

PROTOCOLO DE PRUEBA DE MOTOCULTORES

PPM-C0408/3

CENEMA-INIFAP

14/03/2014

El protocolo de prueba PPM-C0408/3 del CENEMA, considera parámetros de otras normas nacionales e internacionales, se describe detalladamente cada prueba a realizar. Esta metodología establece los parámetros principales y el método de prueba para evaluar el; funcionamiento, facilidad y seguridad de operación del motocultor.

ÍNDICE

1.-OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	4
2.-REFERENCIAS	4
3.-METODOLOGÍA.....	5
3.1.-Pruebas de laboratorio	6
3.1.1.-Revisión de la información técnica	6
3.1.2.-Estudio de estructura.....	7
3.1.2.1.- Dimensiones del motocultor.....	7
3.1.2.2.-Masa del motocultor.....	8
3.1.3.-Estudio seguridad y facilidad de operación del motocultor	9
3.1.3.1 Dispositivos de arranque.....	10
3.1.3.2 Órganos de mando.....	11
3.1.3.3 Identificación de los órganos de control.....	14
3.1.4.- Potencia de tracción del motocultor	14
3.1.5.-Potencia en la toma de fuerza del motocultor.....	15
3.2.-Evaluación en campo	17
3.2.1.-Vibración.....	17
3.2.2.-Grado de ruido.....	19
3.2.3.-Determinación de la calidad de trabajo de los implementos para motocultor	21
3.2.3.1.-Humedad del suelo.....	22

3.2.3.2.-Dureza del suelo.....	22
3.2.3.3.-Resistencia al corte.....	23
3.2.3.4.-Tamaño promedio del terrón.....	23
3.2.3.5.-Microrelieve del suelo	24
3.2.3.6.-Prueba de funcionamiento	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Pag.
1	Determinación de la línea de avance.	28
2	Mediciones con los diferentes ajustes.	28
3	Esquema del acondicionamiento de la placa para la colocación del acelerómetro.	42
4	Localización de los ejes ortogonales para la medición de las vibraciones.	43
5	Puntos del terreno donde tomar las muestras de suelo.	50
6	Puntos del terreno donde tomar las muestras de suelo.	53
7	Esquema del campo de prueba.	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Contenido	Pag.
1	Normas revisadas para la evaluación	22
2	Límites máximos de exposición en manos a vibraciones	45
3	Límites máximos permisibles de exposición	47
4	Distribución del tamaño de terrón según diámetro y masa	56

1.-OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

General

- Evaluar el motocultor midiendo diferentes parámetros tanto en laboratorio como en campo.

Específicos

- Determinar la potencia en la toma de fuerza, el nivel de ruido y vibraciones del motocultor.
- Evaluar la seguridad, facilidad de operación y funcionalidad en campo del motocultor.

2.-REFERENCIAS

En la tabla 1 se muestran las normas, métodos y protocolos de prueba considerados en el presente protocolo.

Tabla 1. Normas revisadas para la evaluación

NORMA	DESIGNACIÓN
NOM-024-STPS-2001	Vibraciones-Condiciónes de seguridad e higiene en los centros de trabajo
NOM-011-STPS-2001	Condiciónes de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido
NMX-O-169-SCFI-2002	Tractor agrícola – determinación de potencia a la toma de fuerza – método de prueba
NMX-O-203-SCFI-2004	Tractor agrícola – determinación de potencia y fuerza de tracción a la barra de tiro – método de prueba
SAE J1349.	Certified Power
NC-19-02-13	Tractores y máquinas agrícolas autopropulsadas, Métodos de control de los requisitos de seguridad.
Protocolo de prueba	Protocolo de prueba del CENEMA para la evaluación de implementos de labranza vertical.

3.-METODOLOGÍA

Clasificación de los motocultores, motoazadas, diesel y gasolina para aplicación del procedimiento de ensayo.

Categoría I	Motoazadas:
Categoría II.	Motoazadas transformables
Categoría III.	Motocultores de menos de 9kW(12hp)
Categoría IV	Motocultores de más o igual a 9kW(12hp)

- Los datos generales deben ser: marca, tipo, modelo, número de serie, nombre y dirección del fabricante y el país de origen del equipo.
- El fabricante debe entregar: manual del operador y mantenimiento, folletos, fichas técnicas, diagramas y dibujos.
- Las características del motocultor y del implemento: tipo de implemento, acoplamiento, dimensiones del equipo (longitud, anchura y altura en mm), masa (kg), velocidad recomendada, rango de potencia del motocultor, puntos de lubricación, tipos de manubrios (ajustables o no ajustables), cubiertas de protección, diagramas descriptivos (fotografías, esquemas para el ensamble de piezas), otros puntos necesarios a criterio de los responsables que conducen la prueba.
- Las principales pruebas a realizar son; potencia de tracción, potencia a la toma de fuerza, ruido, vibración, y evaluaciones específicas para diferentes implementos con los que cuente el motocultor.

El operador del equipo durante la prueba se capacitará leyendo toda la información que proporcione el fabricante. Eliminar o no entendí la idea de este apartado.

Pruebas que conforman la metodología de prueba

Estudio de laboratorio

- Revisión de la información técnica
- Estudio de estructura
- Seguridad y facilidad operación

- Potencia de tracción
- Potencia a la toma de fuerza

Estudio de campo

- Vibración
- Ruido
- Calidad de trabajo
- Funcionamiento

3.1.-Pruebas de laboratorio

Objetivo

Reconocer la estructura del motocultor y sus dimensiones principales, mecanismos, masa e instalación; además, confirmar y examinar la información proporcionada por el fabricante en cuanto a las recomendaciones para su desempeño, capacidad de trabajo, especificaciones y componentes de diseño, así como verificar aspectos generales de seguridad.

3.1.1.-Revisión de la información técnica

Se realizará una revisión detallada de la información técnica proporcionada por el fabricante, a través de los manuales de operación y mantenimiento, folletos o fichas técnicas, con la finalidad de evaluar la calidad de la información otorgada al usuario y, a la vez, determinar la falta de ésta. El motocultor deberá ser entregado con toda la información técnica que normalmente acompaña a estos equipos, como son manuales de operación, manual de mantenimiento, póliza de garantía, recomendaciones, descripción de piezas que componen al motocultor, así como las indicaciones mínimas para operarlo; todo esto con el fin de estar en condiciones de examinar detalladamente la estructura del equipo y comparar su congruencia con parámetros medidos durante las pruebas.

Las pruebas de medición de la estructura se realizarán en el laboratorio con el fin de lograr mayor precisión y uniformidad de las mediciones y observaciones registradas.

Datos generales a registrar

- Marca
- Tipo
- Modelo
- Número de serie
- Nombre y dirección del fabricante
- País de origen

3.1.2.-Estudio de estructura

3.1.2.1.- Dimensiones del motocultor

Método de medición.

Se colocará en una superficie uniforme y nivelada, para determinar visualmente los extremos (arriba, a los lados, al frente y la parte posterior).

Una vez identificados, se proyectaron estos puntos al suelo por medio de una plomada. Para asegurar que las distancias de un extremo a otro sean de una forma recta y perpendicular al eje de avance, es necesario crear una línea recta paralela al avance del motocultor y ayudarse con una escuadra al momento de la medición.

Para crear la línea paralela al eje de avance se hará con la plomada, marcando los dos extremos de las llantas, se trazarán dos líneas cruzadas en las llantas del motocultor, se unieron los puntos marcados en forma cruzada en las llantas, determinando el punto de cruce.

Para determinar otro punto sobre la línea del motocultor, visualmente se determina una parte del motocultor que fuera simétrica, se medirá y se

determinará el punto medio para después proyectarlos al suelo por medio de una plomada.

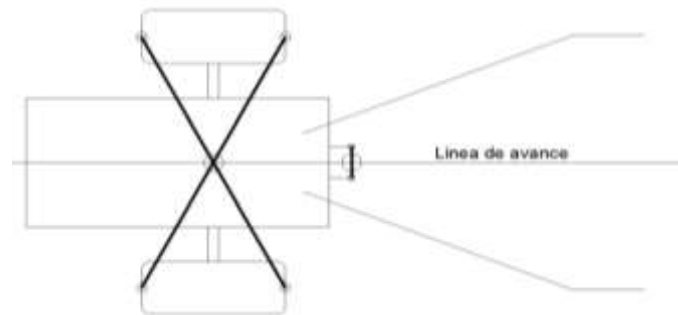


Figura 1. Determinación de la línea de avance.

De manera complementaria a estas dimensiones, se harán los ajustes que el fabricante indique (trocha, altura del motocultor, ángulo del manubrio, etc.) y se medirá (figura 2).

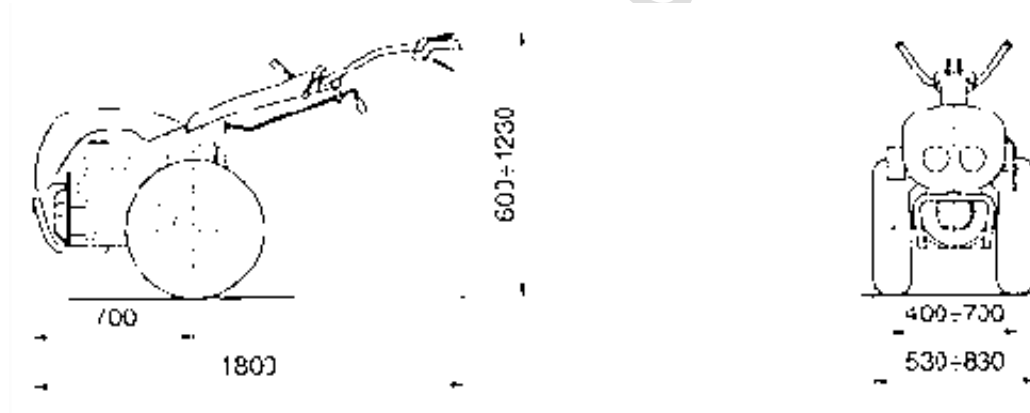


Figura 2. Mediciones con los diferentes ajustes.

3.1.2.2.-Masa del motocultor.

La masa del motocultor se determina de dos formas una sin implementos y otra con todos sus componentes, tal como será usado durante su funcionamiento en campo.

Se irán acoplando los diferentes implementos para determinar la masa de los diferentes agregados.

3.1.3.-Estudio seguridad y facilidad de operación del motocultor

En laboratorio se evaluarán los siguientes aspectos:

- Dispositivos de protección para los conjuntos peligrosos.
- Escritos, símbolos y señales necesarias sobre la técnica de Seguridad.
- Documentación de explotación.
- Elementos de señalización.
- Silenciador de ruido del motor y apaga chispa.
- La distribución de los depósitos con materiales combustibles y lubricantes, teniendo en cuenta las medidas contra incendios.
- Seguridad para el acople y desacople de la máquina agrícola e implementos.
- La existencia y seguridad del dispositivo que impida la puesta en marcha del motor, cuando la transmisión se encuentre conectada.
- Comodidad del paso del agregado de la posición de trabajo a la posición de transporte y viceversa.
- La existencia y efectividad de los medios que garanticen la seguridad de los dispositivos que trabajan bajo presión o en altas temperaturas.
- Comodidad y seguridad para la realización de los mantenimientos técnicos.
- Comodidad y posibilidad de utilización de los elementos de mando de las máquinas.

Para la observación de cada uno de estos parámetros se encenderá el motocultor y de manera cualitativa se comprobará la facilidad y seguridad en los órganos de mando. Esto será operando el motocultor en diferentes trayectos; en línea recta, en curva y de reversa; en cada uno de estos se accionarán los diferentes dispositivos con los que cuenta, observando su facilidad y seguridad.

3.1.3.1 Dispositivos de arranque

Además de órganos de accionamiento continuo, las máquinas deben equiparse con un dispositivo que impida cualquier arranque del motor cuando dicho arranque pueda provocar el giro de las ruedas o el accionamiento de la herramienta de trabajo.

Un dispositivo, por ejemplo una conexión mecánica, que permita arrancar el motor únicamente cuando la palanca de cambios esté en punto muerto y la herramienta de trabajo desconectada, se puede considerar que cumple el requisito anterior.

No se necesita este dispositivo si, para arrancar la máquina conforme a las instrucciones dadas por el fabricante, el operador no tiene que situarse en la zona peligrosa. Se considera como zona peligrosa la banda longitudinal definida por la anchura de la máquina con la herramienta de trabajo que se extiende tanto hacia adelante como hacia atrás. Si la máquina no dispone de marcha atrás, la zona peligrosa posterior se limita a una distancia de 550 mm medida a partir del extremo posterior de los dispositivos de protección de las partes móviles (véase figura 3).

Cuando la máquina disponga de marcha atrás, la zona peligrosa posterior comprende toda la banda longitudinal limitada por la anchura de trabajo del equipo.

Solo se permitirán los siguientes sistemas de arranque:

- A) motocultores con motor de una potencia nominal menor o igual a 5 hp
Podrán utilizar un sistema de manivela y/o dispositivo de arranque con cuerda de recuperación automática para el arranque.

Cuando el arranque se realice con un sistema de manivela, debe contar con un dispositivo que desconecte inmediatamente la manivela cuando el motor arranque e impida su conexión cuando el motor esté funcionando o que se produzca un retorno de la manivela.

B) motocultores con motor de una potencia nominal mayor a 5 hp

El sistema de arranque debe ser eléctrico y solo puede contar con un dispositivo auxiliar de arranque con cuerda de recuperación automática.

No se aceptan cuerdas sueltas, cables, etc.

Dimensiones en milímetros

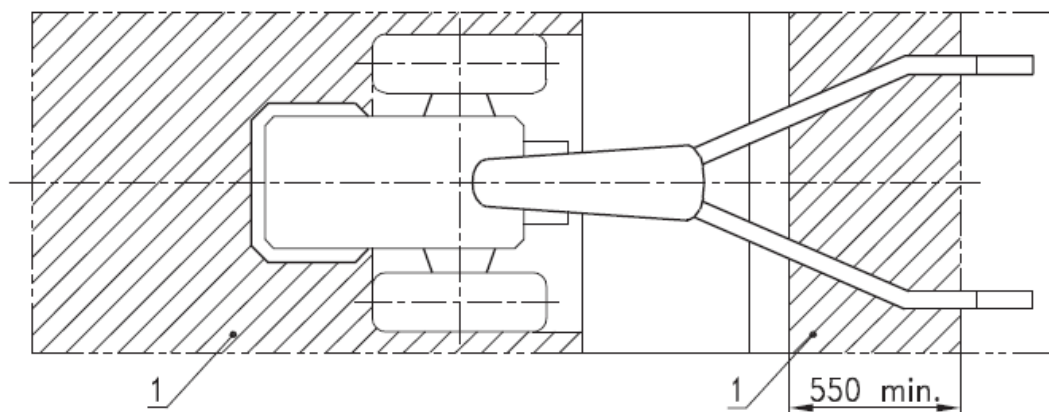


Figura 3 Límites de la zona peligrosa durante el arranque, en las máquinas sin marcha atrás

3.1.3.2 Órganos de mando.

La altura de la empuñadura de las manceras respecto del suelo debe ser regulable.

Los siguientes órganos de control, que se accionan manualmente, deben situarse dentro de la “zona al alcance de la mano” desde posición normal de trabajo.

- Palanca de embrague;

- Palanca de Frenos;
- Palanca de cambios (En la gama seleccionada);
- Palanca de cambios de velocidad de la toma de fuerza.
- Palanca de dispositivo inversor de la marcha;
- Sistema de dirección;
- Acelerador del motor;
- Órgano de accionamiento continuo (véase 5.4);
- Palanca de embrague de la toma de fuerza;
- Freno de emergencia.
- Botón de encendido.
- Palanca de bloqueo de giro de las manivelas.
- Palanca de bloqueo de diferencial
-

La “zona de alcance de la mano” (véase figura 4) se define como un volumen del hemisférico truncado de radio $R=800$ mm y centro en el punto medio de la línea que une los extremos de las empuñaduras de la mancera (punto “B” de la figura 2) cuando las empuñaduras se sitúan a 800 mm sobre el suelo o, en el caso de que no sea posible debido a las limitaciones de regulación, a la altura inferior más próxima. Esta zona queda limitada en la parte posterior por un plano vertical tangente a los extremos de las empuñaduras de la mancera y, hacia abajo, por un plano paralelo al suelo a 450 mm del mismo.

Se debe instalar un dispositivo de paro de emergencia. No debe ser necesario mantener pulsado el dispositivo de parada del motor para que éste funcione.

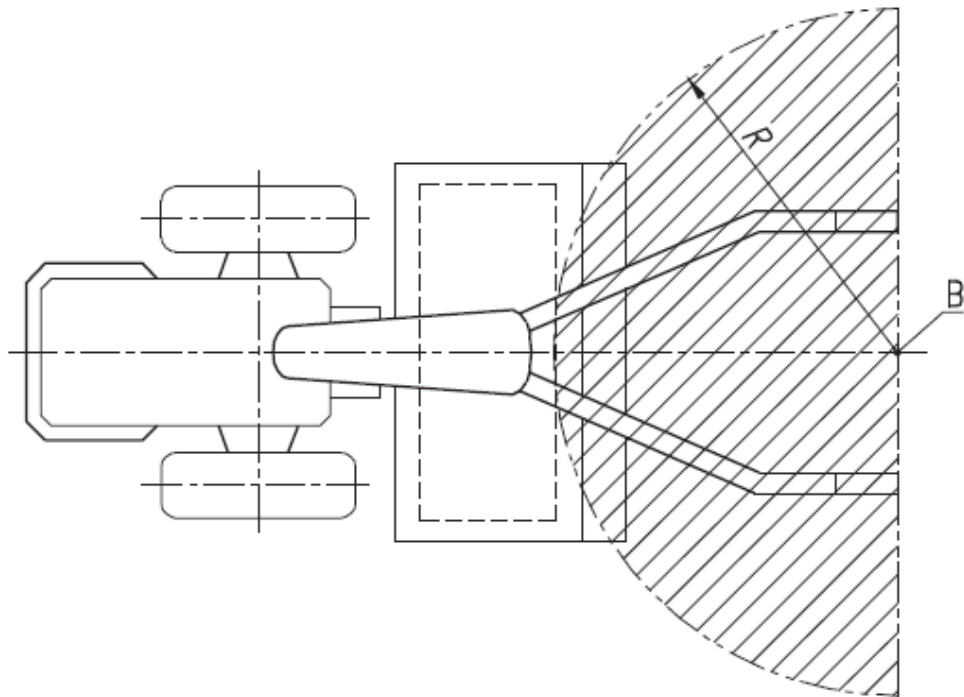
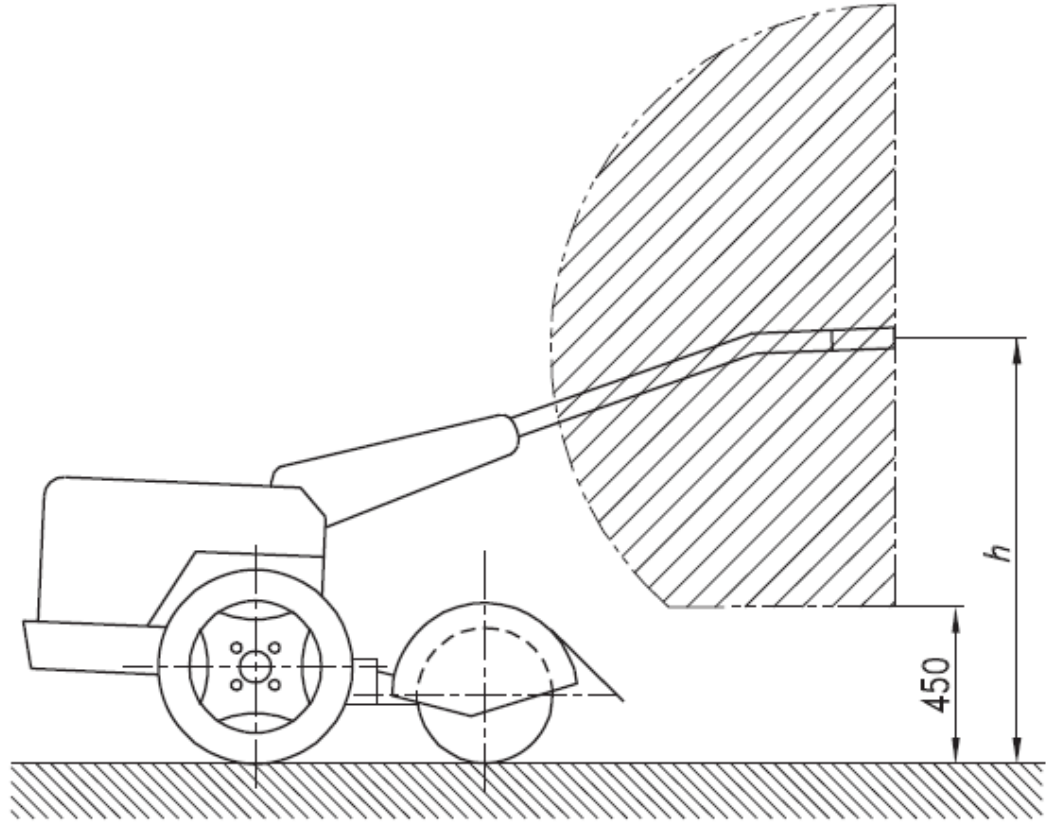


Figura 4 Volumen de la “zona al alcance de la mano”

3.1.3.3 Identificación de los órganos de control

Los órganos de control de embrague de la herramienta de trabajo y de bloqueo del diferencial deben estar marcados en sus diferentes posiciones.

Las posiciones de la palanca de cambios (incluida la posición de punto muerto) deberán marcarse de forma clara y duradera, y estar situadas dentro del campo de visión del operador.

En el manual de instrucciones deben contener instrucciones detalladas y enriquecido con figuras sobre el funcionamiento de todos los órganos de control.

3.1.4.- Potencia de tracción del motocultor

Para la realización de la prueba de tracción se utilizará un carro dinamométrico dotado de un sistema de frenado y un sensor de fuerza. De manera alternativa se deberá determinar la velocidad y el patinaje de motocultor. Las pruebas deben ser llevadas a cabo en una superficie limpia, horizontal, de concreto o de asfalto seco con un número mínimo de uniones. Esto con el fin de establecer parámetros de comparación.

Al inicio de las pruebas de la barra de tiro, la altura del gajo del neumático no debe ser menor del 65 % de la altura del gajo de los neumáticos nuevos.

Procedimiento de prueba

La línea de acción de la fuerza de tracción debe ser horizontal. La altura de la barra de tiro debe permanecer fija con relación al tractor durante cada prueba. Debe ser escogida de una manera tal que la dirección del motocultor pueda ser controlada cuando desarrolle la máxima fuerza a la barra de tiro.

La prueba se hará en un tramo recto, para lo cual se iniciarán los primeros cinco metros sin freno y de manera gradual se irá aplicando el frenado.

3.1.5.-Potencia en la toma de fuerza del motocultor

Condiciones generales de la prueba

Para la realización de la prueba se utilizará: medidor de combustible, un torquímetro, freno, y tacómetro óptico.

Asentamiento y ajustes preliminares

El motocultor deberá de ser entregado con los ajustes necesarios para su correcto funcionamiento.

El fabricante deberá especificar si el motor tiene que ser asentado.

Combustibles y lubricantes

Se revisarán los niveles de aceite del motor y de la transmisión, verificando que se encuentren en los límites correctos. Como combustible se utilizará gasolina comercial.

Una vez comenzada la prueba el motocultor no se operará de manera que no estuviera de acuerdo con las instrucciones publicadas por el fabricante en el manual de operaciones.

Condiciones de operación

La presión atmosférica no deberá ser menor a 96,6 kPa. Si esto no es posible debido a las condiciones de altitud, se aplicarán los factores de corrección de potencia y las fórmulas de corrección de potencia especificadas en la norma SAE J1349. La presión debe ser anotada en el reporte. Condiciones estables de

operación deben ser logradas en cada ajuste de carga antes de empezar las medidas de la prueba.

La temperatura ambiente debe ser $23^{\circ}\text{C} \pm 7^{\circ}\text{C}$.

Para determinar el factor de corrección de potencia por baja presión atmosférica se utilizará la fórmula (1)

$$cf = 1,18 \left[\left(\frac{990}{Pd} \right) \cdot \left(\frac{Tc + 273}{298} \right)^{0,5} \right] - 0,18 \quad (1)$$

Donde:

Cf: Coeficiente de corrección por pérdida de potencia debido a baja presión [adim]

Pd: Presión atmosférica [mbar]

Tc: Temperatura ambiente [$^{\circ}\text{C}$]

Consumo de combustible

Se medirá el consumo de combustible utilizando el medidor de combustible, para la instalación de este se desconectará el tanque de combustible del motocultor y se acoplará un depósito alternativo de combustible.

De la toma de fuerza principal

Los valores del torque y potencia se reportan como fueron obtenidos del dinamómetro sin correcciones por pérdidas en la transmisión de potencia entre la toma de fuerza y el dinamómetro.

En todas las pruebas, la flecha que conecta la toma de fuerza al dinamómetro no tendrá ningún ángulo apreciable (horizontal o vertical).

Para determinar la potencia se utilizará el medidor de par colocado entre el freno y el motocultor.

Procedimiento de prueba

Se alineará el motocultor con el torquímetro y con el freno, y se fijará el motocultor.

Se calentará el motor durante 10 minutos o bajo las instrucciones del fabricante, después se acelerará al máximo el motor y se tomará la primera lectura en vacío (solo con la carga de inercia del freno) y de manera gradual se irá aplicando la carga y tomando cinco lecturas en cada punto, hasta que el motor se apague, o esté a punto inminente de hacerlo. Se medirá el combustible conforme se vaya aplicando carga, con el fin de determinar el consumo de combustible según la carga aplicada. Igualmente se tomarán medidas en toda la prueba de la frecuencia de rotación.

3.2.-Evaluación en campo

3.2.1.-Vibración

Se utilizará un medidor de vibración con ponderación (A)

Preparación del ensayo.

La máquina objeto de evaluación se encontrará en buen estado técnico, sus parámetros corresponderán a los requisitos técnicos de su fabricación. La máquina se calentará durante 10 minutos para alcanzar la temperatura de trabajo. Los neumáticos usados durante la evaluación deberán ser nuevos.

Para la colocación de los acelerómetros, se fijará una superficie a los manubrios de tal manera que no interfiera en la operación del motocultor y evitando que haya movimientos alternativos entre ambos y que permita la colocación del acelerómetro a usar (figura 5).

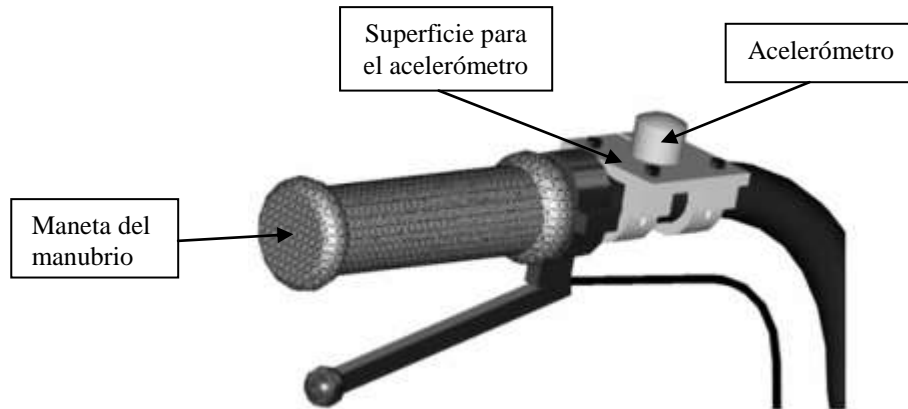


Figura 5. Esquema del acondicionamiento de la placa para la colocación del acelerómetro.

En el punto de medición, se localizarán tres ejes ortogonales, cercanos al punto de contacto de las vibraciones con la mano, de acuerdo a los sistemas de coordenadas biodinámicas y basicéntricas de la figura 6.

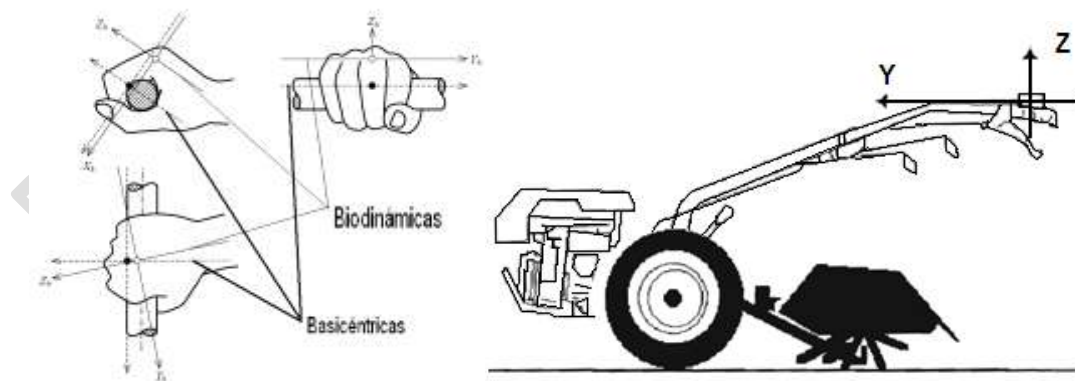


Figura 6. Localización de los ejes ortogonales para la medición de las vibraciones.

Ésta medición de vibración se realizará bajo condiciones normales de trabajo, tal y como se usaría por el productor.

Procedimiento.

Se tomarán datos únicamente en el trayecto de trabajo, durante el tiempo de viraje se detendrán las lecturas.

Los resultados obtenidos se compararán con lo establecido en la tabla 2.

Tabla 2. Límites máximos de exposición en manos a vibraciones

Tiempo total de exposición diaria a vibraciones, en horas	Valores cuadrático medios dominantes de la componente de las aceleraciones de frecuencia ponderada que no deben excederse(*)
	ak, en m/s ²
De 4 a 8	Hasta 4
De 2 a 4	Hasta 6
De 1 a 2	Hasta 8
Menor de 1	Hasta 12

(*) Nota: Comúnmente, uno de los ejes de vibración domina sobre los dos restantes. Si uno o más ejes de vibración sobrepasan la exposición total diaria, se han sobrepasado los valores de los límites máximos de exposición (NOM-024-STPS-2001).

3.2.2.-Grado de ruido

Determinación del nivel de ruido

El nivel de ruido se determinará por mediciones directas, en el puesto de trabajo del operador y a la altura del oído del operador, la ubicación del observador y la posición del micrófono no deben ser motivo para que sufran o causen un riesgo.

La medición en la máquina se realizará en un tramo recto. En una distancia de 25 m, se deberá observar que no haya obstáculos que pudieran repercutir considerablemente en el sonido.

Durante las mediciones se debe determinar el nivel de sonido de fondo en dB (A) y se comprobará que sea de 10 dB menor que los niveles determinados en el transcurso del ensayo.

La medición del nivel de presión sonora, según las características "A", se realizará en todas las relaciones de transmisión que permitieron trabajar el equipo con los implementos con que esté dotada.

Los ensayos se realizarán a frecuencia máxima de rotación del motor, en el cumplimiento del proceso tecnológico.

Se hará un reconocimiento sensorial de las zonas a evaluar, con el objeto de determinar las características del ruido (estable o inestable) [estable; variaciones menores o iguales a 5 dB. Inestables; variaciones mayores a 5 dB].

Características de la evaluación

- a) Se registrarán 50 lecturas como mínimo:
- b) Durante el periodo de observación se registrará el Nivel Sonoro en Ponderación "A" (NS_A) cada 5 segundos como máximo.
- c) El valor del NS_A se tomará instantáneamente y se registrará sin considerar tendencias en las variaciones del NS_A
- d) Se calculará el NS_A promedio del punto de medición mediante la ecuación (2) siguiente:

$$NS_{A i} = 10 \log \frac{1}{60} \sum_{j=1}^{60} 10^{\frac{N_j}{10}} \quad (2)$$

Donde:

$NS_{A i}$: NS_A promedio del punto de medición i [dB]

N_j : NS_A registrado [dB]

Se determinó el Nivel de Exposición al Ruido (NER) con la fórmula 3.

$$NER = 10 \log \sum_{j=1}^n t_i \cdot 10^{\frac{NS_{Ai}}{10}} - 10 \log T_e$$

(3)

Donde

- NS_{Ai} es el NS_A promedio del punto de medición i [dB]
- t_i es el tiempo de exposición en el punto de medición i [h]
- T_e es el tiempo total de exposición [h]

Por último se describieron los límites que establece el gobierno mexicano (tabla 3).

Tabla 3. Límites máximos permisibles de exposición*

NER	Tiempo Máximo Permissible de Exposición (TMPE)
90 dB(A)	8 Horas
93 dB(A)	4 Horas
96 dB(A)	2 Horas
99 dB(A)	1 Horas
102 dB(A)	30 Minutos
105 dB(A)	15 Minutos

*NOM-011-STPS-2001

3.2.3.-Determinación de la calidad de trabajo de los implementos para motocultor

La prueba se realizará en un terreno agrícola de 10 por 20 metros. Durante la prueba no se modificarán las condiciones de operación a excepción de la velocidad de operación y de los ajustes del equipo.

Para la evaluación de calidad de trabajo, se caracterizará la parcela de prueba, para lo cual se determinarán parámetros físicos del suelo como; humedad del suelo, resistencia a la penetración, resistencia al corte, tamaño del terrón y

microrelieve.

3.2.3.1.-Humedad del suelo

Se tomarán muestras en tres sitios, a dos profundidades, la primera a una profundidad de 0-10 cm y la segunda en el estrato de 10-20 cm, distribuidas en tres puntos en todo el terreno donde se realizará la prueba, después las muestras se secarán en la estufa a una temperatura de 110°C por 24 horas hasta obtener un peso constante (figura 7),

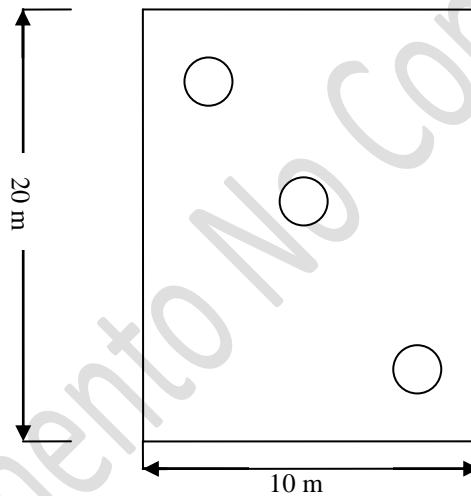


Figura 7. Puntos del terreno donde tomar las muestras de suelo.

3.2.3.2.-Dureza del suelo

Procedimiento

Se tomarán lecturas en dos sitios diferentes, utilizando un penetrómetro de cono.

Esta variable se obtendrá con el penetrómetro a 5, 10 y 15 cm; se utilizará el cono de 20 mm de diámetro.

3.2.3.3.-Resistencia al corte

Se tomarán lecturas en dos sitios, utilizando una veleta de corte.

El accionamiento de la veleta de corte se realiza a una velocidad uniforme, y el valor de resistencia por torsión se medirá a intervalos de 10 kgf de fuerza desde 0 hasta 50 kgf, para obtener la resistencia al corte se aplicará la ecuación 4.

$$S = \frac{3T * 100}{2\pi(r_1^3 - r_2^3)} \quad (4)$$

Donde:

S: Resistencia al corte, [kgf/cm²]

T: Par de torsión, [kgf·m]

r₁: Radio exterior de anillo, [cm]

r₂: Radio interior de anillo, [cm]



Figura 8. Puntos del terreno donde tomar las muestras de suelo.

3.2.3.4.-Tamaño promedio del terrón

Las lecturas se tomarán en dos momentos: antes de que el implemento se introduzca en el suelo, y después de que el terreno haya sido labrado. El corte

de la muestra se hará en una área de 0.3 x 0.3 m con una profundidad de 20 cm.

a) Distribución de terrones:

Se determinarán los porcentajes de cada tamaño del terrón respecto al total.

b) Se determinará el tamaño promedio del terrón con la ecuación 5:

$$d = \frac{5(A + 3B + 5C + 7D + 9E + 11F + 13G + 15H + 17I + 19J + 21K)}{W} \quad (5)$$

Donde:

d : Tamaño promedio del terrón, [mm]

A - K: Peso de las muestras [kg], (ver tabla 4)

W: Peso total, [kg]

Tabla 4. Distribución del tamaño de terrón según diámetro y masa

Malla No.	Diámetro del terrón [mm]	Diámetro del terrón representativo [mm]	Masa [kg]
	<10	5	A
10	10>20	15	B
20	20>30	25	C
30	30>40	35	D
40	40>50	45	E
50	50>60	55	F
60	60>70	65	G
70	70>80	75	H
80	80>90	85	I
90	90>100	95	J
100	>100	105	K

3.2.3.5.-Microrelieve del suelo

Las lecturas se tomarán antes y después de la prueba de funcionamiento.

Se colocará el perfilómetro en un punto central de la parcela. Se debe tener una referencia fuera de la parcela de prueba, registrando la distancia y el nivel de cada punto, con la finalidad de poder realizar después de la prueba de funcionamiento esta medición en el mismo sitio y así comparar el microrelieve del suelo trabajado antes y después de la prueba. Se registrará la distancia que hay desde el marco hasta la superficie del suelo a intervalos de cada 10 cm; se graficará el perfil del suelo, se describirá la variabilidad encontrada y se obtendrá el coeficiente de variación y la desviación media cuadrática con las ecuaciones 6, 7 y 8.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} \quad (6)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \quad (7)$$

$$V = \frac{\sigma \cdot 100}{\bar{X}} \quad (8)$$

Donde:

\bar{X} : Valor medio aritmético de la altura registrada, [cm]

X_i : Valor de la variable altura registrada en el punto i , [cm]

N : Cantidad de las mediciones de la altura, [adim]

σ : Desviación media cuadrática, [\pm cm]

V : Coeficiente de variación, [adim, %]

3.2.3.6.-Prueba de funcionamiento

Campo objeto de prueba

Se utilizará una parcela de 30 m de largo y de 10 m de ancho. La velocidad de trabajo será la recomendada por el fabricante en el manual de operación. Durante esta prueba se marcan dos puntos en la parte central de la parcela de prueba; ambos puntos deben estar paralelos al avance del implemento y separados a 5 m de distancia, dejando una cabecera mínima de 5 m en cada extremo para el arranque y operación normal del implemento (figura 9).

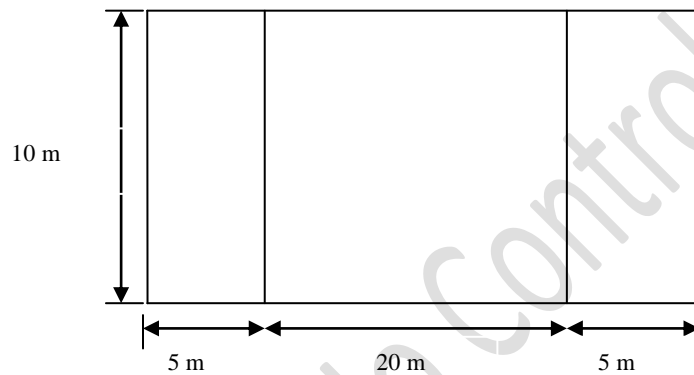


Figura 9. Esquema del campo de prueba.

Variables a medir:

- Ancho de trabajo (m).
- Profundidad de trabajo (m).
- Velocidad de operación (km/h).
- Tiempo total (min.).
- Tiempo para dar vueltas en cabeceras (min.).
- Tamaño promedio del terrón antes de la prueba (mm).
- Tamaño promedio del terrón después de la prueba (mm).
- Consumo de combustible (L).
- Temperaturas de; refrigerante, combustible, aceite.

Descripción de las variables

a) Ancho de trabajo

Se obtiene al dividir el ancho de trabajo total entre el número de trayectos realizados durante la prueba, como lo muestra la ecuación 9:

$$B = \frac{B_t}{n_t} \quad (9)$$

Donde:

B : Ancho de trabajo, [m]

B_t : Ancho total de trabajo, [m]

n_t : Número de trayectos, [adim]

b) Profundidad de trabajo

Para obtener la profundidad de trabajo se utiliza un marco de madera, adaptado con una punta de madera que corre sobre un riel graduado, el cual permite tomar la lectura directamente.

c) Velocidad de operación

Se medirá el tiempo que el agregado necesita para recorrer una distancia de 20 m, y durante todo el tiempo que transcurrió la prueba.

Con la información recabada se calculará el valor promedio del tiempo requerido para recorrer los 20 m; la velocidad promedio de operación se obtendrá con la ecuación 10:

$$V_{op} = 3,6 \cdot \left(\frac{D_p}{t_m} \right) \quad (10)$$

Donde:

V_{op} : Velocidad promedio de operación, [km/h]

3,6: Factor de conversión de m/s a km/h [adim]

D_p : Distancia de referencia, [m]

t_m : Tiempo promedio de todos los trayectos, [s]

Tiempo total

Es el tiempo que tarda la realización de la prueba de funcionamiento; se registrará con un cronómetro la hora de inicio y la hora de término, el dato se obtuvo con la ecuación 11.

$$Tt = ht - hi \quad (11)$$

Donde:

Tt : Tiempo total, [min]

ht : Hora de término, [min]

hi : Hora de inicio, [min]

Tiempo para dar vuelta en las cabeceras (viraje)

Es el tiempo que transcurrió desde que se levanta el implemento para dar vuelta en la cabecera hasta que reinició el trabajo al estar nuevamente en contacto con el suelo.

Tiempo efectivo de trabajo

Es el tiempo necesario para terminar el trabajo que se realiza con el equipo, sin tomar en cuenta el tiempo para dar vueltas en las cabeceras ni el tiempo de suspensión por fallas.

Consumo de combustible

Se determinará la cantidad de combustible consumido durante el trabajo realizado por el implemento en la superficie de trabajo, mediante el método del tanque lleno.

Se obtendrá el consumo de combustible horario (expresado en L/h), mediante el cálculo con la ecuación 12.

Consumo de combustible horario

$$CCH = \frac{cc}{Tt} \quad (12)$$

Donde:

CCH: Consumo de combustible horario [L/h]

cc: Consumo de combustible durante la prueba [L]

Tt: Tiempo total [h]

Temperaturas de; refrigerante, combustible, aceite.

Se medirá la temperatura antes y después de la prueba en campo de; refrigerante, combustible y aceite.