T.,”Evaluación económico-energética de la cosecha de la caña de azúcar manual y mecanizada en una cooperativa agrícola”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(4): 22-27, 2007.
  - Norma cubana 34-38. Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la evaluación económica. Ed. Noviembre 2003.
  - Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Declaración de Roma sobre la seguridad alimentaria mundial y plan de Acción de la cumbre mundial sobre la alimentación. Cumbre mundial sobre la alimentación; Roma: FAO. 1997.

- Rubet O. A., Sánchez J.C.B., Rivas T.B., Laguna M.P., “Cultivador fertilizador para tractor de 130 hp”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(2): 49-51, 2002.
- Suárez J., Ríos A. y Sotto P. “El tractor y la tracción animal”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(2): 40-43, 2005.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Velocidades calculadas del desplazamiento del tractor Belarus MTZ-1221, en km/h.



Anexo 2. Velocidades calculadas del desplazamiento del tractor Case IH Maxxum-150, en km/h.

