

**NMX-O-221-SCFI-2004**

**TRACTORES IMPLEMENTOS Y MAQUINARIA AGRÍCOLA –  
TRILLADORAS DE FRÍJOL ESTACIONARIAS –  
ESPECIFICACIONES Y MÉTODO DE PRUEBA**

**AGRICULTURAL TRACTORS, IMPLEMENTS AND MACHINERY  
– STATIONARY BEAN TRHESHERS – SPECIFICATIONS AND  
TEST METHOD**

## PREFACIO

En la elaboración de la presente norma mexicana, participaron las siguientes empresas e instituciones:

- ADMINISTRADORA DE MAQUINARIA Y SERVICIOS, S. A. DE C. V.
- ASPERSORAS TERRESTRES, S. A. DE C. V.
- CENTRO NACIONAL DE ESTANDARIZACIÓN DE MAQUINARIA AGRÍCOLA
- COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NACIONAL DE MAQUINARIA, ACCESORIOS Y EQUIPO AGRÍCOLA
- GRUPO INDUSTRIAL TRES ESTRELLAS, S. A. DE C. V.
- HERCONT, S. A. DE C. V.
- INDUSTRIAS METÁLICAS EL PROGRESO, S. A. DE C. V.
- MECANIZACIONES AGROPECUARIAS AZTECA, S. A. DE C. V.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN  
Dirección General de Vinculación y Desarrollo Tecnológico;  
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## ÍNDICE DEL CONTENIDO

Número del capítulo	Página
1     Objetivo y campo de aplicación	1
2     Referencias	1
3     Definiciones	2
4     Especificaciones de calidad	5
5     Selección de la máquina	7
6     Método de prueba y evaluación	8
7     Apéndice normativo	35
8     Bibliografía	42
9     Concordancia con normas internacionales	43



**TRACTORES IMPLEMENTOS Y MAQUINARIA AGRÍCOLA –  
TRILLADORAS DE FRÍJOL ESTACIONARIAS –  
ESPECIFICACIONES Y MÉTODO DE PRUEBA**

**AGRICULTURAL TRACTORS, IMPLEMENTS AND MACHINERY  
– STATIONARY BEAN TRHESHERS – SPECIFICATIONS AND  
TEST METHOD**

**1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta norma mexicana establece las especificaciones mínimas de calidad y el método de prueba para evaluar el funcionamiento, facilidad, seguridad de operación y durabilidad de las trilladoras de frijol estacionarias, nuevas que se comercializan en la República Mexicana.

**2 REFERENCIA**

Para la correcta aplicación de esta norma se deben consultar la siguiente norma oficial mexicana y normas mexicanas vigentes o las que las sustituyan:

NOM-012-SCT2-1995      Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de enero de 1997.

NMX-FF-038-SCFI-2002	Productos alimenticios no industrializados para consumo humano – Fabaceas – Frijol ( <i>phaseolus vulgaris</i> L.) – Especificaciones y métodos de prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de octubre de 2002.
NMX-O-028-1985	Maquinaria agrícola – Tractor agrícola – Terminología. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de agosto de 1985.
NMX-O-153-1981	Maquinaria agrícola – Definiciones. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de febrero de 1981.
NMX-O-185-1983	Maquinaria agrícola – Tractor – Enganche de tres puntos. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto de 1983.

### **3 DEFINICIONES**

Para el propósito de esta norma deben consultarse las definiciones establecidas en las normas mexicanas NMX-FF-038-SCFI, NMX-O-028 y NMX-O-153 (ver 2 Referencias), así como las que se indican a continuación:

#### **3.1 Trilladora de frijol estacionaria**

Es una máquina utilizada en la cosecha de frijol donde el cultivo es introducido a la máquina, de forma manual o por un dispositivo mecánico externo, y al pasar a través de ella es separado en grano y paja. Esta máquina cuenta con un sistema de trilla (cilindro trillador y cóncavo), sistema de separación y limpieza del grano, donde el accionamiento es transmitido por un motor de combustión interna o eléctrico, o con la toma de fuerza del tractor. En lo adelante trilladora.

#### **3.2 Salida de la paja grande**

Salida donde sale principalmente la paja e impurezas del grano de porte grande.

#### **3.3 Salida de la paja chica**

Es la salida de la trilladora, donde sale la paja e impurezas del grano de tamaño menor que pasan a través de la zaranda y/o criba que hace la separación de la paja grande.

#### 3.4 Cóncavo

Elemento mecánico estacionario de la trilladora con forma cóncava que se encuentra junto al cilindro trillador los cuales realizan el desprendimiento del grano de la vaina.

#### 3.5 Cilindro trillador

Elemento mecánico móvil de la trilladora, que cuenta con aspas o dientes, que al girar y con ayuda de un elemento fijo (cóncavo) permite el desprendimiento del grano de la vaina.

#### 3.6 Fríjol

Grano perteneciente a la familia Fabaceae de la subfamilia Papilonoidea, género *Phaseolus* y especie *vulgaris* Linneo.

#### 3.7 Grano dañado

Granos enteros y sus partes que han sufrido alteraciones físicas, químicas o biológicas (externas o internas), como resultado de la acción de insectos, hongos, calor, agentes meteorológicos, maquinaria o cualquier otro factor que modifique sus características originales.

Para efecto de esta norma se considera grano dañado aquel grano que presente daños visibles por el desprendimiento de material (epidermis, pedazos del cotiledón, fisuras o agrietamientos visibles) causados por la acción física de insectos, animales o elementos mecánicos.

#### 3.8 Grano no trillado

Es el grano que se encuentra dentro de la vaina después de haber pasado por el cilindro trillador y es colectado en la salida de las zarandas y/o cribas.

#### 3.9 Grano libre

Es el grano desprendido de la vaina que sale por cualquier salida diferente a la principal (salida del grano).

#### 3.10 Grano perdido por la máquina

Se considera grano perdido al grano no trillado y libre que sale por cualquier salida diferente a la salida del grano (salida principal).

### 3.11 Impurezas del grano de frijol

Cualquier cuerpo o materia extraña distinta al grano de frijol, y fracciones de frijol que pasen a través de una criba de orificios circulares de 4,76 mm de diámetro. En este concepto de impurezas se incluyen la paja, piedras y terrones así como materias extrañas como excretas, pelos de roedor y fragmentos de insectos o insectos enteros.

### 3.12 Relación grano – paja

Es la relación que existe entre la masa del grano y la paja de un cultivo.

### 3.13 Ajustes de la trilladora

Comprende todos aquellos ajustes o cambios de posición que se efectúan solo con herramientas manuales y que requiere la maquinaria para beneficio o mejora de su desempeño de acuerdo a las condiciones de trabajo, aún después de que la misma ha sido calibrada para la prueba.

### 3.14 Fallas de la trilladora

Son consideradas fallas aquellas averías cuya reparación requieran el cambio de piezas o el desarme de algún sistema, así como rotura, deformaciones y/o ajustes repetitivos de aquellos elementos que afecten el buen funcionamiento de la trilladora o pongan en riesgo la integridad del operador.

### 3.15 Tiempo de trabajo efectivo

Tiempo transcurrido en el cual la máquina realiza la trilla y los principales órganos de trabajo se encuentran bajo carga. Este tiempo es medido en la máquina, desde que comienza la salida del grano correspondiente al cultivo alimentado, por la salida principal, hasta que entra la última parte del cultivo al alimentador.

### 3.16 Tiempo de llenado de la tolva

Es el tiempo de trabajo efectivo requerido por la trilladora para llenar la tolva de frijol.

### 3.17 Tiempo de vaciado de la tolva

Es el tiempo requerido por dos operadores para el vaciado de la tolva, llena de frijol, en sacos de 50 kg.

### 3.18 Tiempo de ajustes

Es el tiempo necesario para realizar los ajustes de la máquina, desde que la prueba inicia hasta que termina.

3.19 Tiempo operativo

Comprende al tiempo de trabajo efectivo y tiempo de ajustes.

3.20 Tiempo total de prueba

Comprende al tiempo de trabajo efectivo, de ajustes y de vaciado de la tolva.

3.21 Eficiencia operativa

Es la relación que existe entre el tiempo de trabajo efectivo y tiempo operativo.

3.22 Eficiencia de trabajo

Es el tiempo de trabajo efectivo entre el tiempo total.

## 4 ESPECIFICACIONES DE CALIDAD

A continuación, se muestran las especificaciones de calidad mínimas con las que deben cumplir las trilladoras de frijol.

4.1 Información otorgada por el fabricante

El fabricante deberá entregar las especificaciones técnicas de la máquina, manual de operación, mantenimiento, seguridad, diagramas de ensamble y listado de piezas y refacciones de la máquina; la información entregada por el fabricante debe estar en español.

Con la finalidad de operar la trilladora adecuadamente durante las pruebas y de verificar la información otorgada por el fabricante, se realiza una bitácora o libro de campo que constará de los siguientes puntos:

- a) Marca, tipo, modelo, nombre comercial y número de serie.
- b) La descripción general.
- c) Descripción de los componentes principales, indicando la calibración y regulaciones de trabajo, mantenimiento y especificaciones técnicas.

- 4.2           Generales
  - 4.2.1        La información técnica entregada por el fabricante debe corresponder con la máquina a evaluar.
  - 4.2.2        El fabricante debe indicar la fuente de potencia y la potencia mínima con la cual la trilladora trabaja adecuadamente.
  - 4.2.3        La masa de la trilladora y el volumen de la tolva obtenidos durante la prueba, deben corresponder a los indicados por el fabricante en el manual de la máquina, permitiendo una variación del  $\pm 5 \%$ .
  - 4.2.4        Los ajustes indicados por el fabricante en el manual de operación de la trilladora, deben poderse realizar en la máquina.
  - 4.2.5        En caso de que las dimensiones de la máquina en posición de transporte excedan las dimensiones permitidas en la norma oficial mexicana NOM-012-SCT2 (ver 2 Referencias), debe contar con la señalización de seguridad adecuada.
- 4.3           Calidad de trabajo
  - 4.3.1        La máquina trilladora debe alcanzar el rendimiento máximo indicado por el fabricante, de acuerdo a los resultados de rendimiento obtenidos en la prueba de calidad. Para ello se recomienda al fabricante indicar las condiciones del cultivo (humedad, relación grano – paja, etc.) con la cual alcanza dicho rendimiento.
  - 4.3.2        El porcentaje de grano dañado en la salida principal, debe ser menor o igual al 2 %.
  - 4.3.3        El porcentaje de impurezas en la salida principal del grano debe ser menor o igual al 2 %.
  - 4.3.4        El porcentaje de grano perdido deber ser menor o igual al 3 %.
- 4.4           Rendimiento de la máquina
  - 4.4.1        La eficiencia operativa debe ser mayor al 90 %.
- 4.5           Durabilidad
  - 4.5.1        La trilladora no debe presentar fallas durante el tiempo de prueba, en caso de ocurrir serán suspendidas (ver inciso 3.14).

- 4.5.2 Debe observarse que las partes susceptibles a corrosión y/o oxidación presenten buenas condiciones antes y después de las pruebas.
- 4.6 Seguridad de operación
  - 4.6.1 Las partes en movimiento deben contar con guardas o cubiertas de protección para el usuario.
  - 4.6.2 La máquina en general debe estar exenta de puntos salientes, punzo cortantes y partes filosas que pongan en peligro la seguridad del operador.
  - 4.6.3 Contar con una póliza de garantía que mencione aspectos de durabilidad y seguridad, indicando que cubre y que no cubre la garantía.
  - 4.6.4 La trilladora de frijol debe contar con indicaciones adheridas y/o impresas en lugares fácilmente identificables de la máquina acerca de las regulaciones de trabajo, calibración y señales o indicaciones de seguridad en aquellos puntos que representen un peligro. La información contenida debe estar en español, y al finalizar las pruebas las señales deben presentar buenas condiciones (calcomanías bien pegadas, letras o dibujos legibles).
  - 4.6.5 El ruido máximo provocado por la máquina durante la trilla de frijol debe ser menor a 100 dB(A) en los puestos de trabajo de los operadores (en la alimentación y embolsado del grano).
  - 4.6.6 El manual del operador debe indicar el equipo de protección a utilizar o el tiempo máximo de exposición al ruido, durante la trilla, para evitar daños al oído del operador, e indicar los daños que provocaría en caso de hacer caso omiso a dichas recomendaciones.
  - 4.6.7 El fabricante, debe indicar en el manual, el uso de equipo para evitar problemas de salud al operador, causados por el polvo que se genera durante la trilla de frijol.

## **5 SELECCIÓN DE LA MÁQUINA**

La máquina sujeta a prueba, debe ser entregada por el fabricante al laboratorio de prueba en las mismas condiciones en las que es entregada para su venta. El laboratorio de prueba u organismo de certificación podrá realizar inspecciones en planta o distribuidores que comercialicen las máquinas del modelo probado, para garantizar que las características del equipo sean uniformes.

## 6 MÉTODO DE PRUEBA Y EVALUACIÓN

### 6.1 Requerimientos de prueba

#### 6.1.1 De información

Para que el laboratorio pueda realizar la prueba y evaluación el fabricante deberá entregar la siguiente información recomendada para la trilladora de frijol:

- a) Rango de humedad del cultivo de frijol.
- b) Frecuencia o rango de frecuencia de rotación del cilindro trillador o eje accionador de la fuente de potencia (máxima – mínima) recomendados.
- c) Distancia entre el cilindro trillador y cóncavo.
- d) Regulaciones del ventilador recomendadas.
- e) Tipo de cribas y/o zarandas y regulaciones recomendadas en el sistema de limpieza.

#### 6.1.2 Trilladora de frijol

La trilladora de frijol debe ser entregada por el fabricante en las condiciones óptimas de trabajo, y se realizará una demostración por los inspectores y técnicos del fabricante, para asegurar la calibración adecuada de la máquina. La máquina debe contar con sus partes correspondientes, además de sus accesorios y la información que acompaña a la misma, como normalmente se realiza para su venta.

#### 6.1.3 Fuente de potencia

La fuente de potencia utilizada durante las pruebas a la trilladora, deberá ser siempre la misma hasta el término de éstas y deberá estar en condiciones óptimas de trabajo como lo recomienda el fabricante de la fuente de potencia o de la trilladora.

#### 6.1.4 Características del cultivo de prueba

El cultivo utilizado durante las pruebas debe cumplir con las siguientes especificaciones:

1. Grado de madurez del cultivo: 100 %
2. Humedad de la paja: 12 % a 18 %
3. Humedad del grano: 12 % a 18 %
4. Daño del grano:  $\leq 1,5$  %
5. Relación grano – paja:  $\geq 1$
6. Se permite que el 1 % del grano de las muestras pase a través del tamiz con orificios de 4,76 mm de diámetro.

#### 6.1.5 Combustible y aceite lubricante para la trilladora y fuente de potencia

Antes de comenzar con las pruebas, deberá haberse realizado el mantenimiento y ajuste adecuado a la máquina y de la fuente de potencia, de acuerdo a lo especificado por el fabricante de cada uno de ellos. Para hacer el mantenimiento debe utilizarse productos de venta nacional.

#### 6.1.6 Instrumentos de medición

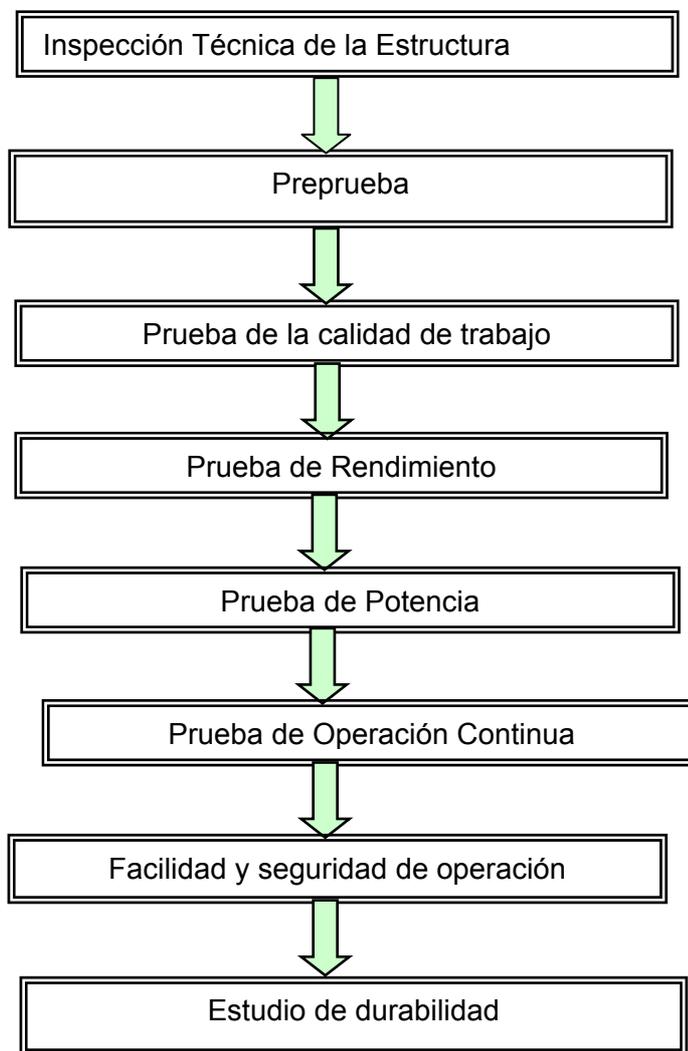
Para realizar las pruebas deberá contarse con los instrumentos de medición previamente calibrados o con calibración vigente (para medir: longitud, masa, temperatura, presión, tiempo, ángulos, frecuencia de rotación y torque) y con los materiales necesarios.

#### 6.1.7 Motivos de interrupción de las pruebas

La prueba será pospuesta en caso de que las condiciones imperantes (lluvia, viento, frío, desastres, etc.) impidan el desarrollo normal y exitoso de las pruebas, sujeta a criterio del evaluador.

#### 6.1.8 Secuencia para realizar las pruebas y evaluación de las trilladoras

La secuencia en la prueba y evaluación de las trilladoras, permite caracterizar el desempeño de la máquina en forma adecuada, el cambio en el orden de las pruebas ocasiona que los resultados que se obtengan sean alterados. El orden de ejecución de la prueba y evaluación de las trilladoras de frijol se muestra en la figura 1.



**FIGURA 1.- Diagrama de flujo de la prueba y evaluación de trilladoras**

## 6.2 Inspección técnica de la estructura

La inspección técnica comprende dos apartados, el primero de ellos se refiere a la revisión de la información técnica que acompaña a la máquina y la segunda a la verificación de dicha información.

### 6.2.1 Revisión de la información que acompaña a la máquina

En la revisión de la información técnica es necesario verificar la existencia de los apartados y la información que en ellos se describe de acuerdo a los incisos presentados en este capítulo, además esta información debe ser recopilada por los inspectores para realizar una buena ejecución de las pruebas.

#### a) Especificaciones técnicas (puntos a registrar)

Especificaciones generales de la trilladora: Fabricante, dirección del Fabricante, país de origen, fuente de potencia, tipo y categoría de enganche, modelo, número de serie, nombre comercial, masa, dimensiones generales y rendimiento de la trilladora.

Recomendaciones de operación de la máquina para cada uno de los cultivos que pueden ser trillados: frecuencia de rotación del eje de la trilladora accionado por la fuente de potencia (eje accionado por la toma de fuerza cuando se utiliza tractor) y cilindro trillador (máximo – mínimo); espaciamiento entre cóncavo y cilindro trillador; rango de humedad recomendada para la trilla (máxima – mínima); potencia mínima requerida por la trilladora.

#### b) Información de operación

Calibración del equipo en campo, recomendaciones de uso, principales problemas que puedan presentarse y su corrección.

#### c) Diagrama de ensamble y especificaciones técnicas de piezas

En cuadros se recomienda indicar las especificaciones técnicas de las piezas de la máquina (principalmente las piezas de repuesto), e indicar su posición en los dibujos de ensamble.

#### d) Información del mantenimiento

Indicar el mantenimiento después de cada uso y periódico, así como la lubricación (indicando la ubicación de los puntos a lubricar y periodo de lubricación). Indicar piezas de refacción (piezas de repuesto), mencionando su vida útil o la forma de identificar cuando requieren ser reemplazadas.

e) Información de la seguridad

Indicar las medidas de seguridad necesarias para prevenir o evitar accidentes.

f) Diagnóstico de fallas y soluciones

Incluir una guía de problemas comunes sus causas y soluciones.

6.2.2 Verificación técnica de la estructura

En la segunda fase de la prueba, se medirán y reportarán los siguientes puntos:

- a) Especificaciones generales de la trilladora. Determinar las dimensiones generales (longitud, ancho, altura) y masa de la trilladora y trilladora – fuente de potencia, despeje de la trilladora. Las mediciones de alturas, longitud y ancho deben realizarse en un piso nivelado, permitiendo un desnivel máximo del 1 %.
- b) Determinar las dimensiones principales, ajustes y hacer las observaciones del tipo de material y tratamientos utilizados, en piezas que presentan mayor probabilidad de falla (ejes, poleas, catarinas, bujes, cadenas, rodamientos, etc.).
- c) Hacer los esquemas del sistema de transmisión, hidráulico y sistema de procesamiento (indicando el flujo del material y las regulaciones de los mecanismos que lo requieren para la trilla).
- d) Verificar la protección al desgaste, antioxidante y anticorrosiva. Mencionar los materiales y tratamientos utilizados en la protección de las piezas susceptibles a cualquiera de los procesos mencionados.
- e) Verificar la uniformidad de piezas.
- f) Revisión de seguridad de la estructura (registrar): protección de las partes en movimiento con guardas o cubiertas, partes filosas, puntos salientes y/o punzo cortantes.
- g) Inspección de la señalización en la máquina (registrar): tipo de señal, contenido, claridad de la información, ubicación.
- h) Fotografías o diagramas de los principales mecanismos que pueden ser mejorados o sean susceptibles a presentar fallas.

- i) Verificar el cumplimiento de las dimensiones de la máquina de acuerdo a lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-012-SCT-2 (ver 2 Referencias).

### 6.3 Estudio del cultivo

El objetivo de este estudio es conocer las condiciones del cultivo con las cuales se realiza la trilla y poder evaluar el desempeño real de la máquina.

#### 6.3.1 Puntos de observación, medición o cálculo

En el estudio del cultivo, debe conocerse la siguiente información:

1. Nombre y variedad del cultivo;
2. Lugar y año de producción;
3. Madurez, %;
4. Porcentaje de grano que pasa a través del tamiz con malla de orificios de 4,76 mm de diámetro (Ecuación 1), %;
5. Dimensiones de la vaina (largo, ancho y espesor), mm;
6. Relación grano – paja, adimensional (Ecuación 3);
7. Contenido de humedad del grano y de paja (Ecuación 2), %;
8. Porcentaje de grano dañado (Ecuación 4), %;
9. Masa de 1 000 granos, g;
10. Densidad del grano (Ecuación 5), g/l o kg/m<sup>3</sup>, y
11. Dimensiones del grano (largo, ancho y espesor), mm.

#### 6.3.2 Fórmulas de cálculo

##### 6.3.2.1 Porcentaje de grano que pasa a través del tamiz con malla de orificios de 4,76 mm de diámetro

$$G_{D<4,76} = \frac{m_{D<4,76}}{m_{gmt}} \cdot 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

donde:

- $G_{D<4,76}$  es el porcentaje de grano que pasa el tamiz con orificios de 4,76 mm de diámetro , [%];
- $m_{D<4,76}$  es la masa del grano que pasa el tamiz con orificios de 4,76 mm de diámetro , [g], y
- $m_{gmt}$  es la masa del grano total que es tamizado, [g].

### 6.3.2.2 Contenido de humedad

$$H_s = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \cdot 100$$

**Ecuación 2**

donde:

- $H_s$  es el contenido de humedad del grano o paja, [%];  
 $w_1$  es la masa del grano o paja húmeda, [g], y  
 $w_2$  es la masa del grano o paja seca, [g].

### 6.3.2.3 Relación grano - paja, adimensional

$$R_{g/p} = \frac{m_{c/g}}{m_{c/p}}$$

**Ecuación 3**

donde:

- $R_{g/p}$  es la relación grano – paja, adimensional;  
 $m_{c/g}$  es la masa del grano en el cultivo, kg, y  
 $m_{c/p}$  es la masa de la paja en el cultivo, kg.

### 6.3.2.4 Porcentaje de grano dañado, %

$$G_{0D} = \left( \frac{M_{0D}}{M_0} \right) 100$$

**Ecuación 4**

donde:

- $G_{0D}$  es el porcentaje de grano dañado, %;  
 $M_0$  es la masa total de la muestra de grano, g, y  
 $M_{0D}$  es la masa del grano dañado, g.

### 6.3.2.5 Densidad del grano

$$D = \frac{m_g}{V}$$

**Ecuación 5**

donde:

- D es la densidad del grano, kg/m<sup>3</sup> ó g/l;  
 $m_g$  es la masa del grano, g, y  
V es el volumen del grano, l.

#### 6.4 Preprueba

Esta prueba tiene como objetivo conocer el funcionamiento de la trilladora, los métodos y mecanismos de ajuste, así como el acondicionamiento y las regulaciones de la máquina para la trilla de frijol, con base a las recomendaciones del fabricante.

##### 6.4.1 Condiciones del cultivo

La preprueba se realiza con la variedad del cultivo más representativa de la región, y éste debe cumplir con las condiciones establecidas en el inciso 6.1.4.

##### 6.4.2 Puntos de observación o medición

En esta prueba la máquina es operada hasta confirmar los incisos que se indican a continuación:

- a) Ajustes de las cribas.
  - Inclineración, distancia entre cribas.
  - Diámetro del orificio recomendado para la trilla de frijol.
- b) Frecuencia de rotación del eje acoplado a la fuente de potencia
  - Alcanzar la frecuencia de rotación máxima y mínima recomendado por el fabricante para la trilla. Esto se realiza al trabajar la máquina en vacío, r/min;
- c) Ajuste del alimentador.
  - Rango de frecuencia de rotación (máxima y mínima recomendada para la trilla de frijol).
- d) Ajuste del sistema de trilla.
  - Espaciamiento entre el cilindro trillador y cóncavo (espaciamiento mínimo y máximo recomendado para la trilla de frijol).

- Alcanzar la frecuencia de rotación del cilindro trillador máxima y mínima recomendada para la trilla de frijol utilizando la velocidad máxima de alimentación;
- e) Ajuste del o los ventiladores.
  - Regulación del flujo de aire (abertura mínima y máxima del controlador de flujo de aire) midiendo la velocidad y dirección del viento. Finalmente se regula el ventilador hasta alcanzar el flujo de aire óptimo para la trilla de frijol.
- f) Ajustes de zarandas y/o cribas.
  - Ajuste de la vibración óptima para la trilla de frijol.
- g) Determinar y operar la trilladora con los ajustes que serán utilizados en pruebas posteriores.
  - Inclinação, distancia entre cribas y/o zarandas, en grados y mm.
  - Dimensiones del orificio recomendado para la trilla de frijol en zarandas y/o cribas, mm.
  - Frecuencia de rotación del cilindro trillador (máxima, media, mínima), r/min.
  - Espaciamento entre cilindro trillador y cóncavo, mm.
  - Ajuste del ventilador.

#### 6.4.3 Condiciones de operación

La máquina debe ser operada por los inspectores y técnicos del fabricante para confirmar los subincisos indicados en el inciso 6.4.2.

#### 6.5 Prueba de calidad de trabajo

Esta prueba tiene como objetivo conocer la calidad de trilla de la máquina cuando se utilizan diferentes frecuencias de rotación del cilindro trillador.

##### 6.5.1 Condiciones del cultivo

La prueba se realiza con la variedad del cultivo más representativa de la región y debe cumplir con las condiciones establecidas en el inciso 6.1.4.

Previo a la realización de la prueba debe realizarse el estudio del cultivo, para conocer las condiciones con las cuales se realiza la trilla durante la prueba y poder evaluar el desempeño de la máquina.

##### 6.5.2 Condiciones de operación

La trilladora es acoplada a la fuente de potencia como se realiza normalmente para el trabajo de trilla. Durante dicha actividad la máquina debe permanecer estática, además en la prueba o subpruebas debe tenerse el material previamente pesado para evitar paros durante éstas.

La prueba de calidad se realiza en tres subpruebas, excepto en aquellas trilladoras donde la frecuencia de rotación del cilindro trillador recomendada es fija o no puede ser variada. Las condiciones de trabajo que se utilizan durante la prueba de calidad son las siguientes:

- a) La trilladora se trabaja a tres frecuencias de rotación en el cilindro trillador (frecuencia de rotación mínima, media y máxima; del rango indicado por el fabricante para la trilla de frijol), en este caso la prueba de calidad comprende tres subpruebas (ver figura 2).

En caso que la frecuencia de rotación del cilindro trillador no pueda ser variada (trilladoras accionadas por un motor, que no cuenten con accesorios para poder modificar la frecuencia de rotación del cilindro trillador) y el fabricante recomiende una frecuencia de rotación fija, ésta será utilizada en la prueba. En este caso la prueba de calidad comprende una sola prueba.

- b) En la prueba o subpruebas se utiliza la máxima velocidad de alimentación, que fue determinada en la preprueba. La alimentación del cultivo en la trilladora debe ser uniforme.
- c) El espaciamiento entre el cilindro trillador y cóncavo a utilizar será el recomendado por el fabricante, en caso de ser un rango se utiliza el valor medio del rango.
- d) Cada subprueba debe tener una duración de 3 min, al transcurrir los primeros 2 min se comienza con la toma de muestras en las diferentes salidas de la trilladora y finaliza al cumplirse los 3 min.



F. DE R. MEDIA

Simbología:

- F. DE R. MINÍMA: Frecuencia de rotación mínima.
- F. DE R. MEDIA: Frecuencia de rotación media.
- F. DE R. MÁXIMA: Frecuencia de rotación máxima.

## **FIGURA 2.- Condiciones de operación de la máquina en las subpruebas**

### 6.5.3 Puntos de medición, observación o cálculo

A continuación se enumeran los puntos que deben ser medidos, observados o calculados en cada subprueba para realizar la evaluación de la calidad de trabajo de la máquina:

- 6.5.3.1 Al inicio de la subprueba se realiza el registro de la siguiente información.
1. Lugar y fecha de prueba;
  2. Variedad del cultivo;
  3. Humedad del grano y de la paja, %;
  4. Relación grano – paja, adimensional;
  5. Frecuencia de rotación del cilindro trillador regulada para la subprueba, r/min;
  6. Frecuencia de rotación del eje de la trilladora accionado por la fuente de potencia (cuando se utiliza tractor este eje corresponde al eje de la trilladora acoplado a la toma de fuerza), r/min;
  7. Masa inicial del material del cultivo a trillar, kg;
  8. Velocidad de alimentación teórica, es determinada en la preprueba (Ecuación 7), kg/h, y

9. Relación de transmisión entre el cilindro trillador y el eje accionador de la trilladora.

6.5.3.2 Puntos a medir o calcular durante o al finalizar cada subprueba.

1. Salida principal del grano:
  - Rendimiento de la máquina (Ecuación 9), kg/h;
  - Porcentaje de grano sin daño (Ecuación 10), %;
  - Porcentaje de grano dañado (Ecuación 11), %;
  - Porcentaje de impurezas (Ecuación 12), %.
2. Salida de la paja grande:
  - Masa por hora del material colectado en esta salida (Ecuación 13), kg/h;
  - Porcentaje de grano libre (Ecuación 14), %;
  - Porcentaje de grano no trillado (Ecuación 15), %;
  - Pérdidas de grano en la salida, %.
3. Salida del tamo, cascarilla o paja pequeña:
  - Masa por hora del material colectado en esta salida (Ecuación 16), kg/h;
  - Porcentaje de grano libre (Ecuación 17), %;
  - Porcentaje de grano no trillado (Ecuación 18), %.
4. Masa del material alimentado a la trilladora durante la subprueba, kg.
5. Velocidad de alimentación (Ecuación 7), kg/h.
6. Grano que entra a la máquina durante la toma de muestras en las salidas (Ecuación 8), kg.
7. Porcentaje total de grano no trillado (Ecuación 20), %.
8. Porcentaje total de grano libre (Ecuación 21), %.
9. Porcentaje de grano perdido en otras salidas diferentes a la de la paja chica y de la paja grande (fugas de grano en la máquina), ver Ecuación 22 , %.
10. Porcentaje de grano perdido por la máquina (Ecuación 23), %.
11. Nivel de ruido provocado por la máquina, dB(A).

6.5.3.3 Registro de tiempos, desajustes y/o falla.

1. Tiempo total de la subprueba, min;
2. Tipo, frecuencia, número y tiempo para realizar cada ajuste, min, y
3. Tipo de falla.

6.5.3.4 Puntos a observar de la máquina

1. Condiciones de polvo y paja del cultivo, y
2. Atascamiento o deficiencias de aire;

#### 6.5.4 Ecuaciones para el cálculo

##### 6.5.4.1 Relación de transmisión entre el eje de la trilladora accionado por la fuente de potencia y el cilindro trillador.

$$i = \left( \frac{n_{ct}}{n_{efp}} \right)$$

#### Ecuación 6

donde:  $i$  es la relación de transmisión, adimensional;  
 $n_{ct}$  es la frecuencia de rotación del cilindro trillador, r/min, y  
 $n_{efp}$  es la frecuencia de rotación del eje de la trilladora accionado por la fuente de potencia, r/min.

##### 6.5.4.2 Velocidad de alimentación

$$V_A = 20 P_m$$

#### Ecuación 7

donde:  $P_m$  es la masa del material alimentado en 3 min, kg, y  
 $V_A$  es la velocidad de alimentación de la máquina, kg/h.

##### 6.5.4.3 Masa del grano que entra a la máquina durante el tiempo de recolección de muestras en las salidas.

$$m_{EM} = \left( \frac{P_m R_{g/p}}{3(1 + R_{g/p})} \right)$$

#### Ecuación 8

donde:  $P_m$  es la masa del material alimentado en 3 min, kg;  
 $R_{g/p}$  es la relación grano - paja, adimensional, y  
 $m_{EM}$  es la masa del grano que entra a la máquina, kg/min.

##### 6.5.4.4 Salida principal de la máquina

a) Rendimiento de la máquina sin pérdidas de tiempo.

$$R_1 = \left( \frac{m_{1T}}{t} \right)$$

**Ecuación 9**

donde:  $R_1$  es el rendimiento de la máquina sin pérdidas de tiempo, kg/h;  
 $m_{1T}$  es la masa de la muestra total colectado en la salida principal, kg, y  
 $t$  es el tiempo de recolección de la muestra, h.

b) Porcentaje de grano sin daño.

$$G_{1sd} = \left( \frac{m_{1sd}}{m_{1tm}} \right) 100$$

**Ecuación 10**

donde:  $G_{1sd}$  es el porcentaje de grano sin daño, %;  
 $m_{1sd}$  es la masa del grano sin daño en la submuestra, g;  
 $m_{1tm} : m_{1sd} + m_{1D}$  es la masa del grano total en la submuestra, g, y  
 $m_{1D}$  es la masa del grano dañado, g.

c) Porcentaje de grano dañado.

$$G_{1D} = \left( \frac{m_{1D}}{m_{1tm}} \right) 100$$

**Ecuación 11**

donde:  $G_{1D}$  es el porcentaje de grano dañado, %;  
 $m_{1D}$  es la masa del grano dañado en la submuestras, g, y  
 $m_{1tm}$  es la masa del grano total de la submuestra, g.

e) Porcentaje de impurezas.

$$I_1 = \left( \frac{m_{1I}}{m_{1tm}} \right) 100$$

**Ecuación 12**

donde:  $I_1$  es el porcentaje de impurezas del grano, %;  
 $m_{1I}$  es la masa de las impurezas en la submuestra, g, y  
 $m_{1tm}$  es la masa total de la submuestra utilizada, g.

6.5.4.5 Salida de la paja grande.

a) Masa por hora del material que sale en esta salida.

$$R_{2Z} = \left( \frac{m_{2t}}{t} \right)$$

**Ecuación 13**

donde:  $R_{2Z}$  es la masa por hora del material que sale en esta salida, kg/h;  
 $m_{2t}$  es la masa total recolectada en la salida de la paja grande, kg, y  
 $t$  es el tiempo de recolección de la muestra, h.

b) Porcentaje de grano libre.

$$G_{2L} = \left( \frac{m_{2L}}{10 m_{EM}} \right)$$

**Ecuación 14**

donde:  $G_{2L}$  es el porcentaje de grano libre, %;  
 $m_{2L}$  es la masa del grano libre, g, y  
 $m_{EM}$  es la masa del grano que entra a la máquina, kg.

c) Porcentaje de grano no trillado, %.

$$G_{2NT} = \left( \frac{m_{2NT}}{10 m_{EM}} \right)$$

**Ecuación 15**

Donde:  $G_{2NT}$  es el porcentaje de grano no trillado, %;  
 $m_{2NT}$  es la masa del grano no trillado, g, y  
 $m_{EM}$  es la masa del grano que entra, kg.

#### 6.5.4.6 Salida de la paja chica

a) Masa por hora del material que sale en esta salida.

$$R_{3C} = \left( \frac{m_{3t}}{t} \right)$$

**Ecuación 16**

donde:  $R_{3C}$  es la masa por hora del material que sale en esta salida, kg/h;  
 $m_{3t}$  es la masa total recolectada en la salida de la paja chica, kg, y  
 $t$  es el tiempo de recolección de la muestra, h.

b) Porcentaje de grano libre.

$$G_{3L} = \left( \frac{m_{3L}}{10 m_{EM}} \right)$$

**Ecuación 17**

donde:  $G_{3L}$  es el porcentaje de grano libre, %;  
 $m_{3L}$  es la masa del grano libre en la salida de la paja chica, g, y  
 $m_{EM}$  es la masa del grano que entra a la máquina durante el tiempo de recolección de la muestra, kg.

c) Porcentaje de grano no trillado.

$$G_{3NT} = \left( \frac{m_{3NT}}{10 m_{EM}} \right)$$

**Ecuación 18**

donde:  $G_{3NT}$  es el porcentaje de grano no trillado, %;  
 $m_{3NT}$  es la masa del grano no trillado, g, y  
 $m_{EM}$  es la masa del grano que entra a la máquina, kg.

6.5.4.7 Porcentaje de grano dañado por la máquina

$$G_{Dpm} = G_{1D} - G_{0D}$$

**Ecuación 19**

donde:  $G_{Dpm}$  es el porcentaje de grano dañado por la máquina, %;  
 $G_{1D}$  es el porcentaje de grano dañado en la salida principal, %, y  
 $G_{0D}$  es el porcentaje de grano dañado antes de la trilla, %.

6.5.4.8 Porcentaje total de grano no trillado

$$G_{NT} = G_{2NT} + G_{3NT}$$

**Ecuación 20**

donde:  $G_{NT}$  es el porcentaje total de grano no trillado, %;  
 $G_{2NT}$  es el porcentaje de grano no trillado en la salida de la paja grande, y  
 $G_{3NT}$  es el porcentaje de grano no trillado en la salida de la paja chica, %.

6.5.4.9 Porcentaje total de grano libre

$$G_L = G_{2L} + G_{3L}$$

**Ecuación 21**

donde:  $G_L$  es el porcentaje total de grano libre, kg;  
 $G_{3L}$  es el porcentaje de grano libre en la salida de la paja chica, %, y  
 $G_{2L}$  es el porcentaje de grano libre en la salida de la paja grande, %.

6.5.4.10 Porcentaje de grano perdido en otras salidas diferentes a la de la paja chica y de la paja grande (fugas de grano en la máquina)

$$G_{4OS} = \left( \frac{m_{4OS}}{10m_{EM}} \right)$$

**Ecuación 22**

donde:  $G_{4OS}$  es el porcentaje de grano perdido en otras salidas, %;  
 $m_{4OS}$  es la masa del grano perdido en otras salidas(fugas), g, y  
 $m_{EM}$  es la masa del grano que entra a la máquina, kg.

6.5.4.11 Porcentaje de grano perdido por la máquina

$$G_{TP} = G_{NT} + G_L + G_{4OS}$$

**Ecuación 23**

donde:  $G_{TP}$  es el porcentaje de grano perdido por la máquina, %.  
 $G_{NT}$  es el porcentaje total de grano no trillado, %;  
 $G_{4OS}$  es el porcentaje de grano perdido en otras salidas, %, y  
 $G_L$  es el porcentaje total de grano libre, %.

6.6 Prueba de rendimiento

Esta prueba tiene como objetivo determinar el rendimiento de la trilladora al utilizar las regulaciones de la máquina que permiten una mayor calidad de trilla y rendimiento, de acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de calidad.

#### 6.6.1 Condiciones del cultivo

La prueba de rendimiento se realiza con la variedad del cultivo más representativa de la región y debe cumplir con las especificaciones establecidas en el inciso 6.1.4.

Previo a la realización de la prueba debe realizarse el estudio del cultivo para conocer las condiciones con las cuales se realiza la trilla durante la prueba, y poder evaluar el desempeño de la máquina.

#### 6.6.2 Condiciones de operación

La trilladora es acoplada a la fuente de potencia como se realiza normalmente para el trabajo en campo y la trilla debe realizarse con la máquina estacionada, manteniendo la uniformidad y velocidad máxima de alimentación.

En esta prueba se utilizan las regulaciones de la máquina que dan mejor resultado en la prueba de calidad. Considerando que el funcionamiento de la máquina debe cumplir con las especificaciones de calidad de trilla (porcentaje de grano dañado, porcentaje de impurezas y porcentaje de pérdidas de grano de la máquina), y además se obtenga mayor rendimiento y el nivel de ruido no supere los 100 dB(A).

La prueba tendrá una duración de 2 h de trabajo efectivo y solo se realizarán paros cuando se presenten las siguientes situaciones: llenado de la tolva, por cambio de lugar provocado por la falta de cultivo en el material acumulado o en caso de presentarse desajustes o falla que afecten el desempeño óptimo de la máquina.

Durante la prueba se toman cinco muestras de 1 min en la salida principal, la primera a los 2 min de iniciada la prueba y las siguientes a los 30 min, 60 min, 90 min y 120 min de tiempo efectivo de trilla. Cuando el tiempo de muestreo coincida con alguna situación que obligue a detener la prueba (paro), el muestreo debe posponerse 2 min después de reanudarse la trilla.

#### 6.6.3 Puntos de medición, observación o cálculo

A continuación se enumeran los puntos que deben ser medidos, observados o calculados en la prueba de rendimiento.

6.6.3.1 Al inicio de la prueba se realiza el registro de los siguientes puntos

1. Lugar y fecha de prueba;
2. Variedad del cultivo;
3. Humedad del grano y de la paja, %;
4. Relación grano - paja, %;
5. Frecuencia de rotación del eje de la trilladora accionado por la fuente de potencia, r/min;
6. Velocidad de alimentación teórica, kg/h.

6.6.3.2 Los siguientes puntos deben ser medidos a los 2 min, 30 min, 60 min, 90 min y 120 min del tiempo efectivo de prueba

1. En la salida principal del grano:
  - Rendimiento de la máquina (Ecuación 9), kg/h;
  - Porcentaje de grano dañado (Ecuación 11), %;
  - Porcentaje de impurezas (Ecuación 12), %.
2. Frecuencia de rotación del cilindro trillador y eje de la trilladora accionado por la fuente de potencia, r/min.
3. Nivel de ruido, dB(A).

6.6.3.3 Puntos que caracterizan el rendimiento de la máquina

1. Consumo de combustible, l;
2. Consumo específico de combustible (Ecuación 24), l/h;
3. Rendimiento real de la máquina (Ecuación 25), kg/h;
4. Eficiencia operativa (Ecuación 26), %;
5. Eficiencia de trabajo de la máquina (Ecuación 27), %.

6.6.3.4 Registro de tiempos de prueba, desajustes y/o falla

1. Tiempo total de prueba, min;
2. Tiempo de trabajo efectivo, min;
3. Tiempo para llenado de la tolva de la máquina, min;
4. Tiempo de descarga de la tolva, min;
5. Tipo, número, frecuencia y tiempo de ajustes (min);
6. Presencia de falla;
7. Frecuencia de paros, adimensional.

6.6.3.5 Puntos a observar de la máquina

1. Condiciones de polvo y paja del cultivo en los puestos de trabajo;
2. Atascamiento o deficiencias de aire;

#### 6.6.4 Ecuaciones de cálculo

##### 6.6.4.1 Consumo específico de combustible

$$C_E = \frac{C_C}{t_E}$$

**Ecuación 24**

donde:  $C_E$  es el consumo específico de combustible, l/h;  
 $C_C$  es el consumo de combustible, l, y  
 $t_E$  es el tiempo de trabajo efectivo, h.

##### 6.6.4.2 Rendimiento real de la máquina

$$R_R = \frac{F_T}{t_T}$$

**Ecuación 25**

donde:  $R_R$  es el rendimiento real de la trilladora, kg/h;  
 $F_T$  es la masa del frijol trillado durante la prueba, kg, y  
 $t_T$  es el tiempo total de prueba, h.

##### 6.6.4.3 Eficiencia operativa

$$E_O = \left( \frac{t_E}{t_O} \right) 100$$

**Ecuación 26**

donde:  $E_O$  es la eficiencia operativa, h.  
 $t_E$  es el tiempo efectivo de trabajo, h, y  
 $t_O$  es el tiempo operativo, h.

##### 6.6.4.4 Eficiencia de trabajo de la máquina

$$E_T = \left( \frac{t_E}{t_T} \right) 100$$

**Ecuación 27**

donde:  $E_T$  es la eficiencia de trabajo, h.  
 $t_E$  es el tiempo efectivo de trabajo, h, y  
 $t_T$  es el tiempo total de prueba, h.

## 6.7 Medición de la potencia requerida por la trilladora

El objetivo de esta prueba es conocer la potencia requerida por la máquina, en el eje de la trilladora accionado por la fuente de potencia.

### 6.7.1 Condiciones del cultivo

Se utilizan las condiciones establecidas en el inciso 6.6.1.

### 6.7.2 Condiciones de operación

Se utilizan las mismas regulaciones de la máquina que en la prueba de rendimiento, (ver inciso 6.6.2).

La potencia requerida por la máquina se mide con carga (realizando la trilla de frijol). En ella se realizan tres repeticiones con una duración de 3 min.

En cada repetición se toma una muestra de 1 min en la salida principal del grano comenzando a recolectarla a los 2 min de iniciada la trilla.

La trilladora es acoplada a la fuente de potencia como se realiza normalmente para el trabajo en campo. La prueba debe realizarse con la máquina estacionada, manteniendo la uniformidad y velocidad máxima de alimentación.

### 6.7.3 Puntos de medición, observación o cálculo

Los puntos que a continuación se mencionan son medidos o calculados en cada una de las repeticiones:

1. Torque medido en el eje de la trilladora accionado por la fuente de potencia, N.m;
2. Frecuencia de rotación del eje de la trilladora accionado por la fuente de potencia, r/min;
3. Potencia requerida por la trilladora (Ecuación 28), kW o HP;
4. Rendimiento de la trilladora (Ecuación 9), kg/h;
5. Aprovechamiento de energía (Ecuación 29), kg/kW.h.

#### 6.7.4 Ecuaciones de cálculo

##### 6.7.4.1 Potencia requerida por la trilladora

$$P_R = \frac{\pi n T}{30}$$

**Ecuación 28**

donde:  $P_R$  es la potencia requerida, kW;  
 $n$  es la frecuencia de rotación del eje, r/min, y  
 $T$  es la torque en el eje, kN•m.

##### 6.7.4.2 Aprovechamiento de la potencia

$$A_E = \frac{R_1}{P_R}$$

**Ecuación 29**

donde:  $P_R$  es la potencia requerida, kW;  
 $R_1$  es el rendimiento de la trilladora, kg/h, y  
 $A_E$  es el aprovechamiento de potencia, kg/kWh.

#### 6.8 Prueba de operación continua

La prueba continua, tiene como objetivo conocer el desempeño de la trilladora e identificar desajustes o falla provocados por la operación continua de dicha máquina.

##### 6.8.1 Condiciones del cultivo

Debe cumplir con las especificaciones establecidas en el inciso 6.6.1.

Cada vez que se cambie las condiciones del cultivo, debe realizarse su estudio.

#### 6.8.2 Condiciones de operación

Se utilizan las regulaciones de la máquina usadas en la prueba de rendimiento (ver inciso 6.6.2).

Esta prueba se realiza al trabajar la máquina sin carga y con carga. Cuando la máquina es trabajada sin carga (sin trilla de frijol), ésta debe realizarse en 5 h de trabajo efectivo, en caso de no presentar algún fallo, la máquina es trabajada con carga (realizando la trilla) durante 10 h de trabajo efectivo.

Cuando se realiza la prueba continua con carga, la máquina puede realizar la trilla estacionada (con grandes cantidades de material del cultivo amontonados en un solo lugar) o en desplazamiento (cuando el cultivo fue hilerado formando pequeños montones a lo largo del terreno), siempre y cuando se mantenga la uniformidad y velocidad máxima de alimentación.

En esta prueba, la máquina debe cumplir con 10 h de trabajo efectivo. La prueba puede ser realizada en subpruebas con una duración mínima de 5 h de trabajo efectivo. Cada hora de trabajo efectivo se tomaran muestras con una duración de 1 min en la salida principal del grano.

En la prueba o subpruebas solo se realizarán paros cuando se presenten las siguientes situaciones: llenado de la tolva, por cambio de lugar provocado por la falta de cultivo en el montón, virajes o en caso de presentarse desajustes o fallas que afecten el desempeño óptimo de la máquina.

#### 6.8.3 Puntos de medición, observación y/o cálculo

##### 6.8.3.1 Al inicio de la prueba se realiza el registro de los siguientes puntos

1. Lugar y fecha de prueba;
2. Variedad del cultivo;
3. Humedad del grano y de la paja, %;
4. Relación grano – paja, %;
5. Velocidad de alimentación objetivo, kg/h;
6. Frecuencia de rotación del eje de la trilladora accionado por la fuente de potencia, r/min.

6.8.3.2 Los siguientes puntos serán medidos cada hora de trabajo efectivo hasta completar las 10 h de prueba.

1. En la salida principal del grano.
  - Rendimiento de la máquina (Ecuación 9), kg/h;
  - Porcentaje de grano sin daño (Ecuación 10), %;
  - Porcentaje de grano dañado (Ecuación 11), %;
  - Porcentaje de impurezas (Ecuación 12), %.
2. Temperatura de los ejes principales donde puede haber calentamiento (ejes y rodamientos del cilindro trillador, alimentador, ventiladores y del eje acoplado a la fuente de potencia), °C;
3. Frecuencia de rotación del cilindro trillador, r/min;
4. Frecuencia de rotación en el alimentador, r/min;
5. Frecuencia de rotación en ventiladores, r/min;
6. Frecuencia de rotación del eje que acciona la vibración en zarandas y/o cribas, r/min.

6.8.3.3 Puntos que caracterizan el rendimiento de la máquina

1. Rendimiento real de la máquina (Ecuación 25), kg/h;
2. Consumo de combustible, l;
3. Consumo específico de combustible (Ecuación 24), l/h.

6.8.3.4 Registro de tiempos de prueba, desajustes y/o fallas

1. Tiempo efectivo de trabajo, h.
2. Tiempo total de prueba, h;
3. Tipo y número de ajustes;
4. Tipo y número de mantenimientos;
5. Presencia de falla;
6. Número de paros, adimensional;

6.8.3.5 Puntos a observar de la máquina

1. Condiciones de polvo y paja del cultivo en los puestos de trabajo;
2. Atascamiento o deficiencias de aire;

## 6.9 Prueba de facilidad y seguridad de operación

Esta prueba, tiene como objetivo identificar el nivel de facilidad y seguridad de operación de la trilladora bajo condiciones normales de trabajo.

### 6.9.1 Condiciones del cultivo

Se utilizan las condiciones del cultivo establecidas en el inciso 6.6.1.

### 6.9.2 Condiciones de operación.

La prueba es realizada por dos inspectores y al menos un técnico con experiencia en el manejo de trilladoras de frijol, cada uno de ellos debe realizar lo necesario para confirmar los incisos 6.9.3 y 6.9.4. La confirmación de estos incisos también debe considerar la experiencia adquirida en las pruebas con la trilladora realizadas con anterioridad.

### 6.9.3 Puntos a confirmar de la facilidad de operación

- a) Comodidad y fatiga del operador durante la operación de la máquina (disposición y visibilidad de los controles);
- b) Facilidad de enganche y desenganche al tractor;
- c) Facilidad de acople o desacople a la fuente de potencia;
- d) Facilidad de ajuste de la máquina;
- e) Accesibilidad y facilidad de operación de los controles y mecanismos de ajuste;
- f) Facilidad de transporte;
- g) Facilidad para el cambio de posición de trabajo a la posición de transporte;
- h) Existencia de refacciones y herramientas que faciliten el mantenimiento y la reparación de la máquina;
- i) Facilidad de mantenimiento (atoramientos, limpieza, lubricación, etc.), y ajuste de la máquina.
- j) Funcionamiento de las unidades de control automático;

#### 6.9.4 Puntos a confirmar de la seguridad de operación

- a) Condiciones de polvo y fragmentos del cultivo en el puesto de trabajo;
- b) Nivel de ruido en los puestos de trabajo;
- c) Fatiga y seguridad en el puesto de trabajo (colecta del grano y alimentación);
- d) Seguridad en el enganche y desenganche de la máquina a la fuente de potencia;
- e) La seguridad de acople y desacople a la fuente de potencia;
- f) Existencia de guardas de protección en las partes móviles de la máquina;
- g) Existencia de puntos salientes y/o punzo cortantes;
- h) Existencia de áreas calientes;
- i) Firmeza de la pintura de los letreros de seguridad;
- j) Facilidad y seguridad para realizar los ajustes de la máquina, así como el mantenimiento técnico;
- k) Seguridad de transporte de la máquina.

#### 6.10 Estudio de durabilidad

El objetivo de este estudio es evaluar el comportamiento y condiciones finales de la máquina mediante el registro de ajustes, falla o anomalías que ocurran a lo largo de las diversas pruebas a las que es sometida la máquina; así como por la observación de las condiciones finales de la estructura, mecanismos y/o piezas de rápido desgaste al concluir con el periodo de pruebas.

##### 6.10.1 Variables a observar y registrar

- a) Tiempo de trabajo efectivo (desglosado por prueba);
- b) Numero, tipo y causas que provocan desajustes (desglosar por prueba donde se presentan);
- c) Tiempo para realizar el ajuste;
- d) Tipo de falla presentada en la máquina y prueba en la cual se presentó;
- e) Causas que originaron la falla;
- f) Número, tipo y prueba en la cual se realizó el mantenimiento;

6.10.2 Puntos a observar durante el desarme de la máquina

- a) Desgaste, deformación o rotura en piezas de rápido desgaste;
- b) Condiciones del recubrimiento contra desgaste en piezas;
- c) Observación de las condiciones finales de las piezas susceptibles a oxidación y/o corrosión;
- d) Otras piezas identificadas que presenten algún problema.

**7 APÉNDICE NORMATIVO**

7.1 Reporte de la prueba y evaluación de la trilladora

7.1.1 Inspección técnica de la estructura

A) Fabricante

- 1. Nombre y dirección;
- 2. Dirección;
- 3. Teléfono y fax;
- 4. Correo electrónico.

B) Designación de la máquina

- 1. Modelo;
- 2. Tipo y No. de serie.

C) Especificaciones generales de la máquina

- 1. Dimensiones de la trilladora (longitud x ancho x altura), mm.
- 2. Despeje sobre el suelo, mm.
- 3. Velocidades de desplazamiento, km/h.
- 4. Rendimiento, kg/h.
- 5. Cultivos para los cuales es adaptable y su condiciones para la trilla;
- 6. Humedad del cultivo para realizar la cosecha (máxima – mínima), recomendada por el fabricante, %.

D) Motor eléctrico o de combustión interna

1. Fabricante;
2. Modelo;
3. Tipo, marca y modelo;
4. Combustible utilizado;
5. Frecuencia de revolución máxima – mínima del aje que acciona la trilladora, r/min;
6. Potencia nominal según fabricante, kW o HP.

E) Tractor requerido por la trilladora

1. Potencia mínima requerida para la trilladora, kW o HP;
2. Frecuencia de rotación requerida en la toma de fuerza del tractor, r/min;
3. Tipo de enganche.

F) Sistema de transmisión

1. Tipo;
2. Relaciones de transmisión principales.

G) Ruedas

1. Ancho de trocha;
2. Tamaño del neumático;
3. Frenos.

H) Unidad de control de la trilladora

1. Controles de la trilladora;
2. Regulaciones de la frecuencia de rotación del cilindro trillador;

I) Sistema de alimentación

1. Tipo;
2. Sistema de alimentación mecánica;
3. Altura y ancho de la mesa de alimentación;
4. Altura de alimentación;
5. Velocidad de alimentación recomendada para cultivo;
6. Para tambor alimentador (dimensiones y frecuencia de rotación).

J) Tambor o cilindro trillador

1. Tipo;
2. Dimensiones (diámetro y longitud), mm;
3. Frecuencia de rotación máxima – mínima, r/min;
4. Frecuencia de rotación recomendada para la trilla de frijol, r/min;
5. Disposición, número y dimensiones de los dientes o barras (L x A x E), mm;
6. Regulaciones recomendadas.

K) Cóncavo

1. Tipo;
2. Rango de abertura entre el cóncavo y cilindro trillador máxima – mínima;
3. Rango de abertura recomendada para la trilla de frijol entre el cóncavo y cilindro trillador;
4. Método de ajuste;
5. Disposición, número y tamaño de los dientes;
6. Ángulo de trilla, (rad ó °);
7. Ancho (mm) y superficie de trilla, m<sup>2</sup>.

L) Zarandas

1. Número de zarandas;
2. Largo y ancho de las Zarandas;
3. Oscilación por minuto, Hz/min;
4. Levante y tiraje;
5. Tipo de extensión;
6. Rango de inclinación de las zarandas máximo – mínimo e inclinación recomendada para la trilla de frijol, %.

M) Cribas

1. Tipo y número;
2. Distancia entre cribas consecutivas y altura de las cribas con respecto al suelo;
3. Oscilación por minuto, Hz/min;
4. Ancho y largo de las cribas, mm;
5. Rango de inclinación de las cribas máximo – mínimo e inclinación recomendada para la trilla de frijol, %;
6. Diámetros del orificio de las cribas intercambiables.

N) Elevador

1. Tipo;
2. Características de la construcción;
3. Altura de la salida del grano, m.

O) Ventilador

1. Tipo y número;
2. Flujo de aire máximo – mínimo, m<sup>3</sup>/s;
3. Flujo de aire recomendado para la trilla de frijol, m<sup>3</sup>/s;
4. Método para regular el flujo de aire, m<sup>3</sup>/s.

P) Tolvas para grano

1. Volumen, m<sup>3</sup>;
2. Forma y dimensiones, m;
3. Altura de descarga del transportador sobre la tolva y altura de descarga de la tolva para el embolsado;

Q) Accesorios de la máquina

R) Dispositivos de desatoramiento

S) Puntos de lubricación (número, ubicación, periodicidad de lubricación y tipo de lubricante)

T) Adaptabilidad a diferentes fuentes de accionamiento

- U) Normalización de piezas que pueden presentar mayor probabilidad de falla
- V) Señalización de la máquina
- W) Protección al desgaste, anticorrosiva y antioxidante
- X) Seguridad de la estructura

## 7.2 Estudio del cultivo

1. Nombre y variedad del cultivo;
2. Lugar y año de producción;
3. Porcentaje de madurez del cultivo, %;
4. Dimensiones de la vaina (largo, ancho y espesor), mm;
5. Relación grano – paja, %;
6. Contenido de humedad (grano, paja, %, );
7. Porcentaje de grano dañado, %;
8. Masa de 1 000 granos, g;
9. Densidad del grano,  $\text{kg/m}^3$ , y
10. Dimensiones del granos (largo, ancho y espesor), mm.

## 7.3 Prueba de calidad

1. Lugar y fecha de prueba;
2. Variedad del cultivo;
3. Condiciones del cultivo utilizado en la prueba;
4. Frecuencia de rotación del cilindro trillador, r/min;
5. Rendimiento de la máquina, kg/h;
6. Porcentaje de grano dañado por la máquina, %;
7. Porcentaje de impurezas, %.
8. Velocidad de alimentación, kg/h;
9. Rendimiento por hora con respecto al ancho del cilindro trillador,  $\text{kg}\cdot\text{h/m}$ .
10. Porcentaje total de grano libre o pérdidas del sistema de limpieza, %;
11. Porcentaje total de grano no trillado o pérdidas del cilindro trillador, %;
12. Porcentaje de grano perdido por la máquina, %;
13. Eficiencia de trilla, %, y
14. Nivel de ruido, dB(A).

#### 7.4 Prueba de rendimiento

1. Lugar y fecha de prueba;
2. Variedad del cultivo;
3. Condiciones del cultivo utilizado en la prueba;
4. Frecuencia de rotación del eje de la trilladora accionado por la fuente de potencia, r/min;
5. Rendimiento de la máquina, kg/h;
6. Porcentaje de grano dañado, %;
7. Porcentaje de impurezas, %;
8. Frecuencia de rotación en el cilindro trillador, r/min;
9. Nivel de ruido, dB(A);
10. Consumo específico de combustible, l/h;
11. Rendimiento real de la máquina, kg/h;
12. Eficiencia operativa, %;
13. Eficiencia de trabajo de la máquina, %;
14. Tiempo total de prueba, h;
15. Tiempo de trabajo efectivo, h;
16. Tiempo para llenado de la tolva de la máquina, h;
17. Tiempo de descarga de la tolva, h;
18. Tiempo perdido por ajustes, h;
19. Tipo, número y tiempo de ajustes, min, y
20. Falla.

#### 7.5 Requerimiento de potencia

1. Torque medido en el eje de la trilladora accionado por la fuente de potencia, N.m;
2. Frecuencia de rotación del eje de la trilladora accionado por la fuente de potencia, r/min;
3. Potencia requerida por la trilladora, kW o HP;
4. Rendimiento de la trillado, kg/h;
5. Aprovechamiento de la potencia, kg/kW.h.

7.6 Prueba continua

1. Lugar y fecha de prueba;
2. Variedad del cultivo;
3. Condiciones del cultivo utilizado en la prueba;
4. Frecuencia de rotación del cilindro trillador, r/min;
5. Rendimiento de la máquina, kg/h;
6. Porcentaje de impurezas del grano, %;
7. Porcentaje de grano dañado por la máquina, %;
8. Frecuencia de rotación del cilindro trillador, r/min;
9. Frecuencia de rotación en el alimentador, r/min;
10. Frecuencia de rotación en ventiladores, r/min;
11. Frecuencia de rotación del eje que acciona la vibración en zarandas y/o cribas, r/min;
12. Rendimiento real de la máquina, kg/h;
13. Consumo específico de combustible, l/h;
14. Tiempo total de prueba, h;
15. Tipo y número de ajustes;
16. Tipo y número de mantenimientos;
17. Presencia de falla;
18. Número de paros;
19. Condiciones polvo y paja del cultivo en los puestos de trabajo, y
20. Atascamiento o deficiencias de aire;

7.7 Facilidad y seguridad de operación

1. Problema(s) de seguridad o dificultad al operar la trilladora que demeriten el uso de la misma.

7.8 Estudio de durabilidad

1. Número y tipos de fallas;
2. Observaciones de desgaste, oxidación y corrosión de piezas;
3. Condiciones finales de las señales de la trilladora.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de octubre del 2002.
- ISO 5131:1996(e) Acoustics – Tractors and machinery for agricultural and forestry – Measurement of noise at the operator's position – Survey method (1996-08-01).
- ISO 6689-2:1997 Equipment for harvesting - Combines and functional components – Part 2: Assessment of characteristics and performance defined in vocabulary (1997-08-01).
- ISO 8210:1989 Equipment for harvesting- Combine harvester – test procedure (1989-10-15).
- A. Chevalier, 1994. Dibujo Industrial. Editorial Limusa Noriega. México D. F.
- Edewrd Shigley Joseph y R. Mischke Charles, 1990. Diseño de Ingeniería Mecánica. 5ta edición. Ed. McGRawHill. Interamericana de México S. A. De C. V. Naucalpan Edo. de México.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Principios y prácticas de prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas. 1994. Boletín de servicio agrícola de la FAO 110. pp.216-224.
- George A. Griffin, 1973. Fundamentos de Operación de la Máquina, recolección con Cosechadora. Publicaciones de servicio John Deere, Illinois U.S.A.
- Institute of Agricultural Machinery. Norma (IAM), Bio-oriented Technology Research Advancement Institution (BRAIN). Power Thresher traducción libre del Japonés. Text No. II-9. 1998. Japón.
- NC. Normas Cubanas. Maquinaria e Implementos Agrícolas Cosechadoras de Granos, Metodología para la realización de las pruebas. 1987. Apartado NC 34-55. República de Cuba.
- Ortiz Cañabate Jaime y Hernanz José Luis, 1989. Técnica de la Mecanización Agrícola. 3ra edición, Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España pp 399-425.

Pacific Regional Network for Agricultural Machinery and the Economic and Social Commission for Asia. 1995. *RNAM Test Codes & Procedures for Farm Machinery*. Technical series No. 12. Philippines. p. 226 -246.

Tsukuba International Agricultural Training Center, Japan International Cooperation Agency (JICA). Threshing Machine, Farm Machinery Design Course. Lecture Text No. 5, July 1985.

## **9 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES**

Esta norma mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

**México D. F., a**

**MIGUEL AGUILAR ROMO**  
**DIRECTOR GENERAL**

**RCG/DLR/MRG.**