UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE TRABAJO Y CONSUMO DE ENERGÍA DE TRES IMPLEMENTOS COMERCIALES DE LABRANZA VERTICAL

Por:

CANDIDO SOTO RAMÍREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MÉCANICO AGRÍCOLA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

MAYO DEL 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE TRABAJO Y CONSUMO DE ENERGÍA DE TRES IMPLEMENTOS COMERCIALES DE LABRANZA VERTICAL

Por:

CANDIDO SOTO RAMÍREZ

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MÉCANICO AGRÍCOLA

Aprobado por el comité de tesis

Director de Tesis

Dr. Martín Cadena Zapata

Co-Director de Tesis

Dr. Santos G. Campos Magaña

Sinodal

M.C. Tomas Gaytan Muñiz

Coordinador de la División de Ingeniería

Dr. Raúl Rodríguez García

Universidad Autónoma Agraria ANTONIO NARRO
Coordinación de Ingeniería

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

MAYO DEL 2010

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por darme la oportunidad de vivir una etapa tan importante en mi vida, por dejarme culminar con éxito un objetivo más y darme la dicha de cumplir este sueño.

A mi inolvidable **ALMA MATER** la **UAAAN** por albergarme durante todos estos años de licenciatura y brindarme los conocimientos necesarios para salir adelante en la vida.

Al **Dr. Martin Cadena** y al **Dr. Santos G. Campos** por sus consejos, conocimientos y amistad brindados, además de sus asesoramientos y facilidades prestadas para la realización de la presente tesis.

A todos los **maestros** de la universidad que me brindaron sus conocimientos a través de las clases, en especial a los del departamento de Maquinaria Agrícola que además me brindaron su amistad.

A mis **compañeros y amigos de la generación CVIII** por los momentos alegres, de fiesta y reunión vividos durante estos años, por brindarme su confianza y apoyo pero sobre todo por su amistad.

A todos los paisanos de Hidalgo por su amistad brindada durante mi estancia en la universidad en especial a **Pascual** y **Armando** con los que conviví por más tiempo.

A todos aquellos que de alguna forma intervinieron en la realización de la presente tesis.

POR ESTO Y MUCHO MAS…… ¡GRACIAS!

DEDICATORIAS

A mis padres:

Remedios Ramírez Canuto y Margarito Soto Fidencio

Con mucho amor y respeto para mis padres, por darme la vida y saber guiarme durante todo este tiempo para ser una mejor persona, siempre los llevo en mi mente y corazón, no tengo palabras para decirles lo agradecido que estoy con ustedes por su apoyo incondicional y sobre todo por la confianza que pusieron en mi.

“DIOS LOS BENDIGA SIEMPRE”.

¡LO LOGRAMOS! Porque este triunfo también es de ustedes.

A mi hermana:

Fabiola Soto Ramírez

Por todo su apoyo y cariño brindado y por los momentos compartidos. TE QUIERO MUCHO y te deseo lo mejor en la vida.

A mis abuelitos:

María Canuto y Antonio Ramírez

Por sus palabras de apoyo y consejos brindados a lo largo de mi vida pero sobre todo por su cariño y amor.

Juan Soto (†)

Por el gran cariño y amor ofrecido, siempre te recordare.

A todos mis familiares y amigos:

Por sus palabras de aliento que me impulsaban a seguir adelante y por el apoyo brindado.

INDICE DE CONTENIDO

PAG.

INDICE DE FIGURAS V

INDICE DE CUADROS VII

I. INTRODUCCION 1

1.1. ANTECEDENTES 4
1.2. OBJETIVOS 5
1.3. HIPOTESIS 5

II. REVISION DE LITERATURA 6

2.1. SISTEMAS DE LABRANZA VERTICAL 6
2.2. EVALUACION DE IMPLEMENTOS DE LABRANZA 11
2.3. MEDICION DE FUERZA Y ENERGIA. 13
2.4. PROTOCOLOS PARA EVALUAR IMPLEMENTOS 15
2.5. CALCULO DE ENERGIA Y CALIDAD DE TRABAJO EN LA LABRANZA 17

III. MATERIALES Y METODOS 26

3.1. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL SITIO EXPERIMENTAL 26
3.2. DATOS GENERALES DE LOS IMPLEMENTOS A EVALUAR. 26
3.3. CARACTERISTICAS DE LOS TRACTORES EMPLEADOS 28
3.4. CARACTERISTICAS DE LOS SENSORES. 29
3.5. GENERALIDADES CONSIDERADAS ANTES DE LA LABOR. 29
3.5.1. PREPARACIÓN DE LA EVALUACION 29
3.5.2. CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES 30
3.5.3. ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE CAMPO. 32
3.5.3.1. PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO. 32
3.5.3.2. MEDICIÓN DE LA TEXTURA. 33
3.5.3.3. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN. 33
3.5.3.4. DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA A TRABAJAR. 34
3.6. VARIABLES CONSIDERADAS DURANTE LA LABOR. 35
3.6.1. CONSUMO DE COMBUSTIBLE. 35
3.6.2. VELOCIDAD DE AVANCE. 35
3.6.3. DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE TIRO REQUERIDO POR EL IMPLEMENTO 36
3.7. VARIABLES CONSIDERADAS DESPUES DE LA LABOR 39
3.7.1. TAMAÑO MEDIO DE AGREGADOS. 39
3.7.2. DETERMINACIÓN DEL ÁREA DISTURBADA. 40
3.7.3. ANCHO DE TRABAJO. 41

3.7.4. PROFUNDIDAD DE TRABAJO. 42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 43
4.1. VARIABLES TOMADAS ANTES DE LA LABOR 43
4.2. VARIABLES CONSIDERADAS DURANTE LA LABOR 45
4.3. VARIABLES CONSIDERADAS DESPUES DE LA LABOR 48
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 53
VI. BIBLIOGRAFIA 54
VII. ANEXOS 60

INDICE DE FIGURAS

Pag.

FIG. 1.1. SISTEMAS DE LABRANZA CLASIFICADOS EN BASE AL GRADO DE REMOCIÓN DEL SUELO Y DE LA COBERTURA DE RASTROJOS. 1
FIG. 2.1 AFLOJAMIENTO DEL SUELO CON SUBSOLADOR BAJO CONDICIONES HÚMEDAS Y SECAS..... 9
FIG. 2.2. TIPOS DE BRAZOS DEL SUBSOLADOR..... 10
FIG. 2.3. REPRESENTACIÓN DE LAS RELACIONES ENTRE LA PROFUNDIDAD DE TRABAJO DEL SUBSOLADOR, EL ANCHO DE AFLOJAMIENTO, Y EL ESPACIAMIENTO ENTRE BRAZOS. 11
FIG. 2.4. ÁREA TÍPICA DE SUELO DISTURBADO CON ARADO DE CINCEL Y ARADO DE DISCOS. 18
FIG. 2.5. RELACIÓN ENTRE EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y LA POTENCIA ENTREGADA POR EL TRACTOR EN LABORATORIO..... 20
FIG. 2.6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TRANSFERENCIA DE PESO Y FUERZA DE TIRO RESPECTIVAMENTE. 21
FIG. 2.7. DISPOSICIÓN DEL ANILLO OCTOGONAL PARA LA MEDICIÓN DE FUERZAS EN HERRAMIENTAS. 22
FIG. 2.8. ESQUEMA DEL PERFILÓMETRO PARA DETERMINAR EL ÁREA DISTURBADA POR LAS HERRAMIENTAS..... 23
FIG. 3.1. CINCELES BISON MCC-3/5/7, SB-5/3 Y SVH-9/5 RESPECTIVAMENTE. 26
FIG. 3.2. PROPUESTA DE REDISEÑO DEL IMPLEMENTO MCC-3/5/7 PARA TENER CUERPOS FRONTALES SOMEROS. 27
FIG. 3.3. REDISEÑO DEL CAJÓN PARA PORTAR TIMONES DELANTEROS..... 27
FIG. 3.4. TRACTOR NEW HOLLAND ACONDICIONADO CON EL EQUIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS. 28
FIG. 3.5. ACONDICIONAMIENTO DEL TRACTOR JOHN DEERE 6403. 28
FIG. 3.6. CALIBRACIÓN DE SENSORES A TRAVÉS DE CONTRAPESOS. 30
FIG. 3.7. PRUEBA EN PISTA DEL SENSOR DE TIRO PARA SU CALIBRACIÓN. 31
FIG. 3.8. CALIBRACIÓN DE SENSOR DE ANILLO OCTAGONAL EXTENDIDO. 31
FIG. 3.9. MUESTRAS DE SUELO. 33
FIG. 3.10. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DEL SUELO..... 34
FIG. 3.11. DETERMINACIÓN DEL LARGO A TRABAJAR. 34
FIG. 3.12. SISTEMA PARA MEDIR CONSUMO DE COMBUSTIBLE. 35
FIG. 3.13. MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE AVANCE. 36
FIG. 3.14. MEDICIÓN DE LA FUERZA DE TIRO. 37
FIG. 3.15. MEDICIÓN DE LA FUERZA A TRAVÉS DEL SENSOR OCTAGONAL. 37

FIG. 3.16. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS. 38
FIG. 3.17. MEDICIÓN DEL TAMAÑO MEDIO DE AGREGADOS. 39
FIG. 3.18. MEDICIÓN DEL ÁREA DISTURBADA. 41
FIG. 3.19. MEDICIÓN DEL ANCHO DE TRABAJO. 41
FIG. 3.20. MEDICIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE TRABAJO. 42
FIG. 4.1. COMPORTAMIENTO EN LA CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES. 43
FIG. 4.2. GRAFICA OBTENIDA CON EL PENETROMETRO EN UN SUELO CON 15.9 % DE HUMEDAD. 44
FIG. 4.3. GRAFICA OBTENIDA EN PRUEBA CON EL DINAMÓMETRO DE TIRO. 46
FIG. 4.4. COMPORTAMIENTO DE LAS FUERZAS HORIZONTALES CALCULADAS CON EL SENSOR OCTAGONAL EXTENDIDO. 48
FIG. 4.5. GRAFICA DE LOS PESOS DE LOS AGREGADOS OBTENIDOS EN LOS TAMICES. 49
FIG. 4.6. GRAFICA DE ÁREA DISTURBADA. 50

INDICE DE CUADROS

Pag.

CUADRO 2.1. RESULTADOS DE FUERZAS DE TIRO Y TRANSFERENCIA DE PESO..... 21
CUADRO 2.2. DATOS DE FUERZAS Y MOMENTOS, REALIZADAS CON DINAMÓMETRO DE ENGANCHE A LOS TRES PUNTOS DEL TRACTOR. 22
CUADRO 2.3. COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LOS PARÁMETROS ESTUDIADOS. ENSAYO DISCOS DOBLES Y CINCELES..... 24
CUADRO 3.1. DISEÑO DE ARREGLOS ENTRE ESPACIO DE TIMONES PARA CADA CINCEL. 30
CUADRO 4.1. CONSTANTES DE CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES..... 43
CUADRO 4.2. HUMEDAD PROMEDIO EN LAS REPETICIONES REALIZADAS..... 44
CUADRO 4.3. CONSUMO DE COMBUSTIBLE (L HA^{-1}) DE LOS IMPLEMENTOS EVALUADOS A DIFERENTES VELOCIDADES DE TRABAJO. 45
CUADRO 4.4. FUERZA REQUERIDA POR LOS IMPLEMENTOS CON 5 Y 7 CINCELES CON DIFERENTES ARREGLOS. 46
CUADRO 4.5. FUERZA REQUERIDA POR LOS IMPLEMENTOS CON 1 Y 3 CINCELES CON DIFERENTES ARREGLOS. 47
CUADRO 4.6. POTENCIA REQUERIDA POR LOS IMPLEMENTOS CON 5 Y 7 CINCELES CON DIFERENTES ARREGLOS. 47
CUADRO 4.7. POTENCIA REQUERIDA POR LOS IMPLEMENTOS CON 1 Y 3 CINCELES CON DIFERENTES ARREGLOS. 47
CUADRO 4.8. TAMAÑO MEDIO DE AGREGADOS DE LOS IMPLEMENTOS CON 5 Y 7 CINCELES Y DIFERENTES ARREGLOS..... 49
CUADRO 4.9. TAMAÑO MEDIO DE AGREGADOS DE LOS IMPLEMENTOS CON 1 Y 3 CINCELES CON DIFERENTES ARREGLOS. 49
CUADRO 4.10. ÁREA DISTURBADA POR LOS IMPLEMENTOS CON 5 Y 7 CINCELES EN DIFERENTES ARREGLOS. 50
CUADRO 4.11. ÁREA DISTURBADA POR LOS IMPLEMENTOS CON 1 Y 3 CINCELES EN DIFERENTES ARREGLOS. 51
CUADRO 4.12. RESISTENCIA ESPECIFICA DEL SUELO PARA IMPLEMENTOS CON 5 Y 7 CINCELES EN DIFERENTES ARREGLOS. 51
CUADRO 4.13. RESISTENCIA ESPECIFICA DEL SUELO PARA LOS IMPLEMENTOS CON 1 Y 3 CINCELES EN DIFERENTES ARREGLOS..... 52
CUADRO 4.14. ANCHOS DE TRABAJO MÁXIMOS DE CADA IMPLEMENTO Y PROMEDIOS POR ARREGLO..... 52

RESUMEN

La presente investigación se llevo a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se evaluaron 3 implementos de labranza vertical (subsoladores) proporcionados por la empresa TECNOMEC AGRICOLA S.A. de C.V. La evaluación consistió en medir las siguientes variables: fuerza de tiro, potencia, consumo de combustible, velocidad de trabajo, diámetro medio de agregados, ancho de trabajo, área disturbada, resistencia especifica del suelo durante y después de la labor de dichos implementos.

Se consideraron cinco arreglos de timones a ser evaluados, con distancias entre ellos de 0.26 a 0.70 m entre ellos, a una profundidad de trabajo promedio de 0.35 m. Las parcelas de evaluación fueron de 25 a 50 metros de largo por el ancho de trabajo del implemento con tres repeticiones por arreglo. La textura del sitio es limoso- arcilloso, con los contenidos de fracciones minerales de: 34% de arena, 35% de limo y 31% arcilla, con una resistencia a la penetración de 1990 kPa.

Entre los resultados obtenidos en la evaluación se determino que las distancias entre cuerpos tienen un efecto directamente proporcional sobre la sección transversal de laboreo y sobre el tamaño medio de agregados, la magnitud de la fuerza de tiro se ve afectado por el número de cinceles y el tamaño medio de agregados no se ve afectado por la velocidad de trabajo.

Además como resultado de estas primeras evaluaciones se rediseño el marco del cincel MCC 3/5/7 para ser evaluado con cinceles frontales someros obteniéndose una reducción de la resistencia especifica del suelo (kNm^{-2}) del orden del 25% con 2 timones frontales someros y uno profundo.

Se considera necesario que se evalué este último arreglo en diferentes texturas con productores empleando el equipo de labranza vertical que abarque al menos el ancho de trabajo medio del tractor.

Palabras clave: Evaluación, Implementos, Labranza Vertical, Energía.

I. INTRODUCCION

Existe confusión en la literatura acerca de la terminología de labranza, porque muchos de los términos utilizados son muy generales, y porque además existe un gran número de diferentes sistemas que varían en los implementos, las combinaciones de los implementos y las intensidades de laboreo (FAO, 2000).

Se pueden clasificar las labranzas en base al grado de remoción del suelo y a la cobertura de rastrojos que queda a la siembra (Fig. 1.1).

Labranza convencional		Labranza no conservacionista	Labranza conservacionista				
Arado vertedera	Arado de discos	Labranza reducida	Labranza reducida	Labranza en camellones	Labranza vertical	Labranza en bandas	Labranza cero
Menor remoción en intensidad y frecuencia del suelo →							
Mayor cobertura de rastrojos →							

Fuente: FAO, 2000.

Fig. 1.1. Sistemas de labranza clasificados en base al grado de remoción del suelo y de la cobertura de rastrojos.

La labranza convencional es un programa de labranza completa que consta de operaciones primarias y secundarias. Involucra la inversión del suelo, normalmente con el arado de vertedera o el arado de discos como labranza primaria, seguida por labranzas secundarias con la rastra de discos. El propósito principal de la labranza primaria es controlar las malezas por medio de su enterramiento, y el objetivo principal de la labranza secundaria es desmenuzar los agregados y crear una cama de siembra. El control de malezas siguiente se

puede hacer por medio de cultivaciones o herbicidas. La característica negativa de este sistema es que al suelo le falta una protección de rastrojos y queda casi desnudo, por lo tanto es susceptible a las pérdidas de suelo y agua debido a los procesos de erosión (FAO, 2000).

La labranza reducida se refiere al cultivo de toda el área del suelo pero con la eliminación de uno o más laboreos en comparación con los sistemas convencionales de labranza. Esto se refiere a un rango amplio de sistemas distintos, como por ejemplo:

- rastra de discos o cultivadora, luego sembrar;
- arado de cinceles o cultivadora, luego sembrar;
- rotocultor, luego sembrar.

Dependiendo de los implementos utilizados y el número de pasadas, la labranza reducida puede ser clasificada como un sistema conservacionista o no conservacionista según la cobertura de rastrojos que queda al momento de la siembra. Por lo tanto, no todos los sistemas de labranza reducida son sistemas conservacionistas. De los tres ejemplos citados anteriormente, es probable que solamente el arado de cinceles o cultivadora luego de sembrar, pudiera ser clasificado como un sistema conservacionista (FAO, 2000).

La labranza conservacionista es un término general que ha sido definido como "cualquier secuencia de labranzas que reduce pérdidas de suelo y agua, en comparación con las de la labranza convencional" (Lal, 1995). Normalmente se refiere a un sistema de labranza que no invierte el suelo y que retiene rastrojos sobre la superficie.

Otra definición de labranza conservacionista utilizada es "cualquier sistema de labranza o siembra que mantenga al menos 30% de la superficie del suelo

cubierta con residuos después de la siembra, para reducir la erosión hídrica" (Unger et al., 1995).

Para las labores de establecimiento de cultivos, se requiere un gran consumo de energía en forma de combustible, esto es un factor que puede limitar la actividad agrícola pues reduce el costo beneficio del sistema de producción (Kichler et al 2007). Para muchos agricultores, antes que una conciencia conservacionista, la principal razón de la adopción de los sistemas de labranza de conservación es la posibilidad de reducción de costos (Steiner 1998).

La reducción del uso de energía en los sistemas de producción agrícolas es un tema de gran importancia pues contribuye al éxito financiero de los mismos y con la disminución de subsidios y una gran competencia en el mercado globalizado, los agricultores consideran actualmente opciones de reducción de labores y gasto de energía para bajar costos (Derspch, 2007).

Tomando en cuenta lo anterior, un problema a resolver en los sistemas actuales de producción incluyendo los de conservación, es reducir al mínimo el uso de energía, por lo que se debe desarrollar tecnología de implementos que cada vez sean más eficientes. En México de acuerdo al SIAP (2006) se sembraron 15,486,121 ha. de cultivos cíclicos que son en los cuales se realiza una labranza de mayor intensidad es decir con una alta aplicación de energía. Las necesidades de reducción de aplicación de energía y de conservación de los recursos suelo y agua se dan con mayor prioridad en la superficie antes mencionada; ya que por ejemplo estudios de las labores en los sistemas de producción de cultivos cíclicos como sorgo y maíz, señalan que la labranza puede representar hasta el 60 % de los costos de producción debido a la alta demanda de energía de la misma (Báez, 2001).

En la labranza de conservación, los mejores implementos son los llamados de labranza vertical, sin embargo aun demandan una alta potencia (Hoogmoed

1999). Para poder proponer el desarrollo de implementos mas eficientes, con menor demanda de potencia, es necesario conocer con mayor detalle cuales son los factores inherentes a la geometría y diseño de los mismos que interactúan con los factores ambientales como tipo de suelo, contenido de humedad, y con los factores operativos como la velocidad, profundidad para obtener el resultado esperado en uso de energía. Se debe generar la información anterior para en forma racional y eficiente establecer los diseños futuros de implementos de labranza.

1.1. ANTECEDENTES

En los últimos años se ha incrementado el interés por el uso eficiente de la energía y la conservación de los recursos del suelo y agua principalmente donde se escasea, lo que ha traído un cambio de actitudes con respecto a las practicas de manejo del suelo y los residuos. Cada año se da más énfasis al uso de las labranzas mínimas y a la preparación de la cama de siembra en la agricultura de temporal. La determinación de las fuerzas que los implementos agrícolas requieren de la fuente de potencia ha sido de suma importancia e interés, ya que se encuentra involucrado en numerosas investigaciones realizadas a través de muchos años (FAO, 2000).

Es de sumo interés la evaluación de los implementos agrícolas por que a través de ello se adquiere un buen conocimiento sobre el manejo de las practicas de laboreo del suelo, el cual se traduce en términos de disminución de los costos de la reparación, conservación de la humedad del perfil, y principalmente provee un conocimiento para prevenir la erosión hídrica y eólica, pero sobre todo para demostrar las ventajas y así fomentar la adopción de nuevas tecnologías por los agricultores (Uribe et al., 2002).

En los sistemas que ahorran energía se usan arados de cinceles que requieren menos tracción, generalmente un tractor capaz de tirar un arado de vertederas de

6 cuerpos, y 40 cm de ancho puede también tirar un cultivador de cobertura de rastrojo de 3.30 m. o mayor, a una velocidad igual o un poco mas rápido, de esta manera se puede trabajar mayor terreno en el mismo periodo de tiempo (Buckingham, 1976).

La función básica del arado de cincel ha cambiado poco desde la época en que los hombres primitivos empujaban palos de horquilla a través del suelo, hace miles de años. Las aleaciones de acero han reemplazado la madera y los tractores han reemplazado la fuerza muscular de hombres y animales, pero el propósito sigue siendo el de remover y airar el suelo con una inversión mínima (FAO, 2000)**.**

1.2. OBJETIVOS

- Determinar la demanda de tiro, potencia, eficiencia de laboreo, tamaño medio de agregados, consumo de combustible y capacidad de trabajo.

- Determinar la calidad de trabajo de subsuelos para labranza vertical con diferentes arreglos espaciales de los cuerpos de un cincel de labranza vertical.

1.3. HIPOTESIS

Es posible disminuir la resistencia especifica del suelo a la roturacion (kNm^{-2}), mediante arreglos espaciales óptimos de cuerpos de cada subsuelo.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. SISTEMAS DE LABRANZA VERTICAL

Los sistemas de labranza constituyen un elemento principal dentro de los sistemas agrícolas de producción, donde muchas de las actividades posteriores afectan de forma directa al cultivo ya establecido y que dependen en gran medida del sistema de labranza aplicado a la preparación del terreno (Martínez, 1999).

Dentro de los sistemas de labranza estan aquellos que hacen una remoción completa del suelo y en ocasiones una fragmentación excesiva de las partículas y no consideran la compactación del suelo, y que se conoce comúnmente como labranza tradicional. Por otro lado existe también el sistema de labranza de conservación, que se define como cualquier secuencia de labranzas que reduce las perdidas de suelo y agua, en comparación con las de labranza convencional (Lal, 1995).

La labranza vertical se refiere a un sistema donde toda la tierra está preparada con implementos que no invierten el suelo y causan poca compactación. Por lo tanto, el suelo queda normalmente con una buena cobertura de rastrojo de más de 30% sobre la superficie (FAO, 2000).

La labranza vertical es un sistema ventajoso en un amplio rango de tipos de suelo, inclusive en los que tienen problemas de drenaje y que son susceptibles a la compactación. La eficacia operativa del sistema de labranza vertical es más alta que la de labranza convencional, sobretodo debido a que el vibrocultivador trabaja con mayor velocidad y tiene mayor ancho de trabajo que la rastra de discos. Por consiguiente es posible preparar entre 50 hasta 80% más de superficie por día con labranza vertical, si se la compara con labranza convencional (Baber et al, 1993).

La principal característica de la labranza vertical es que utiliza brazos o flejes equipados con puntas en lugar de discos para aflojar el suelo sin invertirlo, dejando en la superficie una cobertura protectora formada por los residuos del cultivo anterior y por las malezas arrancadas (Baber et al, 1993).

Los implementos de labranza vertical causan poca compactación, es decir no forman una capa dura en el subsuelo (piso de arado) que limita la profundización de las raíces. En cambio los discos de labranza convencional ocasionan capas duras. Los implementos más comúnmente utilizados son el arado de cincel, la cultivadora de campo y el vibrocultivador (FAO, 2000).

Los arados de cincel son implementos en los sistemas de captación de humedad, cuyo diseño le permite penetrar en suelos firmes y romper capas compactas. La superficie se deja partida y abierta para atrapar y mantener el agua de la lluvia y resistir la erosión del viento. La experiencia ha demostrado que la tracción mínima de estas herramientas tales como los arados de cincel y los subsoladores, ocurre cuando el ángulo de elevación es de 20° entre la superficie de la herramienta y la horizontal. El desmenuzamiento ocurre con el menor esfuerzo cuando la herramienta esta aplicando fuerza de elevación, que cuando se corta horizontalmente o empuja verticalmente contra el suelo (Buckingham, 1984).

Las fuerzas que actúan sobre un cincel en el suelo dependen mucho de la forma y sobre todo del ángulo de ataque. Un ángulo de ataque agudo mejora la penetración y reduce la fuerza de tracción. Además mejora el efecto de la roturación y la mezcla del suelo porque lleva una parte del material del suelo de horizontes inferiores hacia arriba (FAO, 2000).

El cuerpo de un cincel corta verticalmente a través del suelo. El suelo se mueve hacia arriba y a lo largo de la curva del cincel y es detallado por la fuerzas de empuje hacia arriba. Los resultados del efecto de la vibración lateral (comienzan a ser pronunciados hacia la superficie) aflojan completamente la parte baja del suelo. Un aflojamiento y mezcla satisfactoria se asegura cuando el suelo se

encuentra relativamente seco, el cual es roto hacia arriba en forma perpendicular a la dirección del corte en un ángulo aproximado de 50° desde la superficie (Krause et al, 1984).

La movilización del suelo es causada por cizallamiento, donde las partículas se someten a compresión-tensión, situación en que el suelo se agrieta, y por deformación plástica, situación indeseada ya que el suelo sólo se deforma en la superficie de contacto con la herramienta, lo cual puede llevar a la compactación (Aluko y Seig, 2000).

Los subsoladores trabajan mejor en el suelo firme y en estado friable donde capas mas duras impiden la penetración adecuada de la humedad y el desarrollo de las raíces. La inclinación de los cuerpos y puntas del subsolador afectan a tracción, penetración, y fragmentación del suelo; cando los soportes se inclinan hacia adelante, levantan y fragmentan el suelo mejor que cuando están casi o totalmente verticales (Buckingham, 1984).

La subsolación se puede hacer solamente cuando el suelo está seco hasta ligeramente húmedo lo cual es más difícil en suelos arcillosos. La subsolación en el estado seco requiere mucha potencia y frecuentemente deja agregados y vacíos grandes entre ellos o sea, condiciones no favorables para la germinación y crecimiento inicial de las plántulas. La subsolación de suelos arcillosos en estado húmedo crea un hueco donde pasa la punta del subsolador sin aflojar el perfil o romper la capa compactada. (Ver Fig. 2.1.) que muestra la diferencia en el grado de aflojamiento del suelo con subsolador bajo condiciones húmedas y secas (Baber et al*.,* 1993).

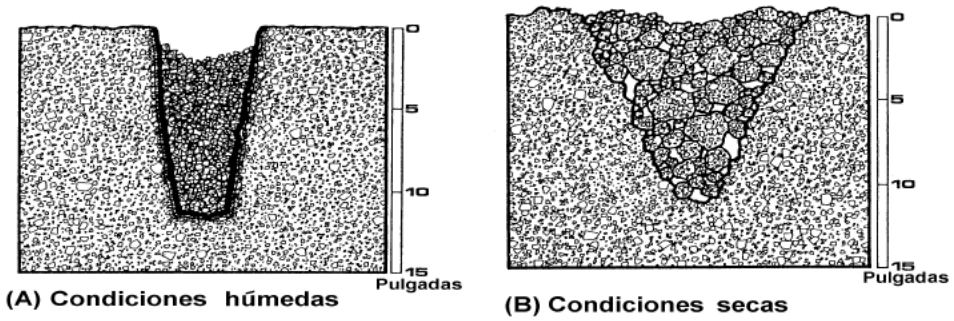


Fig. 2.1 Aflojamiento del suelo con subsolador bajo condiciones húmedas y secas.

Para cinceles existe una profundidad de trabajo crítica, en la cual no existe remoción lateral de suelo, y que ésta depende del ancho del implemento y de su ángulo de ataque, así como de la densidad y contenido de humedad del suelo. Para trabajar en profundidades mayores a la crítica, es recomendable el uso de aletas laterales en la punta del cincel, lo cual reduce también la resistencia específica, favorece el ancho de trabajo y la eficiencia de campo (McKyes, 1985).

El subsolador consta de tres o más brazos montados sobre una barra de herramientas. Los brazos deberían tener una inclinación vertical mayor de 25-30°, preferentemente de 45°, y es aconsejable que la altura sea regulable. (Ver Fig. 2.2. para ejemplos de los diferentes tipos de brazos). Las puntas de los brazos normalmente son de 1.5 pulgadas de ancho, y deben ser de fácil recalzado. La condición de la punta es muy importante y muchas veces la subsolación no da buenos resultados debido a la mala condición de las mismas (Baber et al, 1993).

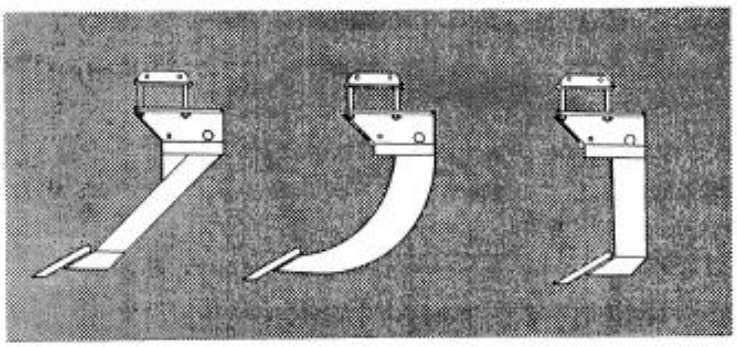


Fig. 2.2. Tipos de brazos del subsolador.

El número de brazos y el espaciamiento entre ellos dependerán de la potencia del tractor y de la profundidad de penetración deseada. Cuando el brazo del subsolador pasa a través del suelo, afloja un volumen de suelo que tiene una sección triangular (Fig. 2.3). El ancho del área de aflojamiento en la superficie se aproxima a la profundidad de penetración; para asegurar que la capa compactada esté bien aflojada, la profundidad de penetración de los brazos debería igualar 1.5 veces la profundidad del límite inferior de la capa compactada. Para asegurar una buena superposición del aflojamiento en la parte superior y en la parte inferior, el espaciamiento entre los brazos no debe ser mayor que la profundidad de trabajo. La potencia requerida por cada brazo varía con el estado de compactación del suelo, con el tipo de subsolador y especialmente con el estado de la punta. Por lo general se requieren 20-30 HP/brazo (Baber et al, 1993).

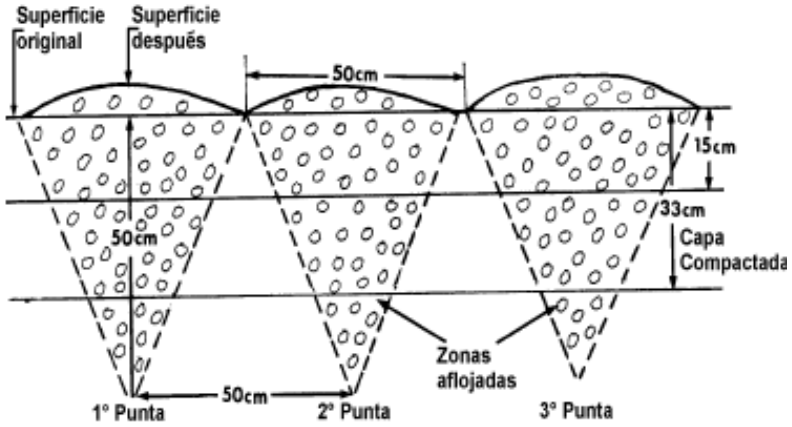


Fig. 2.3. Representación de las relaciones entre la profundidad de trabajo del subsolador, el ancho de aflojamiento, y el espaciamiento entre brazos.

2.2. EVALUACION DE IMPLEMENTOS DE LABRANZA

Es trascendental conocer los diferentes parámetros operativos de los implementos de labranza y su incidencia en el suelo con el fin de disminuir su impacto sobre el medio ambiente y especialmente sobre el suelo, con objeto de obtener cambios en la producción de los cultivos y mantener la calidad del suelo, he aquí la importancia de la evaluación de los implementos (Camacho et al, 2007).

El objetivo principal de las evaluaciones en los implementos es conocer los efectos que ocasionan los diferentes métodos de labranza sobre las propiedades físicas del suelo (densidad aparente, porosidad, resistencia a la penetración, entre otras) para saber los resultados favorables o no favorables mostrando efectos beneficiosos no beneficiosos para los cuales se ven reflejados directamente en el desarrollo del cultivo (Ohep et *a*l., 1998).

Una evaluación involucra la medición del comportamiento de una maquina bajo condiciones agrícolas reales; el propósito principal de obtener datos del comportamiento de un equipo es compararlo con el requerimiento para el cual fue

diseñado (Crossley y Kilgour 1983), ya que las pruebas realizadas sobre condiciones ideales a veces no permite conseguir datos directamente relevantes a las condiciones agrícolas y dada la gran variedad de condiciones de trabajo y niveles de sofisticación de los implementos agrícolas, se ha dificultado la compilación de procedimientos de prueba de estos (Smith y Sims, 1990).

En una comparación que hicieron (Cadena et al., 2004) la labranza vertical (multiarado y vibrocultivador) con la labranza convencional (arado de discos y rastra de discos) en términos de la calidad y consumo de energía que los implementos desarrollan al labrar el suelo. Consideran que la labranza vertical son de menor costo para la preparación del suelo; pues el multiarado puede sustituir al arado de discos (labranza primaria) y para la labranza secundaria el vibrocultivador a la rastra de discos puesto que realiza las mismas labores pero de una mejor calidad traducidos en menor consumo de combustible por área, reducción en la densidad aparente, un mayor ancho de trabajo, menor esfuerzo unitario y distribución energética, tamaño de agregados óptimos y una menor inversión del suelo.

Chichester et al. (1985) evaluando sistemas de fertilización localizada mediante combinaciones de discos y cinceles, a velocidades de 4; 7; y 10 km h^{-1}, encontraron que la mayor remoción de suelo se presentó a una velocidad de 7 km h^{-1}, siendo tres veces mayor a 0,10 m de profundidad que a 0,05 m. Sin embargo, otros autores encontraron que la remoción del suelo y la fuerza horizontal son poco afectadas por variaciones de la velocidad, principalmente dentro del intervalo de operación en que normalmente se utilizan los cinceles y subsoladores (Lanças y Benez, 1988; Coelho, 1998; Rahman y Chen, 2001). Spoor y Godwin (1978) afirmaron que la movilización del suelo depende de la profundidad de trabajo, del tamaño del cincel (largo y ancho), además de la humedad y densidad del suelo.

La combinación de discos dobles y de cinceles escarificadores, se presentan como alternativas para prácticas de cultivo, ya que el comportamiento de la fuerza vertical facilitaría el corte de residuos en la superficie, además de permitir el manejo de capas compactadas a una mayor profundidad sin aumentar los requerimientos de potencia (Camacho y Magalhães, 2002).

Al evaluar 3 implementos de labranza primaria en sus resultados muestran que el arado de cincel rígido es energéticamente más eficiente para preparar el suelo, con una resistencia específica baja y una mayor área transversal de suelo disturbado (Camacho y Rodríguez, 2007).

Al estudiar diferentes conformaciones de herramientas de labranza profunda, determinaron un incremento del 47% de la área disturbada al agregar alas en la parte inferior de un subsolador convencional, y un incremento de sólo 17% de la área disturbada al trabajar con un subsolador convencional sin alas combinado con método previo de dientes rígidos y encontraron menor densidad aparente del suelo que la lograda con el equipo con alas (Di Prinzio et al. 1997).

2.3. MEDICION DE FUERZA Y ENERGIA.

Para desarrollar tecnología de implementos que cada vez demanden una menor fuerza de las fuentes de potencia, es necesario estudiar ahora en forma integral todos los factores que se conoce influyen en la mencionada demanda. Entre los factores que inciden para que una herramienta de labranza requiera una menor o mayor fuerza de arrastre están, la humedad en el suelo al momento de la labor, el ángulo de inclinación entre la punta de la herramienta y el plano horizontal del suelo, el filo de la punta, el tipo de suelo, la profundidad y la velocidad de trabajo así como la geometría de las partes y aditamentos del implemento y la configuración cuando se trata de una combinación de

herramientas como en la siembra directa (Spoor y Godwin 1990, Fielke 1996, Tong y Ballel 2006, Godwin y O`Dogherty, 2007).

El estudio de la demanda de energía en las operaciones requeridas por los cultivos, es una herramienta de planeación al considerar el costo-beneficio de cada uno, en este aspecto estudios del costo de la labranza basado en energía requerida es muy importante pues se puede determinar cuál es la más eficiente combinación entre tractor implemento (Serrano et al 2007).

El contenido de agua del suelo afecta los requerimientos de fuerza de tracción, el área de suelo disturbada, la profundidad de trabajo, el ancho de trabajo y la resistencia específica para todos los implementos estudiados (Camacho y Rodríguez, 2007).

La humedad del suelo es un factor que incide directamente en la fuerza de tracción y requerimiento de potencia en la preparación del suelo. Suelos secos presentan agregados con alta cohesión, siendo más alta en suelos arcillosos, requiriendo mayor fuerza de tracción para ser disturbados. La cohesión disminuye a medida que el contenido de agua aumenta, aumentando entonces la adhesión de las partículas del suelo sobre la superficie de la herramienta y afectando la fuerza de tracción (Mouazen y Ramón, 2002).

La evaluación energética es un procedimiento de análisis que consiste en la identificación y medida de las cantidades de energía asociada a los productos y equipos que intervienen en la producción de un determinado bien (Chapman, 1974) y (Pimentel, 1980).

2.4. PROTOCOLOS PARA EVALUAR IMPLEMENTOS

Etimológicamente, “protocolo” viene del latín y antes del griego con el significado de hoja que se pegaba en un documento para darle autenticidad, propiamente “lo pegado en primer lugar”. El protocolo crea realidad; es el producto de un discurso que define y evalúa solo lo que se propone evaluar.

Actualmente existen varios protocolos de evaluación de implementos de labranza que han sido desarrollados por investigadores de distintos países entre los que se encuentran Gran Bretaña, Estados Unidos de Norteamérica y Cuba.

El primer protocolo generado en el año de 1990, lleva por nombre Evaluación Técnica de Equipos para Pequeños Productores llevadas a cavo en un taller teórico – practico ofrecido en el Campo Experimental de Cotaxtla, Veracruz, México aprobado por el PROGRAMA DE COOPERACION TECNICA México – Gran Bretaña (1990).

Este protocolo establece las especificaciones mínimas de calidad y el método de prueba general para evaluar el funcionamiento, durabilidad, comportamiento, adaptabilidad, facilidad y seguridad de operación de los equipos que comprende la labranza primaria y labranza secundaria, así también, las sembradoras y plantadoras, aspersoras (de mochila y de campo), fertilizadoras (de ancho completo y centrifugas), trilladoras y desgranadoras, bombas (manuales y motorizadas); no obstante, a partir de esta fecha dio inicio la generación mas estructural de las normas para evaluación de equipos en el área de mecanización agrícola en nuestro país.

La propuesta de procedimiento para evaluar los implementos de labranza vertical planteado por el Comité Técnico Nacional de Normalización de Maquinaria, Accesorios y Equipo Agrícola (COTENMAEA) es adecuada

parcialmente por que a través de su evaluación se obtienen resultados favorables que los caracteriza como tal para su optimo desempeño como implemento de labranza vertical (Morales, 2009).

El Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA) fue creado en marzo de 1999 bajo un acuerdo de cooperación técnica entre los gobiernos de México y Japón, con el objetivo de coadyudar al desarrollo y extensión del uso de maquinaria agrícola adecuada y segura para pequeños y medianos productores. Para lograr lo anterior se pretende fortalecer el sistema de pruebas y evaluación aunado al mejoramiento de la técnica para la conducción de pruebas de maquinaria agrícola. Para lograr esto se ha implementado una estrategia que involucra a usuarios, fabricantes, distribuidores, importadores de maquinaria agrícola, así como investigadores, académicos, diseñadores y en general todos los sectores de interés en el desarrollo tecnológico de la maquinaria agrícola (Aragón et al, 2000).

Actualmente ya se cuenta en México con la aprobación de dos protocolos que son: el de sembradoras y aspersoras, y algunos otros se encuentran en proceso como lo son el de arados y rastras. Cabe mencionar que el CENEMA ha elaborado un proyecto de norma (Prueba y Evaluación de Arados) el cual contempla los siguientes aspectos:

1. Generalidades
2. Objetivos
3. Alcance de la aplicación de la norma
4. Definiciones
5. Metodología para la prueba y evaluación de arado
    a. Ítem de la evaluación
    b. Estudio técnico de la estructura
    c. Evaluación en campo
    d. Condiciones de la parcela de prueba

e. Prueba de ajuste
f. Evaluación de funcionamiento
g. Fuente de potencia
h. Estudio de seguridad y maniobrabilidad
i. En el laboratorio
j. Durante la operación en campo
k. Prueba continua
l. Condiciones de la prueba
m. Tiempos de la prueba
n. Procedimiento de la prueba
o. Estudio mediante el desarme

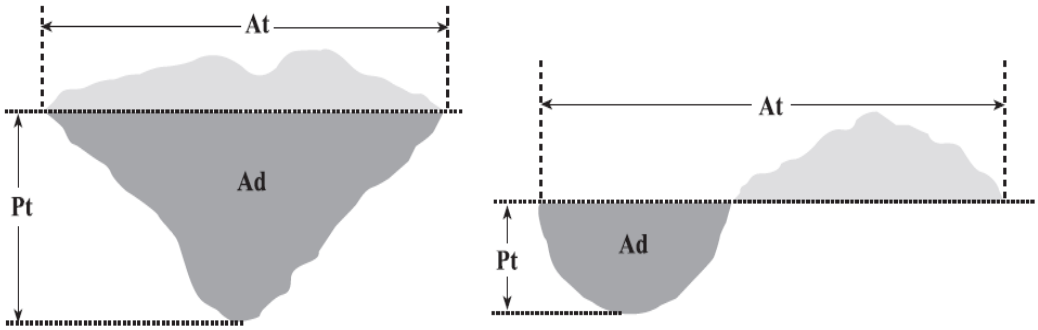
Todo esto aunado a un conjunto de normas mexicanas (NOM-NMX) ayudan a una mejor evaluación del implemento (CENEMA, 2002).

2.5. CALCULO DE ENERGIA Y CALIDAD DE TRABAJO EN LA LABRANZA

La producción agrícola depende en gran medida del consumo de energía, específicamente en las labores agrícolas como es el caso de la preparación de suelo y, dentro de ella, su proceso fundamental: la aradura o rotura que representa un consumo cerca del 30 al 35% de los costos de producción y aproximadamente el 40% de los gastos energéticos de los trabajos agrícolas, por lo que la aradura debe realizarse con la máxima calidad, con un estricto cumplimiento de las exigencias agrotécnicas y con el propósito de optimizar los gastos económicos y energéticos, debido a su gran influencia en los rendimientos y los costos de producción (Gonzalez et al, 2009).

Es importante conocer diferentes parámetros operativos de los implementos de labranza y su incidencia en el suelo.

Antes de realizar las pruebas en campo, se establece el Índice de Cono (IC) con el fin de determinar la resistencia a la penetración del suelo en cada lote de ensayo, para posteriormente determinar el Área de suelo Disturbada (Ad), el Ancho de Trabajo (At), la Profundidad de Trabajo (Pt), considerados de acuerdo con la Fig. 2.4. y determinados mediante un perfilómetro de 30 varillas, distanciadas 50 mm entre una y otra. (Camacho y Rodríguez, 2007).



Ad= área disturbada; At= ancho de trabajo; Pt= profundidad de trabajo.

Fig. 2.4. Área típica de suelo disturbado con arado de cincel (izquierda) y arado de discos (derecha).

La menor área disturbada se presentó con el cincel vibratorio y el disco, los cuales no difirieron estadísticamente para un mismo contenido de agua del suelo, pero al comparar estos implementos con el cincel rígido, se observó que son estadísticamente diferentes y que el cincel rígido presenta la mayor área disturbada para todas las condiciones de contenido de agua del suelo y velocidades de operación evaluadas.

Considerando el ángulo de ataque de los cinceles, (Wildman et al. 1978) encontraron que la movilización del suelo fue mayor cuando el ángulo de ataque fue de 0,436 rad. (Chaudhuri 2001) concluyó que el incremento del ángulo de ataque en un cincel aumenta los requerimientos de fuerza horizontal, y que los valores más bajos de este parámetro se presentan cuando el ángulo de ataque está entre 0,436 y 0,524 rad.

La combinación de discos dobles y de cinceles escarificadores, se presentan como alternativas para prácticas de cultivo, ya que el comportamiento de la fuerza vertical facilitaría el corte de residuos en la superficie, además de permitir el manejo de capas compactadas a una mayor profundidad sin aumentar los requerimientos de potencia (Camacho y Magalhães, 2002).

Lickso y Harrison (1988) y Campos (1995) describieron la necesidad de un sistema de alta velocidad de muestreo para la reproducción de la fuerza de reacción del suelo, que incluye transductores de magnitudes de fuerzas y su localización, acondicionadores de señales y convertidores analógicos digitales. El anterior sistema permite reproducir en términos de energía lo que está sucediendo en la interacción suelo -herramienta.

Ashraf y Kushwaha (2003) realizaron una extensa revisión de modelos que tratan de predecir las fuerzas que requieren los implementos de labranza considerando una gran cantidad de factores, sin embargo al igual que (Tong y Ballel, 2006) señalan que se deben hacer mediciones o cuantificaciones en campo para validar los modelos y/o verificar su confiabilidad para realizar aplicaciones en condiciones particulares.

La Fig. 2.5. muestra la relación entre el consumo de combustible y la potencia entregada por el tractor en laboratorio. Una relación polinomial de segundo orden predice la potencia a la toma de fuerza obtenida con el consumo de combustible. La relación está representada por y = -15.8 + 9.6x – 0.5x2 con un coeficiente r^2 = 0.99 para una velocidad del motor de 1500 rpm y por y = -20.3 + 11x – 0.6x2 con un coeficiente r^2 = 0.99 para una velocidad de 1600 rpm. Estas relaciones se utilizaron para calcular la potencia total entregada por el tractor en campo de acuerdo con el consumo de combustible, como se describió anteriormente (Cadena et al, 2003).

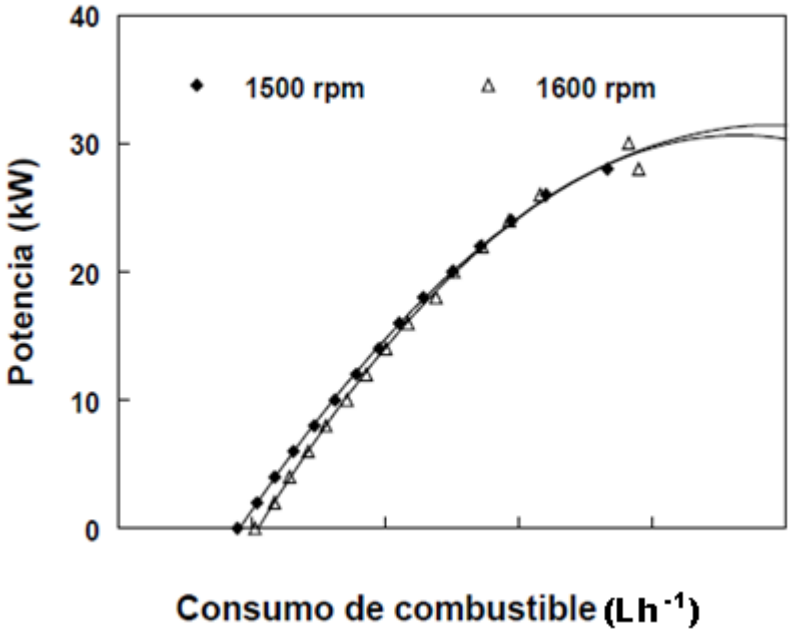


Fig. 2.5. Relación entre el consumo de combustible y la potencia entregada por el tractor en laboratorio.

Mojica (2000) describe que un transductor es un dispositivo que ha sido diseñado para reaccionar ante un estimulo 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) desarrollo dos transductores empleando galgas extenciometricas (transferencia de peso y de tiro) capaces de medir la fuerza requerida al evaluar diferentes implementos con un sistema de adquisición de datos en tiempo real el cual podía graficar el comportamiento de las fuerzas durante la labor (Fig. 2.6.) para interpretarlas y analizarlas para llegar a un cuadro de resultados de la prueba Cuadro (2.1.).

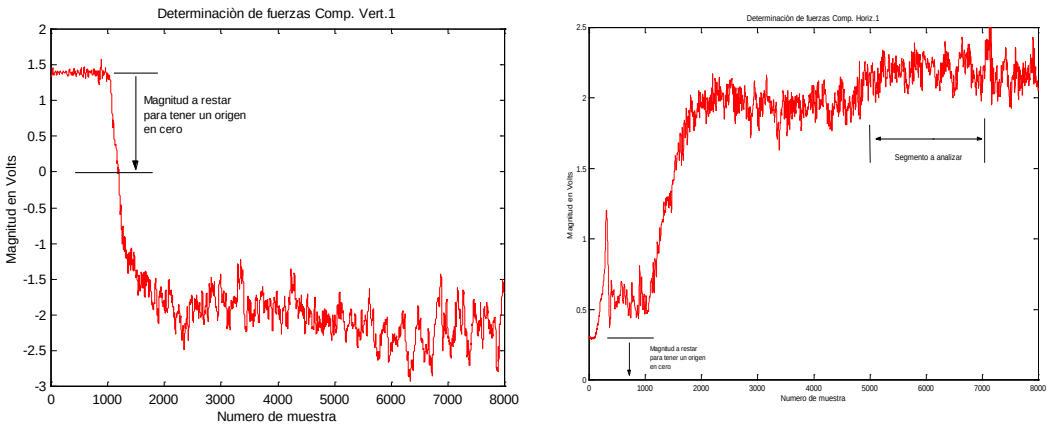


Fig. 2.6. Representación gráfica de la transferencia de peso y fuerza de tiro respectivamente.

Cuadro 2.1. Resultados de fuerzas de tiro y transferencia de peso:

Implementos	Prof. (cm)	Fuerza de tiro (KN)	Prof. (cm)	Transferencia de peso (KN)
Arado	30	16.8826	30	23.2147
Multiarado (1cuerpo)	17	22.0602	34	30.8251
Multiarado (2 cuerpos)	15	23.5965	21	38.5213
Rastra	-	5.387	-	17.046
Cultivadora	-	4.76	-	4.837
vibrocultivador	-	9.845	-	16.458

Fuente: Hinojosa, 2003

Dentro de las investigaciones realizadas por (Garner et al. 1988) con pruebas realizadas con un dinamómetro integrado al tractor tirando de un arado de cinceles, determinaron las magnitudes de las fuerzas y momentos a 30 y 43 cm. de profundidad mostradas en la Cuadro (2.2.).

Cuadro 2.2. Datos de fuerzas y momentos, realizadas con dinamómetro de enganche a los tres puntos del tractor.

Profundidad	Fuerza de tiro (KN)	Fuerza Y (KN)	Momento (KN – m)
0.3 m	14. 3	- 3.175	7.805
0.43 m	27.675	- 9.125	15.99

Fuente: Garner *et al*. (1988)

Para el análisis de las fuerzas horizontal (F_h) y vertical (F_v) (Camacho y Magalhães, 2002), utilizaron un anillo octogonal extendido, diseñado y construido por (Magalhães y Souza, 1990), cuyas características estáticas de trabajo fueron: fuerza horizontal máxima de 19,6 kN; fuerza vertical máxima de 7,84 kN y un momento máximo de 13,05 kNm; error total combinado para comprensión de 1,4% para la fuerza horizontal y de 2,08% para la fuerza vertical. Este anillo octogonal consta de ocho extensiómetros (strain gauge) y la medición de las fuerzas se realiza en forma indirecta a través del momento resultante que actúa sobre el anillo octogonal, considerando que tanto las fuerzas horizontal y vertical actúan en un punto dado de la herramienta, como se observa en la Fig. 2.7.

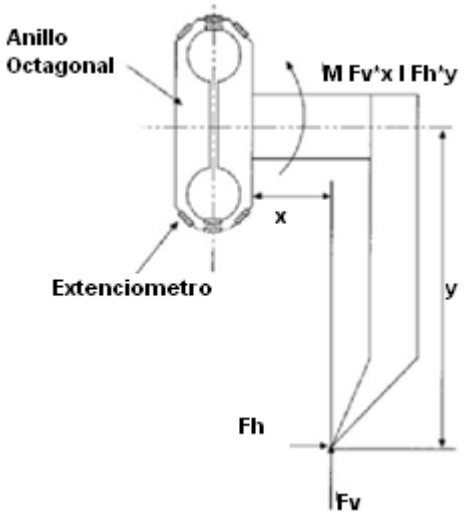


Fig. 2.7. Disposición del anillo octogonal para la medición de fuerzas en herramientas.

Este anillo octogonal se encontraba conectado al acondicionador de señales (Spider8, Hottinger Baldwin, Messtechnik, Dinamarca), para realizar la adquisición de datos a una tasa de 400 Hz. Para el cálculo del área disturbada (A_m) y de la profundidad de trabajo (P_t), se utilizó un perfilómetro de 80 varillas, distanciadas 10 mm entre sí, realizando las lecturas después de cada ensayo (Fig. 9). La resistencia específica (R_E), definida como fuerza media horizontal por unidad de área de suelo disturbado, fue determinada con los datos obtenidos para cada tratamiento. Los ensayos fueron realizados a una velocidad aproximada de 0,5 m s^{-1}.



Fig. 2.8. Esquema del perfilómetro para determinar el área disturbada por las herramientas.

En el Cuadro (2.3.) se muestran los resultados medios obtenidos para los parámetros evaluados en cada tratamiento del estudio realizado por (Camacho y Magalhães, 2002).

Cuadro 2.3. Comparación de medias de los parámetros estudiados. Ensayo discos dobles y cinceles.

Tratamiento	Parámetro				
	F_h, kN	F_v, kN	A_m, m^2	P_t, m	R_E, kPa
Dd	0,73 d	1,17 a	0,0046 c	0,078 c	166,39 a
Cc	1,30 cd	-0,99 bc	0,0385ab	0,200 b	34,06 b
Ce	2,35 ab	-1,69 cd	0,0545 a	0,266 a	44,50 b
DdCc	1,83 bc	0,45 a	0,0290 b	0,184 b	67,87 b
DdCe	2,09 abc	0,05 ab	0,0515 a	0,281 a	41,61 b
DdCcCe	2,39 ab	-0,03 ab	0,0491 a	0,288 a	49,18 b
CcCe	2,99 a	-2,82 d	0,0473 a	0,276 a	64,02 b
CV, %	21,3	-98,9	19,3	10,9	38,3

Valores seguidos de letras distintas en cada columna indican diferencias significativas, según prueba de Tukey ($P < 0,05$). **Dd:** disco doble; **Cc:** cincel corto; **Ce:** cincel escarificador; **DdCc:** disco doble y cincel corto; **DdCe:** disco doble y cincel escarificador; **DdCcCe:** disco doble, cincel corto y cincel escarificador; **CcCe:** cincel corto y cincel escarificador. ; **F_h:** fuerza horizontal; **F_v:** fuerza vertical; **A_m:** área disturbada; **P_t:** Profundidad de trabajo; **R_E:** resistencia específica. ; **CV:** coeficiente de variación.

El área disturbada se incrementa con la incorporación de rejas aladas en la parte inferior de un subsolador combinado, sin aumentar el consumo de combustible de la labor (Di Prinzio et al. 2001).

La disposición de las alas en la parte inferior del subsolador, o el uso de dientes de acción superficial ubicados delante del mismo, incrementan la remoción del

suelo especialmente en profundidad, reduce el coeficiente de labranza e incrementa la profundidad crítica, permitiendo un mejor reacomodamiento de las partículas del suelo (Spoor y Godwin, 1978).

La incorporación de cuerpos someros al frente y profundos atrás con alas hacen que el ancho de trabajo y la calidad de labor así como el tamaño de agregados sean mayores que en cinceles rígidos normales (Spoor y Godwin, 1978).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL SITIO EXPERIMENTAL

Las evaluaciones se realizaron dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en la ex – hacienda de Buenavista, localizado a 7 km al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, sobre la carretera 54 (Saltillo – Zacatecas). Cuyas coordenadas geográficas son 100° 59´ 57" longitud oeste y 25° 23´ 42" latitud norte, con una altura sobre el nivel del mar de 1743 metros. La región tiene un clima templado, con verano caliente e invierno frio, con una temperatura media anual de 19.8°C y una precipitación anual promedio de 417 mm. La evaporación media anual oscila entre los 1956 mm. los vientos predominantes tienen una dirección noreste, con velocidades de 22.5 kmh^{-1}. (Gonzales, 1999).

3.2. DATOS GENERALES DE LOS IMPLEMENTOS A EVALUAR.

Los implementos evaluados son de tipo integral marca "BISON" de la empresa TECNOMEC AGRICOLA (ubicada en Aguascalientes), modelos: MCC-3/5/7, SB-5/3 y SVH-9/5 (fig. 3.1) con sus respectivos timones. Los datos de dimensiones se muestran en el anexo (A 1).



Fig. 3.1 Cinceles BISON MCC-3/5/7, SB-5/3 y SVH-9/5 respectivamente.

Además de los cinceles antes mencionados se evaluó un rediseño del implemento MCC-3/5/7 (fig. 3.2) hecho por la misma empresa.

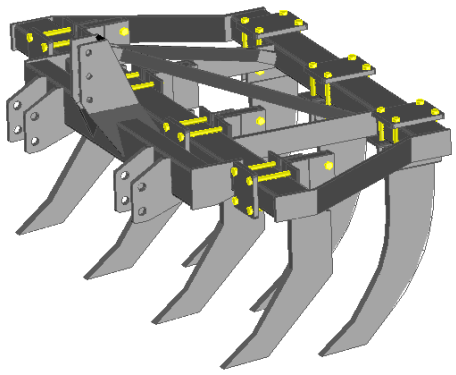


Fig. 3.2. Propuesta de rediseño del implemento MCC-3/5/7 para tener cuerpos frontales someros.

Además del marco del implemento, también se rediseñaron unos cajones para portar los timones delanteros (Fig. 3.3), esto con el fin de hacerlos ajustables para evaluarlos a diferentes profundidades.

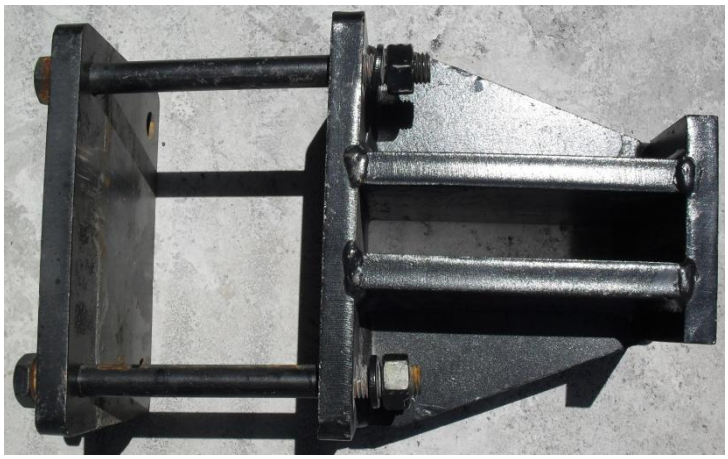


Fig. 3.3. Rediseño del cajón para portar timones delanteros.

3.3. CARACTERISTICAS DE LOS TRACTORES EMPLEADOS

Para la evaluación de los implementos se utilizaron 2 tractores de las marcas John Deere 6403 y New Holland 6810 (Fig. 3.4) cada uno con una potencia de 106 y 95 hp respectivamente, este último con tracción doble.



Fig. 3.4. Tractor New Holland acondicionado con el equipo de adquisición de datos.

Cada uno se acondiciono para montar el sistema de adquisición de datos y computadora. Quedando mejor acondicionado el tractor John Deere (Fig. 3.5).



Fig. 3.5. Acondicionamiento del tractor John Deere 6403.

3.4. CARACTERISTICAS DE LOS SENSORES.

Para las evaluaciones se utilizaron tres sensores diferentes uno de tiro, uno de Anillo y uno más de octagonal extendido. El sensor de tiro tiene una capacidad de 45 kN y se utilizo para determinar la fuerza de tiro que necesita el tractor para jalar el implemento en el laboreo. El sensor de Anillo con capacidad de 5 kN se utilizo en el Penetrometro y también como báscula para pesar los agregados salientes de la labor del cincel. El sensor de octagonal extendido con capacidad de 80 kN, se utilizo para medir las fuerzas que actúan en el implemento acoplado directamente en el tractor.

3.5. GENERALIDADES CONSIDERADAS ANTES DE LA LABOR.

3.5.1. Preparación de la evaluación

Para la preparación de la evaluación se elige primero el terreno sobre el cual se trabajara, los instrumentos y las herramientas necesarias para dicha actividad. Los terrenos se encuentran en diferentes puntos dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en total fueron 4 parcelas elegidas para las evaluaciones. Estas contaron con por lo menos 25 m de largo para que el implemento haga la labor. Los instrumentos a utilizar fueron acondicionados para su buen funcionamiento en campo tal es el caso del equipo para la obtención de datos, computadora, sensores, tamices, basculas, perfilometro y penetrometro.

Otras variables que se prepararon antes de las evaluaciones fueron los arreglos de distancias entre cuerpos del cincel así como el número de timones con los que se hicieron las evaluaciones Cuadro (3.1).

Cuadro 3.1. Diseño de arreglos entre espacio de timones para cada cincel.

EQUIPO VS ARREGLO	7 SUBSUELOS	5 SUBSUELOS	3 SUBSUELOS	1 SUBSUELO
SVH95		50X50 38X38	38X38	
MCC3-5-7	30X30	50X50 30X30	30X30	
SB5-3		50X50 30X30	30X30 70X70	
MCC 3/5/7 (REDISEÑADO)			26X26 (P1) 26X26 (P2)	---------- (P1)

P1= subsuelos a 0.40m; P2= 2 subsuelos a 0.30m y 1 a 0.40m.

3.5.2. Calibración de los sensores

Las calibraciones se realizaron con el fin de encontrar la constante de calibración, la cual nos sirve para transformar los datos de Voltaje a Newtons. La calibración de los sensores se efectuó sometiendo estos a tensión a través de unos contrapesos que se colocaban y se retiraban uno a uno, graficando el comportamiento de las fuerzas que actuaban en estos. (Fig. 3.6.).



Fig. 3.6. Calibración de los sensores a través de contrapesos.

En el caso del sensor de tiro se realizaron unas pruebas en pista para determinar el consumo de energía del tractor al tirar del otro sin implemento (fig. 3.7).



Fig. 3.7. Prueba en pista del sensor de tiro para su calibración.

Para el sensor octagonal extendido se tuvo que acoplar al tractor y el implemento al sensor, para después someter los timones del implemento a fuerzas horizontales y verticales con ayuda de los contrapesos (Fig. 3.8) con el fin de simular las fuerzas que actúan en el suelo.



Fig. 3.8. Calibración de sensor de anillo octagonal extendido.

3.5.3. Estudio de las condiciones de campo.

Los terrenos elegidos deberán ser caracterizados, en términos de resistencia a la penetración, humedad de suelo y textura. Lo anterior para obtener una referencia y así explicar los resultados que se obtienen de ello, realizando comparaciones entre parámetros y variables consideradas.

3.5.3.1. Porcentaje de humedad del suelo.

Se utilizo el método gravimétrico, el principio de este método se basa en la determinación de la masa de agua contenida en la masa de sólidos de una muestra de suelo, este método se considera estándar o de referencia, pues con el se mide directamente el contenido de humedad del suelo, el cual se calcula por medio de la siguiente formula:

$$\mathrm{pw} = \left[\frac{\mathrm{PSH} - \mathrm{PSS}}{\mathrm{PSS}}\right] 100$$

Donde:

Pw= Contenido de humedad (%)

PSH= Peso del suelo húmedo (g)

PSS= Peso del suelo seco (g)

Se tomaron muestras representativas (Fig. 3.9) de 100 a 150 gramos, a las profundidades de trabajo del cincel, se llevan a laboratorio y se pesaron (PSH), para después meterlos a la estufa en la cual permanecerán 24 horas a una temperatura de 105 °C. pasado este tiempo se retiraron las muestras y se pesan nuevamente obteniéndose así el peso del suelo seco (PSS).



Fig. 3.9. Muestras de suelo.

3.5.3.2. Medición de la textura.

La textura se refiere al porcentaje de arena, limo y arcilla que integran el suelo; es una característica muy importante que afecta a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Para la determinación de la textura del suelo se empleo el análisis mecánico con el método del hidrómetro (Bouyoucos). Se tomaron muestras de suelo en diferentes puntos del terreno y se llevaron al laboratorio para su análisis.

3.5.3.3. Determinación de la resistencia a la penetración.

El cálculo del índice de cono, con un área perimetral de 0.0008712 m^2, se midió usando un Penetrometro conectado a un dinamómetro, el cual, a su vez estaba conectado al sistema de adquisición de datos y éste a la computadora como se muestra en la Fig. 3.10.

Estas mediciones se llevaron a cabo en diferentes puntos de a lo largo y ancho de cada una de las parcelas en intervalos de 5 y 10 cm.



Fig. 3.10. Determinación de la resistencia a la penetración del suelo.

3.5.3.4. Determinación de la distancia a trabajar.

Antes de meter el implemento a la labor se midió la distancia a trabajar (50 o 25 m) según era el caso, en cada extremo se metió el implemento para aflojar el terreno y poder hacer la penetración del implemento más fácil durante el inicio de la evaluación (Fig. 3.11).



Fig. 3.11. Determinación del largo a trabajar.

3.6. VARIABLES CONSIDERADAS DURANTE LA LABOR.

3.6.1. Consumo de combustible.

La medición del consumo de combustible se realizo mediante un sistema electrónico construido por (González, 2008), que consiste en un par de medidores de flujo y sensores que determinan el flujo de entrada y retorno del motor calculando así el consumo de combustible durante la labor (Fig. 3.12).

Después de algunas corridas se presentaron algunos problemas en el diseño anterior por lo que se tuvo que medir el combustible a través de una probeta.



Fig. 3.12. Sistema para medir consumo de combustible.

Para calcular los litros consumidos por hectárea es cuestión de realizar una sencilla conversión utilizando los ml. por área trabajada.

3.6.2. Velocidad de avance.

La velocidad de avance se calculo tomando el tiempo (cronometro) que tarda el tractor en recorrer la distancia especificada de trabajo (25 o 50m), esto también nos sirvió para determinar el número aproximado de datos por segundo a obtener en la corrida (Fig. 3.13).

Para calcular la velocidad de avance se utilizo la siguiente fórmula:

$$V = \frac{d}{t}$$

Donde:

V= Velocidad de avance (ms^{-1})

d= Distancia recorrida por el tractor (m)

t= Tiempo en recorrer la distancia especificada (s)



Fig. 3.13. Medición de la velocidad de avance.

3.6.3. Determinación de la fuerza de tiro requerido por el implemento

La determinación de la fuerza de tiro o potencia necesaria para la labor, fue medida con el dinamómetro con capacidad de 45 kN, el cual fue sometido a tensión al enganchar un tractor (John Deere) con el implemento trabajando para ser jalado por el otro (New Holland), en el cual estaba montado el equipo de adquisición de datos y la computadora como se muestra en la Fig.3.14.



Fig. 3.14. Medición de la fuerza de tiro.

Para el caso del implemento rediseñado, se evaluó con otro tipo de sensores (octagonal extendido), para este caso solo se utilizó el tractor John Deere puesto que los sensores son integrales, y a este se integra el implemento como se ve en la Fig. 3.15. Cabe mencionar que solo se tomo lectura con un solo octagonal y la transferencia de peso puesto que el otro octagonal tendrá las mismas lecturas.



Fig. 3.15. Medición de la fuerza a través del sensor octagonal.

Para todos los sensores utilizados se utilizo el mismo sistema para la adquisición de datos similar al utilizado por (Hinojosa, 2003) (Fig. 3.16).

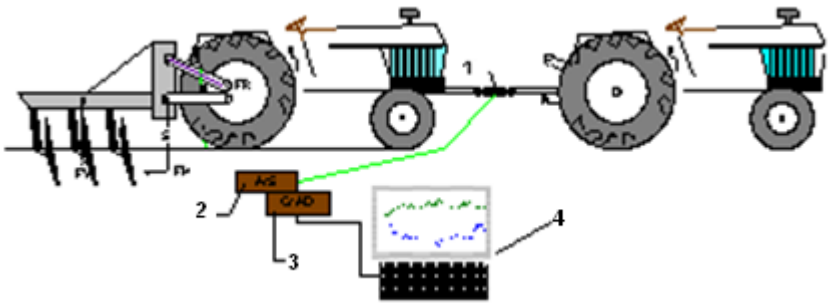


Fig. 3.16. Sistema de adquisición de datos.

1.- Transductor: convierte una fuerza física en una señal eléctrica y de su funcionamiento depende la reproducción de la señal analógica (dinamómetro de tiro, anillo de penetrometro, dinamómetro de transferencia de peso, octagonales extendidos).

2.- Amplificador- acondicionador: amplifica la señal del transductor y proporciona una salida estandarizada de voltaje para así poder enviarla al convertidor analógico digital (DBK-16 con dos canales y un DBK-43A con 8 canales ambos de IOtech, inc.) este ultimo utilizado solo en los sensores octagonales.

3.- Convertidor analógico digital: es un modulo 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 (Daq Book 200 de IOtech, inc).

4.- Computadora. Los software utilizados para el procesamiento de los datos fueron: **Daq View:** Este software se utiliza para la obtención de los datos en el momento de la prueba y los guarda en la computadora y **MatLab:** Utilizando el programa “análisis” que contiene la transformada de Fourier se obtiene el análisis espectral de los datos.

3.7. VARIABLES CONSIDERADAS DESPUES DE LA LABOR

3.7.1. Tamaño medio de agregados.

El grado de pulverización de los terrones está estrechamente relacionado con la humedad, resistencia a la penetración y resistencia al corte y nos ayuda a determinar la calidad de trabajo en todo el implemento de labranza. Para los equipos de labranza vertical, nos indica el nivel de roturación del suelo.

Esta actividad se realizo después del paso del implemento con una serie de tamices (100, 75, 50, 12.5 y <12.5 mm respectivamente) los sitios de muestreo se seleccionaron al azar considerando 3 muestras por corrida, en un espacio de 50 cm se extrajo todo el suelo removido por el paso del cincel hasta la parte donde logro penetrar el implemento, para después ponerlo dentro de los tamices que fueron apilados del diámetro más grande al más pequeño, los terrones de cada tamiz se pesaron para después aplicar la ecuación propuesta por Maza en el 2003 y sacar el diámetro medio de agregados (Fig. 3.17).



Fig. 3.17. Medición del tamaño medio de agregados.

El tamaño medio de agregados se calculo por medio de la siguiente ecuación propuesto por (Maza, 2003).

$$D = \frac{5(21k + 16h + 8d + 5c + 3b + a)}{w}$$

Donde:

D= diámetro medio de agregados (mm)

w= masa total de la muestra (kg)

k= peso de los agregados con diámetro >100 mm

h= peso de los agregados con diámetro de 75 a 99 mm

d= peso de los agregados con diámetro de 50 a 74 mm

c= peso de los agregados con diámetro de 25 a 49 mm

b= peso de los agregados con diámetro 12.5 a 24 mm

a= peso de los agregados con diámetro <12.5 mm

3.7.2. Determinación del área disturbada.

La medición del área disturbada se llevo a cabo con un perfilometro de 20 varillas con una separación de 10 cm entre ellas el cual se colocaba después de sacar el suelo disturbado por el implemento tratando de cubrir todo el ancho de trabajo ver (Fig. 3.18). Con una cinta métrica se toma lectura de cada una de las varillas por todo el ancho de trabajo para su interpretación correspondiente en Excel.



Fig. 3.18. Medición del área disturbada.

3.7.3. Ancho de trabajo.

El ancho de trabajo se midió durante la obtención del perfil con una cinta métrica, se tomaba la distancia de todo lo ancho en el cual había pasado el implemento, estas medidas fueron tomadas en todas las muestras para posteriormente sacar un promedio de todas las corridas del mismo arreglo (Fig. 3.19). También el ancho de trabajo nos sirvió para calcular el consumo de combustible por hectárea.



Fig. 3.19. Medición del ancho de trabajo.

3.7.4. Profundidad de trabajo.

La profundidad de trabajo se determino a través de las graficas del perfil puesto que los implementos enterraban hasta donde el suelo y la potencia del tractor lo permitían. Para el implemento rediseñado se midió antes de la prueba la profundidad de trabajo ya que teníamos que manejar dos profundidades diferentes con el mismo arreglo, para esto se excavo un hoyo en el suelo y se tomo la distancia entre el nivel de la superficie y la profundidad del hoyo hasta tener una profundidad de 0.40 m para poner una marca en la palanca del levante hidráulico y que el implemento no bajara mas de esta profundidad (Fig. 3.20).



Fig. 3.20. Medición de la profundidad de trabajo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VARIABLES TOMADAS ANTES DE LA LABOR

Calibración de los sensores. La calibración del dinamómetro de tiro, de Anillo, y del dinamómetro para transferencia de peso se realizaron con el mismo método, graficando y sacando promedios en los datos estabilizados (Fig. 4.1).

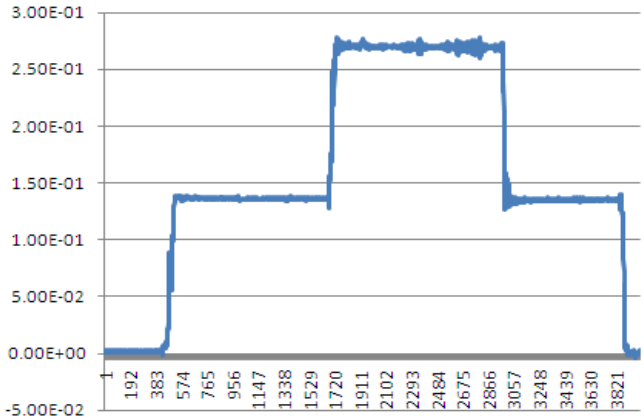


Fig. 4.1. Comportamiento en la calibración de los sensores.

Después del análisis de los datos obtenidos en las graficas se obtuvieron las siguientes constantes de calibración (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Constantes de calibración de los sensores.

SENSOR	CONSTANTE (Nmv^{-1})
Tiro	11.8
Ring	2.44 y 1.845a
Transferencia de peso	9.647
Octagonal	Fx= 42.56 y Fy= 54.18

a= solo para evaluaciones del rediseño

Porcentaje de humedad del suelo. En el Cuadro (4.2) se muestran los valores obtenidos de las muestra de suelo.

Cuadro 4.2. Humedad promedio en las repeticiones realizadas.

PESO (SH) (gr)	PESO (SS) (gr)	% DE HUMEDAD
150.0	128.2	17.0
149.6	129.6	15.4
160.2	138.9	15.3
152.8	131.8	15.9
142.8	123.6	15.5
142.9	123.2	16.0
	promedio	15.9

El contenido de humedad del suelo al momento de la evaluación fue de 15.9%

Medición de la textura. La textura del terreno donde se realizaron las pruebas es de tipo arcillo-limoso, con los contenidos de fracciones minerales de: 34% de arena, 35% de limo y 31% arcilla.

Resistencia a la penetración. La determinación de la resistencia a la penetración fue medida en intervalos de 5 y 10 cm hasta alcanzar 40cm de profundidad.

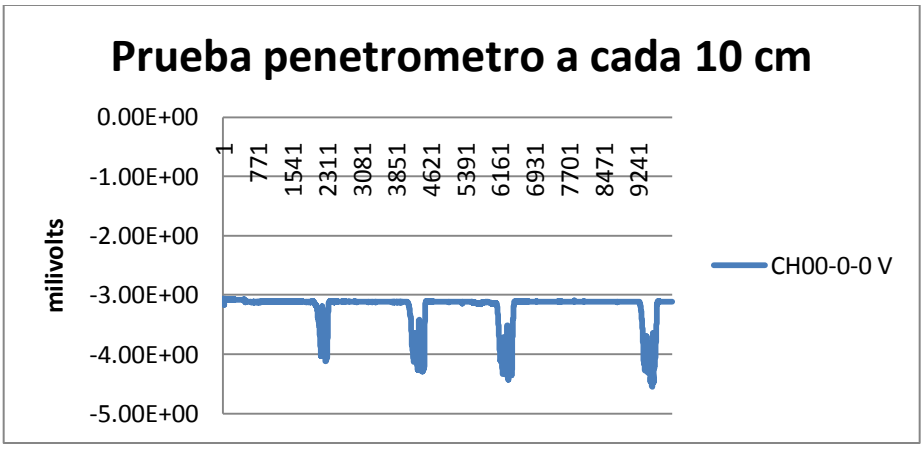


Fig. 4.2. Grafica obtenida con el Penetrometro en un suelo con 15.9 % de humedad.

A partir de los valores más bajos en mv mostrados en las graficas, se realizaron los cálculos para obtener la resistencia a la penetración especificada en el anexo A 2.2. La parcela en donde se realizaron las evaluaciones tienen una resistencia a la penetración que va de 1500 a 1990 kPa con un piso de arado de entre 20 y 30 cm.

4.2. VARIABLES CONSIDERADAS DURANTE LA LABOR

La Velocidad de avance: Con los tiempos tomados y las distancias recorridas obtuvimos los siguientes parámetros de velocidad.

V1= 3.1 kmh^{-1}

V2= 7.3 kmh^{-1}

V3= 2 kmh^{-1} (solo para evaluación del implemento rediseñado)

Consumo de combustible: En el cuadro. (4.3.) se muestra el consumo de combustible por cada implemento y sus diferentes arreglos espaciales así como el número de timones de cada uno.

Cuadro 4.3. Consumo de combustible (Lha^{-1}) de los implementos evaluados a diferentes velocidades de trabajo.

	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (Lha^{-1})					
cinceles	(5 cinceles) 50 * 50 (V1)	(3cinceles) 38 * 38 (V2)	(5 cinceles) 30 * 30 (V1)	(7 cinceles) 30 * 30 (V1)	(3 cinceles) 30 * 30 (V2)	(5 cinceles) 38 * 38 (V1)
SVH95						23.6
MCC3-5-7	18.7			25.2		
SB5-3	14.8		25.6			

V1= 3.1 kmh^{-1}; V2= 7.3 kmh^{-1}

Medición de fuerzas y potencias: En la siguiente grafica se muestra un ejemplo del comportamiento de la fuerza de tiro, conforme la evaluación se va desarrollando en campo, esta grafica se obtuvo con el dinamómetro de tiro de 45 kN.

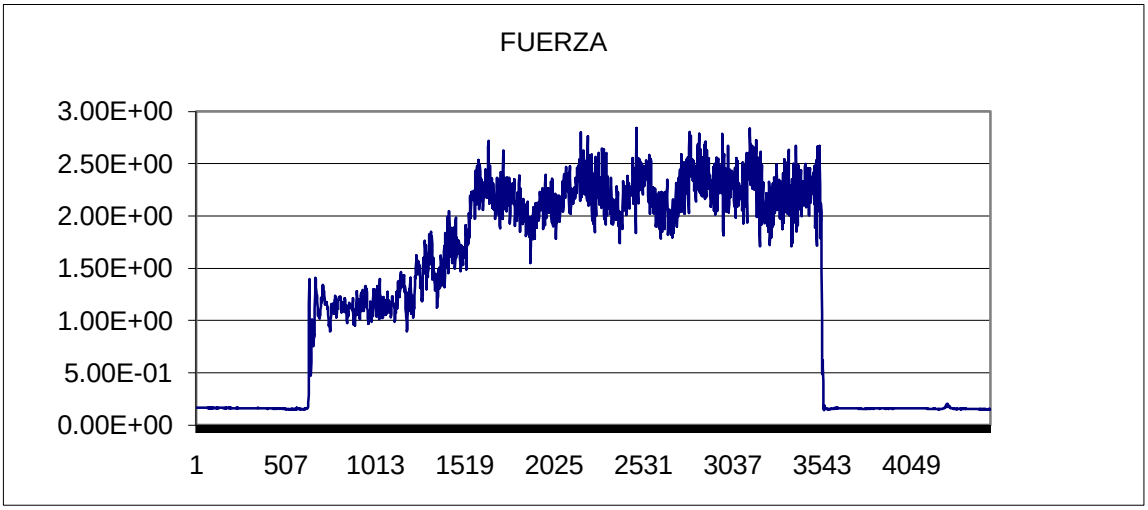


Fig. 4.3. Grafica obtenida en prueba con el dinamómetro de tiro.

Los siguientes cuadros muestran las fuerzas requeridas por los implementos SVH 9/5, MCC 3/5/7, SB 5/3 Y EL REDISEÑO con sus respectivos arreglos, así como también la potencia requerida por los mismos.

Cuadro 4.4. Fuerza requerida por los implementos con 5 y 7 cinceles con diferentes arreglos.

CUADRO DE FUERZAS (kN)				
CINCEL	5 CINCELES 50*50	7 CINCELES 30*30	5 CINCELES 38*38	5 CINCELES 30*30
MCC 3/5/7	17.86	21.20		
SVH 5/3	16.94		19.01	
SB 9/5	18.42			22.45

V1= 3.1 kmh^{-1}; V2= 7.3 kmh^{-1}

Cuadro 4.5. Fuerza requerida por los implementos con 1 y 3 cinceles con diferentes arreglos.

CUADRO DE FUERZAS (kN)						
CINCEL	3 CINCELES 38*38 (v2)	3 CINCELES 30*30 (v2)	3 CINCELES 70*70 (v1)	3 CINCELES 26*26 (P1) (v3)	3 CINCELES 26*26 (P2) (v3)	1 CINCEL (P1) (v3)
MCC 3/5/7		9.80				
SVH 5/3	12.05					
SB 9/5		14.98	16.14			
REDISEÑO				9.86	5.79	5.37

V1= 3.1 kmh^{-1} ; V2= 7.3 kmh^{-1} y V3= 2 kmh^{-1}. P1= profundidad (0.40m) y P2= 1 timón a 0.40m y 2 timones a 0.30m

Cuadro 4.6. Potencia requerida por los implementos con 5 y 7 cinceles con diferentes arreglos.

CUADRO DE POTENCIAS (HP)				
CINCEL	5 CINCELES 50*50 (v1)	7 CINCELES 30*30 (v1)	5 CINCELES 38*38 (v1)	5 CINCELES 30*30 (v2)
MCC 3/5/7	18.99	24.14		
SVH 5/3	17.93		20.28	
SB 9/5	19.60			26.31

V1= 3.1 kmh^{-1}; V2= 7.3 kmh^{-1}

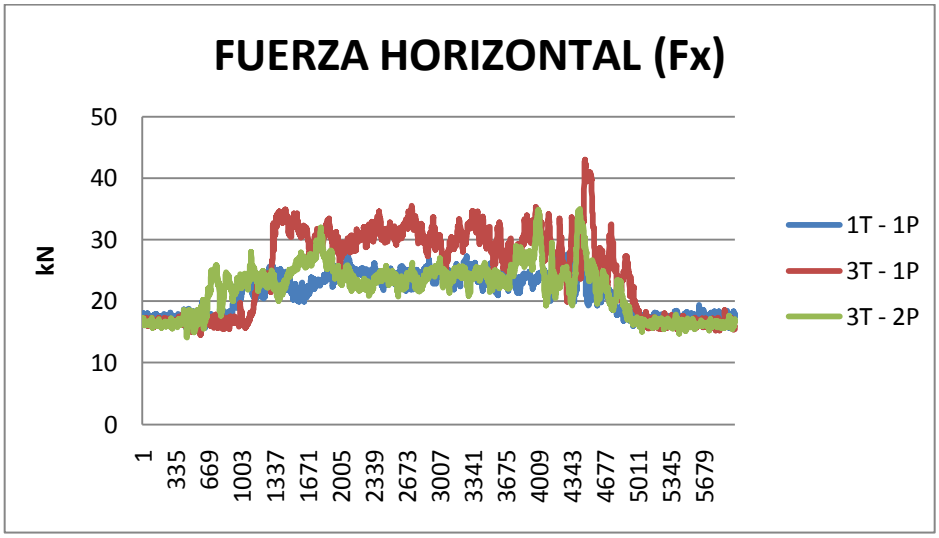
Cuadro 4.7. Potencia requerida por los implementos con 1 y 3 cinceles con diferentes arreglos.

CUADRO DE POTENCIAS (HP)						
CINCEL	3 CINCELES 38*38 (v2)	3 CINCELES 30*30 (v2)	3 CINCELES 70*70 (v1)	3 CINCELES 26*26 (P1) (v3)	3 CINCELES 26*26 (P2) (v3)	1 CINCEL (P1) (v3)
MCC 3/5/7		25.63				
SVH 5/3	31.78		16.33			
SB 9/5		35.80				
REDISEÑO				13.94	8.33	7.47

V1= 3.1 kmh^{-1} ; V2= 7.3 kmh^{-1} y V3= 2 kmh^{-1}. P1= profundidad (0.40m) y P2= 1 timón a 0.40m y 2 timones a 0.30m

Está claro que en la segunda velocidad se noto un mayor gasto de energía, así como también de potencia demandada por el tractor. Los datos de fuerza requerida por los implementos se muestran especificados en el anexo A 3.1.

Los datos obtenidos durante la evaluación del equipo modificado del MCC 3/5/7 empleando el octagonal extendido se puede apreciar en la siguiente grafica, el comportamiento de la fuerza horizontal (Fx) para los tres arreglos.



1T – 1P= 1 Timón a 1 profundidad (0.40m); 3T – 1P= 3 Timones a 1 profundidad (0.40m) y 3T – 2P= 3 Timones profundidad 2 (2 timones 0.30 y uno a 0.40m)

Fig. 4.4. Comportamiento de las fuerzas horizontales calculadas con el sensor octagonal extendido.

4.3. VARIABLES CONSIDERADAS DESPUES DE LA LABOR

Tamaño medio de agregados. Los pesos de los agregados obtenidos en las evaluaciones se pesan y se aplica la fórmula para obtener el diámetro medio de agregados, en el caso de los agregados pesados con el anillo se tenían que analizar antes por medio de las graficas.

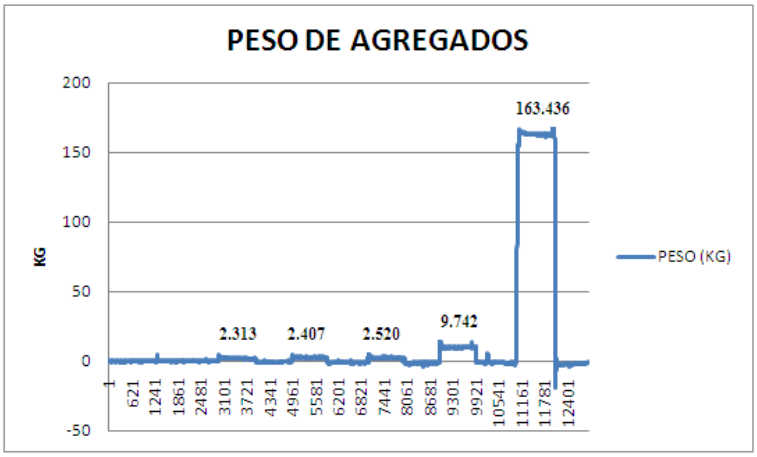


Fig. 4.5. Grafica de los pesos de los agregados obtenidos en los tamices.

El tamaño medio de agregados obtenido a través de las graficas y de los pesos directos después de la aplicación de la formula se muestra a continuación.

Cuadro 4.8. Tamaño medio de agregados de los implementos con 5 y 7 cinceles y diferentes arreglos.

TAMAÑO MEDIO DE AGREGADOS (mm)				
CINCEL	5 CINCELES 50*50 (v1)	7 CINCELES 30*30 (v1)	5 CINCELES 38*38 (v1)	5 CINCELES 30*30 (v2)
MCC 3/5/7	41.7	56.4		
SVH 5/3	26.5		62.7	
SB 9/5	42.4			36.9

V1= 3.1 kmh^{-1}; V2= 7.3 kmh^{-1}

Cuadro 4.9. Tamaño medio de agregados de los implementos con 1 y 3 cinceles con diferentes arreglos.

TAMAÑO MEDIO DE AGREGADOS (mm)						
CINCEL	3 CINCELES 38*38 (v2)	3 CINCELES 30*30 (v2)	3 CINCELES 70*70 (v1)	3 CINCELES 26*26 (P1) (v3)	3 CINCELES 26*26 (P2) (v3)	1 CINCEL (P1) (v3)
MCC 3/5/7		52.3				
SVH 5/3	40.8					
SB 9/5		36.7	15.9			
REDISEÑO				17.28	18.30	24.88

V1= 3.1 kmh^{-1} ; V2= 7.3 kmh^{-1} y V3= 2 kmh^{-1}. P1= profundidad (0.40m) y P2= 1 timón a 0.40m y 2 timones a 0.30m

Determinación del área disturbada. Las siguientes graficas muestran el análisis para determinar el área disturbada por el implemento después de la labor.

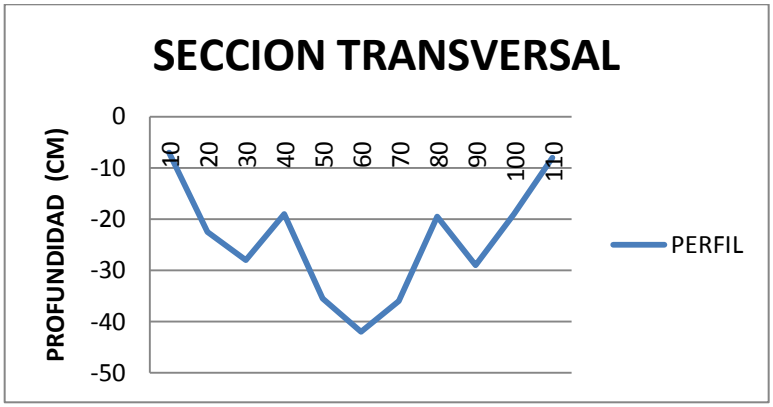


Fig. 4.6. Grafica de área disturbada.

En la grafica se puede observar claramente la profundidad máxima del implemento y la profundidad de los cuerpos delanteros someros, con esta grafica se determina el área disturbada.

Cuadro 4.10. Área disturbada por los implementos con 5 y 7 cinceles en diferentes arreglos.

AREA DISTURBADA (m^2)				
CINCEL	5 CINCELES 50*50 (v1)	7 CINCELES 30*30 (v1)	5 CINCELES 38*38 (v1)	5 CINCELES 30*30 (v2)
MCC 3/5/7	0.49	0.40		
SVH 5/3	0.48		0.42	
SB 9/5	0.52			0.48

V1= 3.1 kmh^{-1}; V2= 7.3 kmh^{-1}

Cuadro 4.11. Área disturbada por los implementos con 1 y 3 cinceles en diferentes arreglos.

AREA DISTURBADA (m^2)						
CINCEL	3 CINCELES 38*38 (v2)	3 CINCELES 30*30 (v2)	3 CINCELES 70*70 (v1)	3 CINCELES 26*26 (P1) (v3)	3 CINCELES 26*26 (P2) (v3)	1 CINCEL (P1) (v3)
MCC 3/5/7		0.19				
SVH 5/3	0.26					
SB 9/5		0.22	0.61			
REDISEÑO				0.28	0.21	0.12

V1= 3.1 kmh^{-1} ; V2= 7.3 kmh^{-1} y V3= 2 kmh^{-1}. P1= profundidad (0.40m) y P2= 1 timón a 0.40m y 2 timones a 0.30m

Resistencia especifica del suelo: los datos que aquí se mencionan se obtuvieron con la fuerza obtenida entre el área disturbada.

Cuadro 4.12. Resistencia especifica del suelo para implementos con 5 y 7 cinceles en diferentes arreglos.

RESISTENCIA ESPECIFICA DEL SUELO (kNm^{-2})				
CINCEL	5 CINCELES 50*50 (v1)	7 CINCELES 30*30 (v1)	5 CINCELES 38*38 (v1)	5 CINCELES 30*30 (v2)
MCC 3/5/7	37.4	53.0		
SVH 5/3	34.3		45.1	
SB 9/5	35.6			39.8

V1= 3.1 kmh^{-1}; V2= 7.3 kmh^{-1}

En el cuadro (4.13), se puede apreciar una disminución a la resistencia especifica del suelo (kNm^{-2}) para el Rediseño, en el orden del 23.7% cuando se emplearon los cinceles frontales a 0.30 m (P2) de profundidad en comparación de cuando estos se ajustaron a 0.40 m (P1). Resultados similares fueron obtenidos por Godwing y Spoor (1978).

Cuadro 4.13. Resistencia especifica del suelo para los implementos con 1 y 3 cinceles en diferentes arreglos.

RESISTENCIA ESPECIFICA DEL SUELO (kNm^{-2})						
CINCEL	3 CINCELES 38*38 (v2)	3 CINCELES 30*30 (v2)	3 CINCELES 70*70 (v1)	3 CINCELES 26*26 (P1) (v3)	3 CINCELES 26*26 (P2) (v3)	1 CINCEL (P1) (v3)
MCC 3/5/7		50.3				
SVH 5/3	47.1					
SB 9/5		67.5	26.5			
REDISEÑO				49.12	39.68	62.96

V1= 3.1 kmh^{-1} ; V2= 7.3 kmh^{-1} y V3= 2 kmh^{-1}. P1= profundidad (0.40m) y P2= 1 timón a 0.40m y 2 timones a 0.30m

Ancho de trabajo. Se tomaron los anchos de trabajo máximos de cada implemento y también se tomaron los promedios para cada arreglo de cuerpo, los resultados se muestran a continuación.

Cuadro 4.14. Anchos de trabajo máximos de cada implemento y promedios por arreglo.

ANCHO DE TRABAJO **(m)**							
cincel	máximo	arreglo 7	arreglo 5			arreglo 3	
		a 30 cm	a 50 cm	a 30 cm	a 38 cm	a 70 cm	a 30 cm
SB 5/3	2.00		2.00	1.20		1.40	0.60
SVH 9/5	1.96		1.96		1.52 0.76		
MCC 3/5/7	2.00	1.80	2.00				0.60

No se muestra diferencia significativa en los anchos máximos de trabajo de los tres subsuelos, los anchos de los subsuelos MCC 3/5/7 y SB 5/3 son muy similares para los arreglos de tres y cinco timones a 0.30m y 0.50m respectivamente.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Para la primera fase de este trabajo que consistió en la evaluación de los tres tipos de equipos podemos concluir lo siguiente:

- Las distancias entre cuerpos tienen un efecto directamente proporcional sobre la sección transversal de laboreo y sobre el tamaño medio de agregados.
- La magnitud de la fuerza de tiro se ve afectado por el número de cinceles (timones).
- El tamaño de agregados no se vio afectado por la velocidad de trabajo.

Para la segunda fase, que consistió en el rediseño del MCC 3/5/7 y su evaluación con 2 arreglos de timones, se puede concluir que hay una disminución de más del 25% en la resistencia especifica del suelo (kNm^{-2}).

Es recomendable, en la continuación de este trabajo, terminar la instrumentación del tractor, para la medición de variables como son: consumo de combustible y patinaje. Así como la corroboración del ahorro de energía, mostrado en la evaluación del prototipo, con siete timones, en otras texturas de suelo.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. Alcides P. Di Prinzio; Sergio N. Behmer; Guillermina L. Striebeck. 1997. Perdurabilidad del subsolado en huertos frutales. Proyecto: La Mecanización Agrícola como Aporte a la Sustentabilidad de la Producción. Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ciencias Agrarias, C.C. 85 (8303), Cinco Saltos, Río Negro, Argentina.

2. Ashrafizadeh, S.R and R.L, Kushwaha. 2003. Soil model in front of a tillage tool action –a review. CSAE/SCGR. Paper No. 03-210 Canadian Society of Agricultural Engineers, Meeting, 2003 Montreal, Quebec. Canada.

3. Báez Almazán O. 2001. Análisis del gasto de energía, eficiencia y costo de las operaciones con maquinaria de los sistemas de producción de maíz y sorgo en el Norte de Tamaulipas. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo. Coahuila, Mexico.

4. Barber, R.G., Navarro, F. y Orellana, M. 1993. Labranza Vertical. Centro de Investigación Agrícola Tropical, Misión Británica en Agricultura Tropical y Proyecto de Desarrollo Tierras Bajas del Este del Banco Mundial, Santa Cruz, Bolivia.

5. Buckingham F. 1984. Fundamentos de funcionamiento de maquinaria (FMO), serie cultivo. Deere & Company Service Training. Moline, Illinois. E. U. A.

6. Cadena Z. M., Gaytan M. T., Zermeño G. A., 2004. Desempeño de implementos de labranza en terminos de consumo de energía y calidad de trabajo. Revista agraria - nueva época- año I – Vol.1 pp. 58-65.

7. Camacho, H. J y Magalhães P. S. G. 2002. 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.

8. CHAPMAN, P.F. 1974. "The energy cost: A review of methods", *Energy Pilicy,* 2(2): 91-103.

9. Chaudhuri, D. 2001. Performance evaluation of various types of furrow openers on seed drills: a review. J. Agric. Eng. Res. 79:125-137.

10. Chichester, F.W., J.E. Morrison, and T.J. Gerik. 1985. Minimum disturbance fertilizer knifing for no-till. Trans. ASAE 28:1013-1018.

11. Coelho, J.L.D. 1998. Avaliação de elementos sulcadores para semeadora-adubadoras utilizadas em sistemas conservacionistas de manejo do solo. 71 p. Tesis Maestría Ingeniería Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, Sao Paulo, Brasil.

12. Crossley P., Kilgour J. 1983. Small farm mechanization for developing countries. Chichester. John Wiley, pp. 221-224.

13. Derspch, R. 2007. The no tillage revolution in South America. Farm Tech Proceedings 54-68.

14. FAO 2000. Manual de practicas integradas de manejo de conservacion de suelos. Roma, Italia, Cap 8 pp. 59-85.

15. Fielke, J.M. 1996. Interactions of the cutting edge of tillage implements with soil. Journal of Agricultural Enginnering Research 63 (1): 61-71.

16. 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.

17. Godwin, R.J. and M.J. O`Dogherty, 2007. Integrated soil tillage prediction models. Journal of Terramechanics. 44(1): 3-14

18. González V. R., Morejon M. Y., Morales R. D. García C. A. E. 2009. Evaluación energética de la labor de rotura con tracción animal y tractor MTZ-510. Estudio de caso: Granja Guayabal, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 18 No. 3.

19. Hinojosa G. M. 2003. Desarrollo de un transductor de fuerzas para la evaluación de implementos integrales en tractores categoría II Basado en el diseño Octagonal extendido. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo. Coahuila, México.

20. Hoogmoed. W.B. 1999 Tillage for soil and water conservation in the semiarid tropic. Wageningen Agricultural University. The Netherlands.

21. Jesús H. Camacho-Tamayo y Gonzalo A. Rodríguez (2007). Evaluación de Implementos de Labranza a Diferentes Velocidades de Operación y Contenidos de Agua del Suelo. Investigación recursos naturales. Bogotá, Colombia.

22. Kichler, C.M J.P. Fulton, R.L. Raper, W.C. Zech, T.P. McDonald, C.J. Brodbeck
2007. Spatially Monitoring Tractor Performance to Evaluate Energy Requirements of Variable Depth Tillage and Implement Selection ASAE annual meeting 2007 paper 071028

23. Krause R., Lorenz F., Hoogmoed W. 1984. Soil tillage in the tropics and ubtropics. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ). Eschborn, Germany.

24. Lal, R. 1995. Tillage systems in the tropics: Management options and sustainability implications. *Soils Bulletin* 71. FAO, Rome, Italy.

25. Lanças, K.P. e S.H. Benez. 1988. Influência da velocidade de subsolagem no consumo de combustível e na área mobilizada do solo. Energia na Agricultura (Botucatu) 3:25-30.

26. Magalhães, P.S.G., e W.R. Souza. 1990. Subsolador: Influência de parâmetros geométricos no mecanismo de forças. 2:1033. XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Piracicaba, Sao Paulo, Brasil, Julio de 1990. Sociedad Brasilera de Ingenieria Agrícola, Jaboticabal, Sao Paulo, Brasil.

27. McKyes, E. 1985. Soil cutting and tillage. 217 p. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

28. Mojica, L. E. D. 2000. Evaluación de discos cortadores de residuos y abresurco para labranza de conservación, empleando equipo multiusos de tracción animal, tesis, Licenciatura, Instituto Tecnológico de Veracruz, Ver.; México.

29. Morales H. H. 2009. Validación de un protocolo para evaluación de implementos de labranza vertical. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo. Coahuila, México.

30. Norma Mexicana para arados. 2002. Manual de prueba y evaluación de arados. CENEMA. texcoco, Estado de México.

31. Ohep Carlos, Marcano Felipe y Sivira Orlando, 1998. Efectos de la labranza sobre las propiedades físicas del suelo y rendimiento del frijol, Bioagro; Vol.10, Num. 3, pp 68-75.

32. PIMENTEL, D.: 1980. *Handbook of energy utilization in agriculture,* pp. 475, CRC Press.

33. Rahman, S., and Y. Chen. 2001. Laboratory investigation of cutting forces and soil disturbance resulting from different manure incorporation tools in a loamy sand soil. Soil Tillage Res. 58:19-29.

34. Serrano J.M., J.O. Peça, J. Marques da Silva, A. Pinheiro, M. Carvalho. 2007. Tractor energy requirements in disc harrow systems . Biosystems Engineering, 98(3): 286-296.

35. SIAP 2006. Estadísticas Agrícolas de México. Sistema de Información Agropecuaria Pesquera (SIAP) SAGARPA.

36. Smith D. W., Sims B. G. 1990. Procedimiento para evaluación de implementos para labranza primaria. Evaluación técnica de equipos para pequeños productores. Manual teórico- práctico. Programa de cooperación tecnica México-Gran Bretaña, pp. 1-14.

37. Spoor, G. and Godwin, R.J. 1978. An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. Journal Agricultural Engineering Research 23:243-258.

38. Spoor, G. and R.J. Godwin 1990. Soil loosening requirements, implements and techniques. HGCA Research Review. No.19 London U.K.

39. Steiner, K.G. 1998 Conserving Natural Resources and Enhancing food security by adopting no tillage. TÖB Publication No. F-5/e GTZ. Echborn. Germany.

40. Tong, J and Z.M. Ballel 2006. Effect of the rake angle of chisel plough on soil cutting factors and power requirements: a computer simulation. Soil and Tillage Research 88: 55-64.

41. Unger, P.W., Jones, O.R. y Laryea, K.B. 1995. Sistemas de labranza y prácticas de manejo de suelos para diferentes condiciones de tierras y climas. En: *Memorias de la segunda reunión bienal de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista*, Eds. I. Pla Sentís y F. Ovalles, Guanare, Acarigua, Venezuela, RELACO. pp. 82-117.

42. Uribe C. H. y Rouanet M. J. L. 2002. Efecto de tres sistemas de labranza sobre el nivel de humedad en el perfil del suelo, Agricultura Técnica, vol. 62, No. 4 pp. 555 – 564.

43. Wildman, W.E., C.A. Reaves, and W.R. Gill. 1978. Effect of slip plow design on draft forces and soil loosening. Trans. ASAE 21:422-426.

VII. ANEXOS

A 1. ESPECIFICACIONES DE LOS IMPLEMENTOS

ESPECIFICACIONES												
		ancho de trabajo **(m)**										
	ancho máximo de trabajo **(m)**	arreglo 7	arreglo 5			arreglo 3			Altura max. (punta al cuadro) **(m)**	ancho cuerpo **(m)**	ancho punta **(m)**	ángulo punta
implemento		a 30 cm	a 50 cm	a 30 cm	a 38 cm		a 70 cm	a 30 cm				
SB 5/3	2.00		2.00	1.20			1.40	0.60	0.76	2.29	0.056	34º
SVH 9/5	1.96		1.96		1.52	0.76			0.67	2.05	0.056	31º
MCC 3/5/7	2.00	1.80	2.00					0.60	0.70	2.33	0.056	33º



Cinceles BISON MCC-3/5/7, SB-5/3 y SVH-9/5 respectivamente.

A 2. GENERALIDADES CONSIDERADAS ANTES DE LA LABOR.

A 2.1. Cuadro de porcentaje de humedad del suelo.

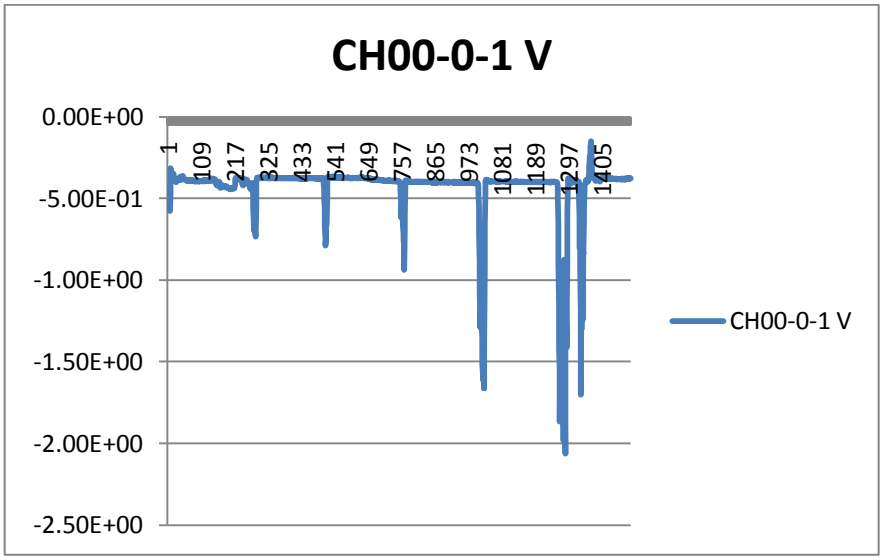
NO. DE MUESTRA	P. BOTE (gr)	PSH Y BOTE (gr)	PSS(gr)	PSH NETO (gr)	PSS NETO (gr)	% DE HUMEDAD (PW)
1	32	182	160.2	150	128.2	17.0
2	31.4	181	161	149.6	129.6	15.4
3	31.3	191.5	170.2	160.2	138.9	15.3
4	32	184.8	163.8	152.8	131.8	15.9
5	37.9	180.7	161.5	142.8	123.6	15.5
6	30.3	173.2	153.5	142.9	123.2	16.0

$$\mathrm{pw} = \left[\frac{\mathrm{PSH} - \mathrm{PSS}}{\mathrm{PSS}}\right] 100$$

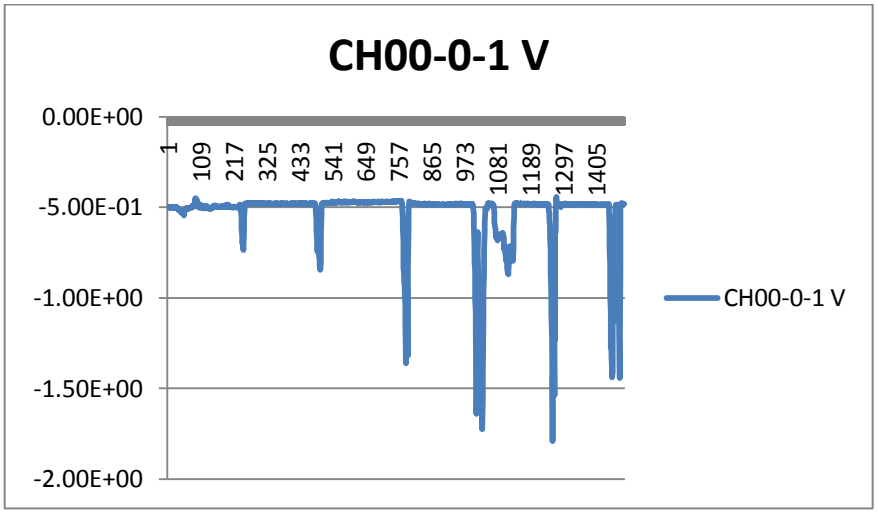
PROMEDIO 15.9

A 2.2 Resistencia a la penetración

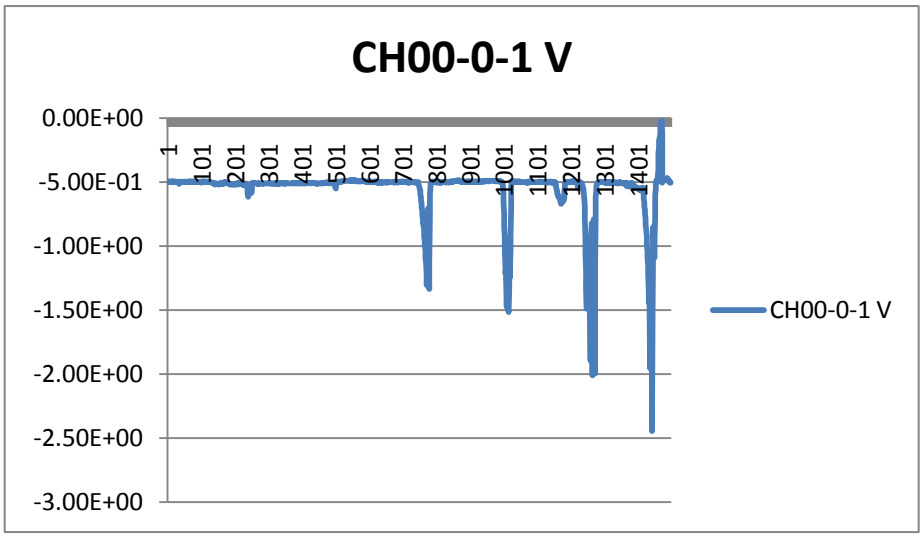
A 2.2.1 Graficas de las muestras de obtenidas con el penetrometro.



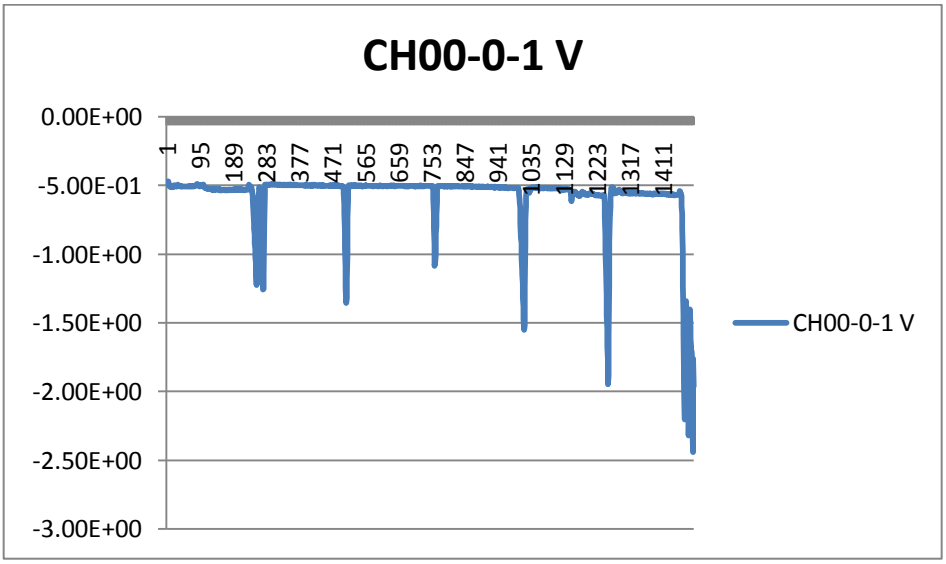
Muestra No. 3



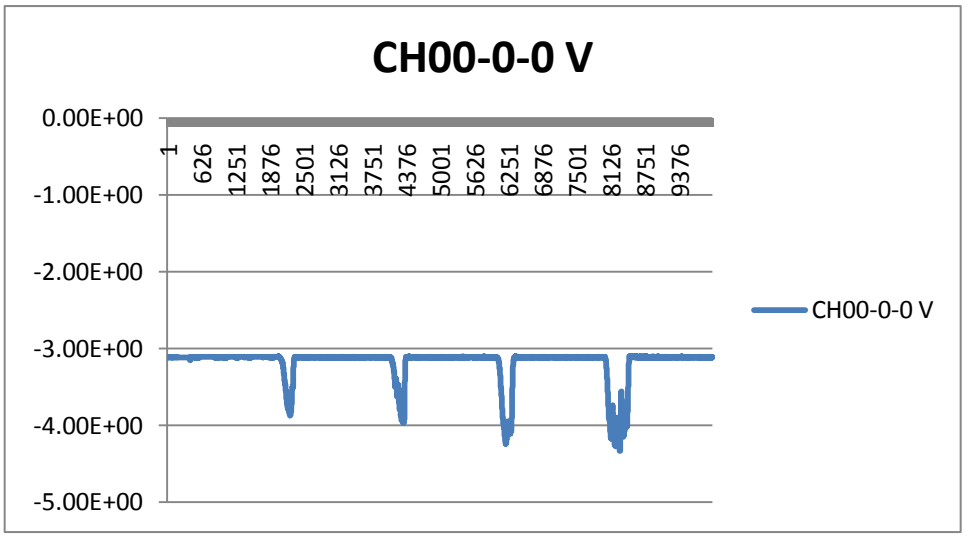
Muestra No.10



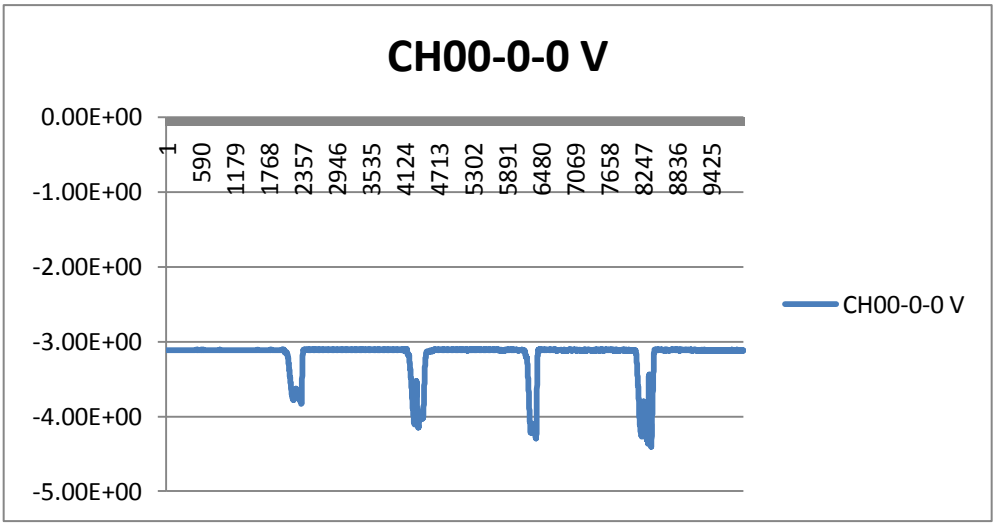
Muestra No. 14



Muestra No. 18



Muestra No. 2 (de 10 en 10 cm)



Muestra No. 4 (estas dos graficas son solo para el terreno donde se evaluó el rediseño del MCC 3/5/7).

NOTA: Debido a que son demasiados datos solo se pondrán graficas demostrativas.

A 2.2.2. Valores obtenidos en las muestras de resistencia a la penetración por cada profundidad.

TABLA. No. 1	VALORES DE LA PRUEBA							
	PROFUNDIDAD (cm)							
MUESTRA	0	5	10	15	20	25	30	40
1	-2.95E-01	-4.55E-01	-1.1	-1.9	-2.95E-01	-2.95E-01	-2.95E-01	-2.95E-01
2	-3.83E-01	-1.07	-1.75	-2.31	-3.83E-01	-3.83E-01	-3.83E-01	-3.83E-01
3	-3.91E-01	-7.03E-01	-7.44E-01	-9.37E-01	-1.66	-2.06E+00	-3.91E-01	-3.91E-01
4	-3.87E-01	-1.01	-1.97	-2.28	-3.87E-01	-3.87E-01	-3.87E-01	-3.87E-01
5	-3.70E-01	-3.70E-01	-3.70E-01	-3.70E-01	-3.70E-01	-3.70E-01	-3.70E-01	-3.70E-01
6	-4.21E-01	-5.92E-01	-4.25E-01	-9.34E-01	-1.32E+00	-1.75E+00	-2.47E+00	-4.21E-01
7	-4.71E-01	-1.05	-1.09	-1.38	-2.48	-2.26	-4.71E-01	-4.71E-01
8	-0.462	-0.462	-0.925	-1.57	-1.6	-1.47	-0.462	-0.462
9	-0.447	-1.44	-1.93	-0.447	-0.447	-0.447	-0.447	-0.447
10	-0.498	-0.705	-0.802	-1.36	-1.72	-1.79	-0.498	-0.498
11	-0.591	-1.66	-1.96	-2.14	-2.37	-0.591	-0.591	-0.591
12	-0.541	-1.32	-1.39	-1.27	-1.35	-2.33	-0.541	-0.541
13	-0.542	-1.22	-1.22	-1.45	-1.42	-1.83	-1.97	-0.542
14	-0.498	-0.587	-0.508	-1.31	-1.48	-2.01	-2.44	-0.498
15	-5.25E-01	-2.03	-5.25E-01	-5.25E-01	-5.25E-01	-5.25E-01	-5.25E-01	-5.25E-01
16	-4.87E-01	-8.57E-01	-1.37	-1.67	-2.12	-2.25	-4.87E-01	-4.87E-01
17	-5.24E-01	-2.02	-1.95	-1.95	-1.71	-2.27	-5.24E-01	-5.24E-01
18	-5.08E-01	-1.26	-1.36	-1.09	-1.55	-1.95	-2.44	-5.08E-01
19	-5.40E-01	-1.6	-1.67	-1.41	-2.25	-5.40E-01	-5.40E-01	-5.40E-01
20	-5.63E-01	-7.17E-01	-6.80E-01	-2.20E+00	-5.63E-01	-5.63E-01	-5.63E-01	-5.63E-01

Cuadro de diferencia de milivolts.

TABLA. No.2 DIFERENCIA DE MILIVOLTS							
	PROFUNDIDAD (cm)						
MUESTRA	5	10	15	20	25	30	40
1	-1.60E+02	-8.05E+02	-1.61E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	-6.87E+02	-1.37E+03	-1.93E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	-3.12E+02	-3.53E+02	-5.46E+02	-1.27E+03	-1.67E+03	0.00E+00	0.00E+00
4	-6.23E+02	-1.58E+03	-1.89E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
6	-1.71E+02	-4.00E+00	-5.13E+02	-8.99E+02	-1.33E+03	-2.05E+03	0.00E+00
7	-5.79E+02	-6.19E+02	-9.09E+02	-2.01E+03	-1.79E+03	0.00E+00	0.00E+00
8	0.00E+00	-4.63E+02	-1.11E+03	-1.14E+03	-1.01E+03	0.00E+00	0.00E+00
9	-9.93E+02	-1.48E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
10	-2.07E+02	-3.04E+02	-8.62E+02	-1.22E+03	-1.29E+03	0.00E+00	0.00E+00
11	-1.07E+03	-1.37E+03	-1.55E+03	-1.78E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
12	-7.79E+02	-8.49E+02	-7.29E+02	-8.09E+02	-1.79E+03	0.00E+00	0.00E+00
13	-6.78E+02	-6.78E+02	-9.08E+02	-8.78E+02	-1.29E+03	-1.43E+03	0.00E+00
14	-8.90E+01	-1.00E+01	-8.12E+02	-9.82E+02	-1.51E+03	-1.94E+03	0.00E+00
15	-1.51E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
16	-3.70E+02	-8.83E+02	-1.18E+03	-1.63E+03	-1.76E+03	0.00E+00	0.00E+00
17	-1.50E+03	-1.43E+03	-1.43E+03	-1.19E+03	-1.75E+03	0.00E+00	0.00E+00
18	-7.52E+02	-8.52E+02	-5.82E+02	-1.04E+03	-1.44E+03	-1.93E+03	0.00E+00
19	-1.06E+03	-1.13E+03	-8.70E+02	-1.71E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
20	-1.54E+02	-1.17E+02	-1.64E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

(X1 - X0) * 1000 = MILIVOTS

X0= VALOR DE PROFUNDIDAD 0, X1= VALOR DE CADA UNA DE LAS PROFUNDIDADES RESTANTES

Valores determinados en Newtons.

TABLA. No.3	MULTIPLICADO POR LA CONSTANTE PARA DETERMINAR LOS NEWTON						
				PROFUNDIDAD (cm)			
MUESTRA	5	10	15	20	25	30	40
1	-3.90E+02	-1.96E+03	-3.92E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	-1.68E+03	-3.34E+03	-4.70E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	-7.61E+02	-8.61E+02	-1.33E+03	-3.10E+03	-4.07E+03	0.00E+00	0.00E+00
4	-1.52E+03	-3.86E+03	-4.62E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
6	-4.17E+02	-9.76E+00	-1.25E+03	-2.19E+03	-3.24E+03	-5.00E+03	0.00E+00
7	-1.41E+03	-1.51E+03	-2.22E+03	-4.90E+03	-4.37E+03	0.00E+00	0.00E+00
8	0.00E+00	-1.13E+03	-2.70E+03	-2.78E+03	-2.46E+03	0.00E+00	0.00E+00
9	-2.42E+03	-3.62E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
10	-5.05E+02	-7.42E+02	-2.10E+03	-2.98E+03	-3.15E+03	0.00E+00	0.00E+00
11	-2.61E+03	-3.34E+03	-3.78E+03	-4.34E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
12	-1.90E+03	-2.07E+03	-1.78E+03	-1.97E+03	-4.37E+03	0.00E+00	0.00E+00
13	-1.65E+03	-1.65E+03	-2.22E+03	-2.14E+03	-3.14E+03	-3.48E+03	0.00E+00
14	-2.17E+02	-2.44E+01	-1.98E+03	-2.40E+03	-3.69E+03	-4.74E+03	0.00E+00
15	-3.67E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
16	-9.03E+02	-2.15E+03	-2.89E+03	-3.98E+03	-4.30E+03	0.00E+00	0.00E+00
17	-3.65E+03	-3.48E+03	-3.48E+03	-2.89E+03	-4.26E+03	0.00E+00	0.00E+00
18	-1.83E+03	-2.08E+03	-1.42E+03	-2.54E+03	-3.52E+03	-4.71E+03	0.00E+00
19	-2.59E+03	-2.76E+03	-2.12E+03	-4.17E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
20	-3.76E+02	-2.85E+02	-3.99E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

X1*2.44

Valor de la constante= 2.44

Determinación de Pascales.

TABLA. No. 4	DETERMINAR PASCALES N/m2							
	PROFUNDIDAD (cm)							
MUESTRA	5	10	15	20	25	30	40	PROMEDIO
1	-5.10E+02	-2.57E+03	-5.12E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.17E+03
2	-2.19E+03	-4.36E+03	-6.15E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.81E+03
3	-9.95E+02	-1.13E+03	-1.74E+03	-4.05E+03	-5.33E+03	0.00E+00	0.00E+00	-1.89E+03
4	-1.99E+03	-5.05E+03	-6.04E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.87E+03
5	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
6	-5.46E+02	-1.28E+01	-1.64E+03	-2.87E+03	-4.24E+03	-6.54E+03	0.00E+00	-2.26E+03
7	-1.85E+03	-1.97E+03	-2.90E+03	-6.41E+03	-5.71E+03	0.00E+00	0.00E+00	-2.69E+03
8	0.00E+00	-1.48E+03	-3.54E+03	-3.63E+03	-3.22E+03	0.00E+00	0.00E+00	-1.69E+03
9	-3.17E+03	-4.73E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.13E+03
10	-6.60E+02	-9.70E+02	-2.75E+03	-3.90E+03	-4.12E+03	0.00E+00	0.00E+00	-1.77E+03
11	-3.41E+03	-4.37E+03	-4.94E+03	-5.68E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-2.63E+03
12	-2.49E+03	-2.71E+03	-2.33E+03	-2.58E+03	-5.71E+03	0.00E+00	0.00E+00	-2.26E+03
13	-2.16E+03	-2.16E+03	-2.90E+03	-2.80E+03	-4.11E+03	-4.56E+03	0.00E+00	-2.67E+03
14	-2.84E+02	-3.19E+01	-2.59E+03	-3.13E+03	-4.82E+03	-6.20E+03	0.00E+00	-2.44E+03
15	-4.80E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-6.86E+02
16	-1.18E+03	-2.82E+03	-3.77E+03	-5.21E+03	-5.63E+03	0.00E+00	0.00E+00	-2.66E+03
17	-4.77E+03	-4.55E+03	-4.55E+03	-3.78E+03	-5.57E+03	0.00E+00	0.00E+00	-3.32E+03
18	-2.40E+03	-2.72E+03	-1.86E+03	-3.32E+03	-4.60E+03	-6.16E+03	0.00E+00	-3.01E+03
19	-3.38E+03	-3.61E+03	-2.78E+03	-5.46E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-2.17E+03
20	-4.91E+02	-3.73E+02	-5.22E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-8.70E+02
							KPa. =	-1.95E+03

kPa= X1/0.76475

VALOR ABS. **1950 kPa**

A 2.2.5. Valores obtenidos de las muestras de penetrometro para el terreno donde se evaluó el rediseño.

TABLA. No. 1	VALORES DE LA PRUEBA				
	PROFUNDIDAD (cm)				
MUESTRA	0	10	20	30	40
1	-3.10E+00	-4.06E+00	-4.25E+00	-4.40E+00	-4.51E+00
2	-3.12E+00	-3.81E+00	-3.92E+00	-4.18E+00	-4.28E+00
3	-3.11E+00	-3.99E+00	-3.94E+00	-3.50E+00	-3.43E+00
4	-3.11E+00	-3.76E+00	-4.10E+00	-4.23E+00	-4.36E+00

TABLA. No.2	DIFERENCIA DE MILIVOLTS			
	PROFUNDIDAD(cm)			
MUESTRA	10	20	30	40
1	-9.60E-01	-1.15E+00	-1.30E+00	-1.41E+00
2	-6.90E-01	-8.00E-01	-1.06E+00	-1.16E+00
3	-8.80E-01	-8.30E-01	-3.90E-01	-3.20E-01
4	-6.50E-01	-9.90E-01	-1.12E+00	-1.25E+00

TABLA. No.3	MULTIPLICADO POR LA CONSTANTE PARA DETERMINAR LOS NEWTON			
	PROFUNDIDAD(cm)			
MUESTRA	10	20	30	40
1	-1.77E+00	-2.12E+00	-2.40E+00	-2.60E+00
2	-1.27E+00	-1.48E+00	-1.96E+00	-2.14E+00
3	-1.62E+00	-1.53E+00	-7.20E-01	-5.90E-01
4	-1.20E+00	-1.83E+00	-2.07E+00	-2.31E+00

Constante para esta prueba es: 1.845

TABLA. No. 4		DETERMINAR PASCALES N/m2			
	PROFUNDIDAD(cm)				
MUESTRA	10	20	30	40	promedio
1	-2.03E+03	-2.43E+03	-2.75E+03	-2.98E+03	-2.55E+03
2	-1.46E+03	-1.69E+03	-2.24E+03	-2.45E+03	-1.96E+03
3	-1.86E+03	-1.76E+03	-8.25E+02	-6.77E+02	-1.28E+03
4	-1.38E+03	-2.09E+03	-2.37E+03	-2.64E+03	-2.12E+03

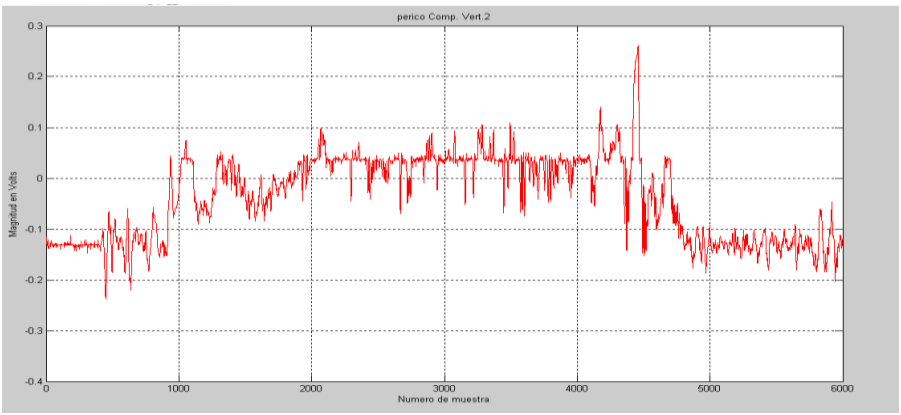
-1.98E+03
valor absoluto
1978.30 kPa

A 3 DATOS OBTENIDOS DURANTE LA LABOR.

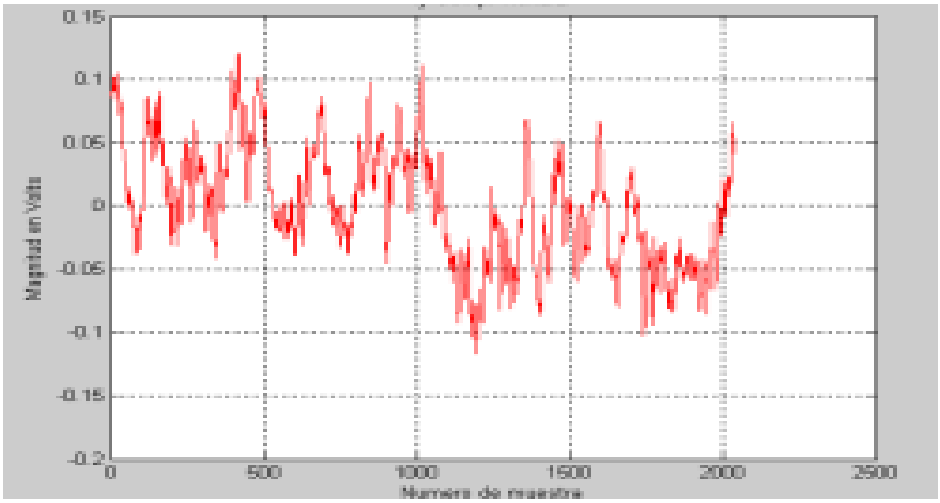
A 3.1. Determinación de la fuerza de tiro, consumo de combustible y velocidad de avance.

A 3.1.1. Análisis espectral

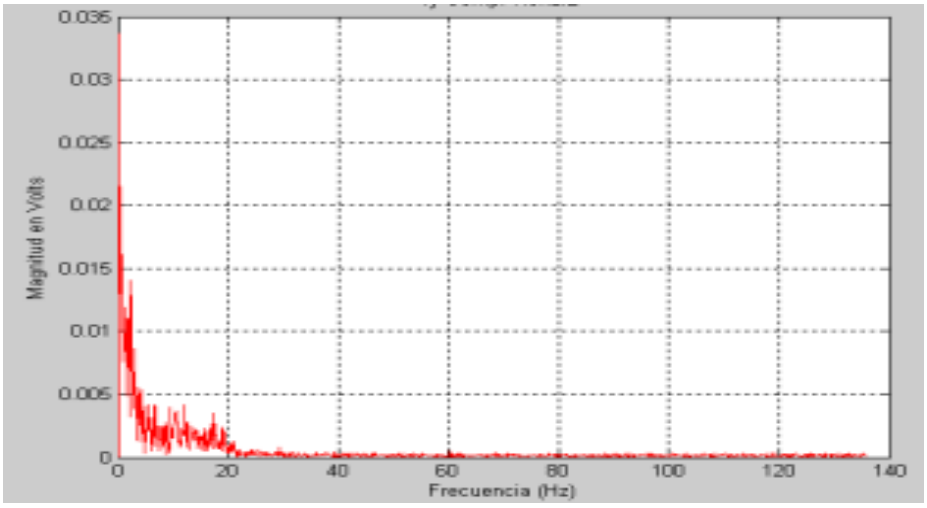
Para el sensor de octagonal extendido:



Grafica al inicio del análisis

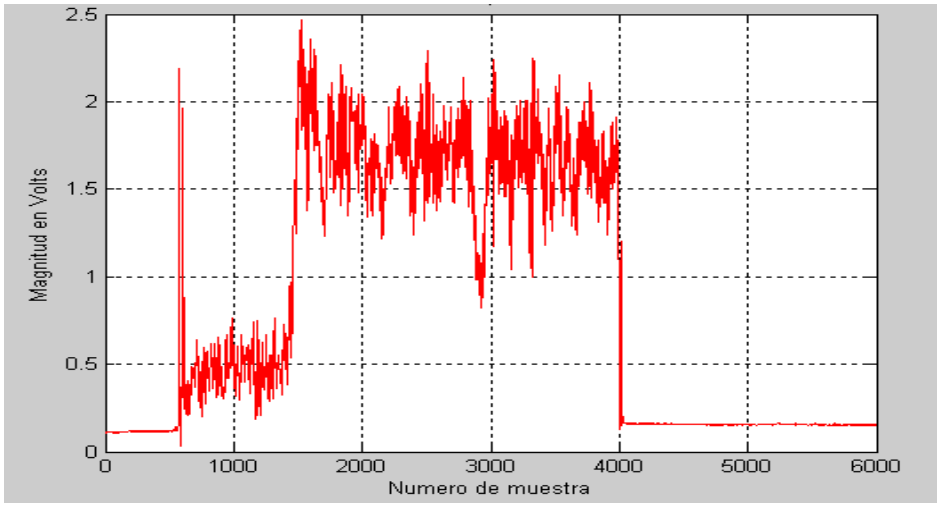


Grafica de los datos a analizar

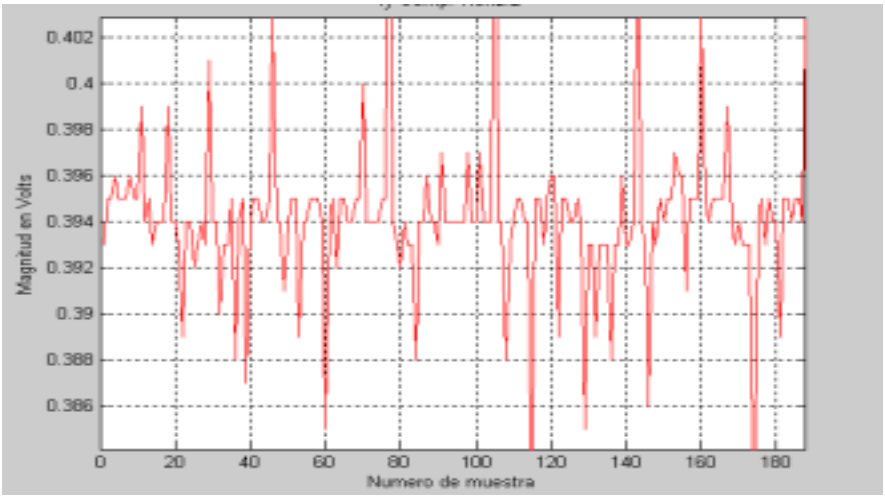


Análisis terminado

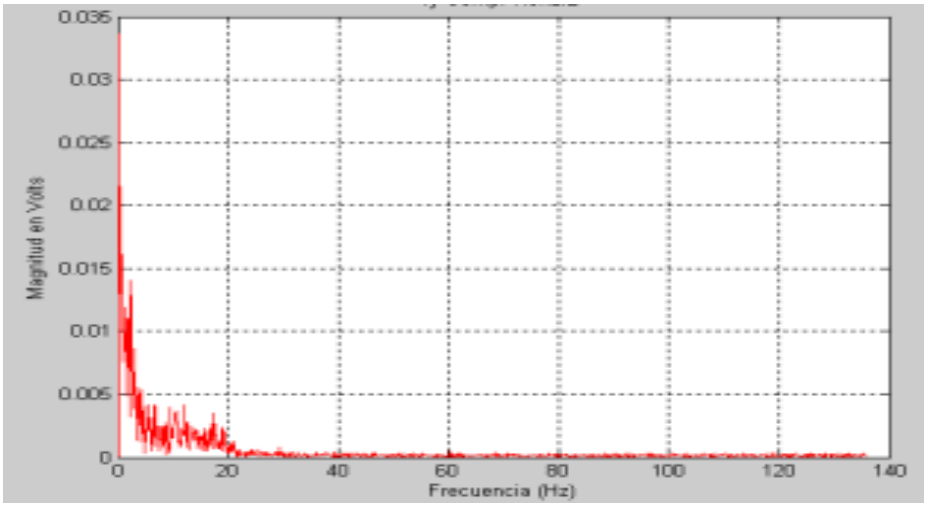
Para el sensor de tiro:



Grafica al inicio del análisis



Grafica a analizar



Análisis terminado

De los análisis se obtuvieron los valores de media y pn que se muestran a continuación.

A 3.1.2. Cuadro de fuerzas, potencia, consumo de combustible y velocidad de avance.

cincel	arreglo	repeticion	distancia (m)	tiempo (s)	velocidad (m/s)	Media No. 1	Pn	Media No. 2	Pn	milivolts	CONS (kN/MVL)	kN media	kW	HP media	MAX kN	kW	HP MAX
SVH 9/5	50*50 **5 CIN**	1	50	56.38	0.89	0.2272	0.2047	1.1439	0.1645	1308.4	11.8	15.439	13.692	17.442	25.70	22.793	29.036
		2	50	59.24	0.84	0.2541	0.2687	1.2185	0.1679	1386.4	11.8	16.360	13.808	17.590	33.48	28.257	35.996
		3	50	60.97	0.82	0.2074	0.2789	1.2806	0.1491	1429.7	11.8	16.870	13.835	17.624	26.95	22.099	28.152
		4	50	63.79	0.78	0.1864	0.2288	1.4735	0.1454	1618.9	11.8	19.103	14.973	19.074	28.38	22.242	28.334
SB 5/3	50*50 **5 CIN**	1	50	57.11	0.88	0.2252	0.2475	1.1171	0.2797	1396.8	11.8	16.482	14.430	18.382	24.75	21.667	27.601
		2	50	58.77	0.85	0.2313	0.213	1.1928	0.2451	1437.9	11.8	16.967	14.435	18.389	25.79	21.943	27.952
		3	50	59.99	0.83	0.2544	0.2405	1.2894	0.3715	1660.9	11.8	19.599	16.335	20.809	25.55	21.294	27.126
		4	50	63.05	0.79	0.254	0.2377	1.5218	0.2255	1747.3	11.8	20.618	16.351	20.829	29.48	23.378	29.781
MCC 3/5/7	50*50 **5 CIN**	1	50	62.25	0.80	0.2401	0.1614	1.5134	0.0928	1606.2	11.8	18.953	15.223	19.393	26.30	21.122	26.906
		2	50	60.6	0.83	0.2321	0.122	1.3244	0.1551	1479.5	11.8	17.458	14.404	18.350	24.73	20.406	25.994
		3	30	34.11	0.88	0.2907	0.1499	1.3754	0.0784	1453.8	11.8	17.155	15.088	19.220	23.59	20.750	26.433
MCC 3/5/7	30*30 **7 CIN**	1	50	58.29	0.86	0.237	0.1307	1.5703	0.3054	1875.7	11.8	22.133	18.985	24.185	33.42	28.668	36.520
		2	50	60.05	0.83	0.9717	0.0599	1.1719	0.1034	1275.3	11.8	15.049	12.530	15.962	21.34	17.768	22.634
		3	50	54.23	0.92	0.3221	0.0992	1.5717	0.3889	1960.6	11.8	23.135	21.331	27.173	30.19	27.838	35.462
		4	50	53.33	0.94	0.2368	0.0661	1.6817	0.3922	2073.9	11.8	24.472	22.944	29.228	33.60	31.498	40.125
SVH 9/5	38*38 **5 CIN**	1	50	55.28	0.90	0.2728	0.094	0.5463	0.38	926.3	11.8	10.930	9.886	12.594	30.13	27.250	34.714
		2	50	55.27	0.90	0.2833	0.148	1.5925	0.3071	1899.6	11.8	22.415	20.278	25.832	31.96	28.915	36.834
		3	50	60	0.83	0.2286	0.1199	1.8198	0.1195	1939.3	11.8	22.884	19.070	24.293	34.36	28.630	36.471
		4	50	68.5	0.73	0.1353	0.0953	1.5874	0.09	1677.4	11.8	19.793	14.448	18.405	26.07	19.030	24.242
SB 5/3	30*30 **5**	1	50	54.48	0.92	0.2254	0.1284	1.5552	0.302	1857.2	11.8	21.915	20.113	25.621	29.10	26.708	34.023

	CIN	2	50	56.17	0.89	0.1935	0.0784	1.9019	0.153	2054.9	11.8	24.248	21.584	27.496	29.95	26.660	33.961
		3	50	53.2	0.94	0.2498	0.1336	1.6479	0.116	1763.9	11.8	20.814	19.562	24.920	27.45	25.803	32.869
		4	50	53.52	0.93	0.2028	0.0976	1.62	0.3157	1935.7	11.8	22.841	21.339	27.183	33.39	31.193	39.737
		1	50	23.2	2.16	0.5049	0.2382	0.7878	0.0802	868	11.8	10.242	22.074	28.120	14.83	31.964	40.719
SVH 9/5	38*38 **3 CIN**	2	50	24.9	2.01	0.3895	0.1494	1.0689	0.1052	1174.1	11.8	13.854	27.820	35.440	18.54	37.227	47.423
		1	50	27.09	1.85	0.3530	0.118	1.2268	0.0885	1315.3	11.8	15.521	28.646	36.492	24.77	45.715	58.235
SB 5/3	30*30 3 **CIN**	2	50	26.2	1.91	0.3746	0.1141	1.1611	0.0624	1223.5	11.8	14.437	27.552	35.098	26.80	51.148	65.156
		1	50	23.9	2.09	0.4318	0.2171	0.6785	0.0722	750.7	11.8	8.858	18.532	23.608	15.12	31.625	40.287
MCC 3/5/7	30*30 3 **CIN**	2	50	24.75	2.02	0.3491	0.1082	0.8321	0.0784	910.5	11.8	10.744	21.705	27.649	17.26	34.868	44.418
SB 5/3	70*70 **3 CIN**	1	50	63.83	0.78	0.2971	0.1036	0.9866	0.1466	1133.2	11.8	13.372	10.475	13.343	23.71	18.573	23.659
		2	50	62.38	0.80	0.2764	0.0886	1.4599	0.1431	1603	11.8	18.915	15.161	19.314	27.67	22.179	28.254

Milivolts= (media+Pn) (1000)

CONS= constante de calibración.

kN= (media* CONS)/1000

kW= kN*vel

HP= kW/0.78

Cuadro de fuerzas para el implemento rediseñado.

arreglo	repeticion	distancia (m)	tiempo (s)	velocidad (m/s)	componente	Media	Pn	milivolts	CONST (kN/MVL)	kN media	kW	HP media	MAX kN	kW	HP MAX
1t-1p	1	25	45.33	0.552	fy	0.0013	0.0035	4.8	54.18	0.26	0.14	0.18	141.15	77.85	99.17
		25	45.33	0.552	fx	0.1378	0.0252	163	42.56	6.94	3.83	4.87	104.14	57.44	73.17
		25	45.33	0.552	trans. Peso	0.1375	0.0301	167.6	9.647	1.62	0.89	1.14	23.56	12.99	16.55
	2	25	44.06	0.567	fy	0.0003	0.003	3.3	54.18	0.18	0.10	0.13	141.23	80.14	102.08
		25	44.06	0.567	fx	0.1725	0.0166	189.1	42.56	8.05	4.57	5.82	103.03	58.46	74.47
		25	44.06	0.567	trans. Peso	0.1664	0.0157	182.1	9.647	1.76	1.00	1.27	23.42	13.29	16.93
	3	25	43.67	0.572	fy	0.004	0.0026	6.6	54.18	0.36	0.20	0.26	141.05	80.75	102.86
		25	43.67	0.572	fx	0.1619	0.0129	174.8	42.56	7.44	4.26	5.43	103.64	59.33	75.58
		25	43.67	0.572	trans. Peso	0.1634	0.0113	174.7	9.647	1.69	0.96	1.23	23.49	13.45	17.13
3t-1p	1	25	48.13	0.519	fy	0.011	0.0033	14.3	54.18	0.77	0.40	0.51	140.64	73.05	93.06
		25	48.13	0.519	fx	0.2846	0.0337	318.3	42.56	13.55	7.04	8.96	97.53	50.66	64.54
		25	48.13	0.519	trans. Peso	0.3261	0.0365	362.6	9.647	3.50	1.82	2.31	21.68	11.26	14.35
	2	25	45.85	0.545	fy	0.0146	0.0062	20.8	54.18	1.13	0.61	0.78	140.28	76.49	97.44
		25	45.85	0.545	fx	0.3261	0.0317	357.8	42.56	15.23	8.30	10.58	95.85	52.26	66.58
		25	45.85	0.545	trans. Peso	0.3485	0.031	379.5	9.647	3.66	2.00	2.54	21.52	11.73	14.95
	3	25	41.35	0.605	fy	0.009	0.008	17	54.18	0.92	0.56	0.71	140.49	84.94	108.20
		25	41.35	0.605	fx	0.2729	0.0336	306.5	42.56	13.04	7.89	10.05	98.04	59.27	75.51
		25	41.35	0.605	trans. Peso	0.295	0.0336	328.6	9.647	3.17	1.92	2.44	22.01	13.31	16.95
3t-2p	1	25	44.89	0.557	fy	0.0001	0.0027	2.8	54.18	0.15	0.08	0.11	141.26	78.67	100.22
		25	44.89	0.557	fx	0.1727	0.0151	187.8	42.56	7.99	4.45	5.67	103.09	57.41	73.14
		25	44.89	0.557	trans. Peso	0.1606	0.0171	177.7	9.647	1.71	0.95	1.22	23.46	13.07	16.65
	2	25	45.79	0.546	fy	0.0021	0.0021	4.2	54.18	0.23	0.12	0.16	141.18	77.08	98.19

3	25	45.79	0.546	fx	0.1448	0.0208	165.6	42.56	7.05	3.85	4.90	104.03	56.80	72.36
	25	45.79	0.546	trans. Peso	0.1322	0.0217	153.9	9.647	1.48	0.81	1.03	23.69	12.94	16.48
	25	46.69	0.535	fy	0.0009	0.0031	4	54.18	0.22	0.12	0.15	141.19	75.60	96.31
	25	46.69	0.535	fx	0.2036	0.0304	234	42.56	9.96	5.33	6.79	101.12	54.15	68.98
	25	46.69	0.535	trans. Peso	0.2043	0.032	236.3	9.647	2.28	1.22	1.55	22.90	12.26	15.62

Consumo de combustible:

C.COMBUS ML/S	C.COMBUS L/h	C.COMBUS ML/ha	C.COMBU L/ha	
3.117	11.220	16443.418	16.443	C.COMBUS CINCEL **SVH 9/5 (5cinceles a 50*50)**
2.637	9.495	12889.813	12.890	**PROMEDIO = 14.765**
2.667	9.602	13333.333	13.333	
3.172	11.420	16393.443	16.393	
3.855	13.880	19753.086	19.753	C.COMBUS CINCEL **MCC 3/5/7 (5 cinceles a 50*50)**
3.548	12.772	17768.595	17.769	**PROMEDIO = 18.690**
3.870	13.931	18546.835	18.547	
4.889	17.602	26327.945	26.328	C.COMBUS CINCEL **MCC 3/5/7 (7 cinceles a 30*30)**
5.579	20.083	31455.399	31.455	**PROMEDIO = 25.207**
4.149	14.936	20833.333	20.833	
4.238	15.256	22211.302	22.211	
4.667	16.802	25356.265	25.356	C.COMBUS CINCEL **SVH 9/5 (5cinceles a 38*38)**
3.691	13.287	22356.164	22.356	**PROMEDIO = 23.574**
3.867	13.920	24229.765	24.230	
3.051	10.984	22352.941	22.353	
3.818	13.744	25212.121	25.212	C.COMBUS CINCEL **SB 5/3 (5 cnceles a 30*30)**
3.774	13.587	26335.404	26.335	**PROMEDIO = 25.594**
3.816	13.737	25217.391	25.217	
3.924	14.126	25609.756	25.610	

A 4. DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DE LA LABOR.

A 4.1. Tamaño medio de agregados

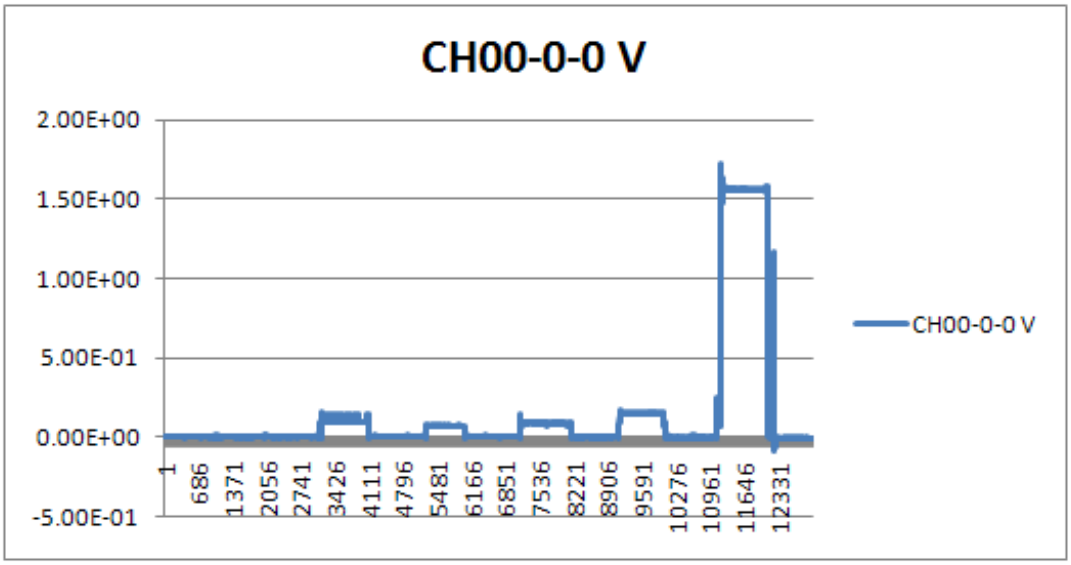
TAMAÑO MEDIO DE AGREGADOS (mm)										
	CORRIDA	T1 (Kg)	T2 (Kg)	T3 (Kg)	T4 (Kg)	T5 (Kg)	Lona (Kg)	W. total	D.M.A mm	
CINCEL **MCC 3/5/7 (7 CINCELES 30*30)**	1	164.7	20.4	11.8	10	18.4	57.3	282.6	71.5145081	
		168.9	26.2	11.7	7.1	15.8	48.6	278.3	75.3000359	
	2	26	4.75	2.8	3	11.6	119.81	167.96	24.2322577	**PROMEDIO**
		15.35	6.5	3.1	1.35	11.7	177.7	215.7	15.5470561	56.4
	3	151.6	11.3	3.7	3.3	6.8	99	275.7	64.0170475	
		204	7.8	3.9	3.9	5.2	99	323.8	70.6315627	
	4	103.5	11.1	4.8	3.8	9.4	117.5	250.1	51.0635746	
		202	6.8	3.8	3.4	8.7	60	284.7	78.7548296	
CINCEL **SVH 9/5 (5 CINCELES 38*38)**	1	69.5	8.9	4.7	4.9	10	99.5	197.5	45.4050633	
		181.5	7.8	3.9	3.9	5.1	43	245.2	82.4898042	
	2	117.2	9.6	4.5	4.7	9.6	143	288.6	49.3087318	**PROMEDIO**
		0.2	4.5	2.2	2	4.3	28	41.2	17.5606796	62.7
	3	117.5	6	3.5	2.4	7.9	65.5	202.8	66.3880671	
		172.5	8.9	3.7	3	5	55.5	248.6	78.0370072	
	4	224	1.2	0.7	2.6	3.9	79	311.4	77.5931278	
		272.5	5.1	4.1	3.9	6.1	57.5	349.2	84.9398625	
CINCEL **SB 5/3 (5 CINCELES 30*30)**	1	101.8	5.8	7	5.9	10.2	164	294.7	42.5975568	
		51.3	6.8	6.2	3.1	20.2	216	303.6	25.1613966	
	2	26	7.6	2.1	1.7	9.1	149	195.5	22.230179	**PROMEDIO**
		54	2.6	2	1.8	1.3	109	170.7	38.4739309	36.9
	3	66.3	3	2.6	2.8	5.8	86	166.5	47.4024024	

	4	53.5	4.8	3.3	3.6	9.3	86	160.5	42.3239875	
		47	4	3	8.2	8.7	74	144.9	41.9634231	
		36.4	7	3.6	3.1	7.1	92	149.2	34.6514745	
	1	46	7.4	4.6	4.2	7.2	54	123.4	49.3435981	**PROMEDIO**
CINCEL **MCC 3/5/7**		64	12	6	6	8	35	131	63.8549618	52.3
(3 CINCELES 30*30)	2	46.5	8.5	4.9	5.3	6.2	57	128.4	48.8239875	
		32	12	5	7	9	42	107	47.1028037	
	1	27	8.3	3.2	2.8	10	132	183.3	24.5881069	
CINCEL **SVH 9/5**		45.8	11.5	5.5	5.1	10.8	58	136.7	47.7578639	**PROMEDIO**
(3 CINCELES 38*38)	2	33.5	7.6	4.3	3.7	8.2	74	131.3	37.189642	40.8
		60.8	11.1	5.8	5.2	10.1	57	150	53.8033333	
	1	61.6	7	4.8	9.2	73	78	233.6	38.2491438	
CINCEL **SB 5/3**		53.4	6.5	2.7	3.2	8.1	87	160.9	42.7066501	**PROMEDIO**
(3 CINCELES 30*30)	2	55	11	6	4	14.1	88	178.1	42.9337451	36.7
		15.8	3.4	2.6	2.9	6.6	83	114.3	22.9352581	
	1	4.3	1.3	1.6	1.8	4.2	65	78.2	13.4590793	
		4.5	2.1	1.3	1.6	5.15	110	124.65	10.9085439	
	2	95	3.4	1.4	0.9	5.8	0.3	106.8	97.5093633	
CINCEL **SB 5/3**		1.3	3.8	4	2.4	8.2	105	124.7	10.4931836	**PROMEDIO**
(5 CINCELES 50*50)	3	104	5.4	2.4	1.7	3.4	107	223.9	53.9370255	42.4
		66.4	12.6	7.6	5.6	17.6	143	252.8	37.1954114	
	4	92	8.8	3.9	4.3	3.6	88	200.6	55.4411765	
		86.2	11	4.6	3	7	65	176.8	60.0678733	

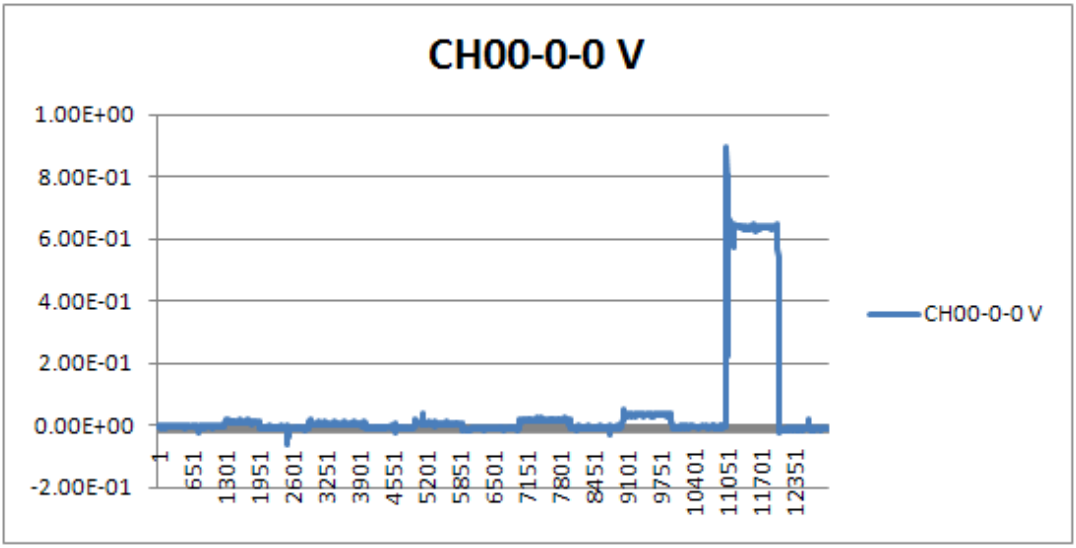
CINCEL **MCC 3/5/7 (5 CINCELES 50*50)**	1	75	5.8	4.2	3.9	7.1	87	183	49.9781421	
		90.3	23.5	11	12.3	24.3	221	382.4	35.5086297	
	2	107	9.95	5.9	4	8.4	90	225.25	57.4605993	**PROMEDIO**
		14.9	3	2.2	2.8	2.8	80	105.7	22.7483444	41.7
	3	37	9	2.7	3.2	9.9	82.1	143.9	37.1924948	
		52.5	4.2	2.6	2.8	5.7	69	136.8	47.1710526	
	4									
CINCEL **SVH 9/5 (5 CINCELES 50*50)**	1	13.4	3.8	3.4	2.4	14.4	187	224.4	13.627451	
		3.6	5	3.5	3.9	7.6	114.5	138.1	12.3244026	
	2	20	4.6	3.7	2.6	9.3	217	257.2	15.1846812	**PROMEDIO**
		59.7	7.7	4	4.3	13.7	105	194.4	40.5478395	26.5
	3	84.5	7.1	3.5	3.3	8.2	199	305.6	35.2781414	
		35	7	4.1	2.1	7.6	107.5	163.3	31.2492345	
	4	57	2.8	1	1.3	1.5	100.5	164.1	41.4777575	
		22	1.3	2.7	2.8	11.3	105	145.1	22.6498966	
CINCEL **SB 5/3 (3 CINCELES 70*70)**	1	12	3.9	3.4	3.45	7.3	65.8	95.85	23.2942097	**PROMEDIO**
		3.75	1.8	1.85	3.25	10.05	64.05	84.75	13.7345133	15.9
	2	0	2.2	3.5	4.4	14.95	66.85	91.9	10.7127312	

T= tamiz

A 4.1.1. Tamaño medio de agregados del implemento de rediseño.



Peso de agregados calculado con sensor de anillo de la segunda corrida.



Grafica obtenida en la corrida tres

Para obtener los pesos solo se toman los promedios de cada punto en los que la grafica subió y son multiplicados por las constantes de calibración.

Cuadro de tamaño medio de agregados

TAMAÑO MEDIO DE AGREGADOS											
CORRIDA	MUESTRAS	T1 (Kg)	T2 (Kg)	T3 (Kg)	T4 (Kg)	T5 (Kg)	Lona (Kg)	W. total (Kg)	D.M.A mm		
	1	10.194	0.94	10.137	14.726	10.871	57.174	104.042	27.211751		
	2	0	1.942	1.73	2.031	13.955	60.936	80.594	15.6233715		
	3	4.871	3.912	4.589	2.821	13.767	32.349	62.309	26.2011908		
	1	0	3.837	0	1.204	4.702	60.183	69.926	18.066456	PROMEDIO=	24.88
1	2	3.78	14.858	5.623	2.746	14.745	43.257	85.009	30.6048771		
	3	2.99	5.511	1.956	2.182	5.68	64.321	82.64	22.759378		
	1	9.404	8.369	0	0	8.125	44.009	69.907	33.7262363		
	2										
	3										
	1										
	2										
	3	0	18.318	13.729	16.72	28.587	293.394	370.748	18.8172155		
	1	11.04	11.792	0.828	0	12.827	231.33	267.817	21.1702954		
2	2	2.294	5.417	4.928	7.655	12.225	182.055	214.574	17.9643153	PROMEDIO=	17.28
	3	0	2.313	2.407	2.52	9.742	163.436	180.418	15.7665532		
	1	0	0	2.972	4.721	8.482	179.046	195.221	15.1879408		
	2	0	4.439	1.994	2.708	7.203	181.303	197.647	16.4846418		
	3	0	1.806	2.539	2.821	8.125	199.358	214.649	15.5955071		
	1	0	1.787	2.182	4.138	9.216	149.33	166.653	15.719609		
3	2	2.219	0.433	1.185	2.953	6.319	119.803	132.912	16.6839713		
	3	0	2.84	2.727	3.837	11.322	149.706	170.432	16.0439647		
	1	3.084	7.26	5.36	7.109	11.905	98.927	133.645	21.2516368	PROMEDIO=	18.30

2	0	4.382	3.931	4.363	8.463	97.61	118.749	17.8809085
3	6.601	7.147	3.329	4.551	10.118	81.624	113.37	24.5810179
1	2	2	2	2	6	68	82	18.902439
2	0	1	2	2	3	50	58	16.8103448
3	0	1	2	2	3	50	58	16.8103448

A 5. AREA DISTURBADA

Cuadros de perfiles

CINCEL SVH 9/5 (5 cinceles a 50*50)							
CORRIDA 1		CORRIDA 2		CORRIDA 3		CORRIDA 4	
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
36	7	34	15	10	10	9.5	21
29	21	33.2	26	14	30	29.5	29
16.5	27	33.5	25	22	34	30	38
15.8	23	16	19	32	31	19	31
25.5	20.5	27	12	27	12	7	26
32.8	30	23.5	20	17	16	14	34
18.4	31	31	23	17	31	36	35
15	10	26.9	14.5	31	38	34	34
29.3	10	14.6	10	34	21	26	26
27.6	18	28.1	19	28	12	20	16
18.5	28	31.9	21	12	7	23	20
18.3	22	18.4	15	11	39	32	29
18.6	20	14.5	11	26	40	28.5	33
22.5	20	18.3	14	29.5	29	10	24
23.7	21	33.3	12	17	21	3	16
26.6	30	27.4	27	13	22	11.5	17
14	28	17.6	21	16	41	29.5	28
13.5	21	17.5	13	31	33	31.5	31
30.2	10	31.3	17	32	30	32	18
33		37.5	32	25	27	19	7
			35	26	31	30	24
			30	27	35	33	32
			15	36	25	28	32
				35.5	6	21	28
				16		15	8
						9	
área dist. (m2)	área dist. (m2)	área dist. (m2)	área dist. (m2)	área dist. (m2)	área dist. (m2)	área dist. (m2)	área dist. (m2)
0.4118	0.361	0.44785	0.4105	0.56	0.606	0.54875	0.6025

promedio 0.49355 (m2)

Ad= (((p1+p2)+(p2+p3)+(p3+p4)+……+(pn-1+pn))*(10/2))/1000

P= puntos del perfil.

CINCEL SB 5/3 (5 cinceles a 50*50)							
CORRIDA 1		CORRIDA 2		CORRIDA 3		CORRIDA 4	
muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2
11.5	25	24	10	11	18	29	21
29	12	30	31	19	25	36.5	35
14	13	30	33	31	9	30	35
7	20	28	27	31	9.5	27	11
5	29	24	11	32.5	8	15	14
14	27	28	23	35	17	30	19
18	10	29	32	37	22	32	38
18.5	11	23.5	30	30	16	25	34
10	20	22	9	24.5	14	18.5	19
11	26	26	15	25	9.5	15	16.5
17	20	35	23.5	29.5	19	17	21
22	8	36	28.5	26	25	32	38
8.5	5.5	30.5	38	26.5	19	25	38
4.5	23	26	14	9	16	18.5	31
4.5	30	24.5	4	8	16	15	34
19.5	14.5	34	8	36	17	17	36.5
18	10.6	36.5	34	40	29	32	39
11	19.5	26	35	41	21	26	31
8.5	31	27	31	36.5	14	25	22
8.5	30	16.5	21.6	40	13	31	20
17		24	25	41	20	31	31
6.5		34.5	26.5	36.5	26	30	36
		30	11	32	15	16	28
				34.5		16.5	
				38		25.5	
				35		35.5	
				9		36.5	
						26	
						7	
área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)
0.2575	0.3376	0.583	0.4871	0.755	0.3465	0.80275	0.5685

promedio 0.5172437 (m2)

CINCEL MCC 3/5/7 (5 cinceles a 50*50)					
CORRIDA 1		CORRIDA 2		CORRIDA 3	
muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2
4.5	16	11.5	26	9	11
35	32	31	24.5	24	32
37.5	33	34.5	18	33	29
38.5	15	25	14.5	32	20
26.5	15.5	16	31	9	19
27.5	28	19	18	6	24
34.5	35.5	31	9	19	32
34	26	33.5	5	31	25
28.5	18	16	29	27	19
26	18	18	33	14	18
27.5	27	23.5	16.5	20	32
36.5	34	30.5	5	31	36
37.5	27	34	7	35	29
27.5	9	29	15	28	14
23	9	25	33	19	16
29	12	22.5	26	15	25
36	29	27	18	22	35
33.5	19	32	17	30	34
27.5	11	19.5	34	32	17
26	8	20	18	27	22
21	25	13		26	37
28	27	19		26	38
28.5	10	23		33	20
		12.5		30	
				19	
área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	aérea dist (m2)	aérea dist (m2)
0.51275	0.444	0.5305	0.359	0.563	0.4585

PROMEDIO 0.47795833 (m2)

CINCEL MCC 3/5/7 (7 cinceles a 30*30)							
CORRIDA 1		CORRIDA 2		CORRIDA 3		CORRIDA 4	
muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2
23	20	13	27	24.6	21	9.7	24
27	26	26	30	22.2	27	17.9	21.5
28	25.5	14.5	15	14.8	28.5	18.5	19
26	22.5	14	21	17.7	20	17.9	22.5
20	20.5	14.5	27	14.2	25	15	25.5
22	27	21.5	19	20.5	21	14.6	20
28	25	26	28	19.7	25	18	23.5
25.5	12	24	26	25.4	29.5	26.3	21.5
23.5	15	14.5	18.5	22.6	25.5	27.7	21
27	22.5	27.5	25.5	28.5	23	17.1	21.5
24.5	16	21	17	29.5	27	17.8	23.5
24	15	14.5	18	26	21.5	13.3	21
26.5	30	26	26.5	32.3	25.5	14	25
14	24.5	16	20	32	28	16.5	24
17.5	21	19	23.5	35.5	26	13.3	23.5
27	23	27	25	25.7	26	12.6	29
18	16.5	17	16.5	20.4	23	12.7	25
21	10	18.5	13	23.5	23	14.2	25
28	20	23	26	31.3	28	21	26
13	26	26.5	20.5	28.3	27.5		20
	15.5	20					
área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)
0.421	0.39975	0.3865	0.40225	0.43875	0.44975	0.28495	0.4165

promedio 0.3999312 (m2)

CINCEL SVH 9/5 (5 cinceles a 38*38)							
CORRIDA 1		CORRIDA 2		CORRIDA 3		CORRIDA 4	
muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2
16.5	19	11.1	8.5	15.8	11	18.9	10
28	27	20.9	31.7	29.5	15.8	30	32.5
24.5	24.5	20.3	32.4	29.3	20	28	33.3
27.5	23.5	28.5	30.5	22	26.5	29	32.5
29.5	28.5	20.9	31.8	21	27.7	29.7	32.3
31	25.5	26	36	30	27	29.5	35
23	20.5	23.5	30.5	27.6	25	31	32
20	25	22.6	31.5	23.7	24.5	30.9	37.5
20	21.5	24.3	34.8	24.3	25	22.3	32
19.5	21.5	19.7	34.4	24.4	23.5	20.7	31.4
14.9	21.8	13.9	30.3	23.1	23.7	31.1	39.4
15.3	26	15.2	33	30	22.9	29.5	31
28.7	20.5	16.5	36.5	34	22.9	26.5	32
29.4	17.5	25.3	35.6	35.1	24	13.3	33.3
25.4	25	24.3	36.3	28.7	24.3	17	19.5
25.4	26.5	25.9	33.3	26.7	24.8	18.2	16.2
30.6	26.8	24.4	34.3	23.2	23.9	20.5	32.4
25.2	22.7		36.4	26.7	27.8	24.8	5.3
12.5	14.3				4.5	6.5	
	15.2						
	18						
area dist m2	area dist m2	area dist m2	area dist m2	area dist m2	area dist m2	area dist m2	area dist m2
0.3971	0.4305	0.33165	0.52505	0.43075	0.39335	0.4136	0.44645

promedio 0.4210562 (m2)

CINCEL SB5 (5 cinceles a 30*30)							
CORRIDA 1		CORRIDA 2		CORRIDA 3		CORRIDA 4	
muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2
24	8	16	10	10	25	8	10
37	17	36	38	34.5	36	9.5	29
34	36	43	38	36	33	39	33
32	32	41	36	30	36	36.5	32
34	31	41	38	33	34	35	34
35	36	38	35	37	30	40	31
31	30	35	30	33	29	36	30
36	29	35	33	34	32	38	32
33	35	38.5	36	36	29	39	34
32	36	34	30	33	33	37	31
35	30	31	32	32	33	34	30
35	32	38	35	34	30	36	34
32	38	38	34	34	33	40	35
36	35	40	33	34	35	36	32.5
38	37	41	36	36	20	35	34
14	35	34	23	29		38	33
	16	11	10	7		9	13
	9						
área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)
0.4455	0.4835	0.546	0.485	0.482	0.4125	0.5035	0.466

promedio 0.478 (m2)

SB 5/3 (3 cinceles a 70*70)		
CORRIDA 1		CORRIDA 2
muestra 1	muestra 2	muestra 1
47.5	48	45.5
37	38	44.5
21	20.5	30.5
24.5	25	22
38.7	46.5	25.5
47	47	46.5
47.5	47.5	47.5
43	45	47
33.8	40.5	45.5
22	28.5	20
18.7	14	17
27	28	20
45	44	45
47.5	47.5	47.5
47.5	37.5	47.5
46	24.5	47
28.3	19.5	46
22.5	19.7	16
32.8	33.7	20
45.5	46.5	42.5
área dist. (m2)	área dist. (m2)	área dist. (m2)
0.6576	0.64015	0.662

PROMEDIO **0.65325** **(m2)**

cincel MCC 3/5/7 (3 cinceles 30*30)				SVH 9/5 (3 cinceles a 38*38)				SB 5/3 (3 cinceles a 30*30)			
CORRIDA 1		CORRIDA 2		CORRIDA 1		CORRIDA 2		CORRIDA 1		CORRIDA 2	
muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2	muestra 1	muestra 2
7	8	9.5	20	8	3	5	7	28	13	5	10
26	17	30	28	36	17	14	25	27	31	30	7
30	26	28	25	35	29	27	28	22	29	29	28
28	23	25	20	29	17	31	25	23	27	26	29
33	23	31	25	31	17	23	28	33	32	30	30
28	25	27	20	39	26	19	23	21	32	30	26
29	23	25	22	36	26	30	24	24	24	26	25
28	22	28	25	32	20	24	37	32	28	30	31
16	25	13	15	40	20	20	27	22	29	31	12
	7			42	29	29	9	3	13		5
				20	17	30	2		5		
						25					
						5					
área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)
0.2135	0.1787	0.20525	0.1825	0.334	0.211	0.247	0.2305	0.2195	0.254	0.219	0.1955

promedio 0.1949875 (m2) **promedio 0.255625 (m2)** **promedio 0.222 (m2)**

Cuadro de perfiles con datos obtenidos del implemento rediseñado

1 TIMON - PROFUNDIDAD 1									3 TIMONES - PROFUNDIDAD 1								
CORRIDA 1			CORRIDA 2			CORRIDA 3			CORRIDA 1			CORIDA 2			CORRIDA 3		
muestra 1	muestra 2	muestra 3	muestra 1	muestra 2	muestra 3	muestra 1	muestra 2	muestra 3	muestra 1	muestra 2	muestra 3	muestra 1	muestra 2	muestra 3	muestra 1	muestra 2	muestra 3
9	10	11	5.5	15.5	10.5	7	14	8	5	6	6	5	14	18	12	14	9
34	15	22	17	31	40	22	25	33	19	8.5	33	9	33	29.5	37	26.5	28
39	27.5	32.5	39	40	44	44	39	40	39.5	37	31	31	33.7	23	37.5	35	37
24	37.5	20.5	31.5	33	44	43.5	35	29.5	34	36	29	16	24.5	27.5	30.5	23	22.5
11	32	9.5	18	4	4	24	20	6.5	38	39.5	39.5	24	20	36.5	24	20	23
	14		5.5			12	6		43	29.5	42	34	36	35	31	37	40
	7								40	30	33	33	24.5	28.5	24	34	21.5
									29	35.5	34	17	30	34	32	27.5	29
									39	25	35.5	34	35.5	33.5	30	31.5	35
									36.5	15	27	17	20.5	125	22.5	31	25
									24	4.5	16	5	10			17	14.5
									15								
área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)	área dist (m2)
0.107	0.1345	0.08525	0.111	0.11375	0.13525	0.143	0.129	0.10975	0.352	0.26125	0.315	0.22	0.2697	0.319	0.26325	0.281	0.27275
Prom.	**0.12**	**(m2)**							**Prom.**	**0.28**	**(m2)**						

3 TIMONES - PROFUNDIDAD 2								
CORRIDA 1			CORRIDA 2			CORRIDA 3		
muestra 1	muestra 2	muestra 3	muestra 1	muestra 2	muestra 3	muestra 1	muestra 2	muestra 3
7	17	17	21	8.5	11	27	19	10
22.5	27	29.5	17	21	17.5	27.5	20	19
28	19	18	15	16	14	25	20	20
19	18	16.5	39	14	30	40	24	5
35.5	42.5	39	36	39	35.5	39.5	36	27
42	38.5	23.5	8.5	41.5	20	33	36	27
36	20	15	19	10	16	33	11	12
19.5	27	28.5	22	15	19	32	22	18
29	24	25.5	15	24	12	13	22.5	21
19	14.5	13.5	4.5	13	16	10	10	10
8				7				
área dist. (m2)	área dist. (m2)	área dist. (m2)	área dist. (m2)	área dist. (m2)	área dist. (m2)	área dist. (m2)	área dist. (m2)	área dist. (m2)
0.258	0.23175	0.21075	0.18425	0.20125	0.1775	0.2615	0.206	0.159

Promedio **0.21 (m2)**