DESARROLLO DE UN CULTIVADOR ADAPTADO A UNA CUATRIMOTO

Carlos Gómez-García*, Andrés Herrera-Vázquez, Job Anastasio Zaragoza-Esparza y Rogelio Solís-Solís
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM

*carlosgg@unam.mx

Resumen

Se desarrolló un cultivador de tres cuerpos para ser adaptado y accionado por una cuatrimoto de 38 hp en sustitución de un tractor convencional, con el objetivo de reducir costos de operación de la actividad de desmalezado mecánico y con ello incidir en bajar el costo total de producción. Se utilizaron perfiles cuadrados de PTR de 3", se cortaron, se soldaron y se atornillaron para fijar cada uno de los cuerpos. Finalmente, fue pintado de color negro de acuerdo con un diseño previamente establecido. Se realizaron pruebas de funcionamiento para observar la efectividad durante el trabajo, además se registró una fuerza de tracción requerida de 852.5 N en promedio, trabajando a una velocidad de 3.75 km/h, que correspondió a una energía gastada de 2,094,592 J, durante un periodo de 39 minutos. La efectividad de eliminación de malezas fue del 83.2%. Se determinó que la capacidad efectiva de campo fue de 0.191 ha h^{-1} bajo una eficiencia de campo de 82.1%. Se pudo registrar una efectividad aceptable en la eliminación de malezas y un bajo consumo de energía del equipo cultivador-cuatrimoto durante las pruebas de campo.

Palabras clave: fuerza de tracción, potencia, energía, eficiencia.

Introducción

Una de las principales actividades al establecer un cultivo en campo, es el proteger al cultivo de las plagas, enfermedades y de las malezas (Rodríguez, 2020). Estas últimas se presentan al momento de la siembra del cultivo, una vez que el suelo está húmedo por efecto de las lluvias o por aplicar un riego para estimular la germinación de las semillas, el cultivo coexistirá entonces compartiendo el espacio con otras especies vegetales consideradas malezas que solo esperan el agua para poder emerger del suelo. Las malezas están mejor adaptadas a condiciones adversas y se desarrollan rápidamente y entran en competencia con el cultivo, compiten por agua, nutrientes, luz solar y espacio (Rodríguez, 2020). Esto induce que las hierbas indeseables sean eliminadas para dejar al cultivo sin competencia y se logre la producción de alimentos. Uno de los métodos usados comúnmente en la agricultura para eliminar malezas es el mecánico, que consiste en arrancar las hierbas indeseables por medio de un cultivador que consta de 3 cuerpos de arado simétricos, construido en FES Cuautitlán, que, al ser arrastrado por una fuente de potencia, que en este caso es una cuatrimoto, los cuerpos del cultivador van cortando y arrancando las hierbas indeseables. El equipo en cuestión es ligero y se buscó sea adaptado a una cuatrimoto de 38 hp de potencia en el motor, que provee la fuerza para tirar del cultivador. Aunque existen equipos similares en el mercado jalados por tractores agrícolas convencionales (Maquinaria agrícola, 2023), se optó por una cuatrimoto que es hasta 5 veces menos costoso que un tractor convencional, lo que representa una menor inversión y con ello una baja en el costo operacional (Hunt, 2001). Se seleccionó el sistema mecánico de eliminación de malezas debido a que es amigable con el medio ambiente, ya que los métodos químicos utilizan herbicidas (Infoagro, 2019), venenos que se vierten al suelo o a los depósitos de agua superficial o permean a las profundidades contaminando los mantos acuíferos. Uno de los inconvenientes que se observaron durante los ensayos en campo, es el calentamiento prematuro de la cuatrimoto, lo cual no permitió trabajar continuamente por largas jornadas, lo que conllevó que cada 20 minutos se tuvo que dejar enfriar el motor. Las interrupciones también repercutieron sensiblemente a una baja en la eficiencia de campo. Esta fue una de las principales razones por la cual se propuso que la actividad fuera ligera

y se tomó como referencia la operación de cultivo que bien puede complementarse en el futuro con otras operaciones también ligeras con bajos requerimientos de carga.

Objetivos

1. Desarrollar un equipo cultivador para eliminar malezas en campos agrícolas que se adapte a una cuatrimoto en sustitución a un tractor agrícola convencional.

2. Reducir sustancialmente la inversión en la compra de maquinaria agrícola y en consecuencia los costos de operación.

Materiales y Métodos

Los materiales utilizados para desarrollar el implemento cultivador son: Perfiles PTR de 3” cuadrado, cortadora de disco para metal, tornillería, soldadura y soldadora, pintura, compresora para pintar con pistola, arados simétricos de doble vertedera ligeros, taladro de banco. Un campo agrícola de 1 ha, una cuatrimoto de 38 hp, sistema de enganche esfera-capuchón, un dinamómetro digital de 2000 libras fuerza.

Desarrollo del cultivador

El procedimiento de construcción del cultivador consistió en cortar los perfiles metálicos para tener un bastidor donde se montan los cuerpos cultivadores. Cada cuerpo se cortó para obtener una altura de 50 cm, uniendo dos piezas, una vertical y otra en posición diagonal para desviar la orientación de cada arado hacia el centro de resistencia durante el trabajo. Esto se logró orientando las dos piezas cortadas y soldadas con una inclinación de 85° respecto a la vertical, donde finalmente se montaron los cuerpos de arados. El armado (Quezada, 2011) se concluyó cuando se montaron todas las partes, los cuerpos cultivadores sobre el bastidor horizontal por un sistema de anillo abrazadera, mientras que el sistema de enganche sobre el brazo de tiro. Para fijar cada cuerpo se utilizaron

tornillos y tuercas hexagonales. Al final las dimensiones del cultivador son tal y como se muestran en la sección de resultados (Figura 1).

Cálculo de la capacidad efectiva de campo

El cálculo se realizó utilizando la siguiente ecuación (Hunt, 2001).

$$CE = \frac{a*V*E}{10} \quad (1)$$

Donde: CE es la capacidad efectiva de campo, ha/h

a es el ancho de corte efectivo del cultivador trabajando en campo, m

V es la velocidad de avance durante la operación de cultivo; km/h

E es la eficiencia de campo de la operación de cultivo, en decimales

$$E = \left(\frac{tu}{tu+ti}\right) * 100 \quad (2)$$

tu es el tiempo útil o productivo durante la operación de cultivo, h

ti es el tiempo improductivo o tiempo muerto durante la operación; h

también la $E = \frac{S}{tu+ti}$ (3)

S es la superficie trabajada, en ha

Determinación de la efectividad de desmalezado del equipo

Para esto se tomó como referencia 1 m lineal contando las malezas presentes en ese espacio, posteriormente se hizo pasar el equipo y se contaron las malezas no eliminadas. De esta manera se determinó la efectividad de desmalezado dado en porcentaje, aplicando la siguiente ecuación:

$$Ef = \left(\frac{me}{nt}\right) * 100 \quad (4)$$

Donde: Ef es la efectividad de desmalezado en %

me es el número de malezas eliminadas en un metro lineal con un ancho de 0.35 m de corte.

nt es el número total de malezas existentes en un metro lineal con un ancho de corte de 0.35 m.

El área que se muestrea en campo es de 0.35 m^2 por cada cuerpo del cultivador

Fuerza de tracción desarrollada

La medición de la fuerza de tracción durante el trabajo en unidades de N (Newton). Se realizó directamente enganchando un dinamómetro al punto de enganche de la cuatrimoto y del dinamómetro al cultivador.

Potencia desarrollada

La potencia se calcula una vez que se tiene registrada la fuerza de tracción y la velocidad de avance, por medio de la siguiente ecuación:

$$P = F * V \qquad 5)$$

Donde P es la potencia desarrollada, en W

F es la fuerza de tracción desarrollada, en N

V es la velocidad de avance durante el trabajo de cultivo, en m/s

Energía gastada

Analizando las unidades de la potencia de la ecuación 5, se puede afirmar que es la energía que se produce o se gasta en un segundo y está dada por la ecuación siguiente:

$$P = \frac{\mathrm{F} * \mathrm{d}}{\mathrm{S}}$$

Donde d es la distancia, en m

s es el tiempo de un segundo

Las unidades quedan como sigue:

$$P = \frac{\mathrm{N} * \mathrm{m}}{\mathrm{S}}$$

Donde N*m = J es Joule que es la unidad de energía en el SI.

Entonces la energía E total gastada es:

$$E = \left(\frac{\mathrm{F}*\mathrm{d}}{\mathrm{S}}\right) n \qquad (6)$$

Donde n es el número de segundos totales trabajados

Resultados

Producto obtenido

El equipo cultivador de 3 cuerpos es el producto obtenido, construido y adaptado a una cuatrimoto con el propósito de abaratar costos de operación en esa actividad. La Figura 1 muestra las dimensiones y forma de este implemento.

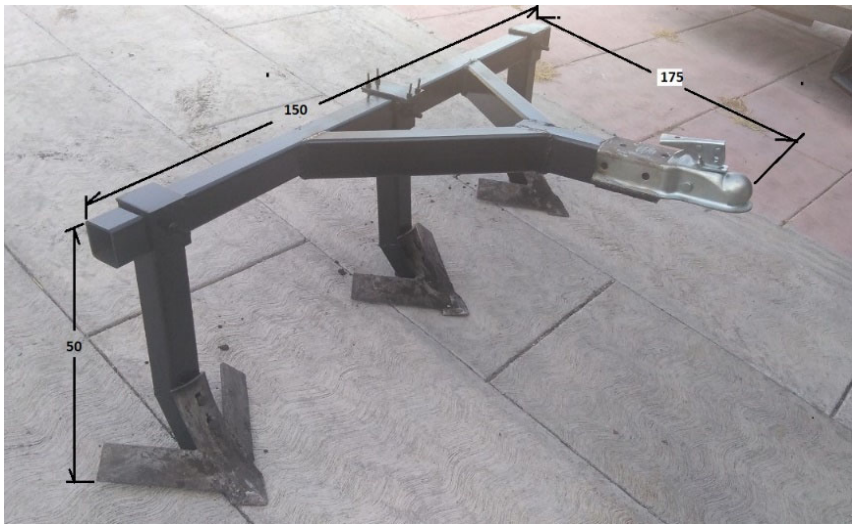

Figura 1. Vista general y dimensiones del cultivador, con sistema de enganche esfera-capuchón. Peso total de 47.5 kg (Fuente: autoría propia).

Eficiencia de campo

Se registró una eficiencia de campo del 82.15% calculado por la ecuación 2, valor que corresponde al tiempo tu como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Tiempos registrados durante el trabajo de campo (Fuente: elaboración propia)

Tipo de tiempo		Duración en h	Expresado en porcentaje (%)
tu		0.534	82.15
	tv	0.0967	14.88
ti	t2	0.0194	2.98
total		0.6500	100

Nota: tv tiempo perdido en virajes, t2 tiempo perdido en ajustes durante el trabajo.

Capacidad de campo efectiva

Este valor encontrado se muestra en la Tabla 2, calculado por la ecuación 1.

Tabla 2. Capacidad de campo efectiva (Elaboración propia).

Ancho efectivo de corte (m)	Velocidad de avance (km h^{-1})	Eficiencia de campo (decimal)	Capacidad de campo efectiva (ha h^{-1})
0.62	3.75	0.8215	0.191

Efectividad de desmalezado

Consiste en determinar el número de malezas eliminadas de un total de malezas presentes en un área de 0.35 m^2 correspondiente a cada cuerpo de cultivador. Los resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Efectividad de desmalezado del cultivador (Elaboración propia).

Número de cuerpo	Total,de malezas presentes promedio (mt)	Promedio de malezas no eliminadas
1	165	16
2	78	14
3	48	19
promedio	97	16.33

Ef = 80.7/ 97 * 100 = 83.17 %

Potencia desarrollada y energía gastada

Los valores de potencia necesaria y energía gastada sólo para trabajar en campo haciendo una labor de desmalezado, se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Potencia desarrollada y energía gastada en la operación de desmalezado, por un tiempo corto de 39 min (Elaboración propia).

Fuerza, N	Velocidad, (ms^{-1})	Potencia, W	Tiempo total (s)	Energía total gastada (J)	Energía (Cal)
852.5	1.05	895.1	2,340	2,094,592	500,285

Nota: 1 caloría (cal) = 4.1868 J

Discusión

El equipo cultivador puede realizar la labor de desmalezado en campo, de preferencia cuando la maleza se encuentra en los primeros estadios de desarrollo y ha alcanzado una altura de entre los 10 cm y 15 cm. En esta etapa aun no presenta una alta competencia con el cultivo y el cultivador puede arrancarlas con menos esfuerzo físico,

razón por la cual se le considera una actividad ligera. Malezas de mayor altura requieren de mayor potencia y energía para ser eliminadas y el equipo cultivador-cuatrimoto disminuyen su velocidad de avance, entonces el tiempo para terminar la tarea aumenta. La diferencia entre la fuerza de tiro de 852.5 N, equivalente a 87 kgf, menos 47.5 kg que representa el peso del implemento, tiene como resultado 39.5 kgf corresponde a la resistencia específica al corte del suelo y a la resistencia al corte de las malezas. Realizar la operación de cultivo o desmalezado por este sistema cuatrimoto-cultivador-desmalezador, representa una disminución en la inversión de hasta 1/5 parte, comparado con la inversión en la compra de un tractor convencional.

Conclusiones

1. Los objetivos planteados se cumplieron.
2. La agricultura que se desarrolla en pequeñas superficies agrícolas debe considerar mantener un equilibrio con el tamaño de las máquinas para evitar elevar los costos de operación.
3. Es fundamental realizar un análisis de la relación superficie-tamaño de máquinas-cultivo-costos en la agricultura para evitar costos elevados.
4. La demanda de potencia en la agricultura generalmente es alta, en las superficies pequeñas generalmente se excede al utilizar máquinas grandes de gran potencia.
5. La eliminación de malezas en los cultivos por el método mecánico es un método amigable con el medio ambiente, si lo utilizas, “tus hijos te lo agradecerán”.

Agradecimientos

A la Dirección General de Apoyo al Personal Académico de la UNAM, por su apoyo económico a través del proyecto PAPIME PE 208022 y a la FES Cuautitlán por las facilidades prestadas para llevar a cabo este proyecto.

Referencias

Rodríguez, B. (2020, 13 de septiembre). Malezas, concepto, origen, evolución y efectos. Microsoft Bing https://www.bing.com/search?q=malezas%2C+conceptos%2C+origen%2C+evolucion+y+efectos&form=ANSPH1&refig=7c1be2951ddb4c009fff8e7c915b216a&pc=U531

Hunt, D. (2001). Farm power and machinery management, tenth edition, Wiley.

Infoagro. (2020, 21 de diciembre).10 maneras de eliminar malezas sin agroquímicos. Malezas. https://infoagronomo.net/10-maneras-de-eliminar-malezas-sin-agroquimicos/

John Deere. (2023, 13 de julio). Todo Sobre Maquinaria Agrícola, . Cultivadores. https://www.bing.com/search?q=Maquinaria+agr%C3%ADcola%2C+cultivadores&qs=n&form=QBRE&sp=1&ghc=1&lq=0&pq=maquinaria+agrícola%2C+cultivadores&sc=533&sk=&cvid=CC4BA1135D064574A19E91D9A984232F&ghsh=0&ghacc=0&ghpl=

Quezada, A. J. G. (2011). Manual de dibujo mecánico. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería Mecánica, México.

D. R. © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Excepto donde se indique lo contrario esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución No comercial, No derivada, 4.0 Internacional (CC BY NC ND 4.0 INTERNACIONAL).

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es

ENTIDAD EDITORA

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

FORMA SUGERIDA DE CITAR:

Gómez-García, C., Herrera-Vázquez, A., Zaragoza-Esparza, J. A., y Solís-Solís, R. (2023). Desarrollo de un cultivador adaptado a una cuatrimoto. *MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)*, Año 6, No. 6, septiembre 2023 - agosto 2024. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2023/Mem2023_Paper16-E.html