

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRÁRIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA



**DETERMINACIÓN DEL GASTO DE ENERGÍA EN DIFERENTES TIPOS DE
LABRANZAY MEJORADORES DE SUELO**

Por:

VICTOR HUGO CRUZ PEREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DETERMINACIÓN DEL GASTO DE ENERGÍA EN DIFERENTES TIPOS DE
LABRANZA Y MEJORADORES DE SUELO

POR:

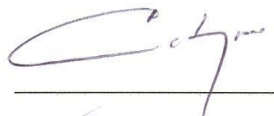
VICTOR HUGO CRUZ PEREZ

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado examinador como
requisito para obtener el título de:

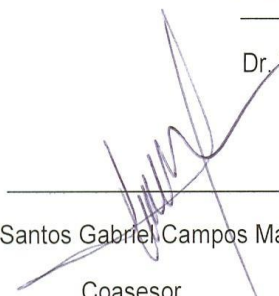
INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por:



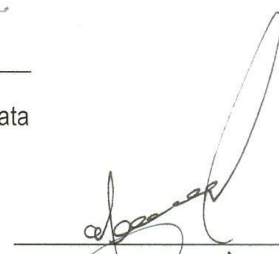
Dr. Martin Cadena Zapata

Asesor principal



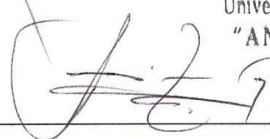
Dr. Santos Gabriel Campos Magaña

Coasesor



M.C. Genaro Demuner Molina

Coasesor



M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez

Coordinador de la División de Ingeniería



INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	VII
DEDICATORIAS	VIII
RESUMEN	X
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Antecedentes y descripción del problema.....	3
II.OBJETIVOS	1
Cuantificar el gasto de energía en las labores primarias, con el uso de mejoradores orgánicos.....	1
III. HIPÓTESIS	1
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1 La creciente demanda de energía en el sector agrícola	6
4.2 Uso de energía de implementos en la labranza	7
4.3 Determinación de fuerza y energía	10
V. MATERIALES Y MÉTODOS	13
5.1 Descripción del área de estudio.....	13
5.2Especificación del proyecto.....	13
5.3 Desempeño de la toma de muestras	14
5.3.1 Ancho de trabajo	14
5.3.2 Medición de distancia y tiempo recorrido	14
5.3.3 Determinación de profundidad de trabajo de los implementos.....	15
5.3.4 Medición de la fuerza de tiro.....	15
5.4 Metodología utilizada para el procesamiento de los datos.....	16
5.4.1 Transductor	16
5.4.2 Amplificador y acondicionador de señal	17
5.4.3 Convertidor analógico.....	17
5.4.4 Computadora personal	17
5.4.5 Software.....	17
5.5 Procesamiento y análisis de la información	18

5.6 Análisis de datos	19
5.6.1 Determinación de fuerzas	19
5.6.2 Determinación de potencia	20
5.6.3 Determinación de energía.....	20
5.6.4 Análisis estadístico.....	21
VI. RESULTADOS	22
6.1 Resultados de fuerza encontrados en los diferentes sistemas de labranza	22
6.1.1 Datos de labranza convencional L1 (arado) empleados para el tratamiento M0 (testigo)	22
6.1.2 Datos de labranza convencional L1 (arado) empleados para el tratamiento M1 (micorrizas).....	23
6.1.3 Datos de labranza convencional L1 (arado) empleados para el tratamiento M2 (composta).....	24
6.1.4 Datos de labranza convencional L1 (arado) empleados para el tratamiento M3 (algaenzimas).....	25
6.1.5 Datos de labranza convencional L1 (rastra) empleados para el tratamiento M0 (testigo)	26
6.1.6 Datos de labranza convencional L1 (rastra) empleados para el tratamiento M1 (micorriza).....	27
6.1.7 Datos de labranza convencional L1 (rastra) empleados para el tratamiento M2 (composta).....	28
6.1.9 Datos de labranza vertical L2 (arado de cinceles) empleados para el tratamiento M0 (testigo).....	30
6.1.10 Datos de labranza vertical L2 (arado de cinceles) empleados para el tratamiento M1 (micorriza)	32
6.1.11 Datos de labranza vertical L2 (arado de cinceles) empleados para el tratamiento M2 (composta)	33
6.1.12 Datos de labranza vertical L2 (arado de cinceles) empleados para el tratamiento M3 (algaenzimas).....	34
6.2 Resultados de potencia requerida para cada labor en los diferentes tipos de labranza, en su respectiva parcela con cada mejorador.....	35
6.2.1 Resultados de potencia requerida para labranza convencional, usando arado de discos para la preparación de la parcela	35
6.2.2 Resultados de potencia requerida para labranza vertical, usando arado de cinceles para la preparación de la parcela.....	36

6.2.3 Resultados de potencia requerida para labranza convencional, usando rastra de discos para la preparación de la parcela.....	36
6.3 Resultados de energía encontrados para los diferentes sistemas de labranza.....	37
6.3.1 Resultados de energía en labranza convencional L1 usando arado de discos en conjunto con cuatro mejoradores de suelo	37
6.3.2 Resultados de de energía en labranza vertical L2 usando arado de cinceles en conjunto con cuatro mejoradores de suelo	38
6.3.3 Resultados de de energía en labranza convencional L1 usando rastra de discos en conjunto con cuatro mejoradores de suelo.....	38
6.4 Resultados estadísticos para los sistemas de labranza utilizados y mejoradores.....	39
En el Cuadro 21 se muestra la energía total en la labranza primaria combinando arado de discos + rastra y arado de cinceles + ratra.....	39
6.4.1 Análisis de varianza con respecto a sistema de labranza	39
6.4.2 prueba de Tukey (DMS)	40
VII. CONCLUSIONES.....	22
VIII. RECOMENDACIONES.....	22
IX. BIBLIOGRAFIA.....	43

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resultados para seis tratamientos usando distintos arreglos de cinceles.....	15
Cuadro 2. Requerimientos de energía para combinación de diferentes labores.....	17
Cuadro 3. Fuerza requerida para labranza convencional arreglo M0.....	28
Cuadro 4. Fuerza requerida para labranza convencional arreglo M1.	29
Cuadro 5. Fuerza requerida para labranza convencional arreglo M2.....	30
Cuadro 6. Fuerza requerida para labranza convencional arreglo M3.	32
Cuadro 7. Fuerza requerida para labranza convencional rastra arreglo M0.	33
Cuadro 8. Fuerza requerida para labranza convencional rastra arreglo M1.	34
Cuadro 9. Fuerza requerida para labranza convencional rastra arreglo M2	35
Cuadro 10. Fuerza requerida para labranza convencional rastra arreglo M3	36
Cuadro 11. Fuerza requerida para labranza vertical arado de cinceles arreglo M0	37
Cuadro 12. Fuerza requerida para labranza vertical arado de cinceles arreglo M1	38
Cuadro 13. Fuerza requerida para labranza vertical arado de cinceles arreglo M2	40
Cuadro 14. Fuerza requerida para labranza vertical arado de cinceles arreglo M3.....	41
Cuadro 15. potencia en kw encontrados para el uso del arado de discos.....	42
Cuadro 17. potencia en KW encontrados para el uso de la rastra de discos.....	44
Cuadro 18. Energía MJ requerida para la labor de labranza convencional arado de discos.....	45

Cuadro 19. Energía MJ requerida para la labor de labranza vertical arado de cinceles.....	46
Cuadro 20. Energía MJ requerida para la labor de labranza convencional rastra de discos.....	47
Cuadro 21. Energía neta requerida para cada sistema de labranza.....	47
Cuadro 22. ANVA para energía entre sistemas de labranza y mejoradores.....	47
Cuadro 23. Medias de energía requeridas por mejoradores.....	48
Cuadro 24. Medias de energía requeridas por cada sistema de labranza	49

INDICE DE FIGURAS

figura 2. Imagen representativa de la toma de muestra de profundidad.,	22
figura 3. Posición de los tractores para la toma de datos.,.....	22
figura 4. Corridas para el arado con el tratamiento M0,.....	30
figura 5. Corridas para el arado con el tratamiento M1,	31
figura 6. Corridas para el arado con el tratamiento M2,	32
figura 7. Corridas para el arado con el tratamiento M3,	34
figura 8. Corridas para la rastra con el tratamiento L1RM0,	35
figura 9. Corridas para la rastra con el tratamiento L1RM1,.....	36
figura 10. Corridas para la rastra con el tratamiento L1RM2,	37
figura 11. Corridas para la rastra con el tratamiento L1RM3,.....	38
figura 12. Corridas para el arado de cinceles con el tratamiento L2M0,	40
figura 13. Corridas para el arado de cinceles con el tratamiento L2M1,	41
figura 14. Corridas para el arado de cinceles con el tratamiento L2M2,	42
figura 15. Corridas para el arado de cinceles con el tratamiento L2M3,.....	43

AGRADECIMIENTOS

A mi **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por formarme como la persona que soy, brindándome todo el apoyo necesario para lograr ser todo un profesionalista, llenándome de conocimientos que en el transcurso de la carrera me fueron inculcados por sus maestros. Gracias mi Alma Mater.

Al **Dr. Martín Cadena Zapata** por brindarme el apoyo necesario para la elaboración de este gran proyecto que fue todo un reto pero que al cabo de cuentas resultó como una gran experiencia a mi persona. Gracias por la amistad y por las buenas cosas que me enseñó como maestro.

Al **Dr. Santos Gabriel Capos Magaña** por ser una base fuerte en el apoyo de formación durante la carrera y por su apoyo en la realización de ese proyecto.

Al **ing. Juan Antonio Guerrero Hernández** por la amistad brindada y por haberme brindado los conocimientos básicos que me acompañaran a lo largo de la vida.

Al **ing. Juan Antonio López López** por el apoyo brindado en la realización de este proyecto y por la amistad brindada.

Al **M.C. Genaro Demuner Molina** por todo el apoyo brindado en el desarrollo de este proyecto y por la buena amistad brindada.

A todos los maestros del departamento de maquinaria agrícola por el apoyo brindado M.C. Héctor Uriel Serna Fernández, M.C. Tomas Gaytán Muñiz, D.R. Jesús R. Valenzuela García, M.C. Juan Arredondo Valdez, Ing. Rosendo Gonzales Garza, a todos muchas gracias.

A mis compañeros y amigos que por su amistad brindada durante este tiempo en mi escuela hicieron que todo fuera más fácil, divertido y cómodo, me refiero a Moisés Pinto García, Adoniram Escalante Pérez, Hugo Enrique Ruíz López, Liliel William

Velázquez Valdez, Alfredo Santiz López y Gerardo Gonzáles de Jesús, gracias por su compañía y amistad.

DEDICATORIAS

Esta tesis es dedicada a las personas que formaron parte de este gran proyecto de vida que inicié hace 5 años atrás y que hoy con gusto les digo si se pudo, me refiero a;

Mis padres;

Sr. Israel Cruz García

Sra. Reina Pérez Cansino

Muchas gracias por todo el apoyo brindado durante estos cinco años, ustedes son lo más maravilloso que la vida me dio, esto es para ustedes, que sin ustedes todo es difícil y esto no se hubiese podido.

Mis hermanos;

Fabián Cruz Pérez

Miguel Ángel Cruz Pérez

Reina Elizabeth Cruz Pérez

Siempre estaré agradecido con ustedes por todo el apoyo brindado durante toda la vida, espero siempre sigamos siendo los mejores hermanos.

Mi esposa y mi hijo;

Araceli Aguilar Calvo

Jesús Alejandro Cruz Aguilar

En ustedes en especial por ser ese lucero que siempre guía mi ser y por ser la razón más poderosa de este mundo de superación, muchas gracias por haberme apoyado en el transcurso de esta etapa de mi vida.

Mis abuelos;

José Pérez Gordillo

Oralia Pérez Cansino

Gregorio Cruz Alfaro

Juana García

Por apoyarme y confiar en mí todo este tiempo porque sin el apoyo de mi familia jamás sería nadie.

Sr.;

Héctor Saucedo Méndez

Porque desde que llegó a mi vida se convirtió en un amigo muy especial que siempre ha estado ahí cuando lo he necesitado, gracias por sus buenos consejos y todo el apoyo brindado.

Mi suegra;

Flor Calvo Vázquez.

Por apoyarme siempre en todos los sentidos, le agradezco la confianza brindada, porque sin su apoyo las cosas son más difíciles.

RESUMEN

Se presentan los resultados de uso de energía en dos sistemas de labranza (Convencional (**LC**), Vertical (**LV**) al que se agregaron tres mejoradores de suelo (Micorrizas, Alga enzimas y Composta Miyaorganic). El objetivo del presente estudio es cuantificar el gasto de energía requerido para la labranza primaria de cada sistema, complementado con los tratamientos de mejoradores de suelo para posteriormente determinar la interacción mejorador- labranza. El arreglo experimental utilizado para el análisis fue de parcelas divididas.

Para la fuerza demandada por los implementos utilizados en la labranza, se utilizó un dinamómetro de tiro con capacidad de 45 kN. El equipo utilizado para la adquisición de datos fue un Daq book 2000 de la compañía IOtech, los datos obtenidos en campo fueron procesados a través del software Matlab 2012.

En base a los resultados del análisis estadístico realizado mediante el software R 3.0.2, se encontró que no existe diferencia mínima significativa entre L1 y L2, obteniendo para L1 una media de 112 MJ ha⁻¹, y L2 96.08 MJha⁻¹. Las medias obtenidas para los mejoradores fueron M3: 113.5 MJ, M2: 104.2 MJ, M1: 101.2 MJ y M0: 97.09 MJ de los cuales no mostraron diferencia significativa alguna. Demostrando que en ambos sistemas de labranza se requiere la misma cantidad de energía al realizar las labores de preparación.

Palabras clave: *Sistemas de labranza, energía en la labor, mejoradores de suelo, dinamómetro de tiro.*

I. INTRODUCCION

La labranza del suelo tiene como objetivo la mejora de sus condiciones físicas, químicas y biológicas. Con estas labores asegurar un buen surgimiento y desarrollo de la planta. Los distintos tipos de labranza tratan de interferir con características agronómicas y la productividad de las plantas y el uso de energía, que puede causar variación en los costos de producción (Tavares 2012).

La profunda modificación que la agricultura genera sobre los ciclos de mantenimiento de los ecosistemas como lo son el agua, nitrógeno y carbono, son alteraciones biogeoquímicas que se han ido causando al tener una cultura tan pobre de la agricultura (Lassaleta, 2005).

El interés en el aumento de la productividad y la reducción de los costos de producción y tales como la preocupación por la calidad y la preservación del medio ambiente en sí, denotan la necesidad de desarrollar nuevas maneras para el desarrollo de la agricultura (Camara, 2006) estas innovaciones se relacionan con el menor consumo de combustible, el rendimiento operativo del tractor y la mejora de calidad de las operaciones.

Una de las principales causas de la degradación del suelo, es la aplicación de técnicas de preparación de tierras y de labranza inadecuadas. Este problema está conduciendo a un rápido deterioro físico, químico y biológico de una gran parte de los suelos, con consecuentes fuertes descensos en la productividad agrícola y deterioro del medio

ambiente (FAO, 2000). Por lo que es urgente adoptar nuevas técnicas cultura en la agricultura dejando de lado la agricultura convencional.

El gasto de energía es uno de los temas más importantes en el sector del campo como en otros sectores porque de él depende todas las actividades que se realizan, el crecimiento de la demanda energética durante las últimas épocas se ha ido incrementando de una manera muy notoria a tal grado que si no se le busca una solución podría ocasionar un gran impacto social a mediano plazo.(IDAE, 2005).

En los mercados los equipos existentes para la agricultura tradicional son muy inmensos pero estos no se encuentran diseñados para las fuentes energéticas de baja potencia existentes en la actualidad (Hernández, 2005).

Una forma de evitar innumerables problemas es implementar en la agricultura el sistema de siembra directa o cero labranza, que ha demostrado ser una herramienta poderosa en la conservación y mejoramiento de los recursos naturales renovables. Sin embargo, para su correcta implementación requiere cambios agronómicos sustanciales que poco a poco se deben de ir implementando (Acevedo B., 2004).

Una de las principales limitantes en cero labranza es el manejo de residuos de cosecha para la aplicación de enmiendas y fertilizantes, pues cuando no se realiza simultáneamente con la siembra, es necesario distribuir estos productos en la superficie, para mantener el suelo con cobertura (Camacho y Magalhães 2000).

El deterioro del suelo se refleja en el incremento de su densidad aparente y de su resistencia a la penetración, como también en la disminución de la capacidad de infiltración del agua y del intercambio gaseoso. Por lo que es necesario probar alternativas de tratamiento del suelo como la labranza vertical para intentar mantener una adecuada condición edáfica (FAO, 2000).

El subsuelo es una operación de labranza que sirve para interrumpir y/o ruptura capas compactadas formadas en las capas inferiores del suelo, causadas por el intenso cultivo de culturas utilizando máquinas cada vez más pesadas y más grandes, con el fin de reducir el tiempo empleado en las operaciones agrícolas (Salvador 2008), el subsuelo no debe ser caracterizado como labranza periódica del suelo, ya que se debe utilizar cuando se comprueba capas de compactados en el perfil del suelo.

1.1 Antecedentes y descripción del problema

Con los recientes aumentos en los precios del combustible, la labranza se ha convertido en un gasto aún mayor para los productores y debe ser considerado durante las decisiones de gestión. Ajustes correspondientes a equipos, técnicas de operación, y aplicar la selección pueden aumentar la eficiencia de trabajo que lleva a una disminución en el consumo de combustible (Kichler *et al.*, 2007).

En el 2007 Kichler *et al.*, realizaron un estudio con el subsolador, basado en un sistema de adquisición de datos para determinar, el consumo de combustible, el par del eje, y los datos de proyecto de carga en dos experimentos de labranza específicas del sitio. Los resultados indicaron una reducción del 54% en los proyectos de las fuerzas y de una reducción del 17% en el consumo de combustible producido con una profundidad (9 pulgadas) en comparación con una gran profundidad (14 cm). Los tres

implementos producidos aumentaron el consumo de combustible, cargas de tiro, y el par del eje con una separación de tiempo más largo.

En el 2011 Meinicke et al, realizaron un estudio en botucatu Brasil donde el objetivo fue analizar el rendimiento operativo y la energía de los cuatro sistemas de labranza del suelo, con el arado, arado de disco, subsolado y cincel. Se determinaron los parámetros de la fuerza de tracción , media barra de tiro de potencia , capacidad de campo teórico junto al consumo de combustible en el cual se concluyó que el consumo de combustible por hora no fue influenciado por los sistemas de labranza y fue inversamente proporcional al aumento en la velocidad de trabajo y la variación en la velocidad de funcionamiento siembra proporcionado ningún aumento en los valores de fuerza de tracción promedio en toda la barratractor- sembradora.

II.OBJETIVOS

Cuantificar el gasto de energía en las labores de los sistemas de labranza convencional y vertical.

Cuantificar el gasto de energía en las labores primarias, con el uso de mejoradores orgánicos.

III. HIPÓTESIS

Es posible determinar el gasto de energía que se consume en las diferentes labores para la preparación del suelo y compararlos entre sí para determinar cuál es el mejor sistema a utilizar.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 La creciente demanda de energía en el sector agrícola

La preocupación de la energía de hoy en día es muy grande porque es un tema de mucha relevancia, en los países más desarrollados utilizan el 80% de su energía para uso en el campo y esta se ve totalmente dirigido al uso de combustibles fósiles y gases naturales los cuales de cierta manera se agotan y por lo cual hoy en la actualidad se necesita buscar nuevas alternativas para la conservación de la energía o economizarla (IDAE, 2005).

Teimouri(2010) menciona que es necesario que los sistemas agrícolas convencionales que dependen del uso de energía intensiva tienen que ser revitalizados por nuevos enfoques integrados de energías renovables que puedan permitir a los agricultores dejar de depender de los combustibles fósiles.

Es necesario buscar nuevas alternativas de sustitución de energía de combustibles fósiles o bien en su caso tratar de eficientar los métodos y técnicas utilizados, se requiere hacer un plan de contingencia sobre el uso de combustibles de otra manera la demanda será insostenible, Mohssen *et al.*, 2011; explican que en los últimos años se ha incrementado de un 1.3% hasta un 4.9% en los países industriales desarrollados. Las energías renovables jugarán un papel importante en el aumento de la eficiencia energética de la agricultura y la reducción de su dependencia de los recursos fósiles (Woods, 2014).

La labranza del suelo es una de la mayoría de los procesos que consumen energía en agronomía, que representa una parte considerable (20-25%) del combustible diesel que se consume en la agricultura. El contenido de energía del proceso depende principalmente de las características de las máquinas utilizadas (Vilde, 2005).

Desde una perspectiva de ahorro energético se han desarrollado muchos estudios en los cuales se ha detectado la rentabilidad y los grandes beneficios obtenidos en la siembra directa o cero labranza a comparación de la siembra convencional que en la mayoría de los campos españoles se han obtenido ahorros del 35 al 50% dependiendo del tipo de cultivo si es en regadío o en temporal (IDAE, 2012). Además de que en su proceso se evita la quema de residuos de cosecha anterior para su reincorporación al suelo, apoyando de esta manera a disminuir la contaminación del aire y la pérdida de nutrientes.

Kumaret *al.*, 2012; en un estudio realizado pudieron encontrar que la labranza cero mejoró la capacidad de campo operacional en un 81%, el uso de energía específica en un 17% y eficiencia energética 13% de su uso, en comparación con la labranza convencional, esto para el cultivo de trigo en un suelo franco.

4.2 Uso de energía de implementos en la labranza

En el 2007 Kichler menciona que en función de los recientes incrementos del combustible se necesita eficientar los métodos de preparación de suelo, señalando que se debe de realizar una labor de subsolación específica rompiendo las capas compactas cubriendo requerimientos únicamente donde se necesita, de este modo se puede ahorrar fuerza, que se ve reflejado en un menor consumo de energía.

Con el aumento de la velocidad de labranza hay un aumento exponencial de la fuerza de tiro y por lo tanto de la energía necesaria. Esto se refleja en el consumo de combustible del tractor y así en los costos operativos. Por esta razón el aumento de velocidad no es la manera adecuada para aumentar el rendimiento de una operación de labranza: con la doble velocidad (8 km h^{-1} en vez de 4 kmh^{-1}) se duplica el rendimiento pero se necesitan cuatro veces más energía y combustible (FAO, 2000).

La labranza del suelo es una de las actividades que más energía consume en el proceso del cultivo de plantas. La intensidad de la labranza del suelo depende del número de operaciones de labranza, tipo de dispositivo (activo impulsado por toma de fuerza o pasivo por el poder de tracción), implementar la geometría y la profundidad de la operación (Loibl, 2006; Godwin, 2007), el consumo de combustible de labranza del suelo se correlaciona con la diversidad de suelos existentes.

Con el aumento de la profundidad de trabajo, se eleva la fuerza de tracción y también el deslizamiento. El resultado es un aumento de la tasa de consumo de energía y específicos de cada área el consumo de energía (Piringer 2014).

La demanda de esfuerzo de tracción para un determinado implemento depende básicamente del ancho de la labor, profundidad, velocidad de trabajo de las condiciones del suelo y la geometría del implemento (Uphadyaya *et al.*, 1984).

Cadena *et al.*, 2012; menciona que se puede lograr un ahorro en el consumo de energía en las operaciones de labranza, manejando adecuadas interacciones entre

geometría de implementos, configuraciones o arreglos de posiciones esto con el fin de tener un menor uso de combustibles fósiles en los sistemas de producción.

Hughes (1981), menciona que para un ahorro de energía en la labor se debe realizar una configuración del equipo de manera que la potencia requerida por la herramienta sea cercana a la potencia nominal del tractor. Si el tractor se opera a un nivel de potencia por debajo de su potencia nominal, la eficiencia se reduce y el consumo de combustible será más alto.

Cadena *et al.*, 2004; encontraron en un estudio realizado que se puede sustituir al arado de discos por el multiarado esto en base a que este último realiza la misma labor pero eficientando términos en calidad y consumo de energía para un suelo de zonas semiáridas, esto se puede observar al reducir su densidad aparente, con la ventaja de una mayor capacidad teórica y ancho de trabajo, así como un menor consumo de combustible por área, menor índice de disturbación energética y menor esfuerzo unitario.

Se puede disminuir la demanda de fuerza al utilizar cinceles frontales, esto a cualquier profundidad en la labranza vertical, Pacheco (2012) pudo darse cuenta de esto al realizar el estudio con dos cinceles frontales y un cincel trasero a la misma profundidad.

En el 2002 Martínez *et al.*, Realizaron un estudio donde se realizaron unas pruebas en los ciclos de p-v y o-i durante tres años con los implementos de labranza tradicional para un suelo que había sido descansado por más de 3 años, donde pudieron concluir

que la intensidad de la labranza es la que origina los incrementos en los consumos de energía más que la profundidad de esta misma, esto porque está referido a él volumen del suelo alterado por el implemento, los desniveles naturales que origina el mismo y la eficiencia con que sea realizado el trabajo.

4.3 Determinación de fuerza y energía

Askari (2013) menciona que los parámetros que deben de tenerse en cuenta antes de la toma de datos deben ser la densidad aparente, índice de cono, estructura del suelo y el contenido de humedad del suelo. La energía consumida en las labores depende también de otros factores tales como el tipo de suelo, la forma de la herramienta de trabajo, la velocidad de avance del mismo y la profundidad de la labor.

Cadena et al 2012 realizaron un estudio donde las variables a determinar fueron fuerza de tiro requerida (kN), sección transversal disturbada (m^2), consumo de combustible ($L ha^{-1}$), calidad de labor en términos de tamaño medio de agregados (mm) y resistencia específica del suelo ($kN m^2$). Realizaron el estudio con dos tractores uno de la marca John Deere y el otro de la marca New Holland en el cual midieron la fuerza de tiro a través de un dinamómetro con capacidad de 45 kN, con la ayuda de el implemento arado de cincales con diferentes arreglos, en el cuadro podemos observar los resultados encontrados para seis tratamientos usando diferentes arreglos de cincales.

Cuadro 1. Resultados para seis tratamientos usando distintos arreglos de cinceles

Arreglo	Fuerza	Área	Tamaño de agregados		Combustible	Resistencia	Energía
	kN	m ²	mm	%	L ha ⁻¹	kN m ⁻²	MJ ha ⁻¹
1	9.8 d	0.28 c	18.3 b	138	25.6 b	34.9 c	918.3 b
2	12.1 c	0.36 b	19.2 b	145	23.6 c	33.2 cd	846.5 c
3	16.4 b	0.61 a	31.9 a	241	18.7 d	26.7 e	670.8 d
4	5.8 e	0.21 d	17.3 b	131	22.9 c	27.4 de	821.4 c
5	21.2 a	0.30 c	14.3 c	108	31.4 a	70.2 a	1126.3 a
6	10.9 cd	0.20 d	13.2 c	100	26.4 b	54.1 b	947.0 b

Fuente Cadena *et al.*, 2012

Khadr (2008) menciona que se debe colocar el dinamómetro de tiro en la parte media de los dos tractores con los que se trabajará tirado por una cadena de acero, mientras que el segundo tractor tirado por la cadena debe de mantener el implemento abajo y en transmisión neutral para que pueda ser tomada la lectura al momento de ejercer fuerza con el primer tractor en funcionamiento.

Mojica (2000) define a un transductor como un dispositivo que ha sido diseñado para reaccionar ante un estímulo físico y proporcionar una salida que puede ser un desplazamiento o por lo regular un voltaje, que posteriormente puede ser comparado o analizado dependiendo de los requerimientos del sistema donde se utiliza.

Hinojosa (2003) emplea para la adquisición de datos un transductor que va conectado a una tarjeta DBK-16 conectado a una fuente de voltaje de 12 volts, que pasa la señal a un daqbook 200, el programa dak view 7.11.08 registra los datos a la computadora para estos poder ser procesados.

Tekale y Potekar(2004),realizaron un estudio donde el objetivo fue determinar el gasto de energía, el estudio se realizó para los siguientes sistemas de cultivos, arado,

arado+cultivador, arado+rastras, arado+rotavator, Funcionamiento individual rotavator y doble funcionamiento de rotavator, endonde se pudieron encontrar los resultados que se muestran en el cuadro.

Cuadro 2. Requerimientos de energía para combinación de diferentes labores.

Name of trial	Name of Implement	Energy of Machinery (MJ/ha)	Energy of Diesel (MJ/ha)	Energy of Human (MJ/ha)	Energy for Implement (MJ/ha)	Energy for trial (MJ/ha)
Ploughing	M.B. Plough	96.477	1818.24	14.504	1929.214	1929.214
Ploughing + Cultivator	Cultivator	16.61	478.63	2.31	487.52	2416.73
Ploughing + Dis harrow	Disc harrow	40.68	362.63	43.12	446.43	2375.64
Ploughing + Rotavating	Rotavator	21.227	297.80	35.868	372.46	2301.58
Rotavator (single pass)	Rotavator	91.276	884.06	8.428	984.258	984.258
Rotavator (double pass)	Rotavator	45.00	427.95	4.155	477.10	1461.358

Fuente Potekar *et al.*, 2004

En el cuadro se puede apreciar claramente como el arado por si solo es el que más demanda de energía mantuvo en todos los sectores, aunque la combinación del arado con el rotavator dio el índice de rendimiento más alto de 85.06%.

Asis en el 2013 realizó un estudio con tres sistemas de labranza, convencional, vertical y cero, en areglo con tres mejoradores de suelo composta, micorrizas y algaenzimas, esto con la finalidad de conocer la manera de como se veia influenciado los niveles de requerimiento de energía por los sistemas de labranza en conjunto con los mejoradores. Los resultados encontrados fueron para labranza convencional 365.7 MJ/ha, labranza vertical 308.08 MJ/ha y labranza cero 47.5 MJ/ha, encontrando minimas diferencias netas de energía requerida para cada labor.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción del área de estudio

El presente trabajo es un proyecto a largo plazo (al menos 6 años) en cuál se está llevando a cabo dentro del campo experimental conocido como “El Bajío” ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), la cual se encuentra situado en la ex-hacienda de Buenavista, localizada a siete kilómetros al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México. Las coordenadas geográficas que la delimitan son: 25° 23' 42" de latitud Norte y 100° 59' 57" de longitud Oeste con una altitud de 1743 metros sobre el nivel del mar (msnm). De acuerdo a la clasificación climática de Koppen, modificada por García (1973), el clima de Buenavista se expresa bajo la fórmula: $BS_0kx'(w)(e')$, que significa seco-árido, templado con verano fresco largo, con régimen de lluvias escasas todo el año tendiendo a llover más en el verano y clima extremoso. La temperatura media anual es de 16.9 °C, con una precipitación media anual de 435 milímetros, la evaporación media anual oscila entre los 1956 milímetros. Los vientos predominantes tienen una dirección noreste, con velocidades de 25.5 km h⁻¹ (Servicio Meteorológico Nacional 2012).

5.2 Especificación del proyecto

La distribución de parcelas experimentales utilizada se definió como un bloques al azar con arreglo factorial A y B, haciendo interactuar tres sistemas de labranza (convencional y vertical), mejoradores orgánicos de suelo (Composta, Micorriza, Algaenzimas y un Testigo); se utilizó dos cultivos, maíz y frijol durante el ciclo Otoño-Invierno 2012-2013.

Sistema de labranza, mediciones y análisis

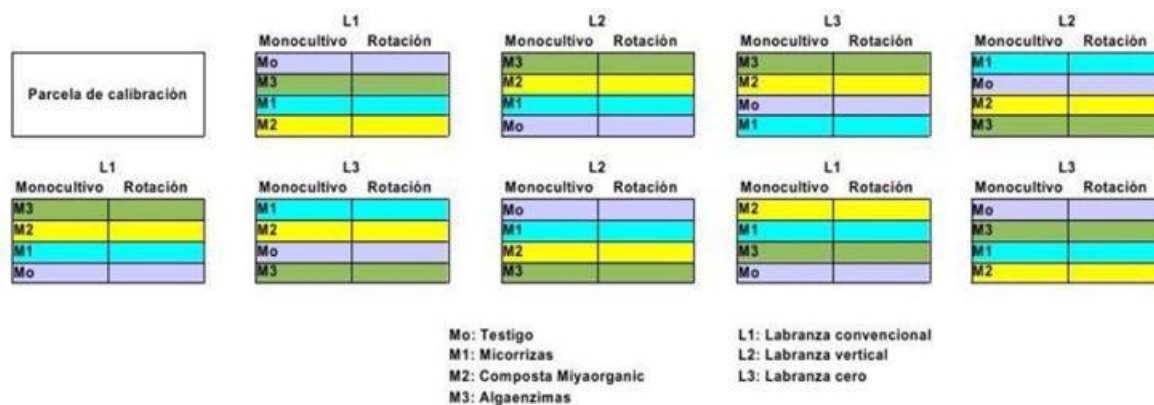


Figura 1. Esquema del arreglo experimental

5.3 Desempeño de la toma de muestras

5.3.1 Ancho de trabajo

El ancho de trabajo (metros) se determinó al final de cada operación del equipo, midiendo el ancho del área trabajada durante la prueba y dividiendo entre el número de corridas del implemento.

5.3.2 Medición de distancia y tiempo recorrido

Para la determinación de la distancia y el tiempo recorrido en cada prueba se le marcó con una marca a la llanta del tractor para tener un punto de referencia, se calculó con el uso de un cronometro y con la ayuda de balizas usadas en topografía para ir marcando donde comenzaba a operar el tractor a una velocidad constante de 1900 rpm en cuarta baja, desde el inicio hasta el final y a la cuenta de determinadas vueltas de la rueda del tractor marcar en donde terminó, al mismo tiempo que con el cronometro se tomaba el tiempo que había tomado transcurrir dicha distancia.

5.3.3 Determinación de profundidad de trabajo de los implementos

La profundidad de trabajo realizada por los implementos, en este caso, rastra, arado de discos y el arado de cinceles se logró obtener los datos bajo el siguiente procedimiento.

1. Primeramente después del paso del tractor con el implemento se procede a extraer la tierra disturbada por el implemento con la ayuda de una pala.
2. Para continuar se mide la profundidad de perforación del implemento con la ayuda de una cinta métrica.
3. Para concluir se toma la medida en dos partes, una en la parte de la orilla del paso del implemento y la otra por la parte de en medio del paso del implemento, esto tomando en cuenta que se denota una mayor diferencia en la parte de la orilla y por en medio del paso de la labor, ya que con las medidas realizadas se demostró que en las otras partes las medidas son uniformes a las dos que se toman en consideración.

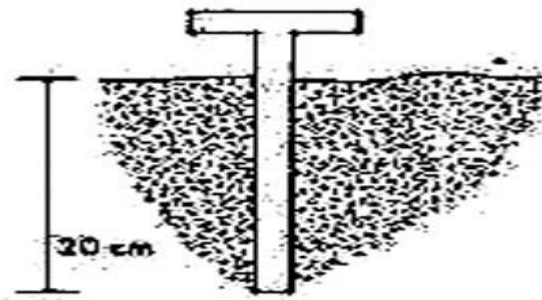


Figura 2. Imagen representativa de la toma de muestra de profundidad.

5.3.4 Medición de la fuerza de tiro

Para determinar la fuerza de arrastre que demandan los implementos se utilizó un dinamómetro de tiro con capacidad de 40 kN, acoplado a la parte delantera del

tractor en el cual va montado el implemento, otro tractor debe jalar al primero junto con el implemento a través del dinamómetro.

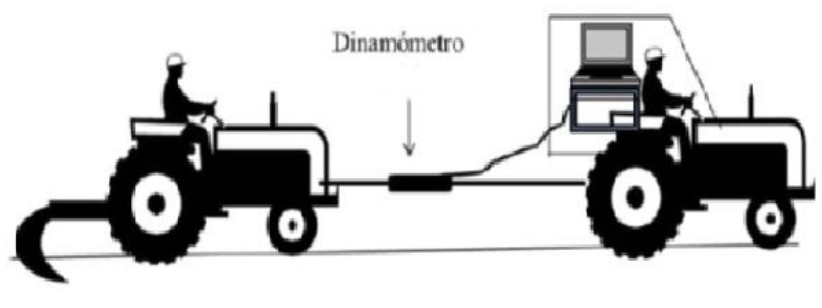


Figura 3. Posición de los tractores para la toma de datos.Fuente: Cadena 2012

El tractor con el implemento no debe ejercer fuerza (transmisión en neutral) solo el que va al frente, esta operación se realiza con el implemento en la posición de trabajo y con el implemento arriba. Se toman las lecturas de la fuerza de tiro y el tiempo requerido para cubrir una distancia de la parcela. Para la obtención de los datos se empleó un sistema de conversión analógico digital.

5.4 Metodología utilizada para el procesamiento de los datos

5.4.1 Transductor

El transductor se utiliza para determinar la fuerza de tiro de los implementos, su propósito es convertir una señal física en una señal eléctrica.

1. Transductor dinamómetro axial
2. Transductor dinamómetro de tensión
3. Amplificador-acondicionador (DBK-16)
4. Convertidos analógico digital daq book 2000.
5. Computadora personal

5.4.2 Amplificador y acondicionador de señal

Este elemento consiste en una tarjeta DBK-16 con una ganancia de 10x a 1250x, fabricado por logitech, Inc. Usada para amplificar la señal del transductor y proporcionar una salida estandarizada de voltaje para así poder enviarla a un convertidor analógico-digital. Provee además el voltaje de excitación al transductor en un rango de 1-10 Volts y 100 mili-Amperes.

5.4.3 Convertidor analógico

Se utilizó la unidad Daq-Book 2000 de IOtech, Inc.; el cual es un módulo que se conecta al puerto paralelo de una computadora y que convierte los valores de voltaje en valores digitales para que puedan ser procesados por la computadora. Este módulo se compone de dos partes, la parte que procesa la información y un banco de baterías que alimenta a la anterior. Este módulo tiene la capacidad de instrumentar 16 canales analógicos con una frecuencia de muestreo de 100 kilo Hertz.

5.4.4 Computadora personal

Una computadora de escritorio (Dell con un procesador Genuine Intel, memoria RAM de 512 MB, capacidad en Disco Duro de 34.1 GB).

5.4.5 Software

Se utilizó el programa Daq View 7, 11,08 IOtech., programa para MS Windows, para la adquisición de datos a través del Daq book 2000 y donde posteriormente se guardan en un archivo por medio de la computadora para después ser analizados. Los datos que se obtuvieron durante el proceso fueron analizados con los paquetes de MATLAB 2012, utilizando un programa de ANALISIS que contiene la transformada de Fourier para el análisis espectral de los datos.

5.5 Procesamiento y análisis de la información

Primeramente se necesita procesar los datos de calibración. Se toma una lectura promedio por cada escalón de la gráfica, cada lectura por escalón en *mili Volts* corresponde a la suma de pesos aplicados cada 1000 lecturas programadas. Los *mili Volts* son proporcionales al peso. El peso multiplicado por la fuerza de gravedad obtenemos Newtons. Se procede en llevar los datos al programa de Minitab 2012 y se realiza una regresión lineal entre *mili Volts* obtenidos contra Newtons aplicados por escalón en ascenso y descenso y así obtenemos una ecuación lineal con una constante de calibración por cada sensor. La constante permite transformar directamente a unidades de fuerza (N), los datos obtenidos en campo en *mili Volts* (Bonifaz, 2012).

Se abren los archivos en Excel y se grafican los datos. Estos valores son absolutos en *mili Volts*. Los valores iniciales de la gráfica se llevan a valor cero, esto se hace, restando el primer valor de la columna a todos los valores de la misma columna. Posteriormente se multiplican todos estos valores llevados a cero por la constante de calibración correspondiente.

Se realizó un programa por Mojica (2007); en el ambiente MATLAB 2012 que permite procesar toda la información a través de un análisis espectral en donde se puede conocer las fuerzas que se presentan durante la operación del implemento. Para poder procesar la información en este ambiente de MATLAB 2012 se guardan todos los archivos generados en cada una de las pruebas con la extensión .DAT, entre comillas y delimitado por tabulaciones, por ejemplo: "text.dat" y de esta manera poder "llamar" el archivo en nuestro programa y procesarlo.

Mojica (2000); menciona que la información que se obtiene del sistema de adquisición de datos es de tipo dinámico porque varía en el espacio tiempo y aleatorio porque no tiene un comportamiento definido originado por la heterogeneidad del suelo, ya que depende de las fuerzas en la interacción del suelo-implemento que son registrados durante la operación de la herramienta.

Para determinar la fuerza máxima que requiere cada herramienta o arreglo y dimensionar el dinamómetro o transductores de fuerza, es necesario conocer las magnitudes de las fuerzas de reacción del suelo y su frecuencia correspondiente, para lo cual, como se mencionó, se realiza un análisis espectral de datos obtenidos. Un espectro es típicamente presentado por una gráfica de la magnitud o valor relativo de un parámetro contra la frecuencia. Cada fenómeno físico, ya sea electromagnético, mecánico, hidráulico, térmico o de algún otro sistema tiene un espectro único asociado a él.

Para conocer esta información se selecciona el algoritmo de la transformada rápida de Fourier incluido en el programa de MATLAB 2012 antes mencionado, este algoritmo calcula el espectro de frecuencia de los datos obtenidos, y a partir de aquí se pueden localizar la mayor magnitud ocurrida y su correspondiente frecuencia (Mojica, 2000).

5.6 Análisis de datos

5.6.1 Determinación de fuerzas

Una vez obtenidos todos los resultados de las diferentes pruebas, procedemos a analizar los datos utilizando Matlab 2012. Para esto, antes debemos separar datos por tratamiento y por mejorador de suelo, posteriormente promediar los resultados. Abrimos Matlab, introducimos nuestros datos y el programa nos arroja la media y el espectral de cada tratamiento en cada parcela, una vez obtenido esto se procede a realizar el cálculo de la fuerza en KN requerida para cada tratamiento-parcela bajo el siguiente procedimiento.

1. Una vez obtenido la media y el espectral de cada tratamiento-parcela.
2. Se procede a sumar ambos resultados, media y espectral para obtener una suma en volts.
3. Posteriormente se procede a multiplicarlos por 1000 para llevarlos a mili-volts.

4. Una vez hecho esto se multiplica la constante localizada en kN con el resultado en milivolts para obtener la fuerza de cada tratamiento. Parcela encontrada en kN.
5. Para concluir los valores encontrados de las fuerzas se les saca un promedio por cada tratamiento y su respectiva labor.

5.6.2 Determinación de potencia

Una vez determinados los valores de velocidad (ms^{-1}) y obtenida la fuerza (kN) que se requiere para cada parcela y tratamiento, se procede a determinar la potencia requerida para la labor y esta se obtiene del resultado de multiplicar la fuerza con la potencia, que esto nos dará la potencia obtenida en (kW) para cada parcela y cada labor.

Una vez obtenida las potencias de cada labor en cada parcela, se procede a promediar las potencias de las parcelas para un mismo tratamiento con la misma labor para obtener resultados generalizados de la demanda de potencia en cada tratamiento y su respectiva labor.

5.6.3 Determinación de energía

La energía se determina en base al producto de la potencia con el tiempo requerido para la preparación de una hectárea con las diferentes labores, arado de discos, rastra y arado de cinceles, esto lleva el siguiente procedimiento.

1. Primeramente se procede a determinar la velocidad (m s^{-1}) del tractor en base a la distancia de recorrido (m) y el tiempo (s) que le tomó recorrer esa distancia.
2. Una vez obtenida la velocidad (ms^{-1}) se procede a realizar el cálculo del tiempo (s) que le tomaría para realizar la labor que está en curso en una

hectárea, esto en base al ancho de trabajo (m) realizado por el implemento en curso.

3. Una vez obtenido dicho tiempo (s) se procede a encontrar la energía (J) del producto de la potencia (kW) con el tiempo(s).
4. Para concluir únicamente se tiene que convertir la energía encontrada en (J) a (MJ) y esta se le saca un promedio de energía por cada mejorador utilizado.

5.6.4 Análisis estadístico

En todo el campo experimental se realizó la determinación de energía requerida para una labor, mismos que nos dieron como resultado un bando de datos con la suficiente información para poder determinar si se dieron cambios en las variables a estudiar.

Para el procesamiento de los datos obtenidos se utiliza un diseño de bloques al azar, utilizando el programa R versión 3.0.2.

Los datos mostrados en el análisis estadístico fueron tratados utilizando la transformación de Box-Cox para que mostraran normalidad (Montgomery, 1991) y así poder realizar los análisis correspondientes. Las medias de los tratamientos corresponden a las medias originales de los datos sin ser tratados.

VI. RESULTADOS

6.1 Resultados de fuerza encontrados en los diferentes sistemas de labranza

6.1.1 Datos de labranza convencional L1 (arado) empleados para el tratamiento M0 (testigo)

En el Cuadro 3 se aprecia los resultados de las fuerzas encontradas para el trabajo realizado con labranza convencional para la preparación de la parcela con un tratamiento testigo (M0) utilizando el arado de discos, la profundidad promedio de trabajo del implemento es de 15.21 cm, en el cual se puede observar una fuerza promedio regular y dentro del intervalo de los demás mejoradores.

Cuadro 3. Fuerza requerida para labranza convencional arreglo M0.

Labranza convencional (arado de discos)		
Tratamiento	Fuerza promedio (N)	Fuerza promedio (kN)
L1M0	11379.632	11.380

En la Figura 4 se puede apreciar las gráficas de las corridas para un tratamiento M0 con el uso del arado. Podemos notar como el comportamiento de las tres gráficas son de manera distinta y muy irregulares, en la segunda podemos observar un comportamiento muy inestable en el requerimiento de fuerza yendo de forma ascendente todo el tiempo hasta el momento en que se retiró del suelo el implemento, esto es debido a la consistencia del suelo, donde encuentra más dureza requiere de una mayor demanda de fuerza (Upadhyaya *et al.*, 1984).

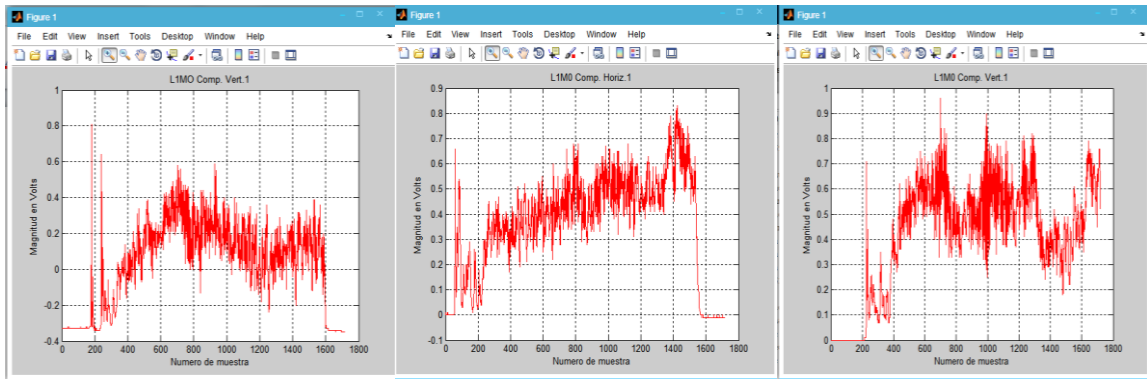


Figura 4. Corridas para el arado con el tratamiento M0

6.1.2 Datos de labranza convencional L1 (arado) empleados para el tratamiento M1 (micorrizas)

En el Cuadro 4 se aprecia los resultados de las fuerzas encontradas para el trabajo realizado con labranza convencional para la preparación de la parcela con un tratamiento testigo (M1) utilizando el arado de discos, la profundidad promedio de trabajo del implemento es de 16.71cm, en los datos de fuerza para labranza convencional podremos darnos cuenta que son relativamente bajos en comparación con los datos encontrados por Asis (2013), manteniendo una fuerza promedio de 22.13 kN para los tratamientos en condición de un suelo franco- arcilloso.

Cuadro 4. Fuerza requerida para labranza convencional arreglo M1.

Labranza convencional (arado de discos)		
Tratamiento	Fuerza promedio (N)	Fuerza promedio (kN)
L1M1	12647.844	12.640

En la Figura 5 se puede apreciar las gráficas de las corridas para un tratamiento M1 con el uso de arado de discos. En esta podemos observar como la única corrida que

se encuentra un poco más uniforme es la número uno en comparación con las dos restantes que se encuentran muy inestables, estos sucesos son muy usuales en regiones de suelo donde existen características como compactación, tierras húmedas y con densidades bajas, provocando el desequilibrio de uso de fuerzas Askary (2013).

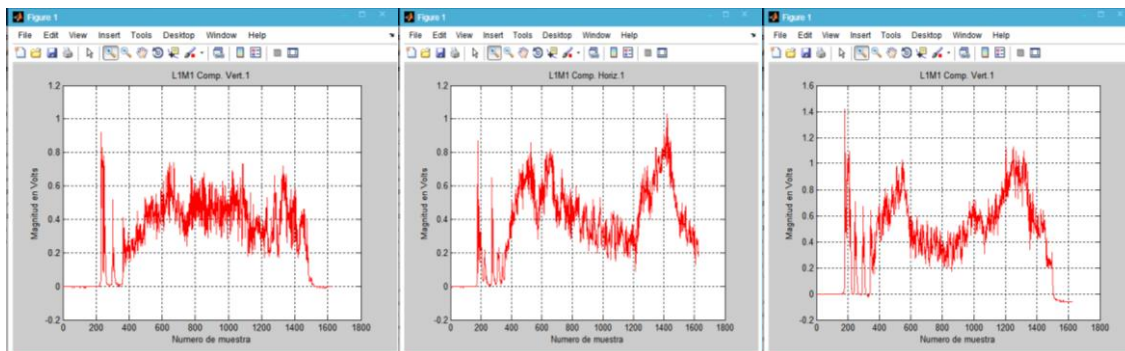


Figura 5. Corridos para el arado con el tratamiento M1

6.1.3 Datos de labranza convencional L1 (arado) empleados para el tratamiento M2 (composta)

En el Cuadro 5 se aprecia los resultados de las fuerzas encontradas para el trabajo realizado con labranza convencional para la preparación de la parcela con un tratamiento testigo (M2) utilizando el arado de discos para la preparación del suelo, la profundidad promedio de trabajo del implemento es de 17.67 cm.

Cuadro 5. Fuerza requerida para labranza convencional arreglo M2.

Labranza convencional (arado de discos)		
Tratamiento	Fuerza promedio (N)	Fuerza promedio (kN)
L1M2	10963.126	10.960

En la Figura 6 se puede apreciar las gráficas de las corridas para un tratamiento M2 con el uso del arado. Podemos observar en la corrida número tres que la gráfica se comporta muy inestable subiendo y bajando sus requerimientos de fuerza en conjunto con la número dos, que se diferencian de la tercera que unicamente aumenta sus requerimientos de fuerza en su último punto, esto pudo ser debido a el contenido de humedad presentado en el suelo, haciendo variar los esfuerzos (POTEKAR, 2004).

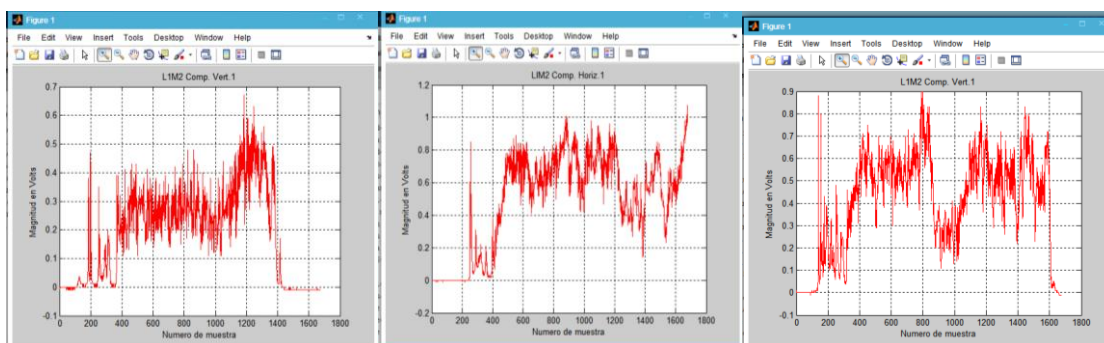


Figura 6. Corridas para el arado con el tratamiento M2

6.1.4 Datos de labranza convencional L1 (arado) empleados para el tratamiento M3 (algaenzimas)

En el Cuadro 6 se aprecia los resultados de las fuerzas encontradas para el trabajo realizado con labranza convencional para la preparación de la parcela con un tratamiento (M3) algaenzimas utilizando el arado de discos, la profundidad promedio de trabajo del implemento es de 20.24cm, se puede observar que en este tratamiento es el que requirió más demanda de fuerza en comparación con los otros tratamientos utilizados en la labranza convencional tratada con el arado de discos, esto pudo ser ocasionado por la profundidad a la cual trabajó el implemento.

Cuadro 6. Fuerza requerida para labranza convencional arreglo M3.

Labranza convencional (arado de discos)		
Tratamiento	Fuerza promedio (N)	Fuerza promedio (kN)
L1M3	13388.413	13.388

En la Figura 7 se puede apreciar las gráficas de las corridas para un tratamiento M3 con el uso del arado de discos. Podemos observar como el comportamiento de las tres corridas son distintas siendo la número uno la que mantiene una consistencia uniforme durante el proceso de la prueba, principalmente esto es debido a que el suelo presenta las mismas características en toda la región de la prueba manteniendo estable la demanda de fuerza.

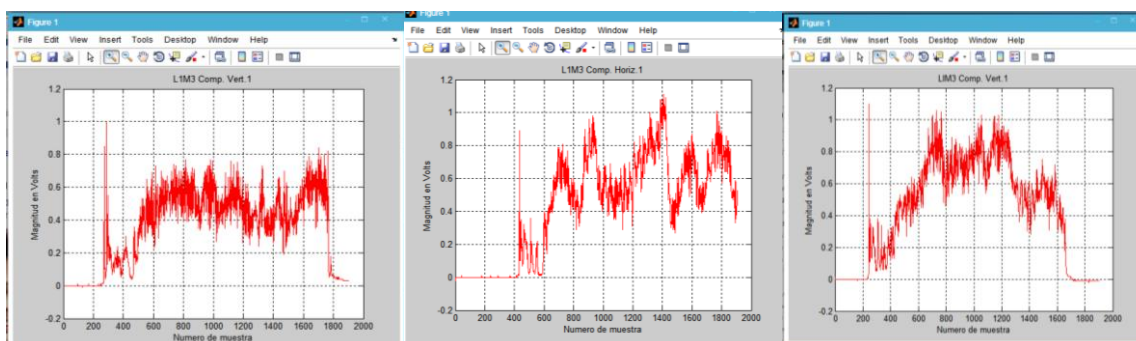


Figura 7. Corridas para el arado con el tratamiento M3

6.1.5 Datos de labranza convencional L1 (rastra) empleados para el tratamiento M0 (testigo)

En el Cuadro 7 se aprecia los resultados de las fuerzas encontradas para el trabajo realizado con labranza convencional para la preparación de la parcela con un tratamiento testigo (M0) utilizando la rastra de discos, en estos resultados podemos encontrar que los requerimientos de fuerza son mucho más bajos en comparación

con los requerimientos de los otros implementos debido a que esta tansolo va pulverizando los terrones dejados después del trabajo del arado.

Cuadro 7. Fuerza requerida para labranza convencional rastra areglo M0.

Labranza convencional (rastra de discos)		
Tratamiento	Fuerza promedio (N)	Fuerza promedio (kN)
L1RM0	7407.25	7.410

En la Figura 8 se puede apreciar las gráficas de las corridas para un tratamiento M0 con el usode la rastra, en esta se puede observar uncomportamiento estable para cada repetición, podemos observar que únicamente la primera gráfica es la que se sale de contexto en relación con las otras dos, esto pudo ser debido a las diferentes estructuras del suelo, siendo muy uniformes las tres gráficas.

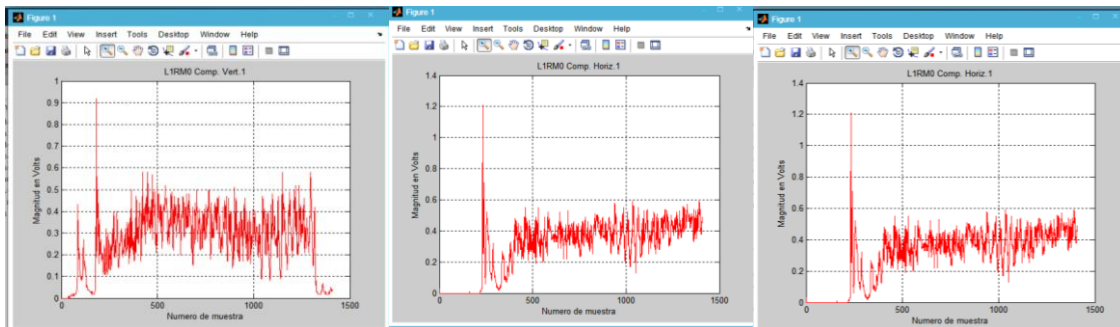


Figura 8. Corridas para la rastra con el tratamiento L1RM0

6.1.6 Datos de labranza convencional L1 (rastra) empleados para el tratamiento M1 (micorriza)

En el Cuadro 8se aprecia los resultados de las fuerzas encontradas para el trabajo realizado con labranza convencional para la preparación de la parcela con un

tratamiento testigo (M1) utilizando la rastra de discos, en este tratamiento podemos observar que es en el que más demanda de potencia existió para el trabajo realizado con la rastra en conjunto con el mejorador M1, micorrizas.

Cuadro 8. Fuerza requerida para labranza convencional rastra areglo M1.

Labranza convencional (rastra de discos)		
Tratamiento	Fuerza promedio (N)	Fuerza promedio (kN)
L1RM1	8443.840	8.443

En la Figura 9 se puede apreciar las gráficas de las corridas para un tratamiento M1 con el uso de la rastra, en esta se puede apreciar el aumento de demanda fuerza en la corrida número dos, siendo la más exigente en comparación con la uno y la tres, esto pudo ser debido a compactación en el suelo o cambio de estructura.

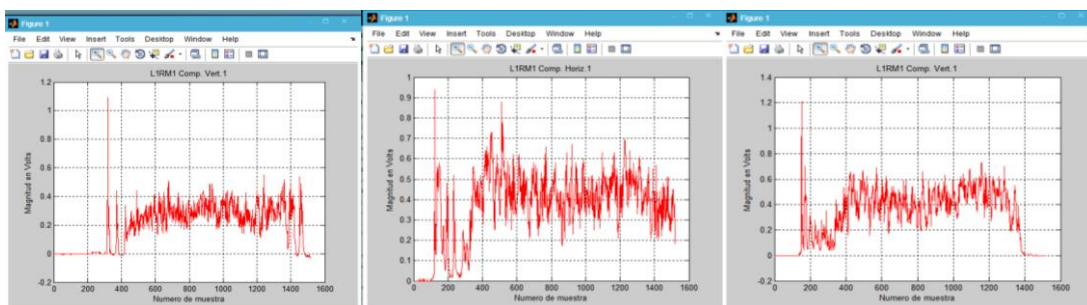


Figura 9. Corridas para la rastra con el tratamiento L1RM1

6.1.7 Datos de labranza convencional L1 (rastra) empleados para el tratamiento M2 (composta)

En el Cuadro 9 se aprecia los resultados de las fuerzas encontradas para el trabajo realizado con labranza convencional para la preparación de la parcela con un

tratamiento testigo (M2) utilizando la rastra de discos, podemos observar que para este tratamiento es el que menos consumo de fuerza demandó en el paso de la rastra siendo relativamente bajo.

Cuadro 9. Fuerza requerida para labranza convencional rastra areglo M2

Labranza convencional (rastra de discos)		
Tratamiento	Fuerza promedio (N)	Fuerza promedio (kN)
L1RM2	7404.140	7.404

En la Figura 10 se puede apreciar las gráficas de las corridas para un tratamiento M2 con el uso de la rastra de discos. En esta se puede observar como las primeras dos gráficas tienen el mismo comportamiento en comparación con la tercera que es la que necesita más gasto de fuerza, esto pudo ser debido a una seria compactación en la parte del suelo de la prueba porque es muy notable el incremento causado para esta corrida.

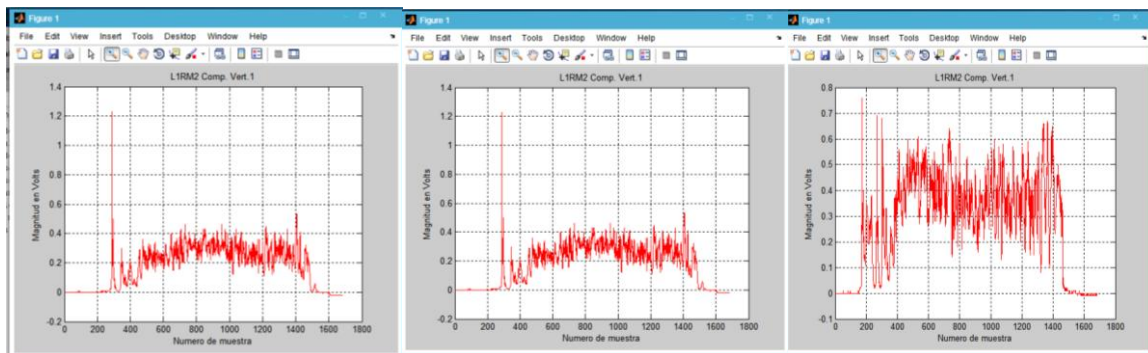


Figura 10. Corridas para la rastra con el tratamiento L1RM2

6.1.8 Datos de labranza convencional L1 (rastra) empleados para el tratamiento M3 (algaenzimas)

En el Cuadro 10 se aprecia los resultados de las fuerzas encontradas para el trabajo realizado con labranza convencional para la preparación de la parcela con un tratamiento testigo (M3) utilizando la rastra de discos. Podemos observar que los datos son un poco bajos en comparación con los resultados encontrados por Asis (2013) para un suelo franco arcilloso, con una fuerza promedio de 11.06 kN en promedio de todos los tratamientos.

Cuadro 10. Fuerza requerida para labranza convencional rastra areglo M3

Labranza convencional (rastra de discos)		
Tratamiento	Fuerza promedio (N)	Fuerza promedio (kN)
L1RM3	7805.580	7.805

En la Figura 11 se puede apreciar las gráficas de las corridas para un tratamiento M3 con el uso de la rastra. En esta se puede observar que en la corrida número uno es la que más demanda de fuerza se requiere en comparación con las otras dos que se mantienen muy estables y en un rango adecuado.

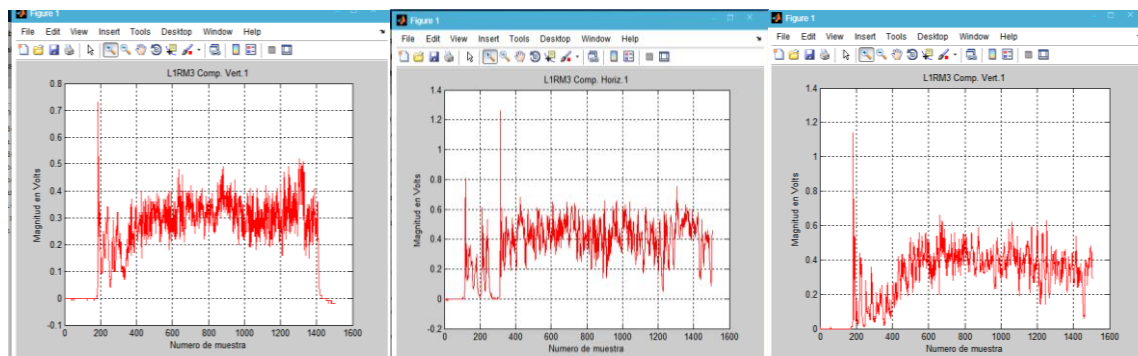


Figura 11. Corridas para la rastra con el tratamiento L1RM3

6.1.9 Datos de labranza vertical L2 (arado de cinceles) empleados para el tratamiento M0 (testigo)

En el Cuadro 11 se aprecia los resultados de las fuerzas encontradas para el trabajo realizado con labranza vertical para la preparación de la parcela con un tratamiento

testigo (M0) utilizando el arado de cinceles, la profundidad promedio de trabajo del implemento es de 27.98 cm, en este sistema de labranza podemos observar que se requiere menor uso de fuerza para la labor en comparación con labranza convencional, uso de arado de discos.

Cuadro 11. Fuerza requerida para labranza vertical arado de cinceles arreglo M0

Labranza vertical (arado de cinceles)		
Tratamiento	Fuerza promedio (N)	Fuerza promedio (kN)
L2M0	9010.430	9.010

En la Figura 12 se puede apreciar las gráficas de las corridas para un tratamiento M0 con el uso del arado de cinceles. En esta figura podemos observar como la única gráfica que se mantiene un poco más estable es la número tres en comparación con la número uno que se encuentra totalmente inestable, en la labor de subsueleo es en donde por lo regular las gráficas se encuentran más inestables debido a las profundidades más elevadas que se maneja, variando dependiendo de las condiciones de suelo (Hughes, 1981).

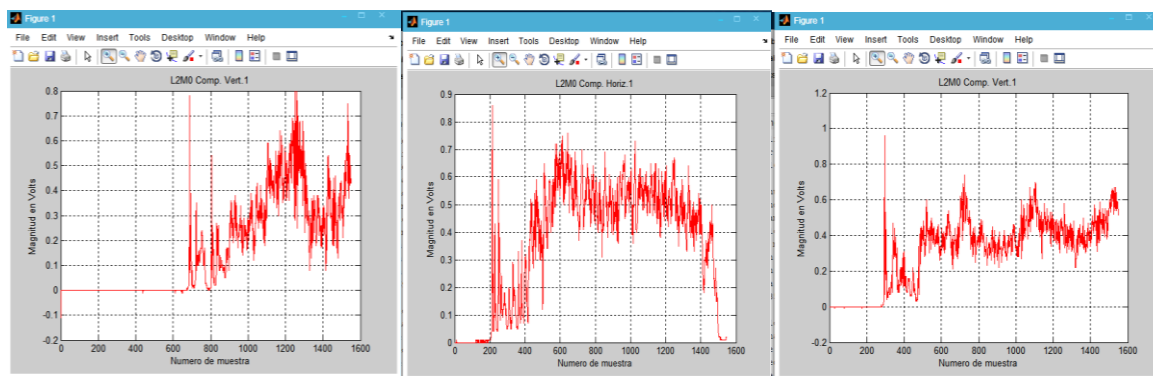


Figura 12. Corridas para el ardo de cinceles con el tratamiento L2M0

6.1.10 Datos de labranza vertical L2 (arado de cinceles) empleados para el tratamiento M1 (micorriza)

En el Cuadro 12 se aprecia los resultados de las fuerzas encontradas para el trabajo realizado con labranza vertical para la preparación de la parcela con un tratamiento testigo (M1) utilizando el arado de cinceles, la profundidad promedio de trabajo del implemento es de 27.37 cm.

Cuadro 12. Fuerza requerida para labranza vertical arado de cinceles arreglo M1

Labranza vertical (arado de cinceles)		
Tratamiento	Fuerza promedio (N)	Fuerza promedio (kN)
L2M1	8822.95	8.82

En la Figura 13 se puede apreciar las gráficas de las corridas para un tratamiento M1 con el uso del arado de cinceles. se puede apreciar como la primera gráfica es la única que mantiene un estado inestable en comparación con las otras dos que desde el momento de la penetración del cincel se mantienen estables hasta el momento de ser retirado del suelo, esto pudo ser causado por factores del suelo como compactación al momento de tomar la muestra.

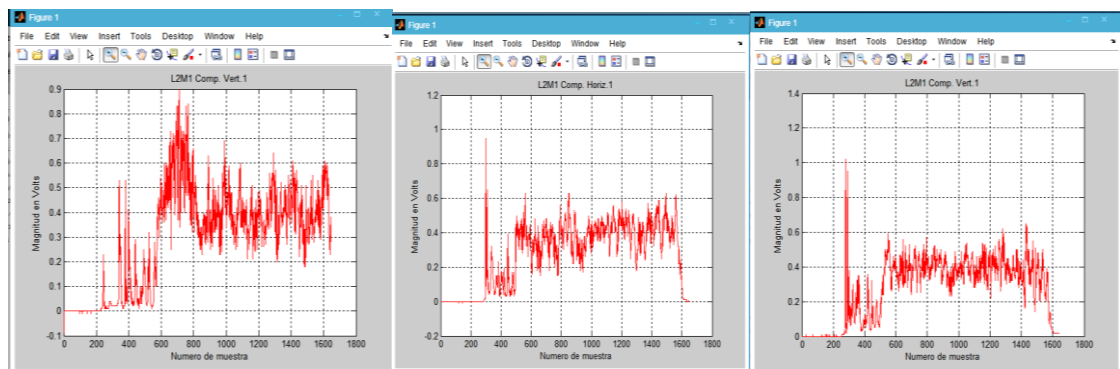


Figura 13. Corridas para el ardo de cinceles con el tratamiento L2M1

6.1.11 Datos de labranza vertical L2 (arado de cinceles) empleados para el tratamiento M2 (composta)

En el Cuadro 13 se aprecia los resultados de las fuerzas encontradas para el trabajo realizado con labranza vertical para la preparación de la parcela con un tratamiento testigo (M2) utilizando el arado de cinceles, la profundidad promedio de trabajo del implemento es de 28.33 cm. Podemos observar que los niveles de requerimiento de fuerza para la labranza vertical realizada con el arado de cinceles es un poco baja en comparación con los datos promedios encontrados por Asis en el 2013 para un suelo franco arcilloso que es de 23.11 kN.

Cuadro 13. Fuerza requerida para labranza vertical arado de cinceles arreglo M2

Labranza vertical (arado de cinceles)		
Tratamiento	Fuerza promedio (N)	Fuerza promedio (kN)
L2M2	10994.290	10.994

En la Figura 14 se puede apreciar las gráficas de las corridas para un tratamiento M1 con el uso del arado de cinceles. En esta se puede observar como la gráfica número dos se mantiene en niveles muy bajos de requerimiento de fuerza en comparación con las otras dos que están en niveles altos de consumo de fuerza y muy inestables, esto es debido a la falta de uniformidad en el suelo a la hora de tomar las muestras.

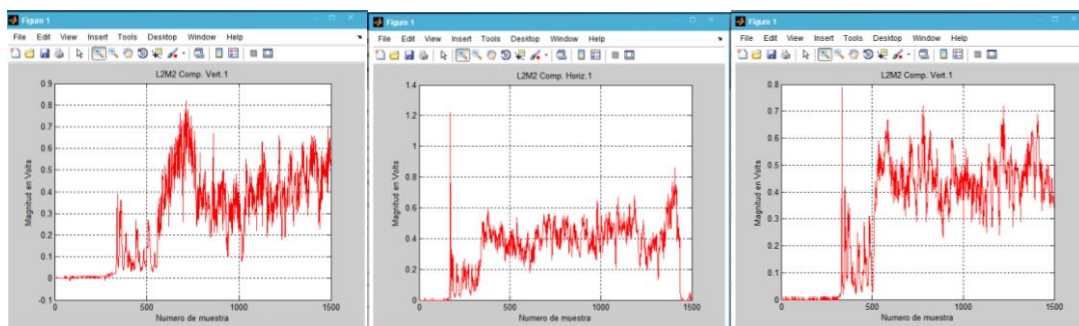


Figura 14. Corridas para el ardo de cinceles con el tratamiento L2M2

6.1.12 Datos de labranza vertical L2 (arado de cinceles) empleados para el tratamiento M3 (algaenzimas)

En el Cuadro 14 se aprecia los resultados de las fuerzas encontradas para el trabajo realizado con labranza vertical para la preparación de la parcela con un tratamiento testigo (M3) utilizando el arado de cinceles, la profundidad promedio de trabajo del implemento es de 29.97 cm. En esta tabla podemos observar que para este tratamiento es el más alto en cuanto a requerimientos de fuerza en comparación con los otros tratamientos en la labranza vertical realizada con el arado de cinceles, esto principalmente es debido a la profundidad en que se realizó la prueba siendo la más grande. Podemos encontrar datos aproximados para el estudio realizado para la determinación de fuerzas para el uso de arado de cincel realizado por Garner et al, 1988, a profundidades de 30 cm y 43 cm encontrando resultados de 14.3 kN y 27.765 kN respectivamente.

Cuadro 14. Fuerza requerida para labranza vertical arado de cinceles arreglo M3

Labranza vertical (arado de cinceles)		
Tratamiento	Fuerza promedio (N)	Fuerza promedio (kN)
L2M3	11486.610	11.486

En la Figura 15 se puede apreciar las gráficas de las 3 corridas para un tratamiento M3 con el uso del arado de cinceles. Podemos observar como en la gráfica número tres se mantiene estable los requerimientos de fuerza y más bajo el nivel, en comparación con las otras dos que posiblemente se hayan encontrado con una estructura más consistente del suelo muestreado, lo que hizo incrementar sus requerimientos de fuerza.

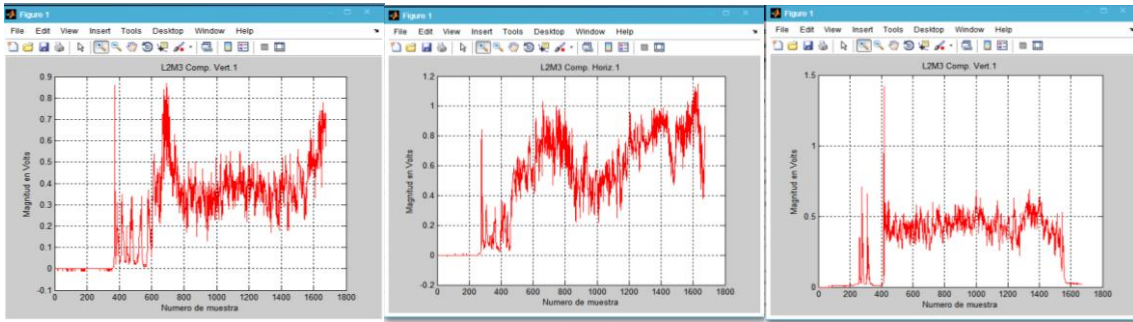


Figura 15. Corridos para el ardo de cinceles con el tratamiento L2M3

6.2 Resultados de potenciarequerida para cada labor en los diferentes tipos de labranza, en su respectiva parcela con cada mejorador

6.2.1 Resultados de potencia requerida para labranza convencional, usando arado de discos para la preparación de la parcela

En elCuadro 15 se muestran los resultados obtenidos para la demanda de potencia en la labranza convencional realizada por el arado de discos L1 en las tres parcelas correspondientes con los tratamientos realizados para cada una de ellas M0, M1,M2 y M3.Donde se puede observar que el tratamiento M0 que corresponde a el testigo es el que tuvo un menor requerimiento de potencia y el mejorador M1 micorrizas es el que tuvo el mayor requerimiento de potencia. Podremos notar que aunque para este tipo de labranza los niveles de profundidad son inferiores a los utilizados por el arado de cincel, los gastos de potenica requerida son mucho mayores, esto se debe a la estructura del implemento (Upadhyaya *et al.*, 1984; Sommer *et al.*, 1983).

Cuadro 15. potencia en kw encontrados para el uso del arado de discos

Potencia promedio (KW)				
Labor	Tratamiento	Fuerza kN	Velocidad m/s	Potencia (KW)
Arado	L1 M0	11.380	0.582	6.618
	L1 M1	12.648	0.711	8.974
	L1 M2	10.963	0.663	7.054
	L1 M3	13.388	0.600	8.026

6.2.2 Resultados de potencia requerida para labranza vertical, usando arado de cinceles para la preparación de la parcela

En el Cuadro 16 se muestran los resultados botenidos para la demanda de potencia en la labranza vertical realizada por el arado de cincelesL2 en las tres parcelas correspondientes con los tratamientos realizados para cada parcela M0, M1,M2 y M3. En el cuadro se puede observar que el tratamiento que más demanda de potencia tiene es el M3 algaenzimas y el que menos demanda de potencia requiere es el M0 testigo. Podemos observar resultados inferiores a los que Vallejos en el 2010 encontró para un arado paratill a 2.8 m de ancho de labor y a profundidad máxima siendo de 15.81 kW.

Cuadro 16. potencia en kw encontrados para el uso del arado de cinceles

Potencia promedio (KW)				
Labor	Tratamiento	Fuerza kN	Velocidad m/s	Potencia (KW)
Arado de cinceles	L2 M0	9.010	0.677	6.040
	L2 M1	8.823	0.737	6.491
	L2 M2	10.994	0.719	7.882
	L2 M3	11.487	0.675	7.902

6.2.3 Resultados de potencia requerida para labranza convencional, usando rastra de discos para la preparación de la parcela

En el Cuadro 17 se muestran los resultados botenidos para la demanda de potencia en la labranza convencional realizada por la rastra de discosL1 en las tres parcelas correspondientes con los tratamientos realizados para cada parcela M0, M1,M2 y M3. Podemos observar en la tabla que los niveles de requerimiento de potencia para el paso de la rastra es poco y muy estable para cada parcela independientemente del mejorador, esto se debe a que ya se le dio un paso con el arado de discos y esta ya no requiere de tanta demanda de potencia.

Cuadro 17. potencia en kW encontrados para el uso de la rastra de discos

Potencia promedio (KW)				
Labor	Tratamiento	Fuerza kN	Velocidad m/s	Potencia (KW)
Rastra de discos	L1R M0	7.407	0.542	4.014
	L1R M1	8.444	0.542	4.575
	L1R M2	7.404	0.542	4.012
	L1R M3	7.806	0.542	4.230

6.3 Resultados de energía encontrados para los diferentes sistemas de labranza

6.3.1 Resultados de energía en labranza convencional L1 usando arado de discos en conjunto con cuatro mejoradores de suelo

En el presente Cuadro 18 podemos observar el gasto de energía en la labranza convencional utilizando el arado de discos para la preparación del suelo en arreglo con cuatro mejoradores de suelo, la energía encontrada es el promedio de tres repeticiones realizadas para el sistema de labranza convencional en conjunto con los mejoradores de suelo. Podemos observar como varían los requerimientos de energía para cada mejorador, siendo el M3 algasenzimas, el que demanda más gasto de energía. Podemos encontrar semejanza con el estudio realizado por Potekar *et al.*, 2004; con dinamómetros de tiro para el arado de discos, encontrando resultados de energía de 96.47 MJ.

Cuadro 18. Energía MJ requerida para la labor de labranza convencional arado

Energía promedio (MJ)				
Labor	Mejorador	Potencia (KW)	Tiempo (s)	Energía (MJ)
Arado de discos	M0	6.617	12308.626	81.280
	M1	8.974	10042.756	90.340
	M2	7.053	10992.270	78.310
	M3	8.026	11901.287	95.630

6.3.2 Resultados de de energía en labranza vertical L2 usando arado de cinceles en conjunto con cuatro mejoradores de suelo

En el presente Cuadro 19 podemos observar el gasto de energía en la labranza vertical utilizando el arado de cinceles para la preparación del suelo en arreglo con cuatro mejoradores de suelo, la energía encontrada es el promedio de tres repeticiones realizadas para el sistema de labranza vertical en conjunto con los mejoradores de suelo. Podemos observar como tanto el mejorador M0 y M1 se encuentran en un rango muy parecido en comparación con M2y M3 que requieren de un poco más de energía. Los niveles de requerimiento de energía para el arado de cinceles es relativamente más baja que el requerido para el arado de discos.

Cuadro 19. Energía MJ requerida para la labor de labranza vertical arado de cinceles

Energía promedio (MJ)				
Labor	Mejorador	Potencia (KW)	Tiempo (s)	Energía (MJ)
Arado de cinceles	M0	6.040	10739.987	64.980
	M1	6.490	9751.816	63.300
	M2	7.882	9580.460	75.430
	M3	7.902	10279.540	78.350

6.3.3 Resultados de de energía en labranza convencional L1 usando rastra de discos en conjunto con cuatro mejoradores de suelo

En el presente Cuadro 20 podemos observar el gasto de energía en la labranza convencional utilizando la rastra de discos para la preparación del suelo en arreglo con cuatro mejoradores de suelo, la energía encontrada es el promedio de tres repeticiones realizadas para el sistema de labranza convencional en conjunto con los mejoradores de suelo. Podemos observar que para la labranza convencional realizada con rasta de discos el consumo de energía es muy bajo en comparación con las otras labores, esto es debido a las distintas labores que realizan así como también la profundidad de trabajo a las que se realizaron las muestras, el mejorador M0 testigo es el que requiere de menos gasto de energía para su labor.

Cuadro 20. Energía MJ requerida para la labor de labranza convencional rastra de discos

Energía promedio (MJ)				
Labor	Mejorador	Potencia (KW)	Tiempo (s)	Energía (MJ)
Rastra de discos	M0	4.013	5952.972	23.960
	M1	4.575	5957.524	27.410
	M2	4.012	6013.659	24.320
	M3	4.229	6208.923	26.560

6.4 Resultados estadísticos para los sistemas de labranza utilizados y mejoradores.

En el Cuadro 21 se muestra la energía total en la labranza primaria combinando arado de discos + rastra y arado de cinceles + ratra.

Cuadro 21. Energía neta requerida para cada sistema de labranza.

Energía promedio MJ		
Mejorador	Labranza convencional	Labranza vertical
M0	105.244	88.945
M1	117.753	90.707
M2	102.628	99.753
M3	122.190	104.907

6.4.1 Análisis de varianza con respecto a sistema de labranza

En el Cuadro 22 podemos observar que no existe diferencia estadística significativa para la energía entre los sistemas de labranza y los meoradores orgánicos de suelo utilizados.

Cuadro 22. ANVA para energía entre sistemas de labranza y mejoradores

Análisis de varianza					
Fv	Df	Sum sq	Mean sq	F value	Pr (>F)
Mejorador	3	3.15E-05	1.17E-05	0.619	0.6128
Tratamiento	1	5.57E-05	5.57E-05	2.9455	0.1054
Mejorador: tratamiento	3	2.57E-05	8.55E-05	0.4523	0.7193
Residuals	16	3.03E-05	1.89E-05		
Total	23	1.43E-04			
CV: 13.58					

6.4.2 prueba de Tukey (DMS)

En el presente cuadro 23 podemos observar los resultados de requerimientos de energía encontrados para cada mejorador realizando la prueba de de diferencia significativa.

Cuadro 22. Medias de energía requeridas por mejoradores

Comparación de medias DMS		
Grupos	Tratamientos	Media (MJ)
A	M3	113.5
A	M2	104.2
A	M1	101.2
A	M0	97.09

En el presente cuadro podemos observar la cantidad de energía encontrada para cada labranza. En el cual podemos encontrar diferencias en los resultados en comparación con lo que Asis (2013) encontró para cada uno de los sistemas de labranza usando un transductor octagonal bajo condiciones de un suelo franco-arcilloso, encontrando para la labranza vertical un gasto de energía de 308.8 MJ y para la labranza convencional un gasto de 365.74 MJ. Los datos encontrados son relativamente bajos, lo que nos habla de que es muy probable que los mejoradores de suelo estén causando bajar los requerimientos de energía o que el sistema con el que se realizaron las muestras para este caso el dinamómetro no sea muy exacto,

(McLaughlin *et al.*, 2002) afirman en un estudio realizado que después de ocho años de aplicar un mejorador al suelo se encuentran resultados, bajando el consumo de energía.

Cuadro 24. Medias de energía requeridas por cada sistema de labranza

Comparación de medias		
Grupos	Tratamientos	Media (MJ)
A	L1	112
A	L2	96.08

Yalcin (2006) menciona que el método de labranza convencional requiere siete veces más combustible que el método de siembra directa. Colins (1981) realizó un estudio en el que midió la demanda energética de tres sistemas de labranza, en el cual encontró resultados de gasto de 247 MJ, 213 MJ y 50MJ para labranza convencional, labranza vertical y siembra directa.

Khambalkar *et al.*, 2010; reportan resultados de ahorros de energías de hasta un 14% en labranza reducida. Los implementos de labranza convencional tienen efectos adversos para la productividad, el uso de alta energía y combustible por lo que en muchos casos reduce la rentabilidad de los cultivos además de que tienen largos plazos sociales, económicos y ambientales.

VII. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos para los sistemas de labranza convencional y vertical en arreglo con 3 mejoradores de suelo y en base al análisis estadístico se puede concluir que no hay diferencia estadística entre los sistemas comparados.

En cuanto a los mejoradores no se encontraron diferencias significativas entre ellos lo cual indica que demandaron la misma cantidad de energía para laboreo.

VIII. RECOMENDACIONES

En esta etapa del estudio se pudo observar como los requerimientos de energía son muy bajos, lo que nos indica que es posible que el uso de los mejoradores estén haciendo reducir los niveles de requerimiento de energía en los suelos o esto también podría ser debido a el material utilizado para la determinación de los datos que fue diferente al que se utilizó en la temporada anterior, por lo que no se recomienda el uso del dinamómetro de tiro para el uso en este estudio.

IX. BIBLIOGRAFIA

- ACEVEDO B., E.** 2004. Estudio y análisis de los principales factores que limitan la adopción del sistema de cerolabranza en cultivos anuales de la zona sur del país. departamento de protección de los reursos naturales renovables, 1(2), 1.
- Asís E. J.** 2013. Determinación de los requerimientos de energía de tres sistemas de labranza en un suelo franco arcilloso. Tesis licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- ASKARI, S. K.** 2013. Draft Force Inputs for Primary and Secondary Tillage Implements in a Clay Loam Soil. World Applied Sciences Journal, 1789-1794.
- BONIFAZ DEL CARPIO, A.**2012. Evaluación de un transductor integral para determinar las magnitudes de las fuerzas que actúan en los implementos de labranza. Tesis, licenciatura, UAAAN, saltillo, Coahuila, México.
- CAMACHO H. J. Y MAGALHÃES P. S. G.** 2000. A study of operational parameters of double discs and parabolic chisels for applications on areas with surface crop residues. Facultad de ingeniería agrícola de la Universidad Estatal de Campinas. Sao Paulo, Brasil.
- CAMARA, F. T.** 2006. Desempenho operacional de uma máquina para preparo reduzido do solo. Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – UNESP, Câmpus de Jaboticabal., 1-52.
- CAMPOS MAGAÑA, S. G., LÓPEZ SANTOS, A., GONZÁLEZ, Z., & CADENA ZAPATA, M.** 2012. Configuración de herramientas de labranza vertical para reducir demanda de energía. terra latinoamericana, 30(3), 279-288.

COLLINS, N. 1981. Measured machine energy requirements for grain production systems (5)1.

COREY M. KICHLER, J. P. 2007. Spatially Monitoring Tractor Performance to Evaluate Energy Requirements of Variable Depth Tillage and Implement Selection. American Society of agricultural and biological engineers., 1-9.

FAO. 2000. manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. boletin de tierras y agua de la fao(8), 220.

GARNER, T. H.; DODD, R. B.; WOLF DAN; PEIPER, U. M. 1988. Force analysis and application of a Three-point hitch dynamometer. Transaction of the ASAE. 31(4): 1047 – 1053.

GODWIN, R.J., 2007. A review of the effect of implement geometry on soil failure and implement forces. Soil & Tillage Research 97, 331–340.

HINOJOSA, M. G. 2003. Desarrollo de un transductor de fuerzas para la evaluación de implementos integrales en tractores categoría II Basado en el diseño Octagonal extendido. UAAAN, Maquinaria Agrícola, Saltillo Coahuila.

HUGHES HAROLD A. 1981. Conservación en la agricultura. Publicaciones Deere & Company Service Training. Moline, Illinois. EEUU. Pp 25-32.

IDAE. 2005. Eficiencia energetica y energias renovables. Instituto para la Diversificación Y Ahorro de la Energía(7), 256.

- IDAE.** 2012. Ahorro y Eficiencia energética en agricultura de conservación. Experiencias en campo. (madera, Ed.) instituto para la diversificación y ahorro de energía, 115.
- JORGE, A. E.** 2013. determinación de los requerimientos de energía de tres sistemas de labranza en un suelo franco- arcilloso, tesis, licenciatura. uaaan, maquinaria agrícola, Saltillo Coahuila México.
- JOSÉ GUILHERME LANCA RODRIGUEZ, C. A.** 2011. Demanda energética de máquinas agrícolas na implantação da cultura do sorgo forrageiro1. Revista Energia na Agricultura, 26(1), 65-76.
- KHADR, K. A.** 2008. Effect of some primary tillage implement on soil pulverization and specific energy. Senior Researcher, Agric. Eng. Res. Institute, Agric. Res. Center., 25(3), 731-745.
- KHAMBALKAR, V., POHARE, J., KATKHEDE, S., BUNDE, D., DAHATONDE, S.,** 2010. Energy and economic evaluation of farm operations in crop production. J. Agric. Sci. 2, 191–200.
- LASSALETA, R. J.** 2005. agricultura industrial y cambio global. el ecologista(45), 52-55.
- LOIBL, B.,** 2006. Classification of Tillage Systems by including Soil Covering. 61 Landtechnik SH/2006, pp. 302–303.
- M. SAFA, S. S.** 2011. A field study of energy consumption in wheat production in Canterbury, New Zealand. The International Journal, 2526–2532.

- MARTÍN CADENA-ZAPATA, A. Z.** 2004. Desempeño de Implementos de Labranza en Términos de Consumo de Energía y Calidad de Trabajo. Revista Agraria Nueva Epoca, 1(3), 12-17.
- MCLAUGHLIN N.B, GREGORICH E.G., DWYER L.M, Y MA L.B.** 2002. Soil and tillage research. Volume 64. Canada. pp 211 – 219.
- MILEIDYS MARTÍNEZ HERNANDEZ, O. L.** 2005. Determinación del consumo energético en la labranza en cultivos terropónicos. Revista Ciencia Técnicas Agropecuarias, 14(1), 11-14.
- MOJICA L. E. D.** 2000, Evaluación de discos cortadores de residuos y surcadores para labranza de conservación, empleando equipo multiuso de tracción animas, tesis, licenciatura, instituto tecnológico de veracruz, ver: México.
- MONTGOMERY, D. C.** 1991. Diseño y análisis de experimentos. México: Iberoamérica. 589 p.
- PACHECO L. J. L.** 2012, Requerimientos de energía en labranza vertical basado en el principio de profundidad crítica. Tesis maestría. UAAAN, Saltillo Coahuila, México.
- G. PIRINGER, G. MOITZI, H. WAGENTRISTL, K. REFENNER², H. WEINGARTMANN, J. BOXBERGER, A. GRONAUER.** 2014. Effects of working depth and wheel slip on fuel consumption of selected tillage implements, Agric Eng Int: CIGR Journal., 16 (1), 183-190.

POTEKAR, D. T. 2004. Comparative Performance of Tractor Drawn Implements Tillage. Karnataka Journal of Agricultural Sciences:(1), 76-80.

SÉRGIO H. BENEZ, R. L. 2008. Consumo de combustível na operação de subsolagem realizada antes e depois de diferentes sistemas de preparo periódico do solo. Eng. Agríc., Jaboticabal., 28(2), 256-262.

SOMMER M S; CHEN S H; BIERL J F.1983. Disk blade performance. ASAE Paper No. 83-1537. ASAE, St Joseph, MI.

TEKALE, J. P. 2004. Comparative Performance of Tractor Drawn Implements Tillage System with Rotavator Tillage System. Karnataka J.Agric.Sci., Department of Agricultural Engineering Marathwada Agricultural University, Parbhani., 17(1), 76-80.

UPADHYAYA, S.K., T.H. WILLIAMS, L.J. KEMBLE, AND N.E. COLLINS. 1984. Energy requirement for chiseling in coastal plain soils. Trans. ASAE 27(6):1634-1649.

VILDE, A. 2005. Testing of energy consumption of soil tillage machines. Nordic Association of Agricultural NJF Report , 1(1), 11.

VIII. ANEXOS

En los siguientes cuadros se muestran los datos de velocidad a los que fueron tomadas las muestras.

Labranza convencional arado de discos				
labor y parcela	distancia recorrida	Tiempo	velocidad m/s	velocidad km/h
PARCELA 1				
L1 M3 P1	26.16	43.25	0.60	2.18
L1 M2 P1	26.17	32.73	0.80	2.88
L1 M1 P1	26.21	36.24	0.72	2.60
L1 M0 P1	26.23	42.03	0.62	2.25
PARCELA 4				
L1 M0 P4	26.19	46.74	0.56	4.16
L1 M3 P4	26	43.63	0.60	4.20
L1 M1 P4	26.15	37.05	0.71	4.31
L1 M2 P4	26.1	44.07	0.59	4.19
PARCELA 9				
L1 M0 P9	26.22	46.74	0.56	2.02
L1 M3 P9	26.17	43.63	0.60	2.16
L1 M1 P9	26.12	37.05	0.70	2.54
L1 M2 P9	26.27	44.07	0.60	2.15

Labranza vertical (arado decinzel)				
labor y parcela	distancia recorrida	tiempo	velocidad m/s	velocidad km/h
PARCELA 3				
L2 M0 P3	26.28	44.16	0.595108696	2.142391304
L2 M1 P3	26.18	35.68	0.733744395	2.641479821
L2 M2 P3	26.15	36.83	0.710019006	2.556068422
L2 M3 P3	26.08	33.76	0.772511848	2.781042654
PARCELA 8				
L2 M3 P8	26.07	36.66	0.711129296	2.560065466
L2 M2 P8	26.21	38.94	0.6730868	2.423112481
L2 M1 P8	26.2	37.13	0.705628872	2.540263938
L2 M0 P8	26.07	35.69	0.730456711	2.629644158
PARCELA 6				

L2 M1 P6	26.12	33.83	0.772095773	2.779544783
L2 M0 P6	26.36	37.34	0.705945367	2.541403321
L2 M2 P6	26.02	33.64	0.773483948	2.784542212
L2 M3 P6	26.27	48.48	0.541872937	1.950742574

Rastra				
labor y parcela	distancia recorrida	tiempo	velocidad m/s	velocidad km/h
PARCELA 1				
L1 M3 P1	26.25	31.99	0.820568928	2.95404814
L1 M2 P1	26.05	31.99	0.814316974	2.931541107
L1 M1 P1	25.95	31.71	0.818353832	2.946073794
L1 M0 P1	26.25	32.78	0.800793167	2.8828554
PARCELA 9				
L1 M0 P9	26.15	34.2	0.764619883	2.752631579
L1 M3 P9	26.23	37.34	0.702463846	2.528869845
L1 M1 P9	26.15	33.91	0.77115895	2.776172221
L1 M2 P9	26.15	34.79	0.751652774	2.705949986
PARCELA 4				
L1 M2 P4	26.06	36.76	0.708922742	2.552121872
L1 M1 P4	26.11	36.9	0.707588076	2.547317073
L1 M3 P4	26.05	37.92	0.686972574	2.473101266
L1 M0 P4	26.05	35.75	0.728671329	2.623216783

En los siguientes cuadros se muestran los datos de profundidades manejadas por los implementos en la toma de las muestras.

labranza convencional profundidades promedio		
tratamiento	Prof. (cm)	Prof. (m)
L1M0	15.91666667	0.159166667
L1M1	17.33333333	0.173333333
L1M2	18.875	0.18875
L1M3	17.875	0.17875

labranza convencional profundidades promedio		
tratamiento	Prof. (cm)	Prof. (m)
L1M0	27.75833333	0.277583333
L1M1	28.19166667	0.281916667
L1M2	27.925	0.27925
L1M3	29.76666667	0.297666667

En las tablas siguientes se observan los datos de ancho de trabajo del implemento con los que fueron tomadas las muestras.

labranza convencional (arado de discos)			
parcela y labor	Ancho (m) frijol	Ancho (m) maíz	Ancho prom. (m)
PARCELA 1			
L1 M3 P1	1.4	1.4	1.4
L1 M2 P1	1.4	1.4	1.4
L1 M1 P1	1.4	1.4	1.4
L1 M0 P1	1.4	1.4	1.4
PARCELA 9			
L1 M0 P9	1.4	1.4	1.4
L1 M3 P9	1.4	1.4	1.4
L1 M1 P9	1.4	1.4	1.4
L1 M2 P9	1.4	1.4	1.4
PARCELA 4			
L2 M3 P4	1.4	1.4	1.4
L2 M2 P4	1.4	1.4	1.4
L2 M1 P4	1.4	1.4	1.4
L2 M0 P4	1.4	1.4	1.4

labranza vertical (cinceles)			
parcela y labor	Ancho (m) frijol	Ancho (m) maíz	Ancho prom. (m)
PARCELA 6			
L2 M1 P6	1.4	1.47	1.435
L2 M0 P6	1.38	1.52	1.45
L2 M2 P6	1.49	1.46	1.475
L2 M3 P6	1.51	1.57	1.54
PARCELA 3			

L2 M0 P3	1.4	1.5	1.45
L2 M1 P3	1.38	1.4	1.39
L2 M2 P3	1.4	1.22	1.31
L2 M3 P3	1.4	1.45	1.425
PARCELA 8			
L2 M1 P8	1.4	1.47	1.435
L2 M0 P8	1.38	1.52	1.45
L2 M2 P8	1.49	1.46	1.475
L2 M3 P8	1.51	1.57	1.54

Rastra			
parcela y labor	Ancho (m) frijol	Ancho (m) maíz	Ancho prom. (m)
PARCELA 1			
L1 M1 P1	2.2	2.2	2.2
L1 M0 P1	2.2	2.2	2.2
L1 M2 P1	2.2	2.2	2.2
L1 M3 P1	2.2	2.2	2.2
PARCELA 9			
L1 M0 P9	2.2	2.2	2.2
L1 M1 P9	2.2	2.2	2.2
L1 M2 P9	2.2	2.2	2.2
L1 M3 P9	2.2	2.2	2.2
PARCELA 4			
L1 M1 P4	2.2	2.2	2.2
L1 M0 P4	2.2	2.2	2.2
L1 M2 P4	2.2	2.2	2.2
L1 M3 P4	2.2	2.2	2.2

En los cuadros siguientes podemos observar la determinación de energía para cada tratamiento con su respectivo sistema de labranza.

ENERGIA					
implemento	parcela-repetición	potencia(KW)	tiempo(s)	energía (J)	energía (MJ)
Arado	P1 M0 R1	7.021076401	11445.45504	80359.4143	80.36
	P1 M1 R1	6.39232826	9876.274050	63132.3857	63.13
	P1 M2 R1	6.294691768	8933.347890	56232.6714	56.23
	P1 M3 R1	6.042443453	11809.19616	71356.4	71.36
	P4 M0 R2	6.806781	12747.5045	86769.4714	86.77
	P4 M1 R2	9.666944256	10120.18574	97831.2714	97.83
	P4 M2 R2	7.159301661	12060.75534	86346.5857	86.35
	P4 M3 R2	9.623319276	11986.26374	115347.643	115.35
	P9 M0 R3	6.025356	12732.91925	76720.3714	76.72
	P9 M1 R3	10.86297313	10131.80923	110061.571	110.06
	P9 M2 R3	7.706512836	11982.70705	92344.8857	92.34
	P9 M3 R3	8.413432468	11908.40111	100190.529	100.19

ENERGIA					
implemento	parcela-repetición	potencia(KW)	tiempo(s)	energía (J)	energía (MJ)
Cinceles	P3 M0 R1	6.345615457	12176.56012	77267.7681	77.27
	P3 M1 R1	8.313159632	9734.803012	80926.9714	80.93
	P3 M2 R1	8.014488637	9452.436254	75756.443	75.76
	P3 M3 R1	9.413148028	8572.705481	80696.1457	80.70
	P6 M0 R2	6.533553978	9778.618006	63889.1286	63.89
	P6 M1 R2	5.616680215	10269.38821	57679.8696	57.68
	P6 M2 R2	7.702475529	10612.08917	81739.3571	81.74
	P6 M3 R2	9.339929509	10044.38599	93813.8571	93.81
	P8 M0 R3	5.240846631	10264.78415	53796.1594	53.80
	P8 M1 R3	5.543079388	9251.25793	51280.4571	51.28
	P8 M2 R3	7.929478977	8676.856729	68802.953	68.80
	P8 M3 R3	4.953144559	12221.53036	60535.0066	60.54

ENERGÍA

implemento	parcela-repetición	potencia(KW)	tiempo(s)	energía (J)	energía (MJ)
Rastra	P1 M0 R1	3.700295313	5676.190476	21003.581	21.00
	P1 M1 R1	3.444491188	5554.387809	19132.0399	19.13
	P1 M2 R1	3.167581112	5581.922876	17681.1935	17.68
	P1 M3 R1	3.367665527	5539.393939	18654.826	18.65
	P4 M0 R2	3.929928059	5944.724492	23362.3396	23.36
	P4 M1 R2	5.568594087	5894.316009	32823.0533	32.82
	P4 M2 R2	4.348670125	6047.27968	26297.6245	26.30
	P4 M3 R2	4.488813639	6470.730947	29045.9053	29.05
	P9 M0 R3	4.41114374	6238.003839	27516.7316	27.52
	P9 M1 R3	4.713380957	6423.871035	30278.1514	30.28
	P9 M2 R3	4.520050446	6411.777018	28981.5556	28.98
	P9 M3 R3	4.83241852	6616.64631	31974.4042	31.97

Gráfica de línea ajustada para la obtención de la constante de calibración.

