



NOTA TÉCNICA

Análisis de la estabilidad del arado “FDN” de tracción animal

Analysis of the stability of the plow “FDN” of animal traction

Armando Eloy García de la Figal Costales¹ y Fidel Diego Nava²

RESUMEN. Para el análisis por los métodos de la estática de un arado de tracción animal, modelo FDN -fabricado en Oaxaca, México, se emplea un sistema de fuerzas en el plano longitudinal-vertical de movimiento, aplicado en puntos específicos del órgano de trabajo del mismo, a $\frac{1}{3}$ y $\frac{1}{4}$ de su profundidad de trabajo, cuyos valores varían de 440 a 1 200 N y de 20 a 260 N para la fuerza horizontal R_x y la vertical R_z , respectivamente y se conocen sus dimensiones, peso, centro de gravedad y punto de aplicación del tiro, el cual está inclinado β de 20° y 18° respecto a la horizontal. Los resultados demuestran que para las condiciones antes señaladas, dicho arado de tracción animal puede estar en equilibrio estático –como primer principio de la estabilidad de los sistemas móviles planteado por Lyapunov- si se regulan o verticalmente el punto donde se acopla el arado al pértigo o timón, o la longitud del brazo del órgano de trabajo respecto al bastidor del arado, o ambos. Los desplazamientos verticales necesarios calculados varían en: desde 49,39 hasta 163,33 mm, para cuando $\beta=18^\circ$ y de 11,16 a 128,24 mm para $\beta=20^\circ$. La no realización de lo anterior, implicaría que el bastidor del arado giraría un ángulo ρ de $4,76^\circ$ a favor de las manecillas del reloj, hasta $-1,02^\circ$ en contra, para $\beta=18^\circ$ y de $2,76^\circ$ a favor, hasta $-1,5^\circ$ contrario a las manecillas del reloj, para $\beta=20^\circ$.

Palabras clave: estabilidad; arado; tiro animal; sistema de fuerzas.

ABSTRACT. For the analysis by the methods of the static of a plow of animal traction -manufactured FDN in Oaxaca, Mexico, a system of forces is used in the longitudinal-vertical plane of movement, applied in specific points of the organ of work of the same one, to $\frac{1}{3}$ and $\frac{1}{4}$ of its work depth, whose values vary from 440 to 1 200 N and of 20 to 260 N for the horizontal force R_x and the vertical R_z , respectively and their dimensions, weight, center of gravity and point of application of the shot, which is inclined β of 20° and 18° regarding the horizontal one are known. The results demonstrate that for the conditions signal, this plow of animal traction can be before in static balance-as first principle of the stability of the mobile systems outlined by Lyapunov-if they are regulated or the vertically point where the plow is coupled to the helm or the longitude of the arm of work organ regarding the chassis of the plow, or both. Displacing vertical necessary calculated they vary in: from 49,39 up to 163,33 mm, for when $\beta=18^\circ$ and of 11,16 to 128,24 mm for $\beta=20^\circ$. The not the above-mentioned realization, would imply that the chassis of the plow would rotate an angle ρ of $4,76^\circ$ in the address of the needles of the clock, until $-1,02^\circ$ in against, for $\beta=18^\circ$ and of $2,76^\circ$ in the address, until $-1,5^\circ$ contrary to the needles of the clock, for $\beta=20^\circ$.

Keywords: stability; plow; I throw animal; system of forces.

INTRODUCCIÓN

En el Centro de Investigaciones Interdisciplinario de Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Oaxaca, Estado de Oaxaca, México, perteneciente al Instituto Politécnico Nacional (IPN), se diseñó y construyó la estructura de un arado de tiro animal, con la posibilidad de agregarle varios tipos de órganos de trabajo para la aradura, surcado y escarificado de

los suelos -sobre todo tipo Regosol de los Valles Centrales de Oaxaca- denominándose FDN, sobre la base fundamentalmente de la experiencia existente (Diego, 2005). Para poder diseñar racionalmente el mismo, es necesario determinar sus dimensiones y materiales a partir de la resistencia de sus elementos, mediante la aplicación de las especificidades para éstos, los cuales en la literatura existente está ausente, pudiéndose sólo inferir de ésta elementos limitados, no así para los de tiro con

Recibido 14/01/09, aprobado 22/02/10, trabajo 29/10, Nota Técnica.

¹ Dr. C. Prof. Titular, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, La Habana, Cuba, E-✉: areloy@isch.edu.cu

² Prof., CIIDIR IPN, Unidad Oaxaca, Horno 1003, 71230, Xoxocotlán, Oaxaca, México.

tractores (Arredondo *et al.*, 2003; Astatke *et al.*, 2002; Biswas *et al.*, 2000; Bobobee, 2007; Emhardt, 2000; Gebresenbet *et al.*, 1997; Loukanov *et al.*, 2005; Starkey, 1988). El mismo debe diseñarse sobre la base del conocimiento del sistema de fuerzas y momentos que estén aplicados en el mismo -fuerzas de reacción del suelo sobre el órgano de trabajo; de tiro del animal; de gravedad-, el cual, a su vez, hasta el presente, solo son precisos los datos obtenidos por métodos empíricos, aunque éstos son, también, muy escasos en la literatura existente (Shrivastava, 2001; Sims, 2000; Starkey, 1989). Dicho sistema de fuerzas y momentos dependen del tipo, propiedades físico-mecánicas y condiciones del suelo; tipo de labor; dimensiones del órgano de trabajo, del apero y del animal de tiro y de la velocidad de trabajo, como las que mas influyen. Además, es indispensable que el diseño del mismo logre un trabajo estable en el campo estática y dinámicamente.

Por tales razones, para lograr racionalizar el diseño del arado FDN de tiro animal es necesario establecer, en primera instancia, como es teóricamente su estabilidad estática, instantánea, a partir de la mayor variabilidad de los sistemas de fuerzas y momentos aplicados al mismo, lo cual permitan en un segundo paso analizar su estabilidad dinámica en su trabajo en condiciones de campo (Lyapunov, (2005).

METODOLOGÍA

Determinación de las condiciones de estabilidad de su movimiento

Como primer paso para el diseño racional de los aperos de tracción animal está el establecimiento del sistema de fuerzas y momentos que actúa en el mismo, sobre la base de los resultados de los métodos empíricos y, en su defecto, mediante los supuestos teóricos. Por otro lado, sobre la base de los principios de estabilidad establecidos por Lyapunov (2005) para cualquier sistema móvil, se deduce que para que éste sea estable dinámicamente, es indispensable que primero sea estáticamente estable, no cumpliéndose la condición inversa. Por lo tanto, es necesario lograr que el sistema de fuerzas y momentos aplicados a un arado de tracción animal esté en equilibrio estático en cada instante, como primera aproximación. El esquema de la estabilidad estática de un arado de tracción animal se logra gráfico-analíticamente mediante la condición de que los polígonos de fuerzas y de sus correspondientes rayos sean cerrados (Figura 1).

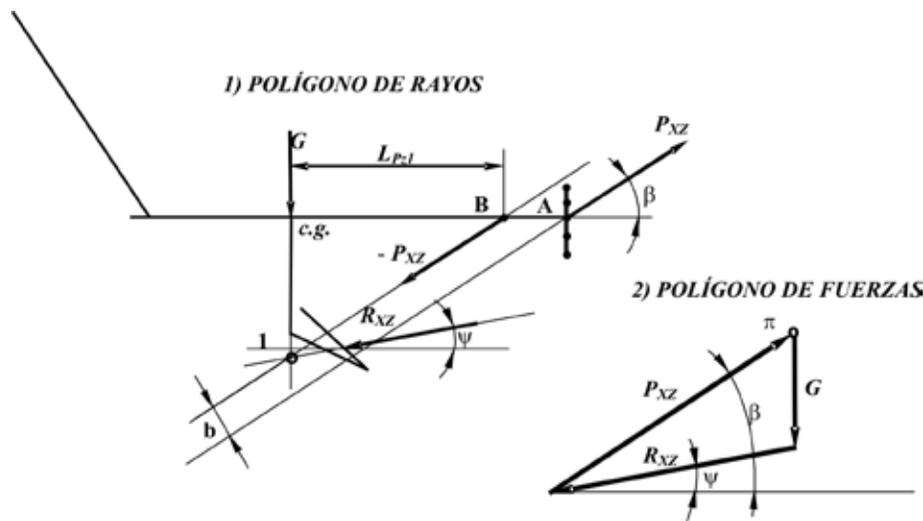


FIGURA 1. Esquema de los Polígonos de 1) Fuerza y 2) de Rayos que estabilizan estáticamente a un arado de tiro animal.

A partir del esquema del arado de tiro animal FDN (Figura 2) y los valores de sus dimensiones (Tablas 1 y 2), las expresiones para el cálculo de las coordenadas significativas y de los brazos de las fuerzas R_x y R_z son:

$$h_{zi} = h_b + l \cdot \text{sen}(\epsilon); \quad (1)$$

$$X_i = l \cdot \text{cos}(\epsilon); \quad (2)$$

$$L_{Rx} = h_{zi} - Z_i; \quad (3)$$

$$L_{Rz} = (2/3)X_i; \quad (4)$$

Mientras que el sistema de ecuaciones para el cálculo de la estabilidad del arado FDN es:

$$R_{xz} = R_x + R_z; \quad (5)$$

$$P_{xz} = P_x + P_z; \quad (6)$$

$$P_z = G + R_z; \quad (7)$$

$$\psi = \text{arctg}(R_z / R_x); \quad (8)$$

$$M_{cg} = R_x \cdot L_{Rx} + R_z \cdot L_{Rz} - P_z \cdot L_{PzI} \quad (9)$$

Para el cálculo teórico de la estabilidad del arado de tiro animal FDN se parte de definir los valores de las acciones del suelo sobre el órgano de trabajo R_x y R_z : $R_z = 20; 60; 140; 200$ y 260 N, $R_x =$ de 450 a $1\ 200$ N, incrementándose en 50 N, mientras que su peso G es de 137 N (Diego, 2005).

La relación calculada de R_x en función de R_z para que las ecuaciones (5; 6; 7) se cumplan se muestra en la Figura 3 para los dos valores del ángulo de inclinación de la barra de tiro β , iguales a 18 y 20°, respectivamente. Los valores del ángulo de inclinación de la fuerza de reacción del suelo sobre la cuña u órgano de trabajo del apero ψ , calculados según la expresión (8) en función de la relación entre R_z y R_x se muestran en la Figura 4 para β igual a 18 y 20°, respectivamente.

Para cada valor de las fuerzas R_z y de la posición del punto de aplicación de la resultante R_{xz} sobre la cuña u órgano de trabajo –que determinan los valores de los brazos L_{Rx} y L_{Rz} – se calculan por las expresiones (5; 6; 7; 8) los valores de R_x y que

longitud debe tener el brazo L_{Pz} de la fuerza P_z para que el sistema esté en equilibrio estático instantáneo.

Para que exista estabilidad estática –que el sistema esté en equilibrio estático instantáneo, tirando por el punto A (Figura 2), debe cumplirse que $L_{Pz} = L_A$. Si el valor de L_{Pz} es mayor o menor que L_A implica que existe un torque positivo o negativo, respectivamente, aplicado al arado de valor $P_{xz} \cdot h$, donde h es el brazo del mismo (Figura 5). De lo anterior se desprende que debe tirarse por uno de los puntos A_1, A_2, A_3, A_4 que más cerca esté del punto de aplicación B de R_{xz} para minimizar el valor del torque M_{cg} y del ángulo de giro de la barra principal del arado, ρ que garantice su estabilidad estática, siendo la distancia c entre dos puntos consecutivos de A de 40 mm.

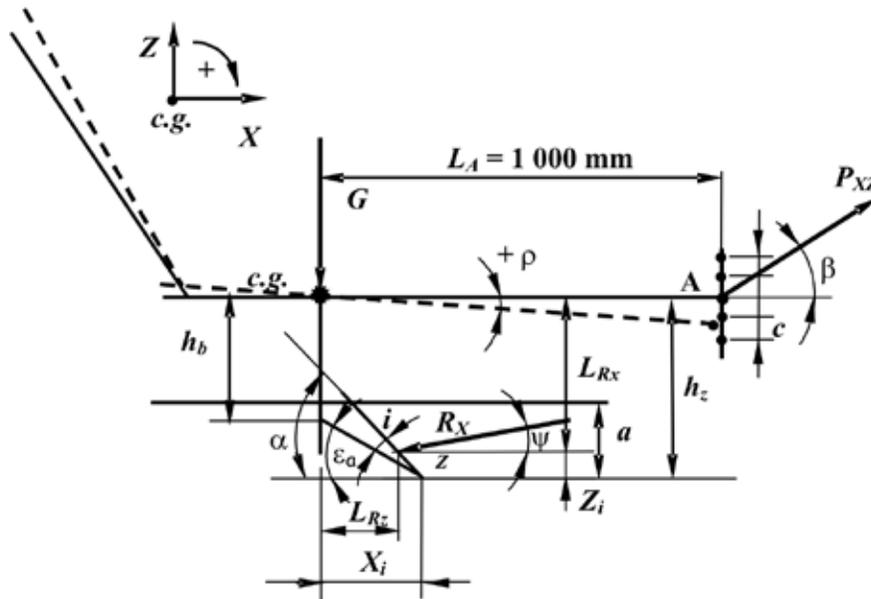


FIGURA 2. Esquema del arado de tiro animal FDN: Profundidad de trabajo, $a = 0,25$ y $0,15$ m; Ángulo del filo del órgano de trabajo, $i = 12^\circ$; Longitud de la base de la cuña, $l = 252,6$ mm; Regulación de la altura del brazo de la cuña, $h_b = 444,0$ mm; Ángulo de ataque $\alpha = 25$ y 35° ; Cinco puntos de regulación vertical de la barra de tiro, $c = 40 \times 4$ mm.

TABLA 1. Valores de los principales coordenadas de las Figuras 1 y 2, para la profundidad de trabajo $a=0,15$ m

No	α °	ϵ_0 °	h_p , mm	X_p , mm	$Z_i = 1/4.a =$	$Z_i = 1/3.a$	$Z_i = 1/4.a$	$Z_i = 1/3.a$
					37,5mm	= 50 mm	= 37,5mm	= 50 mm
					L_{Rz1} , mm	L_{Rz2} , mm	L_{Rz1} , mm	L_{Rz2} , mm
1	25	13	450,82	246,13	413,32	400,82	164,09	164,09
2	35	23	492,7	232,52	455,2	442,7	155,01	155,01

TABLA 2. Valores de las principales coordenadas de las Figuras 1 y 2, para la profundidad de trabajo $a=0,25$ m

No	α °	ϵ_0 °	h_p , mm	X_p , mm	$Z_i = 1/4.a = 62,5$	$Z_i = 1/3.a$	$Z_i = 1/4.a$	$Z_i = 1/3.a$
					mm	= 83,3 mm	= 62,5 mm	= 83,3 mm
					L_{Rz1} , mm	L_{Rz2} , mm	L_{Rz1} , mm	L_{Rz2} , mm
1	25	13	50,82	246,13	388,32	367,52	164,09	164,09
2	35	23	492,7	232,52	430,2	409,4	155,01	155,01

Lo anterior se puede evitar si se determina con que valor es necesario desplazar verticalmente el punto de acoplamiento del pértigo o timón al arado A, adicionalmente hacia arriba o hacia abajo, o el soporte del órgano de trabajo respecto al bastidor central del arado, C_z , o ambos a la vez, los cuales garantizan la estabilidad estática del arado para $\beta = 18^\circ$ (Figura 8) y cuyos resultados son: desplazarlo verticalmente desde $-49,392$ a $-163,325$ mm; los valores medios de la distancia de regulación vertical de C_z para $p = 0,95$ son: $C_{zmed1} = -112,5729 \pm 13,2327$ mm, para $Z_i = (1/4).a$ y $C_{zmed2} = -111,5282 \pm 13,2486$ mm, para $Z_i = (1/3).a$.

Para $\beta = 20^\circ$ (Figura 9) sus resultados son: desplazarlo verticalmente desde $-11,158$ a $-128,235$ mm., mientras que los valores medios de la distancia de regulación vertical de C_z para $p=0,95$ son: $C_{zmed1} = -76,369 \pm 13,386$, mm para $Z_i = (1/4).a$ y $C_{zmed2} = -75,597 \pm 17,069$, mm para $Z_i = (1/3).a$.

Como resumen del análisis anterior, la variación de las diferencias entre las distancias de regulación vertical ($C_{zna} - C_{znb}$) mm del punto de tiro del arado FDN con la barra de tiro A –según sea en A_1 o A_2 o A o A_3 o A_4 – (Figura 10) para $\beta = 20^\circ$ (C_{zna}) y $\beta = 18^\circ$ (C_{znb}), respectivamente, en función del valor de la fuerza de resistencia al tiro (horizontal) R_x y su relación con

los valores de la fuerza R_z (Figuras 3 y 4) muestra una tendencia a disminuir ligeramente con el aumento de R_x , fluctuando sus valores de $34,748$ a $38,279$ mm.

Los valores máximos y mínimos calculados de los desplazamientos verticales del punto de enganche con el pértigo o timón en A (Figura 5), o del órgano de trabajo -ambos respecto al bastidor central del arado- demuestran que siempre será posible regular verticalmente ambos o uno de los dos en posiciones determinadas, tales que permitan alcanzar la estabilidad estática del mismo para un intervalo de variación amplio del sistema de fuerzas y momentos que actúan

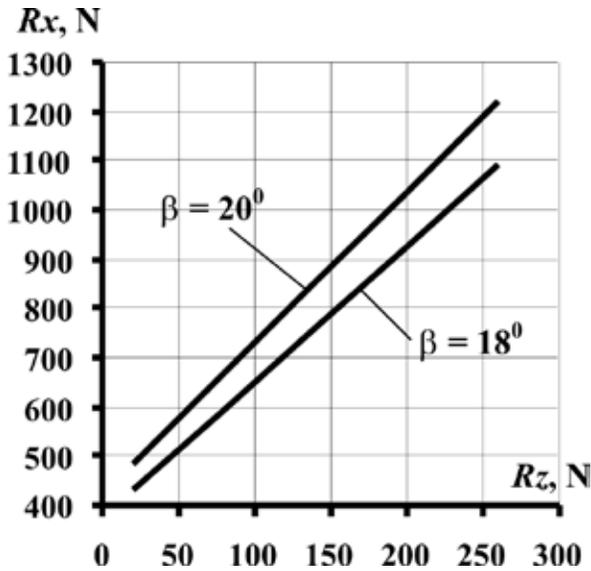


FIGURA 3. Variación de los valores tomados de R_x , N, en función de los valores de R_z , N y β .

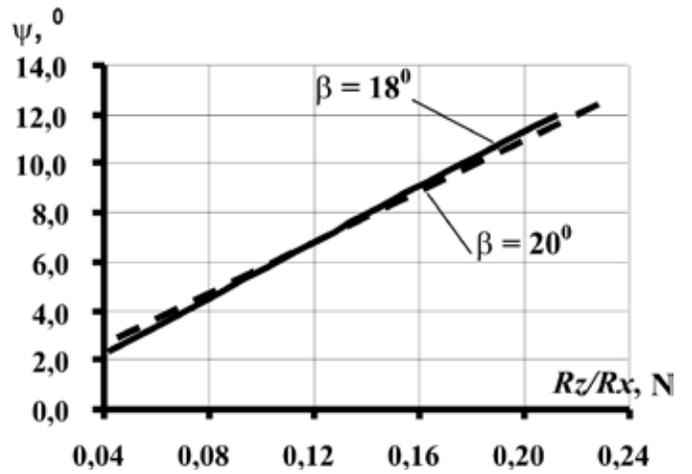


FIGURA 4. Variación de los valores del ángulo ψ , $^\circ$ entre las fuerzas R_z y R_x en función de la relación R_z/R_x y β .

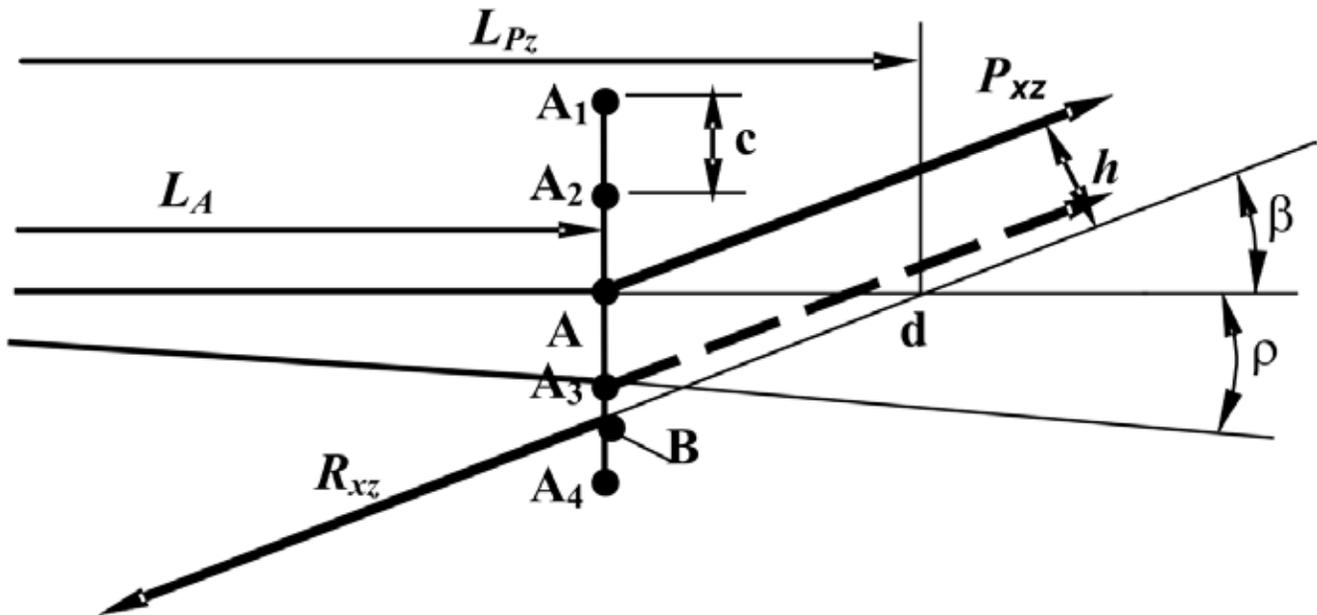


FIGURA 5. Puntos de aplicación de las fuerzas P_{xz} a lo largo de la barra vertical $A_1 - A_4$; de R_{xz} en B y del torque M_{cg} ; del ángulo de giro de la barra principal del arado FDN, ρ para lograr la estabilidad estática del arado: $c = 40$ mm.

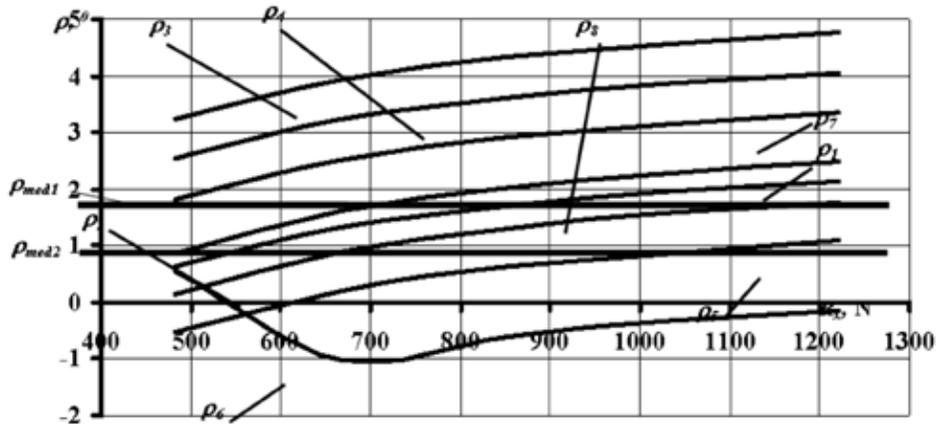


FIGURA 6. Gráfica de la variación del valor del ángulo de giro de la barra principal del arado FDN, ρ , en función del valor de la fuerza de resistencia al tiro (horizontal) R_x , N y su relación con los valores de la fuerza R_z (Figuras 3 y 4) para lograr su estabilidad estática, con $\beta = 18^\circ$ (Figuras 1 y 2 y Tablas 1 y 2) y donde: $\rho_1 - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 25^\circ$; $\rho_2 - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 25^\circ$; $\rho_3 - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 35^\circ$; $\rho_4 - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 35^\circ$; $\rho_5 - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 25^\circ$; $\rho_6 - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 25^\circ$; $\rho_7 - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 35^\circ$; $\rho_8 - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 35^\circ$. Los valores medios del ángulo de giro de la barra principal del arado FDN para $p = 0,95$ son: $\rho_{med1} = 2,304 5 \pm 0,712 9^\circ$, para $Z = (1/4).a$ y $\rho_{med2} = 1,460 9 \pm 0,714 5^\circ$, para $Z = (1/3).a$. Nota: $c = 40$ mm.

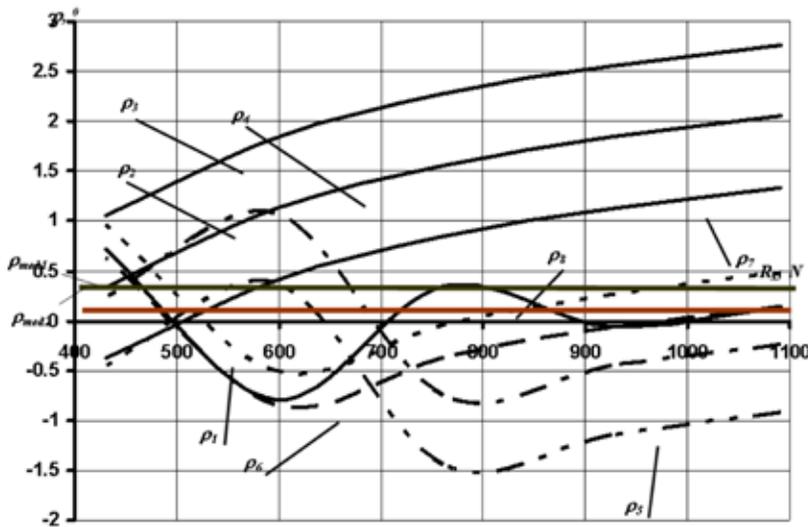


FIGURA 7. Gráfica de la variación del valor del ángulo de giro de la barra principal del arado FDN, ρ , en función del valor de la fuerza de resistencia al tiro (horizontal) R_x , N y su relación con los valores de la fuerza R_z (Figuras 3 y 4) para lograr su estabilidad estática, con $\beta = 20^\circ$ (Figuras 1 y 2 y Tablas 1 y 2) y donde: $\rho_1 - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 25^\circ$; $\rho_2 - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 25^\circ$; $\rho_3 - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 35^\circ$; $\rho_4 - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 35^\circ$; $\rho_5 - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 25^\circ$; $\rho_6 - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 25^\circ$; $\rho_7 - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 35^\circ$; $\rho_8 - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 35^\circ$. Los valores medios del ángulo de giro de la barra principal del arado FDN para $p = 0,95$ son: $\rho_{med1} = 0,576 4 \pm 0,472 9^\circ$, para $Z_i = (1/4).a$ y $\rho_{med2} = 0,337 6 \pm 0,475 8^\circ$, para $Z_i = (1/3).a$. Nota: $c = 40$ mm.

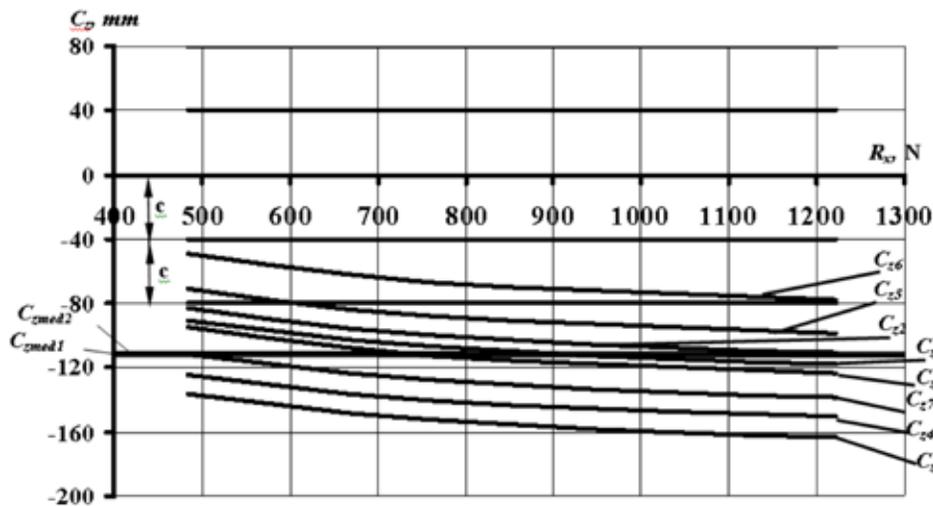


FIGURA 8. Gráfica de la variación del de la distancia de regulación vertical C_2 , mm del punto de tiro del arado FDN con la barra de tiro A, en función del valor de la fuerza de resistencia al tiro (horizontal) R_x , N y su relación con los valores de la fuerza R_z (Figuras 3 y 4) para lograr su estabilidad estática, con $\beta = 18^\circ$ (Figuras 1 y 2 y Tablas 1 y 2) y donde: $C_{21} - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 25^\circ$; $C_{22} - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 25^\circ$; $C_{23} - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 35^\circ$; $C_{24} - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 35^\circ$; $C_{25} - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 25^\circ$; $C_{26} - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 25^\circ$; $C_{27} - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 35^\circ$; $C_{28} - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 35^\circ$. Los valores medios de la distancia de regulación vertical del punto de tiro del arado FDN con la barra de tiro A para $p = 0,95$ son: $C_{2med1} = -112,5729 \pm 13,2327$, mm para $Z_i = (1/4).a$ y $C_{2med2} = -111,5282 \pm 13,2486$, mm para $Z_i = (1/3).a$. Nota: $c = 40$ mm.

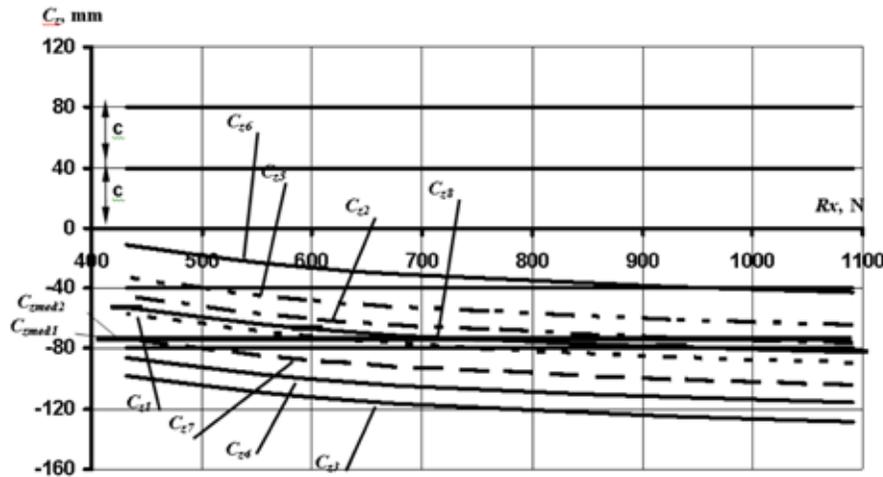


FIGURA 9. Gráfica de la variación de la distancia de regulación vertical C_z , mm del punto de tiro del arado FDN con la barra de tiro A, en función del valor de la fuerza de resistencia al tiro (horizontal) R_x , y su relación con los valores de la fuerza R_z (ver Fig. 3 y 4) para lograr su estabilidad estática, con $\beta = 20^\circ$ (Figuras 1 y 2 y Tablas 1 y 2) y donde: $C_{z1} - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 25^\circ$; $C_{z2} - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 25^\circ$; $C_{z3} - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 35^\circ$; $C_{z4} - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 35^\circ$; $C_{z5} - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 25^\circ$; $C_{z6} - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 25^\circ$; $C_{z7} - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 35^\circ$; $C_{z8} - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 35^\circ$. Los valores medios de la distancia de regulación vertical del punto de tiro del arado FDN con la barra de tiro A para $p = 0,95$ son: $C_{zmed1} = -76,369 \pm 13,386$, mm para $Z_i = (1/4).a$ y $C_{zmed2} = -75,597 \pm 17,069$, mm para $Z_i = (1/3).a$. Nota: $c = 40$ mm.

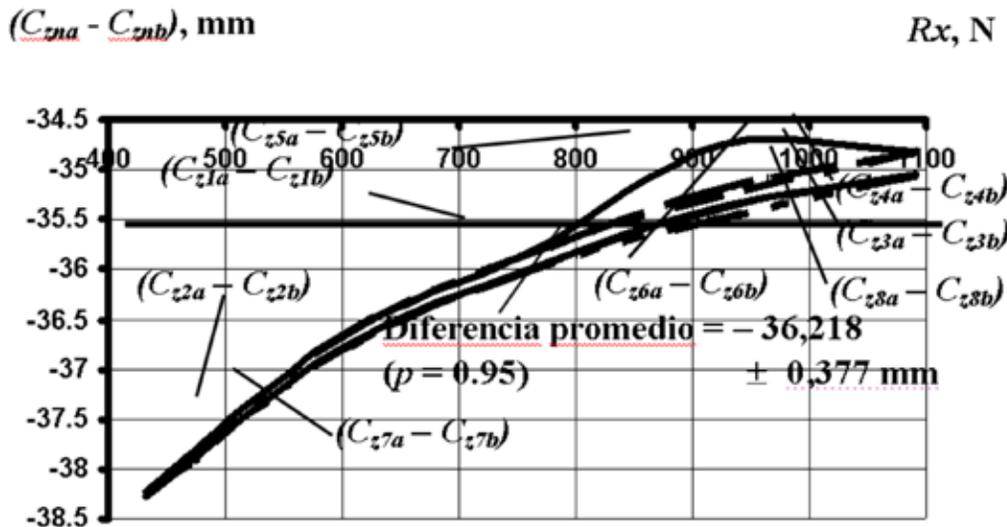


FIGURA 10. Gráfica de la variación de las diferencias entre las distancias de regulación vertical $(C_{zna} - C_{znb})$, mm del punto de tiro del arado FDN con la barra de tiro A para $\beta = 20^\circ$ (C_{zna}) y $\beta = 18^\circ$ (C_{znb}), respectivamente, en función del valor de la fuerza de resistencia al tiro (horizontal) R_x y su relación con los valores de la fuerza R_z (Figuras 3 y 4) para lograr su estabilidad estática, donde: $(C_{z1a} - C_{z1b}) - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 25^\circ$; $(C_{z2a} - C_{z2b}) - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 25^\circ$; $(C_{z3a} - C_{z3b}) - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 35^\circ$; $(C_{z4a} - C_{z4b}) - a = 0,15$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 35^\circ$; $(C_{z5a} - C_{z5b}) - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 25^\circ$; $(C_{z6a} - C_{z6b}) - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 25^\circ$; $(C_{z7a} - C_{z7b}) - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/4).a$, $\alpha = 35^\circ$; $(C_{z8a} - C_{z8b}) - a = 0,25$ m, $Z_i = (1/3).a$, $\alpha = 35^\circ$.

CONCLUSIONES

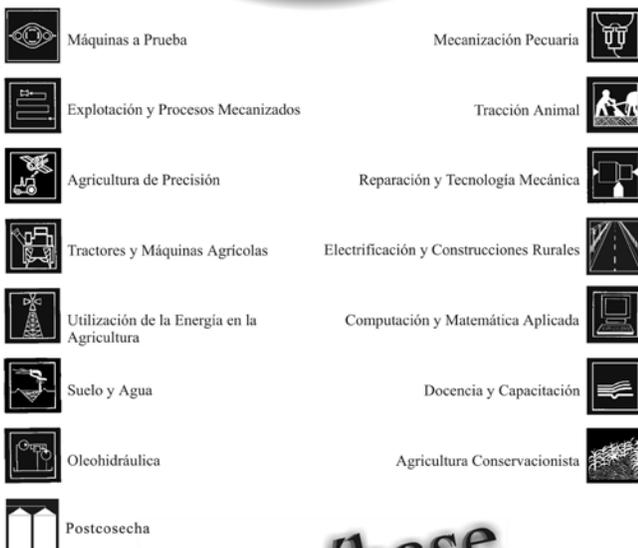
- Sobre la base de los cálculos realizados, se demuestra que siempre es posible lograr la estabilidad estática del arado de tracción animal FDN, regulando verticalmente el punto de tiro donde se acopla el arado al pértigo o timón y la posición relativa del soporte del órgano de trabajo respecto a su bastidor central para un intervalo de variación amplio del sistema de fuerzas que actúan sobre su órgano de trabajo.
- El arado sólo se estabiliza para determinados valores de R_x y R_z y del punto de acoplamiento del pértigo o timón y la posición vertical del órgano de trabajo; de lo contrario,

- gira su bastidor central un ángulo de $4,763^\circ$ a favor de las manecillas del reloj, hasta $-1,017^\circ$ en contra, para $\beta=18^\circ$ y de $2,764^\circ$ a favor, hasta $-1,5^\circ$ contrario a las manecillas del reloj, para $\beta=20^\circ$.
- Para lograr la estabilidad del arado FDN debe desplazarse verticalmente o el punto de acoplamiento del pértigo, o el brazo de órgano de trabajo, ambos respecto al bastidor central de aquel con valores de: 49,39 hasta 163,33 mm, para cuando $\beta=18^\circ$ y de 11,16 a 128,24 mm para $\beta=20^\circ$.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARREDONDO, J. J., H. ORTIZ; D. RÖSSEL; D. MORALES: "Evaluación del desempeño de tres tipos de arado de tracción animal", *Agrociencia*, 37(2): marzo-abril, 2003.
- ASTATKE, A., A.M SALEEM; M. JABBAR; T. ERKOSSA: "Development and testing of low-cost animal drawn minimum tillage implements: experience on vertisols in Ethiopia", *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 33(2): 2002.
- BISWAS, H.S.; S. RAJPUT; S. DEVNANI: *Animal-drawn weeders for weed control in India*. Starkey, P. and Simalenga, T. (eds). *Animal power for weed control. A resource book of the Animal Traction Network for Easter and Southern Africa (ATNESA)*, Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA), ISBN 92-9801-136-6, Wageningen, The Netherlands, 2000.
- BOBOBEE, E.Y.H., G. GEBRESENBET: Effect of cutting edge thickness and state of wear of ploughshare on draught force and heart rates of Sanga oxen in Ghana, *Soil Tillage Res.* doi: 10.1016/j. still. 01.006, 2000.
- DIEGO N., F. *Propuesta de nuevo diseño de arado de tiro animal para los Valles Centrales de Oaxaca*, 21pp.; Informe interno, CIIDIR, Unidad Oaxaca, IPN, México, 2005.
- EMHARDT, F; D. KUTZBACH: *The development and assessment of a donkey-drawn weeder in Niger*. Starkey, P. and Simalenga, T. (eds). *Animal power for weed control. A resource book of the Animal Traction Network for Easter and Southern Africa (ATNESA)*. Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA), ISBN 92-9801-136-6, Wageningen, The Netherlands, 2000.
- GEBRESENBET, G.; E. ZERBINI; A. ASTATKE; P. KAUMBUTHO: "Optimization of animal drawn tillage implement systems: Part, development of a reversible plough and a ridge", *Journal of Agricultural Engineering Research*. 67: 299-310, 1997.
- LOUKANOV, I. A.; J. UZIAK; J. MICHÁLEK: "Draught requirements of enamel coated animal drawn mouldboard plough", *Res. Agr. Eng.*, 51(2): 56-62, 2005.
- LYAPONOV, M. A.: *Sistemas estacionarios*, pp. 40 -143, Capitulo 3. Estabilidad según Lyapunov, Moscú, Rusia, 2005.
- SHRIVASTAVA, A.K; K. DATTA: "Performance evaluation of animal drawn puddling implements under controlled soil-bin conditions", *Journal of Terramechanics*, 38: 121-131, 2001.
- SIMS, B.G.: *Elements of design and evaluation of animal-drawn weeders*. Starkey, P. and Simalenga, T. (eds). *Animal power for weed control. A resource book of the Animal Traction Network for Easter and Southern Africa (ATNESA)*. Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA). ISBN 92-9801-136-6, Wageningen, The Netherlands. 2000.
- STARKEY, P.: *Animal-Drawn Wheeled Toolcarriers: Perfected yet Rejected*. A publ. of Dt. Zentrum für Entwicklungstechnologien-GATE In: Dt. Ges. für Techn. Zusammenarbeit (GTZ) GmbH 1 Paul Starkey-Braunschweig, Wiesbaden, Vieweg, 1988.
- STARKEY, P.: *Harnessing and Implements for Animal Traction. A Publication of the Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien - GATE*, In: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 1989.

Logos representativos de las diferentes secciones que usted encontrará en la **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**



Suscríbase



Universidad Agraria de La Habana

CENTRO DE MECANIZACIÓN AGROPECUARIA

El Centro Rector de la Ingeniería Agrícola en Cuba

➔ Investigación de la Mecanización Agrícola, utilizando Sistemas Conservacionistas y Sustentables.

➔ Cursos y Entrenamientos de Posgrado, Maestrías y Doctorados en Ingeniería Agrícola;

➔ Editor de la Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, publicación trimestral en idioma español;

➔ Servicios Científico-Técnicos:

Maquinaria Agrícola & Instrumentos de Medición:

- Balanza Electrónica para el Pesaje de Ganado;
 - Balanzas para Cerdos y Ovinos.
- #### Laboratorio de Oleohidráulica:
- Descontaminación de Aceites;
 - Fabricación de Equipos Portátiles de Filtraje de Aceites;
 - Recuperación (Emboquillado) & Fabricación de Mangueras;
 - Diagnóstico y Evaluación de Circuitos Oleohidráulicos y sus Componentes;
 - Cursos y Entrenamientos de Capacitación en Oleohidráulica.

Solicitudes de ofertas a:
Dr. Pedro A. Valdés Hernández
Centro de Mecanización Agropecuaria
Autopista Nacional y Carretera de Tapaste, km 23, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. Apdo. 18-19
Tel.: (53)(47) 864346
E_mail: pvaldes@isch.edu.cu