



11161 1  
2ej.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

"METODOLOGIA DE PRUEBAS PARA EVALUAR  
A LOS TRACTORES AGRICOLAS"

259519

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**MAESTRO EN INGENIERIA  
(METAL-MECANICA)**  
P R E S E N T A :  
**CARLOS GOMEZ GARCIA**

DIRECTOR: DR ANDRES HERRERA VAZQUEZ  
COASESORA M SC SARA RIOS DORDELY

---



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES-CUAUTITLAN

COORDINACION GENERAL DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CARTA DE VOTOS APROBATORIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL AVENIDA DE MEXICO

Coordinación General de Estudios de Posgrado FES - Cuautitlán Presente.

Por medio de la presente nos permitimos comunicar a usted que revisamos la tesis titulada "METODOLOGIA DE PRUEBAS PARA EVALUAR A LOS TRACTORES AGRICOLAS".

que presenta el (la) alumno (a) CARLOS GOMEZ GARCIA

con Núm. de cuenta 8051225-9 N° Exp. 100931015

para obtener el grado de MAESTRIA EN INGENIERIA (METAL-MECANICA)

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el Examen de Grado correspondiente, otorgamos el voto aprobatorio.

Atentamente "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

a de de 19

NOMBRE DE LOS SINODALES

PRESIDENTE: DR. JOSE LUIS GALVAN MADRID

VOCAL: DR. ANDRES HERRERA VAZQUEZ

SECRETARIO M.C. TOMAS RANGEL ORTIZ

1er. SUPL. M.I. MARCO ANTONIO ALARCON RAMIREZ

2do. SUPL. M.I. RAUL ANGEL LUCIDO DE LA PARRA

Handwritten signatures of the members of the board.

## AGRADECIMIENTOS:

Al Dr. Andrés Herrera Vázquez por la acertada y valiosa dirección recibida durante el desarrollo de esta tesis.

Al Dr. José Luis Galván Madrid, por su profunda dedicación y observaciones realizadas durante la revisión.

A la M. Sc. Sara Ríos D., gracias a su amplia experiencia se conformo el cuerpo y contenido de la tesis.

A los integrantes del jurado, por la oportuna revisión realizada.

A todo el personal del Instituto de Maquinaria Agrícola y del Instituto de Investigaciones Avanzadas en Tecnología Bio orientada del Japón, que de alguna manera participaron en los ensayos de prueba.

Finalmente, a la Agencia Internacional de Cooperación de Japón (JICA), por haberme brindado la oportunidad de una segunda estancia en ese país hospitalario.

Dedico este trabajo a una gran institución que me ha brindado grandes oportunidades en mi superación y desarrollo profesional, hasta llegar a percibir y comprender el sentido de la calidad humana: la Universidad Nacional Autónoma de México.

A mi familia, por su comprensión y apoyo recibidos.

A todas aquellas personas que indirectamente me alentaron a seguir adelante.

# CONTENIDO

	PAGINA
<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>OBJETIVOS</b>	3
<b>CAPITULO 1. ANTECEDENTES</b>	4
1.1 PARQUE DE MAQUINARIA AGRICOLA EN MEXICO (TRACTORES)	4
1.2 DEFINICION DEL TRACTOR AGRICOLA	5
1.3 ANTECEDENTES DE NORMALIZACION Y HOMOLOGACION	6
1.4 EVALUACION DE TRACTORES AGRICOLAS EN MEXICO	12
1.5 PRUEBAS DE MAQUINARIA AGRICOLA EN JAPON	15
1.6 NORMAS DE PRUEBA OCED PARA EL RENDIMIENTO DEL TRACTOR	20
<b>CAPITULO II. METODOLOGIA Y EXPERIMENTACION</b>	58
2.1 MATERIALES UTILIZADOS	58
2.2 PROCEDIMIENTO Y EXPERIMENTACION	60
<b>CAPITULO III. RESULTADOS</b>	73
3.1 VERIFICACION DE LAS ESPECIFICACIONES DEL TRACTOR PARA LOCALIZAR EL CENTRO DE GRAVEDAD	73
3.2 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ESTABILIDAD DEL TRACTOR (CENTRO DE GRAVEDAD Y ANGULO DE VOLCADURA)	74

3.3 RESULTADOS DE PRUEBA DE LA TOMA DE FUERZA	76
3.4 RESULTADOS DE PRUEBA DE TRACCION EN LA BARRA DE TIRO EN UNA PISTA DE CONCRETO	79
3.5 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FUERZA DE LEVANTE	82
3.6 RESULTADOS DE PRUEBA DEL RUIDO EXTERNO	88
3.7 RESULTADOS DE PRUEBA DEL RADIO DEL CIRCULO DE VIRAJE Y RADIO DEL AREA DE VIRAJE	89
3.8 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FRENADO	90
<b>CAPITULO IV. DISCUSION Y ANALISIS</b>	92
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES</b>	103
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	105
<b>ANEXOS</b>	109

# INTRODUCCION

En la actualidad existe entre los países del mundo un intercambio comercial de maquinaria agrícola. Los países fabricantes de maquinaria, son generalmente exportadores sin que esto signifique que sean autosuficientes y eviten la importación de equipos. En los últimos años, la producción y fabricación de tractores agrícolas, se ha caracterizado por una regionalización geográfica, de tal manera que los tractores de mayor potencia y tamaño, son construídos en los Estados Unidos de Norteamérica, los tractores medianos en la Comunidad Económica Europea, mientras que los más pequeños, en Japón y Sureste de Asia. Esta especialización en la fabricación de tractores tiende a satisfacer necesidades locales de la agricultura en el país respectivo. Las grandes superficies agrícolas predominan en Norteamérica, las medianas predominan en Europa, mientras que las superficies agrícolas más pequeñas son cultivadas en Japón.

Esta situación permite que los países fabricantes tengan que importar los tractores que normalmente no fabrica ó se producen en menor escala, favoreciendo así, el intercambio comercial. Sin embargo, a partir de 1959, año que surge el primer código para normalizar y probar el rendimiento del tractor entre los países miembros de la actual Organización para la Cooperación Económica y del Desarrollo (OCED), el intercambio comercial se ha incrementado enormemente, aun entre los países importadores no miembros de esa organización.

Antes de la aparición de los códigos y normas internacionales OCED, ya se tenían importantes avances en esa materia como lo muestran los antecedentes registrados, donde Suecia y Francia iniciaron las primeras pruebas oficiales de maquinaria agrícola hace ya más de cien años. Los Estados Unidos de Norteamérica iniciaron las pruebas de tractores agrícolas a partir de la segunda década del presente siglo, alcanzando un reconocimiento mundial con las pruebas que la Universidad de Nebraska lleva a cabo a la fecha.

En el caso de México, subsisten dos grandes compañías fabricantes de tractores agrícolas: Ford-New Holland y John Deere; pero se carece de una estación de

pruebas que normalice, regule y verifique el rendimiento de esas máquinas. De esto se desprende la necesidad de documentarse sobre los propósitos, ventajas y requerimientos para llevar a cabo las pruebas de maquinaria agrícola.

Este trabajo tiene como propósito el analizar y presentar la información sobre el contenido de las pruebas para los tractores agrícolas, complementando esta con dibujos, esquemas y notas obtenidos durante los ensayos realizados en el Instituto de Maquinaria Agrícola de Japón, cuyos resultados se presentan para precisar los criterios de aceptación o rechazo de las pruebas de un tractor.

## OBJETIVOS

1. Analizar la metodología y normas de pruebas obligatorias que los tractores agrícolas deben superar bajo los acuerdos internacionales establecidos por la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCED).
2. Presentar los criterios de calificación de resultados, con el propósito de evaluar los niveles de rendimiento del tractor y establecer una decisión de aceptación o rechazo del tractor probado.
3. Presentar una propuesta de las pruebas que México debería emprender, considerando las condiciones, necesidades del campo agrícola y presencia en el campo comercial y a la vez, sea una referencia para el establecimiento de una estación de pruebas.
4. Llevar a cabo ensayos de pruebas obligatorias para tractores agrícolas, que permitan una interpretación precisa en la aplicación de las normas y sus resultados.

# CAPITULO I

## ANTECEDENTES

### 1.1 PARQUE DE MAQUINARIA AGRICOLA EN MEXICO (TRACTORES)

El número total de máquinas agrícolas existentes en México, se conoce como parque de maquinaria. El parque de maquinaria inició un crecimiento significativo a partir de las importaciones realizadas en la década de los setentas. A partir de entonces, varias compañías de maquinaria se establecieron en México, a tal grado que en 1991, ya se encontraban establecidos más de 60 fabricantes de maquinaria agrícola en el país, de los cuales 4 se dedicaban a tractores.

Actualmente, sólo dos fabricantes de tractores agrícolas subsisten: John Deere y Ford New Holand, catalogadas como la primera transnacional más grande del mundo, mientras que la segunda es resultado de la fusión de dos compañías importantes en este ramo. Sin embargo, una gran cantidad de piezas importantes y refacciones aún se importan, como los motores y componentes electrónicos (14).

El número de tractores agrícolas en lo que va de esta década, se ha comportado de la siguiente manera: En 1990, 195 155 unidades; en 1992, 187 357 ; en 1994, 165 464; y en 1995, 145 930. Es evidente un descenso del 33 % de las unidades en operación, durante el período 1990-1995. Las importaciones, en 1990, fueron de 1,497 unidades, contra 8 807 unidades de fabricación nacional. Para el año de 1995, se importaron 105 unidades, contra 2 106 de fabricación nacional, lo que representa un descenso en las importaciones de 1426 % y una baja del 418 % en la producción nacional, en el mismo período 1990-1995 (29).

La FAO, (10), considera que la situación de la mecanización agrícola entre México, Estados Unidos de Norteamérica y Canadá, es desproporcionado, ya que por cada 100 trabajadores agrícolas, los Estados Unidos de Norteamérica cuentan con 150 tractores, Canadá con 160 y México sólo con 2.

Por otra parte (27) , la tendencia en la distribución de tractores en diferentes regiones del mundo, con base en el número de tractores por cada 1000 ha, es como sigue: Japón encabeza la lista, ya que cuenta con 494 tractores por cada 1000 ha de superficie, seguido por Europa con 82 unidades, América del norte con 23, el Cercano Oriente con 13, la entonces URSS con 11.9, América Latina con 9 , Oceanía con 8, el Lejano Oriente con 7 y África con 2.

Desde luego, el tamaño de los tractores japoneses es demasiado pequeño en comparación con los norteamericanos. Estos últimos cuentan con una potencia de 7 a 10 veces más que los japoneses.

## 1.2 DEFINICION DEL TRACTOR AGRICOLA

La OCED (22), presenta la definición del tractor agrícola como sigue:

Es un vehículo autopropulsado con ruedas, u orugas, tiene al menos dos ejes y está diseñado para llevar a cabo las siguientes operaciones agrícolas:

- Para tirar remolques;
- Para cargar, tirar o propulsar máquinas agrícolas o herramientas, y donde sea necesario, para proporcionar potencia a otras máquinas con el tractor en movimiento ó en forma estacionaria.

Stone, (28), define al tractor como la planta de fuerza motriz del agricultor. Puede trabajar con sus implementos instalados, como una sola unidad; puede también llevarse a trabajar a varios lugares. Muchos de los implementos accionados manualmente pueden ser accionados por el tractor. La mayor parte de las máquinas agrícolas pueden ser movidas por el tractor.

Para los trabajos de campo, se considera a la fuerza motriz y a la máquina accionada, como una sola unidad. .

En este sentido, Mirdha (19), define a la "máquina agregada" como el conjunto integrado por la unidad móvil - tractor - y la unidad arrastrada - implemento -, capaz de realizar una labor agrícola determinada.

Por su parte, Arnal (1), dice que el tractor es un vehículo dotado de motor que le sirve para poder desplazarse por si mismo y remolcar o accionar las distintas máquinas -

que se utilizan en la agricultura actual.

En la mayoría de los casos, el tractor está dotado de ruedas neumáticas, que en general las traseras son motrices y de mayor tamaño que las delanteras, que son directrices; en algunos casos, las dos son motrices.

Existen también tractores que en lugar de llevar ruedas neumáticas, están dotados de dos cadenas giratorias de placas metálicas, una a cada lado del tractor, sobre las cuales se desplazan; a estos se les denomina "tractores de cadena" o "tractores de oruga".

En la actualidad se puede decir que el tractor es la máquina principal de toda explotación agrícola, ya que realiza una enorme variedad de labores, y permite economizar y mitigar el esfuerzo humano de un modo insustituible en los trabajos agrícolas (23).

De las notas anteriores se puede deducir, que el tractor es la máquina de uso universal en la agricultura, ya que puede accionar máquinas para realizar desde una actividad de labranza, hasta una de recolección.

### 1.3 ANTECEDENTES DE NORMALIZACION Y HOMOLOGACION

#### Breve historia de la normalización:

Las gestiones de normalización surgieron como necesidad de los sectores propios, y rara vez bajo iniciativa estatal. Los antecedentes datan de la primera guerra mundial, donde los países contendientes pretendían obtener el rendimiento máximo y efectividad de sus recursos para la actividad bélica.

En 1926, surge la Federación Internacional de Asociaciones Nacionales de Normalización (ISA), que posteriormente en 1947, se convierte en la actual y mundialmente reconocida Organización Internacional de Normalización (ISO).

En aquel entonces, la normalización se vio favorecida por los siguientes factores :

- El crecimiento de las empresas multinacionales.
- El interés de los gobiernos nacionales por obtener reglamentaciones armonizadas que favorecieran el intercambio comercial.

- La creación de diferentes organismos de normalización a nivel nacional, regional, e internacional.

Una manera de superar las crisis económicas por los que muchos países han pasado es a través de la implantación de medidas proteccionistas, basadas en barreras técnicas, para defender los mercados internos. Para superar esta situación, surgió la necesidad de armonizar, acordar y establecer nuevas bases para asentar las relaciones internacionales, es decir, surge la normalización (20).

### Concepto de Norma:

La Organización Internacional de Normalización (ISO), define a la norma como la especificación técnica, accesible al público, establecida bajo un consenso y la aprobación general de todas las partes interesadas, basada en los resultados conjuntos de la ciencia, la tecnología y la experiencia, que tiene por objeto el beneficio óptimo de la comunidad y que ha sido aprobada por un organismo calificado a nivel nacional, regional o internacional (20).

Por otra parte, la organización Acuerdo General sobre Aranceles y Comercio (con sus siglas en inglés GATT), especifica que una norma, es una especificación técnica aprobada por una institución reconocida con actividades de normalización, para su aplicación repetitiva o continua, y cuya observación no es obligatoria (20).

En México, existe la Ley Federal de Metrología y Normalización, encargada de reglamentar la expedición y cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana (NOM).

La Comisión Nacional de Normalización, establece que la Norma Oficial Mexicana (NOM), es la regulación obligatoria que todo producto debe cumplir con las características y obligaciones, aun cuando estos estén en proceso y sean un riesgo para la seguridad de las personas, animales ó deterioren al medio ambiente (3).

La nomenclatura de las normas oficiales mexicanas debe tener las siguientes partes :  
NOM-001-SCFI-1995

NOM-001 : Número consecutivo de Norma Oficial Mexicana

SCFI : Dependencia emisora

1995 : Año de emisión

Cada NOM debe tener un formato y un contenido único, especificado por la Comisión Nacional de Normalización:

Varios países cuentan con instituciones especializadas en normalización, tales como el Comité Estatal de Normalización de Cuba, encargada de elaborar, aprobar y registrar las instrucciones normalizativas estatales (4).

Al igual que las NOM en México, la nomenclatura de las normas cubanas empiezan con las siglas INC (Instrucción Normalizativa Cubana), seguidas por el número secuencial de la norma, y finalmente el año.

Los tractores y máquinas autopropulsadas también se encuentran normadas bajo el sistema de Normas de Protección e Higiene del Trabajo (5).

Se hace referencia al vecino país de Cuba por ser el único país latinoamericano que cuenta con un centro de pruebas de maquinaria agrícola.

De lo expuesto se puede decir que aunque existe en México una institución oficial con capacidad para emitir normas relativo al tractor, sin duda alguna que siempre deben apoyarse en los peritajes que los técnicos especialistas llevan a cabo en este ramo, ya que de ello depende que los resultados correspondan a las necesidades detectadas en cada país.

### Concepto de homologación:

La homologación es la aprobación oficial de un producto, proceso o servicio, realizada por un organismo, que tiene esa facultad por disposición de un reglamento (20).

Por otra parte, el reglamento es un documento de carácter obligatorio que contiene disposiciones legislativas, reglamentarias o administrativas, que ha sido adoptado y publicado por un órgano legal que detenta los poderes necesarios a este efecto.

Una norma que tiende a homologar las características de los equipos, se complementa con la ejecución de pruebas para verificar la estandarización de esos equipos.

Las pruebas de una máquina pueden justificarse por dos razones claras y bien distintas. La primera es informar al fabricante o distribuidor sobre las cualidades y defectos que presenta, para poder corregir y mejorar la máquina o sugerir recomendaciones sobre su empleo. La segunda es informar y garantizar, en su caso,

al usuario el comportamiento funcional de la máquina por adquirir, su potencia, precisión, seguridad, capacidad de trabajo y otros (11).

Por otra parte, las pruebas de las máquinas agrícolas pueden realizarse básicamente en laboratorio, donde se simulan condiciones normales de trabajo controlables, y en campo, bajo los supuestos particulares en que cada máquina desarrollará su trabajo. Para comprender claramente todo lo relacionado a normalización de tractores, la OCED, tiene redactado un código de normas que siguen los diferentes países miembros de esa organización.

Desde los fines del siglo pasado se llevaron a cabo las primeras pruebas oficiales de maquinaria agrícola en Francia y Suecia, confirmando que existe más de un siglo de experiencia en este ámbito (34).

Sin embargo, en los Estados Unidos de Norteamérica se llevaron a cabo los primeros intentos de normalización de tractores en 1919. Fué el agricultor y legislador W. F. Crozier quién introdujo a la legislación las pruebas de tractores en la Cámara de Representantes de Nebraska. El proyecto de ley se aprobó y desde entonces ha permanecido vigente, con revisiones ocasionales (12).

El propósito de la Ley Nebraska sobre tractores, es para "fomentar la fabricación y venta de tractores mejorados y contribuir a un uso más eficiente del tractor en la agricultura".

En resúmen, el contenido de esa ley modificada en 1950, estipula que:

"Para cada modelo de tractor en existencia, vendido en el estado, se deberá probar y examinar por una junta de tres ingenieros empleados por la universidad del estado.

Que cada compañía, comerciante o individuo que ofrezca a la venta un tractor en Nebraska deberá tener un permiso expedido por la Comisión de Ferrocarriles del Estado. El permiso para cualquier modelo de tractor se expedirá después de que un tractor en existencia se haya probado en la universidad estatal y el funcionamiento del tractor se haya comparado con las pretensiones que el fabricante hace de él".

También establece que se debe garantizar el suministro de refacciones y repuestos dentro de un radio determinado del territorio.

En el apartado anterior se puede notar la imparcialidad que se debe tener en la emisión de los resultados, razón por la cual, las pruebas se llevan a cabo por una

institución gubernamental, confirmando la oficialización y obligatoriedad de las mismas.

En México se han importado grandes cantidades de maquinaria agrícola, omitiendo con frecuencia la disponibilidad de refacciones y repuestos, que posteriormente traen como consecuencia que, centenares de esas máquinas esten paradas en el campo, formando cementerios de maquinaria agrícola.

En los inicios de las normas, estas empezaron con la estandarización del giro y las dimensiones de la toma de fuerza del tractor, a fin de permitir una utilización universal. Fue precisamente la Asociación Americana de Ingenieros Agrónomos (A.S.A.E. ) que en 1927 estableció esos convenios. Más tarde, en 1939, se definieron las características del enganche de tres puntos, también con ánimo de universalizar su empleo.

Más tarde, en 1947, al crearse la Organización Internacional de Normalización (ISO) que actualmente coordina la normalización mundial, surgió el Comité Técnico (TC-23) específico para tractores y máquinas agrícolas y forestales, responsable de estudiar y elaborar la normatividad correspondiente (11).

Al terminar la década de los cincuentas, en 1959, surge el primer código estándar para las pruebas oficiales para tractores, presentado por el Consejo de la Organización para la Cooperación Económica Europea (OEEC), que luego cambió de nombre por la actual OCED (21).

Sims (30), Menciona que en la actualidad existen dos procedimientos aceptables de pruebas mecánicas para tractores, mundialmente reconocidas: Los que plantea la OCED, y los de la Universidad de Nebraska. El mismo autor afirma la amplia aceptación de resultados bajo las normas OCED en todos los países europeos miembros de esa organización.

La OCED (22), estima que se han probado más de 1000 modelos de tractores, más de 2000 estructuras protectivas para equipar a más de 10,000 modalidades de tractores, todas ellas han sido aprobadas en las pruebas y criterios de evaluación, antes de ser comercializados nacionalmente y entre los países participantes.

Casi todos los países miembros de la OCED aplican éstos códigos y algunos no miembros también los han adoptado. La OCED mantiene estrecha cooperación con

otros organismos tales como la Organización Internacional de Normalización (ISO), un progresivo acercamiento con los procedimientos utilizados por los Estados Unidos de Norte América y con el Japón.

Una manera de uniformar los procedimientos y códigos es a través de conferencias anuales de ingenieros, organizado por una estación de prueba de un país participante. Allí se discuten e interpretan la precisión y coherencia de los procedimientos de prueba, así como su actualización.

Entre tanto, otros países como Japón, miembro de la OCED, creó un Instituto de Maquinaria Agrícola (IAM), encargada de reforzar los progresos de la mecanización en la agricultura. Tiene como tarea adicional la implantación de las Pruebas Nacionales Japonesas basado en las estipulaciones de una ley interna. Actualmente, se creó también el Instituto de Investigaciones Avanzadas y Tecnología Biorientada (Bio-oriented Technology Research Advancement Institution: BRAIN), que, en conjunto con el IAM, llevan a cabo las pruebas y el desarrollo de tecnología en maquinaria agrícola (34).

Cabe resaltar que otros ocho países de la región del pacífico asiático se agruparon formando un organismo llamado Comisión Social y Económica para Asia y el Pacífico (cuyas siglas en inglés, ESCAP), siguiendo un esquema establecido por las Naciones Unidas. El objetivo es identificar, probar, desarrollar, fabricar, divulgar y usar apropiadamente las herramientas agrícolas, equipos y tecnología encaminada a los pequeños agricultores; a fin de obtener altos niveles de productividad e incremento de los ingresos. Los países que integran el grupo son: India, Indonesia, Irán, Pakistán, Filipinas, República de Corea, Sri Lanka y Tailandia.

Algunos avances logrados son prototipos de transplantadoras de arroz y cosechadoras, mismas que se probaron, modificaron, fabricaron y se pusieron al alcance de los agricultores.

Las normas y procedimientos de prueba de maquinaria agrícola han sido normalizadas por el Comité de Asistencia Técnica bajo una Red Regional de Maquinaria Agrícola (Regional Network for Agricultural Machinery: RNAM), perteneciente al ESCAP. Kibria (31).

Como puede notarse, varios países del mundo han acumulado una amplia experiencia en cuanto a pruebas, generación y desarrollo de tecnología; mientras que otros, han emprendido recientemente acciones en las mismas direcciones. Sin embargo, América Latina ha quedado rezagada en éste aspecto, a tal grado que sólo Cuba cuenta con una estación de pruebas de maquinaria agrícola, ubicada en el Instituto de Investigaciones de Maquinaria Agropecuaria (IIMA). Fuera de ella, ningún otro país latinoamericano cuenta con un centro de pruebas similar (9).

#### 1.4 EVALUACION DE TRACTORES AGRICOLAS EN MEXICO

En México se han hecho intentos por establecer una estación de pruebas de maquinaria agrícola, como quedó constatado en un anteproyecto presentado por la Universidad Autónoma Chapingo (33), a las dependencias respectivas. En el documento se establece y justifica la importancia de una estación de pruebas en el país, destacando las ventajas y beneficios que se alcanzarían con ello.

El papel de los centros de prueba de maquinaria agrícola, consiste en asumir la responsabilidad de definir si las máquinas que se construyen cumplen con los objetivos y requisitos para los cuales fueron diseñadas, además de establecer el nivel técnico y económico que guardan en relación a otras máquinas afines, y de cómo se manifiestan estos resultados en el proceso de producción agrícola.

Se debe determinar si las máquinas responden a las exigencias agrotécnicas de un proceso determinado, además de cumplir con la calidad de trabajo.

Sin duda alguna que los beneficios que se obtienen con la implantación de las pruebas a través de una estación destinada para ello, se encuentran los siguientes:

- Se puede asistir al gobierno en la toma de decisiones en políticas de mecanización, y a establecer un control de las importaciones al aplicar las normas técnicas de evaluación de maquinaria con el consecuente ahorro de divisas.
- Los fabricantes tienen acceso a los resultados y evaluaciones que les permita mejorar la calidad de fabricación, la calidad de trabajo y la productividad de las máquinas.

- También se tiene la posibilidad de intercambiar experiencias entre fabricantes nacionales y extranjeros para adaptar máquinas a situaciones locales.
- Los reportes de prueba y certificados publicados por una institución de prestigio pueden apoyar las ventas y políticas crediticias.
- Los usuarios se beneficiarían directamente al poder disponer de los resultados de prueba de maquinaria bajo condiciones locales, que les permita seleccionar de entre los competidores.

Las pocas pruebas de maquinaria agrícola que en México se han realizado, corresponden a evaluaciones de campo para determinar la eficiencia, capacidad y características de la calidad de trabajo. Sin embargo, las pruebas de funcionamiento y rendimiento en laboratorio no se realizan por falta de equipos y dispositivos de medición. También se adolece de una política de mecanización en la agricultura que sea capaz de involucrar a los fabricantes de maquinaria agrícola a someter las máquinas a tales pruebas.

A continuación se presenta algunas de las evaluaciones que se han llevado a cabo, sin tener un carácter oficial:

Lara (16), presenta los resultados obtenidos de un tractor de dos ruedas diseñado y construido en México para ser utilizado en predios pequeños. El autor presenta las características del tractor y un análisis del costo de operación :

Masa	696.0 kg
Velocidad máxima de avance	5.0 km/h
Potencia del motor	9.0 kW
Tiro máximo esperado	3.8 kN
Las variables de la evaluación en la aradura son:	
Velocidad de trabajo	4.1 km/h
Ancho de corte efectivo	2.6 m
Profundidad	10.0 cm
Capacidad de campo	0.6 ha/h
Eficiencia de campo	92.0 %
Consumo de combustible	7.9 l/ha

Ríos (25), reporta el comportamiento que todos los tractores con tracción en las cuatro ruedas registran durante las pruebas de tracción. Las pruebas se llevaron a cabo en una pista de concreto y sobre un suelo agrícola comparables a las condiciones de México.

El tractor evaluado presenta mínima variación en la posición del centro de gravedad, si se adiciona carga al tractor como la masa del operador. La estabilidad de la máquina, no debe variar con la adición de lastre.

La potencia máxima se registra a una posición de la caja de cambios en 4a posición, mientras que, la fuerza de tracción máxima se registra con la caja de cambios en 3a posición.

Lo recomendable en este aspecto es operar el tractor a la posición de la caja de cambios que presente el mayor rendimiento bajo las condiciones reales de trabajo.

Meza, et. al. (18), presenta algunos resultados de pruebas de tracción de un tractor Ford, comúnmente utilizado en México. Se encontró que el valor máximo de la potencia de tracción es de aproximadamente 38.5 KW y se logra con un nivel de carga de 1800 kgf a una velocidad de 7.85 km/h. La carga varía al cambiar la posición de la caja de cambios y al incrustar el arado en el suelo.

Osorio y Zárate (24), reportan las evaluaciones que Tracto-Sidena realizó en Zacatecas al tractor SIDENA T-25, en las operaciones de aradura, rastreo y siembra, donde se calificaron los resultados como satisfactorios. También se evaluó el tractor SIDENA T-310, en el trópico húmedo, con las operaciones de aradura, rastreo y aspersión, encontrando como principales limitantes para la operación adecuada: los campos pequeños, pedregosos e inundados. Cabe señalar que los tractores SIDENA han dejado de fabricarse en México.

Entre tanto, Elvira (8), evaluó un minitractor llamado el Chapulín, con el objeto de introducirlo en algunas poblaciones de los Valles Centrales de Oaxaca. Consideró exclusivamente aspectos de campo, como la capacidad y eficiencia de campo.

En general, puede notarse de los reportes anteriores, que carecen de resultados contundentes debido a la falta de equipos de medición precisa. En consecuencia, los resultados se califican bajo parámetros relativos, utilizando los términos: Satisfactorio, no satisfactorio, deficiente, bueno y excelente.

Ante la falta de un sistema de pruebas oficiales de maquinaria agrícola en México, Romanchik (26), propone un anteproyecto sobre normas de "seguridad e higiene en la operación de maquinaria agrícola". En ella se consideran aspectos fundamentales de ergonomía que se relaciona con el confort durante el trabajo, mientras que la higiene se refiere a la salud del operador. Todo esto con el fin de mejorar las condiciones de trabajo, reducir la fatiga, el estrés y eliminar el riesgo de aparición de enfermedades profesionales.

El autor hace referencia de una de las contadas normas que oficialmente existen en México bajo el código NOM-0011-STPS, 1993, referente al nivel de ruido permisible. La lista de pruebas y evaluaciones propuesta por Romanchik, son estipuladas también por los códigos OCED, para el tractor, mismas que más adelante se presentan.

## 1.5 PRUEBAS DE MAQUINARIA AGRICOLA EN JAPON

En las notas anteriores se ha mencionado que la OCED mantiene un estrecho vínculo con países líderes en normalización y estandarización, uno de ellos es Japón, país donde se llevó a cabo el ensayo experimental de este trabajo bajo las normas estipuladas por la OCED.

Japón, cuenta con una de las 25 estaciones de prueba de maquinaria agrícola reconocido por la OCED. Las pruebas que allí se llevan a cabo, son responsabilidad del IAM, facultado desde 1962, para llevar a cabo esta empresa. A la fecha se llevan a cabo 6 tipos de pruebas (34).

- Pruebas nacionales japonesas
- Pruebas IAM
  - Pruebas grupo I
  - Pruebas grupo II
- Pruebas de seguridad
- Pruebas OCED

- Pruebas de desarrollo promocional

En Japón, todas las pruebas mencionadas son voluntarias (no obligatorias), y como consecuencia los fabricantes o importadores de maquinaria agrícola tienen la libertad de continuar vendiendo sus máquinas.

Cualquier fabricante o agricultor puede solicitar al BRAIN se realice alguna prueba en alguna máquina.

Se aplican los criterios estipulados por la OCED al momento de seleccionar las máquinas para las pruebas.

Los resultados de las pruebas se ponen a disposición del público, excepto las que se se consideren confidenciales, como las del grupo II (34).

El cuadro 1, muestra los tipos de pruebas que el IAM lleva a cabo.

### 1.5.1 PRUEBAS NACIONALES

El término de pruebas nacionales se aplica exclusivamente a la nación japonesa, y corresponden a las pruebas extras que ese país realiza a la maquinaria agrícola, además de las propuestas por la OCED. La publicación de los resultados en la Gaceta del Diario Oficial, es responsabilidad del Ministerio de Agricultura Pesca y Forestal.

Tipo de máquinas que se someten a las pruebas :

Es el Ministerio de Agricultura Pesca y Forestal quien determina anualmente, el tipo de máquina a probarse, bajo los lineamientos de las políticas de mecanización agrícola, importancia de la máquina y el grado de difusión.

Si los resultados se emiten bajo el criterio de aprobado, entonces, además de ser publicados, el fabricante también recibe el certificado y una calcomanía de aprobación, de lo contrario, sólo recibe los resultados emitidos.

La calcomanía puede estamparse en la máquina aprobada como una muestra que dicha máquina ha superado las pruebas.

Cuadro 1. Clasificación y ejecución de las pruebas de maquinaria agrícola por el IAM de Japón.

Clasificación	Tipo	Obedece a la ley	Propósito	Tipo de máquinas a probarse	Método de prueba
Pruebas Nacionales	Pruebas Nacionales	Ley de promoción de mecanización agrícola (AMPL)	Proveer una guía para: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ayudar a los agricultores en la selección y uso de maquinaria</li> <li>• Ayudar a los fabricantes en el desarrollo y mejoramiento de sus productos</li> </ul>	En el pasado: 18 Actualmente: 10	Fijas, de todo tipo de rendimiento, construcción, durabilidad, manipulación, seguridad y, armonía con el medio ambiente
Pruebas cuasinacionales	Pruebas de seguridad	Regulación de las pruebas de seguridad IAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difusión de máquinas seguras</li> <li>• Prevención de accidentes</li> </ul>	Al comienzo: 22 tipos Actualmente: 30 tipos +α	Fijas Sólo de seguridad
Pruebas IAM	De comprensión ó Pruebas Grupo I	Regulación de pruebas IAM, Grupo I	Similares a las pruebas nacionales	Al comienzo: 8 tipos Actualmente: 12	Fijas, de todo tipo de rendimiento: similares a las pruebas nacionales
Pruebas IAM	Voluntaria o pruebas Grupo II	Regulación de pruebas IAM, Grupo II	Principalmente para proveer ayuda a los fabricantes en el desarrollo y mejoramiento	Espontáneas	Espontáneas, de rendimiento parcial y total, incluyendo las pruebas que se llevan a cabo en conformidad con los estándares de otros países
Pruebas internacionales	Pruebas OCED	Código de pruebas OCED	Facilitar el comercio internacional	Tractores y de estructuras protectivas (ROPS)	Fijas (ingeniería): 2 códigos Ruido: 1 código Fijas (seguridad): 5 códigos
Pruebas IAM	Pruebas de promoción y desarrollo	Regulación de pruebas de promoción y desarrollo IAM	Promoción de desarrollo y difusión de nuevos modelos o máquinas tipo	No fijas Unas cuantas unidades por año	Definidas siempre como todo tipo de rendimiento

Fuente: Yoshiaki Mori, 1996.

### Post inspecciones:

La manera de controlar la uniformidad de las máquinas ya aprobadas, es realizando inspecciones a la fábrica después de la prueba, sobre todo cuando el fabricante informa a la estación de pruebas de algún cambio en la construcción del modelo.

### 1.5.2 PRUEBAS IAM

Las pruebas que el Instituto de Maquinaria Agrícola promueve, se han clasificado en dos grupos: Pruebas del Grupo I y Pruebas del Grupo II.

Bajo el grupo I, se prueban la máquinas no sujetas a las pruebas nacionales, aunque se apliquen las mismas normas, la diferencia estriba que este grupo no contiene los criterio de aprobación o rechazo (pruebas cuasi nacionales). Tienen como propósito proporcionar información imparcial a los agricultores, asistirlos en la selección y uso de maquinaria agrícola, además de ayudar a los fabricantes en el desarrollo de su trabajo.

Las pruebas bajo el grupo II, también asiste a los fabricantes en el desarrollo y mejoramiento de máquinas, se seleccionan los modelos prototipo o los modelos en preproducción, componentes o partes y se llevan a cabo en conformidad con normas del extranjero, lo que permite alcanzar propósitos de exportación de máquinas.

Los resultados son confidenciales y no se publican.

### 1.5.3 PRUEBAS DE SEGURIDAD

Los accidentes que ocurren con maquinaria agrícola se relacionan con el conjunto hombre máquina, dada las limitaciones físicas, fisiológicas, y psicológicas del ser humano. Japón inició las pruebas de seguridad en 1976 y en 1995 también implantó la Ley de Promoción Agrícola.

Actualmente, el Instituto de Maquinaria Agrícola de Japón (13), pone énfasis en aspectos claves para el desarrollo de la maquinaria agrícola, tales como: "Seguridad, confort, calidad de maniobrabilidad y prevención de enfermedades ocupacionales". Se ha creado un laboratorio de ergonomía donde se coloca al operador o trabajador en la parte central al momento de emprender cualquier esfuerzo para aliviar el trabajo físico técnico para la producción agrícola. Se tiene la premisa que el ser humano no puede reconstruirse, entonces la tecnología debe mejorar y aplicarse en beneficio del hombre. Para llegar a esta meta, no son suficientes los esfuerzos provenientes del campo de la agronomía sino también de la ingeniería mecánica, de áreas

relacionadas a la fisiología, psicología, ergonomía y ciencia médica, donde la cooperación entre expertos de estos campos es indispensable.

También se investiga los efectos de las vibraciones transmitidas a las manos al operar motocultores, defoladoras de té, desmalezadoras y equipos semejantes (32).

Para estas pruebas se seleccionan las máquinas agrícolas principales (30 tipos), y son aquellas que tienen una amplia difusión y conllevan un alto grado de peligro; sin embargo, otras máquinas también pueden probarse cuando el fabricante lo desee.

Una máquina aprobada se le permite llevar adherida la marca de certificación de las pruebas de seguridad.

#### 1.5.4 PRUEBAS OCED EN JAPON

En Japón también se llevan a cabo las pruebas OCED, con el propósito de poder comercializar internacionalmente los tractores, tanto en exportaciones como en importaciones. A las pruebas OCED, se someten exclusivamente los tractores, sean de ruedas o de orugas.

#### 1.5.5 PRUEBAS DE DESARROLLO

Tienen como propósito promocionar el mejoramiento de máquinas en el campo donde la mecanización presenta un retraso, tales como: La horticultura, frutales, entre otros. La selección es por una convocatoria anual a través de periódicos y revistas. Participan los modelos nuevos de máquinas, de los cuales se seleccionan 5 o 6, considerando la originalidad, importancia y otros aspectos relevantes.

#### 1.5.6 LEYES REGULATORIAS

En este apartado se presenta un resumen de leyes regulatorias para apoyar la mecanización agrícola y pruebas de maquinaria en Japón:

## Ley de promoción de mecanización agrícola del Japón:

El propósito de promover la mecanización agrícola, es para contribuir al mejoramiento y utilización de maquinaria y procurar alcanzar buenos niveles de producción, mejorar el manejo de los predios, y promover el uso eficiente de la maquinaria. La ley incluye un sistema de pruebas nacionales para la maquinaria y formas de evaluar las investigaciones experimentales respectivas, además de los recursos financieros necesarios (34).

El Gobierno por su parte, apoya el entrenamiento, asistencia, investigación, experimentos y proyectos que promuevan la introducción de maquinaria, realiza un esfuerzo en subsidiar las acciones de mecanización agrícola.

### Pruebas nacionales de maquinaria agrícola:

Esta ley vigila que los resultados de las pruebas correspondan al modelo probado, si en una post inspección, se encuentra que los resultados no corresponden al modelo referido, el certificado de aprobación se cancela.

## 1.6 NORMAS DE PRUEBA OCED PARA EL RENDIMIENTO DEL TRACTOR

La OCED, tiene como meta mantener un alto nivel en el crecimiento económico, y un esfuerzo por expandir el comercio mundial. También provee asistencia para promover el desarrollo económico hacia los países en vías de desarrollo. Todos los países miembros de la OCED, siguen las normas y procedimientos de prueba de maquinaria agrícola establecidos por su comité técnico (22).

El propósito de llevar a cabo las pruebas de maquinaria agrícola bajo las normas técnicas OCED por los países participantes, es para establecer y facilitar el comercio internacional, al aceptar los resultados de las pruebas confidenciales llevadas a cabo en un país diferente al país importador.

## Países participantes:

Actualmente, la OCED tiene designadas 25 estaciones de prueba reconocidos por las autoridades de esa organización: Austria, Bélgica, Canadá, la República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Islandia, India, Irlanda, Italia, Japón, Luxemburgo, Holanda, Noruega, Portugal, España, Suecia, Suiza, Turquía, Reino Unido, Estados Unidos y Yugoslavia (34).

Las normas de prueba para tractores OCED, están abiertas a los miembros de la organización así como a diferentes países miembros de la ONU.

Cierto que varios países realizan pruebas de tractores y aplican uno o mas de los ocho siguientes códigos OCED (34):

Código I. Pruebas de rendimiento total del tractor

Código II. Pruebas restringidas de rendimiento del tractor

Código III. Pruebas de resistencia dinámica de las estructuras protectoras

Código IV. Pruebas de resistencia estática de las estructuras protectoras

Código V. Medición del ruido en las estructuras protectoras

Código VI. Pruebas de estructuras protectoras frontales en tractores estrechos

Código VII. Pruebas de estructuras protectoras traseras en tractores estrechos

Código VIII. Pruebas de estructuras protectoras de tractores en pistas de volcadura.

Este trabajo sólo presenta información relativa del código I al código V, ya que estos se aplican a tractores medianos y en menor escala a tractores de mayor potencia, comúnmente utilizados en México. Se puede decir que el uso de tractores pequeños y estrechos no son comunes en el país, razón por la cual, no se atiende el contenido de los códigos de prueba respectivos.

### 1.6.1 CODIGO I, NORMAS OCED PARA LAS PRUEBAS OFICIALES DE RENDIMIENTO DEL TRACTOR AGRICOLA

Cada código de prueba mencionado presenta el siguiente formato en contenido (22):

- Definiciones
- Reglas y Direcciones

- Condiciones de las pruebas
- Pruebas obligatorias
- Pruebas opcionales
- Resultados

#### 1.6.1.1 Definiciones:

La manera de establecer un marco de referencia para este código, es presentando algunas definiciones relacionadas a las pruebas de tractores:

**A) Tractores agrícolas.** La definición corresponde a la establecida anteriormente por la OCED (22).

#### **B) Puntos de referencia del tractor:**

- a) **Definición preliminar de plano medio de la rueda.** En la figura 1, los puntos AC y BD definen a los planos medios de las ruedas frontales y los puntos EG y FH al de las ruedas traseras respectivamente, tal y como se observó durante las mediciones hechas en el IAM de Japón.
- b) **Definición de trocha.** Es la distancia de separación entre los planos medios de las ruedas sobre el mismo eje, frontal o trasero. Para tractores de oruga, la trocha es la distancia entre los planos medios de las orugas.
- c) **Plano medio del tractor.** La figura 1 muestra la localización del plano medio del tractor, tal y como se determinó en el IAM. Es el plano vertical a lo largo de la línea MN.

**C) Distancia central entre ejes de las ruedas.** La figura 1, muestra la manera precisa para medir y localizar la distancia central entre ejes de las ruedas, dada por la distancia entre los puntos MN.

**D) Despeje.** Es la distancia entre la superficie de soporte (suelo o pista) y el punto más bajo del tractor, definida por  $h$  de la figura 1.

**E) Longitud total.** Es la distancia entre los dos planos verticales en ángulo recto con el plano medio del tractor que tocan los extremos frontal y trasero. Todas las partes del tractor y en particular los componentes salientes por el frente y por la parte trasera (por ejemplo la barra de tiro, etc) son contenidas entre estos dos puntos. La longitud total del tractor esta dada por la distancia  $L$ , tal y como se muestra en la figura 1.

**F) Ancho total.** Es la distancia entre dos planos verticales paralelos al plano medio del tractor, cada plano toca el punto más externo del vehículo sobre su respectivo lado. Todas las partes del tractor y en particular las componentes fijas proyectadas lateralmente, son contenidas entre éstos dos planos.

El ancho total es la distancia representada por  $W$ , en la figura 1.

**G) Altura total.** Es la distancia entre la superficie de soporte (suelo) y el plano horizontal que toca la parte más alta del vehículo definida por  $H$ , en la figura 1.

**H) Posición del centro de gravedad  $G$ .** Se define por las siguientes coordenadas, localizadas en la figura 15:

- a) Altura sobre la superficie del suelo, definida por  $h$ .
- b) Distancia del lado derecho ó izquierdo desde el plano medio del tractor, hasta la vertical que localiza el centro de gravedad, definida por  $L_2$ .
- c) Distancia desde el eje de las ruedas traseras hasta la altura  $h$ , dada por  $L_1$ .

Las estipulaciones cubanas mencionan otros elementos importantes para determinar la estabilidad del tractor, además de las coordenadas anteriores (9):

- Estabilidad del tractor
  - Estabilidad longitudinal

- Vuelco hacia atrás
- Deslizamiento
- Estabilidad transversal
  - Vuelco lateral

- I) Radio del área de viraje. Es el radio del círculo más pequeño descrito por el punto más externo del vehículo. Ver la figura 17.
- J) Radio del círculo de viraje. Es el radio del círculo más pequeño tangencialmente descrito por el plano medio de la rueda externa. Ver la figura 17.
- K) Índice de velocidad. Es el régimen de velocidad del motor especificada por el fabricante para una operación continua con carga máxima.
- L) Potencia del motor. Es la potencia medida en el volante o en el cigüeñal del motor.
- M) Potencia en la banda. Es la potencia máxima medida con el dinamómetro en la banda de una polea.
- N) Potencia de la toma de fuerza (TDF). Es la potencia medida en cualquier flecha diseñada por el fabricante del tractor, para ser usada como TDF.
- O) Potencia en la barra de tiro (BDT). Es la potencia que se alcanza en la BDT en una distancia de al menos de 20 o más metros.
- P) Tracción máxima en la BDT. Es la tracción máxima alcanzada por el tractor y puede mantenerse en la BDT en una distancia dada. El tiro es externado horizontalmente sobre el plano vertical que contiene al eje longitudinal del tractor.

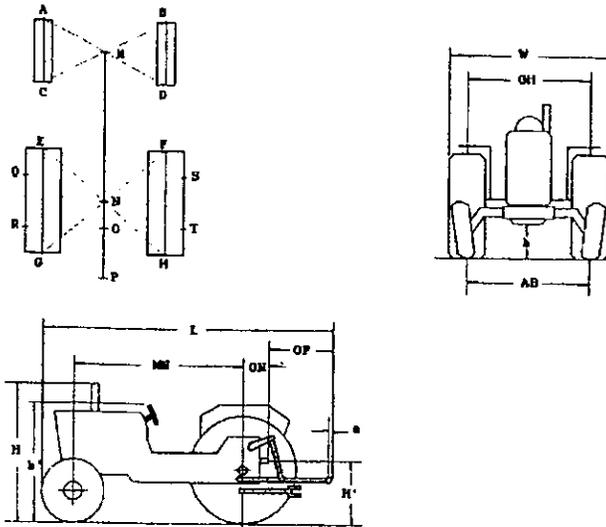


Figura 1. Verificación de las dimensiones del tractor

Q) Consumo específico de combustible. Es la masa del combustible consumido por unidad de trabajo.

R) Energía específica. Es el trabajo por unidad de volumen del combustible consumido.

S) Patinaje :

a) Patinaje en bandas. Se determina por la siguiente fórmula:

$$\text{Patinaje (\%)} = 100(\text{No} - \text{N1}) / \text{No} \quad (1)$$

Donde: No = número de revoluciones por minuto de la polea impulsada sin carga, y

N1 = número de revoluciones por minuto de la polea impulsada con carga.

b) Patinaje en las ruedas y orugas. Se determina por la siguiente fórmula:

$$\text{Patinaje (\%)} = 100 (N1 - No) / N1 \quad (2)$$

Donde: N1 = es la suma de las revoluciones de todas las ruedas en una distancia dada con patinaje,

No = es la suma de las revoluciones de todas las ruedas en la misma distancia sin patinaje.

En el caso de tractores con tracción en las cuatro ruedas, sin seguro mecánico de acople, se deben registrar por separado el número de revoluciones de cada rueda y el patinaje; cuidando que los resultados no difieran en más del 5 %.

T) Masa sin lastre. Es la masa del tractor sin lastre líquido en las ruedas, el tractor debe ponerse en marcha con el tanque, circuitos y el radiador totalmente llenos y sin operador.

U) Tolerancias de medición permisibles. Es de suponerse que todas las mediciones que se realizan admiten una tolerancia a fin de tener cierta precisión en los resultados. En el anexo 2, se presentan los intervalos permisibles de medición.

### 1.6.1.2 Reglas y direcciones

#### A) Condiciones de la prueba:

La OCED establece que las condiciones de las pruebas empiezan desde la selección del tractor, cuyo modelo representativo se debe tomar de la serie de producción.

Todos los ajustes necesarios se realizan previo a la prueba, de acuerdo a las instrucciones del fabricante y no deben cambiarse al comenzar la prueba.

También se admite una segunda prueba siempre que el modelo del tractor probado se haya modificado posteriormente y su rendimiento se vea afectado.

Cuando se requiere probar dos tractores con las mismas características, excepto que uno tiene tracción en las dos ruedas mientras que el otro en las cuatro ruedas, se debe utilizar el mismo motor en ambas pruebas montándolo en uno y en otro tractor. La potencia de la toma de fuerza debe corresponder a la otra versión.

También pueden realizarse pruebas suplementarias cuando el tractor sufre modificaciones, tales como: pruebas en la toma de fuerza, frenos, nivel de ruido, potencia hidráulica y fuerza de levante. Los resultados deben estar dentro del 5 % de tolerancia del rendimiento original.

Otras condiciones que deben considerarse son:

La puesta en marcha y ajustes previos recaen bajo la responsabilidad del fabricante.

El lastrado que se debe adicionar al tractor y la presión de inflado a las llantas, debe ser el estipulado por las normas OCED.

La estación de pruebas debe verificar cada una de las especificaciones del tractor que el fabricante establece, bajo las normas OCED.

Se debe indicar cualquier reparación que se lleve a cabo durante la prueba.

El combustible a utilizar debe ser el adecuado, especificado por el fabricante y debe estar dentro de las normas nacionales o internacionales. El consumo medido en base a su masa o volumen por hora, debe ser a la densidad de 15 ° C.

Algunos accesorios no necesarios para la prueba como la bomba hidráulica o de levante y el compresor de aire, se deben desconectar si es necesario.

Las pruebas se deben llevar a cabo bajo una presión atmosférica no menos de 96.6 kPa, de lo contrario se debe colocar una bomba de inyección de aire.

## B) Pruebas obligatorias:

Las normas OCED (22) bajo el Código I, establece que las pruebas obligatorias para los tractores agrícolas son las siguientes siete :

- Pruebas en la toma de fuerza principal
- Pruebas de potencia hidráulica y fuerza de levante
- Pruebas de potencia en la barra de tiro

- Radio del área y círculo de viraje
- Posición del centro de gravedad
- Pruebas de frenado
- Pruebas de nivel de ruido externo

a) Pruebas en la toma de fuerza principal (TDF):

a.1. Condiciones de la prueba. Se debe seleccionar el tipo de toma de fuerza a probar (principal), ya que los tractores de mayor potencia, cuentan con una segunda toma de fuerza. Una de ellas funciona a 540 r.p.m. y la otra a 1000 r.p.m. Sin embargo los tractores pesados mayores de 190 kW, no cuentan con TDF.

Las mediciones se realizan con un dinamómetro sin corrección de pérdidas de potencia en la transmisión.

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

También deben llevarse a cabo pruebas en forma continua colocando el gobernador – acelerador - para la máxima velocidad.

a.2. Prueba de potencia máxima. Se realiza por un período previo de calentamiento del motor de dos horas. La variación de potencia no debe ser más del 2 % del promedio de 6 lecturas, de lo contrario se debe repetir la prueba.

a.3. Prueba con carga total variando la velocidad. Para las gráficas de las pruebas de torsión y potencia, la velocidad del motor debe bajarse al menos en un 15 % de la velocidad en la cual se alcanzó la máxima torsión.

a.4. Pruebas con variación de carga:

- Al índice de velocidad del motor
- A la velocidad estandar de la toma de fuerza (540 ó 1000 r.p.m.)

Se deben registrar los valores de torsión, velocidad del motor y el consumo de combustible, bajo las siguientes cargas:

- 1) La torsión correspondiente a la máxima potencia disponible a la velocidad plena del motor y a la velocidad estandar de la toma de fuerza.
- 2) 85 % de la torsión obtenida en el inciso 1)
- 3) 75 % , 50 % y 25 % de la torsión definida en el inciso 2)

4) Sin carga (con el freno desconectado si la torsión residual es mayor que un 5 % del valor medido en el inciso 2).

a.5. Mediciones relacionadas. También se debe registrar la temperatura del combustible, del anticongelante, del aire ambiental, además de la presión atmosférica y la humedad relativa.

a.6. Presentación gráfica de resultados. Las gráficas deben cubrir todo el intervalo de velocidades disponibles del motor.

La potencia, la torsión y el consumo por hora y específico de combustible se deben graficar como una función de la velocidad.

a.7. Casos especiales de tractores con toma de fuerza sin capacidad para transmitir la potencia plena del motor. Adicionalmente a la prueba de la TDF, se deben distinguir entre los dos tipos de acoplamiento entre el motor y la toma de fuerza: el mecánico y el no mecánico.

Para llevar a cabo las pruebas en cada caso, se siguen las estipulaciones mencionadas en las normas OCED, donde se menciona que el tiempo de calentamiento del motor debe ser de al menos 2 horas, para conseguir la potencia máxima de un promedio de 6 lecturas con una tolerancia no mas del 2 % de la velocidad estandar del motor o de la TDF.

a.8. Pruebas adicionales del motor o en lugar de las pruebas de potencia de la toma de fuerza principal:

Se aplica a tractores sin toma de fuerza o con toma de fuerza no apta para transmitir la potencia plena del motor. El motor se debe equipar con todos los accesorios para una operación continua.

El dinamómetro se debe acoplar directamente al cigüeñal o en algún otro lugar disponible para la potencia e indicarse en el reporte de pruebas.

b) Pruebas de potencia hidráulica y fuerza de levante:

b.1. Condiciones de la prueba:

El fluido hidráulico debe ser el recomendado por el fabricante y de acuerdo a ISO 3448/1975.

- El control del gobernador debe colocarse para la máxima potencia a la velocidad plena del motor.
- La temperatura del fluido hidráulico en el tanque debe ser de  $65^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , al empezar la prueba.
- Se debe adaptar un manómetro inmediatamente después de la conexión externa del tractor.

#### b.2. Potencia hidráulica:

La información que debe reportarse en los resultados, es la siguiente:

- 1) La presión alcanzada con la válvula de alivio abierta.
- 2) Descarga de la bomba a presión mínima.
- 3) Potencia hidráulica y descarga al 90 % de la presión hidráulica máxima.
- 4) Potencia hidráulica máxima con su correspondiente presión y descarga.
- 5) Presión con la válvula abierta y cerrada sin carga.

#### b.3. Fuerza de levante:

##### 1) Condiciones adicionales:

El tractor se debe anclar cuidando que las ruedas no sufran deflexión por la fuerza de reacción al aplicar la fuerza de levante. Se debe ajustarse con o sin el bastidor de acople, para conseguir una disposición adecuada. Las especificaciones de anclaje se mencionan en las normas OCED (22), de acuerdo con ISO 730/1-1977, ISO 730/2-1979 e ISO 730/3-1982.

Se sigue el mismo procedimiento para conectar los brazos de levante a los puntos inferiores de enganche.

Los ajustes iniciales sólo deben permitir que el cuerpo vertical gire con un mínimo de  $10^{\circ}$  desde la vertical hacia el ángulo sobre el cual el bastidor tiene su posición más alta.

La presión del aceite se debe verificar durante la prueba.

##### 2) Levante en los puntos inferiores de enganche :

Son dos los puntos inferiores de enganche localizados en los brazos de levante.

Se debe aplicar una fuerza externa vertical, hacia abajo, a una barra horizontal conectada a los brazos inferiores de enganche sobre el plano medio del tractor.

La fuerza de levante y la presión del fluido hidráulico, se deben medir con un mínimo de 6 puntos a diferentes alturas y espaciadas uniformemente. En cada punto, la fuerza debe ser la máxima alcanzada contra la carga estática. También debe medirse el intervalo de alturas. La presión alcanzada durante la prueba tiene que superar la presión mínima registrada.

Los valores de fuerza deben corregirse para corresponder a la presión hidráulica equivalente al 90% de la presión máxima ó para la máxima descarga del sistema hidráulico, la cual generalmente es menor . El valor corregido de la fuerza de levante en la posición mas baja, constituye la fuerza vertical máxima que puede externarse.

### 3) Levante con un bastidor de acople:

El bastidor acopla los tres puntos de enganche que normalmente se utilizan con implementos durante el trabajo y transporte.

El bastidor debe tener las características de acuerdo a la categoría de enganche definida por ISO. Ver la figura 2.

El centro de gravedad debe estar en un punto situado a 610 mm detrás del punto de enganche más bajo sobre una línea en ángulo recto con el mástil.

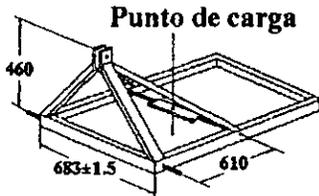
Las pruebas deben ser bajo las condiciones y procedimientos enunciados en el inciso 2) de éste apartado. Se debe adicionar el peso del bastidor a la fuerza aplicada.

### 4) Reporte de prueba:

El reporte de prueba debe contener los siguientes puntos:

- La fuerza vertical máxima corregida, en el punto de enganche más bajo.
- El intervalo del movimiento vertical (alturas) con sus respectivas fuerzas de aplicación.
- La presión equivalente al 90% de la presión máxima.
- La presión del sistema hidráulico con la descarga máxima.
- La altura de los puntos de enganche inferiores en su posición más baja, sin carga.

- El ángulo en el cual el mástil gira desde la vertical hacia la posición más alta.
- Las dimensiones del enganche principal y de la altura del mástil del bastidor con relación a la línea central de las ruedas traseras.



### Dimensiones en mm

Figura 2. Dimensiones normadas del bastidor de acople.

- La temperatura del fluido hidráulico al iniciar cada prueba.
- El cálculo del momento alrededor del eje de las ruedas traseras, resultado de la fuerza externa máxima de levante con el bastidor.

#### c) Pruebas de tracción en la barra de tiro (BDT):

##### c.1. Condiciones de la prueba:

El tamaño de las ruedas neumáticas pueden ser de un tamaño ó de otro, para llevar a cabo las pruebas sobre una pista de concreto normalizados por la OCED (22).

Las pruebas para tractores con ruedas de acero y tractores de oruga, se realizan sobre una superficie plana, seca y horizontal, en una pradera con pasto recortado, o una pista horizontal que tenga también buenas características de adhesión.

También se puede utilizar una pista móvil, condicionada a que los resultados obtenidos sean comparables con los obtenidos en las superficies mencionadas.

Requerimientos generales:

Durante las pruebas de la barra de tiro se debe colocar el control del gobernador para obtener la máxima potencia. No se deben seleccionar engranes que rebasen los límites de seguridad en velocidad.

La línea de resistencia debe ser horizontal con la altura fija de la barra de tiro para cada prueba.

Se debe cumplir la siguiente relación  $P.H < 0.8 W.Z$

Donde: W: peso estático que soportan las ruedas frontales sobre el suelo;

Z: distancia entre los ejes de las ruedas;

P: fuerza de tracción máxima;

H: altura estática de la línea de tiro sobre el suelo,

Entonces, el producto PH no debe exceder  $0.8 WZ$

Cuando se prueban tractores con tracción en las cuatro ruedas, con conexión diferencial entre los ejes de tracción, la altura de la barra de tiro debe permitir mantener la consistencia de adhesión entre el eje frontal y el eje delantero, al momento de alcanzar la fuerza de tracción máxima.

El espesor de los bordes de tracción de las ruedas, no debe ser menor del 65 % del espesor de los bordes de las ruedas nuevas.

Las mediciones que se deben realizar son:

La velocidad del motor ;

La potencia ;

La fuerza de tracción en la BDT ;

La velocidad de avance ;

El patinaje en las ruedas u orugas;

El consumo de combustible ;

Las temperaturas del combustible, anticongelante, aceite lubricante y

Las condiciones atmosféricas.

Durante las pruebas, la temperatura ambiental no debe exceder de 35°C.

En tractores con ruedas, se deben reportar también los valores del rendimiento con patinaje arriba del 15 % y el obtenido a la potencia máxima.

En los tractores de oruga, se debe medir la fuerza de tracción máxima de la BDT con el patinaje correspondiente al 7%.

Los valores de potencia se deben reportar con las siguientes velocidades:

Para tractores con ruedas:

Velocidades de: 2.5, 3.5, 5.0, 6.5, 8.0, 11.0, 17.5 km/h

Para tractores de oruga:

Velocidades de: 1.5, 2.5, 3.5, 5.0, 6.5, 8.0, 10.0 km/h

Para los tractores con transmisión de acople gradual variable, se debe reportar las siguientes gráficas:

- Potencia máxima, consumo de combustible y la velocidad correspondiente;
- Potencia máxima y la fuerza de tracción correspondiente, con el control de velocidad hacia adelante, así como el control del gobernador en la posición que de la máxima velocidad.

c.2. Pruebas de potencia en la barra de tiro ( tractor sin lastre):

Las pruebas se deben realizar en los engranes que den al menos, la velocidad más rápida que en el engrane donde se desarrolle la máxima potencia. De la misma manera con la máxima fuerza de tracción.

c.3. Pruebas de potencia en la barra de tiro (tractor con lastre):

Se debe ejecutar una segunda serie de pruebas, lastrando al tractor de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Las pruebas deben cubrir toda la gama de engranes, desde la velocidad más baja hasta aquella más rápida, incluyendo la velocidad donde se desarrolle la máxima potencia.

c.4. Pruebas por 10 horas (tractores con ruedas):

1) Los tractores con ruedas neumáticas lastradas, se deberán probar por 5 horas con los engranes especificados por el fabricante y en común acuerdo con la estación de pruebas. Esta velocidad es la que generalmente se usa para trabajos agrícolas, tales

como la aradura, pero muy diferente al grupo de velocidades usados en el inciso 2 siguiente. La carga por aplicar en la barra de tiro debe ser el 75% de la fuerza de tracción a la máxima potencia. Los valores de potencia, tracción, velocidad de desplazamiento, patinaje y consumo de combustible, se deben incluir en el reporte.

Para los tractores con un convertidor de torsión hidrocínético adaptado y accionado por el operador, las 5 horas de prueba se deben alcanzar con el convertidor de torsión en operación.

2) La prueba siguiente se lleva a cabo con un intervalo de enfriamiento entre ellas. Los tractores se deben probar para favorecer la tracción en la barra de tiro durante cinco horas y obtener un patinaje del 15%. Se seleccionan los engranes que permitan la velocidad más rápida y poder obtener la tracción requerida.

Es necesario agregar lastre suplementario a las ruedas y conseguir un buen control del tractor. Se debe registrar los siguientes datos : la tracción, la velocidad hacia adelante, la temperatura y las condiciones atmosféricas.

Durante las 10 horas de estas dos pruebas se debe medir : el consumo del aceite lubricante del tractor y expresarlo en unidades de masa por hora.

#### c.5. Pruebas por 10 horas (otros tractores):

Se aplica a tractores de oruga y los que usan ruedas metálicas, tal y como se especifica en el inciso 1) del apartado anterior. Esta prueba se debe llevar a cabo en dos periodos de 5 horas, con un intervalo de enfriamiento entre ellas.

#### d) Radio del área de viraje y círculo de viraje

Estas mediciones se deben realizar sobre una pista de pruebas como en las pruebas de la barra de tiro. La pista debe ser aquella comunmente usada en el país y asignada exclusivamente para las pruebas. Los tractores deben moverse lentamente sin lastre, aproximadamente 2 km/h. Ver la figura 17.

Las pruebas se deben realizar virando hacia la derecha y hacia la izquierda, con aplicación o no de los frenos de dirección.

e) Posición del centro de gravedad G:

Este se debe determinar con el tanque de combustible lleno y con 75 kg de peso en el asiento que simula al operador, sin lastrar al tractor. Ver la figura 15.

f) Pruebas de frenado, sólo en tractores con ruedas:

f.1. Condiciones de la prueba. Se lleva a cabo utilizando los dispositivos de frenado, basada en la desaceleración calculada sobre la distancia de parada. La distancia de parada debe ser la distancia de viaje del tractor desde el momento que el operador empieza a accionar el dispositivo de frenos hasta que el tractor para.

El frenado se debe medir en una pista, siguiendo las condiciones que establece la OCED para esta prueba.

f.2. Prueba de frenado en frío :

1) El frenado debe ser en frío al comienzo de la prueba. Un frenado se considera frío si cumple con alguna de las siguientes condiciones :

- Que la temperatura en el disco o en el exterior del tambor esté abajo de los 100°C.
- En el caso de frenos totalmente encapsulados, incluyendo los frenos inmersos en aceite, la temperatura en el exterior de la carcasa debe estar abajo de 50°C.
- Que los frenos no hayan sido accionados durante una hora.

2) Durante las pruebas de frenado, un eje sin frenar es cuando se desembraga y no se conecta al eje.

3) Las pruebas se desarrollarán bajo las siguientes condiciones:

Lastrar al tractor con la masa máxima con un eje desenfrenado, también cargado con la masa máxima permisible. Para tractores con frenos en todas las ruedas, el eje frontal debe cargarse a su máximo permisible.

La prueba se debe repetir para tractores sin lastre, cargando sólo al operador.

La pista debe estar a nivel y sin declive.

4) Cuando los tractores se desplazan a su máxima velocidad,  $50 \pm 5$  km/h, que generalmente es menor, se debe aplicar una fuerza determinada al dispositivo de frenado y medir la distancia de parada.

El motor se desembraga si es posible, de los ejes de los mandos finales al momento de aplicar los frenos. Si ésto no es posible, mover el acelerador a la posición de velocidad mínima al momento de aplicar los frenos.

Se deben registrar las distancias de parada para una serie de valores de fuerza aplicada al control de frenos. Los valores correspondientes de desaceleración se calcula con la siguiente ecuación:

$$f = V^2 / 2s \quad (3)$$

Donde :  $f$  = desaceleración del tractor,  $m/s^2$

$V$  = velocidad inicial al momento de aplicar los frenos,  $m/s$

$s$  = distancia de parada,  $m$

Establecer la relación entre el promedio de desaceleración y la fuerza aplicada al mecanismo de control de frenos.

La fuerza varía desde cero hasta la fuerza con la cual las ruedas se bloquean. Si la fuerza en los frenos no bloquean la rueda, entonces se debe reportar los efectos de las fuerzas arriba de los 600 N.

### f.3. Pruebas de parada gradual (por inercia).

Como primer método, el tractor se debe remolcar por 1 km a  $80 \pm 5\%$  de su máxima velocidad con el motor desconectado, si es posible, de los mandos finales; entonces aplicar el dispositivo de frenos, hasta alcanzar que la fuerza de remolque sea del 10% del máximo peso del tractor.

Otra alternativa es conduciendo al tractor por 1 km al  $80 \pm 5\%$  de su máxima velocidad. Posteriormente, se debe aplicar la fuerza obtenida de las pruebas previas en frío, cuya desaceleración promedio sea de  $1 m/s^2$ , al dispositivo de frenos. La velocidad inicial se debe mantener durante la conducción accionando el dispositivo de frenado.

Una vez que se han calentado los frenos por alguno de los dos procedimientos anteriores, las pruebas de frenado en frío se deberán repetir sin dejar que los frenos se enfrien y sin omitir las mediciones del tractor sin lastre.

#### f.4. Pruebas de estacionamiento aplicando frenos:

La fuerza necesaria que se aplica a los frenos para estacionar el tractor, se mide lastrando al tractor con su máximo peso y conduciéndolo por una pendiente de 18%, hacia arriba y hacia abajo.

Las mediciones se pueden hacer sobre un camino con pendiente o aplicando una fuerza de tiro hacia el tractor sobre un camino a nivel y registrar la máxima fuerza aplicada para estacionarse.

#### g) Pruebas de nivel del ruido externo (solo para tractores con ruedas):

##### g.1. Condiciones de la prueba:

1) Equipos de medición. Los equipos de medición de sonido deben ser precisos, especificados en la publicación de requerimientos No. 651 de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

El equipo debe calibrarse con frecuencia y si es posible, antes de cada medición.

2) Requerimientos generales. El tractor debe estar sin lastre y sin carga, en una zona abierta y en silencio ó el ruido del viento con 10 decibeles (dB) menos que el ruido que se medirá. El espacio debe tener al menos 50 m de radio, y con 20 m en el centro, deben estar a nivel y con superficie de concreto, asfalto o materiales similares y exento de nieve en polvo, pasto alto, suelo friable o cenizas.

Las mediciones se deben hacer en un ambiente calmado con poco viento o nulo.

3) Velocidad estable. La velocidad estable que se utiliza debe ser igual a tres cuartos de la máxima velocidad producido por los engranajes en trabajos en pista.

##### g.2. Pruebas de nivel de ruido:

Se deben llevar a cabo al menos dos mediciones en cada lado del vehículo, bajo el esquema normado por la OCED, mostrado en la figura 3, donde se muestra el trazo sobre la pista durante los ensayos llevados a cabo en el IAM de Japón.

Cuando el tractor alcanza la línea AA', en ese momento se abre rápido y totalmente el acelerador hasta que el vehículo haya pasado la línea BB' y entonces bajar a la posición mínima tan rápido como sea posible.

Las mediciones se deben considerar válidas cuando la diferencia entre dos mediciones consecutivas sobre el mismo lado del vehículo, no sobrepasen los dos decibeles (dB). Los valores deben corresponder al nivel de sonido más alto.

### C) Pruebas opcionales:

Otras pruebas que suplementan a las principales del motor son:

#### a) Pruebas de rendimiento del motor:

Sigue las condiciones estipuladas por la OCED, que establece que se llevan a cabo con carga parcial y a baja velocidad del motor, conectando sólo el dínamo, el generador, manteniendo los filtros, el múltiple de escape y el ventilador, necesarios para la operación del motor.

##### a.1) Rendimiento en la banda o en la flecha de la polea:

Condiciones de la prueba. La flecha del motor se conecta al dinamómetro a través de una banda y poleas con un patinaje no más del 2 %.

Se deben registrar: la potencia, el consumo de combustible por hora y el consumo específico del combustible en relación con la velocidad del motor.

##### a.2) Rendimiento en una atmósfera caliente:

Condiciones de la prueba. La temperatura sólo puede variar en  $\pm 2$  ° C en el monoblock y se deben registrar las temperaturas de la admisión del aire, del aceite del motor, del aire en los filtros y del combustible.

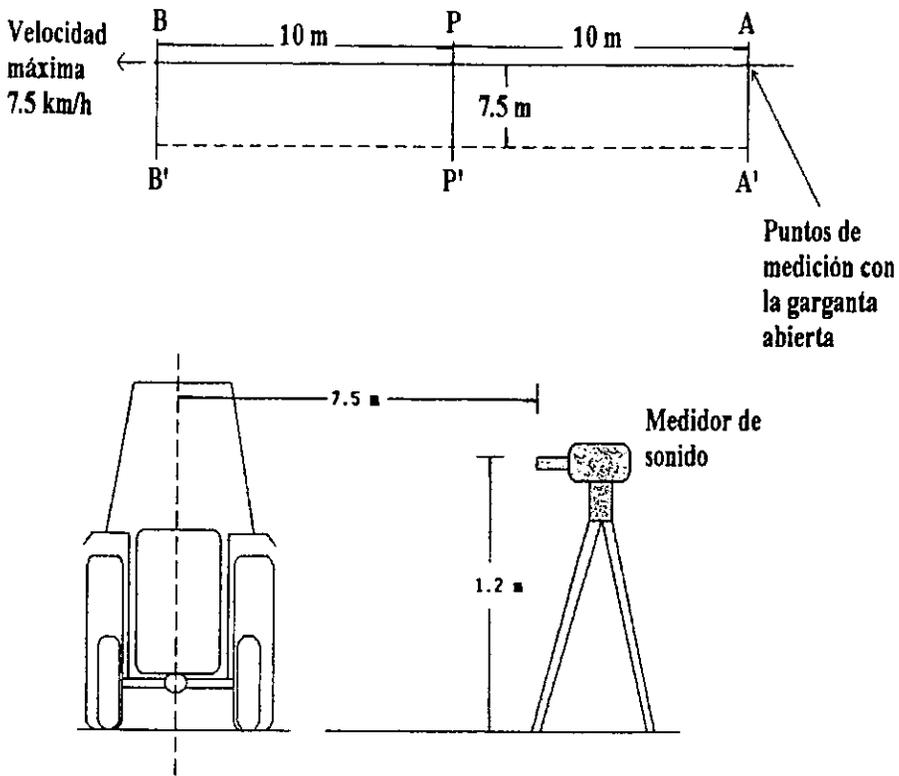


Figura 3. Esquema que muestra la forma de llevar a cabo las mediciones del nivel de ruido externo, presentado por Ayabe et. al.

a.3) Arranque a baja temperatura:

Se determina la temperatura más baja en la cual el motor puede arrancar, utilizando el tipo de combustible y lubricantes adecuados, las baterías estén en buenas condiciones con un 70% de carga y el anticongelante sea el apropiado.

El tractor se debe exponer al medio ambiente por 15 horas e inmediatamente después, emprender el arranque.

El arranque se debe realizar bajo los procedimientos normales recomendados por el fabricante y se considera exitoso cuando el motor corre sin variaciones suavemente por 10 segundos, sin ayuda del arrancador o del dispositivo térmico. Se admiten 5 mediciones con un período de 5 minutos.

Si las 5 mediciones son exitosas, entonces el tractor se desplaza hacia el medio templado, hasta alcanzar el arranque y la carrera de operación normal. El tractor se debe regresar para probarse a una mayor temperatura durante otras 15 horas, y emprender una nueva serie de mediciones. Si el motor arranca, se debe seguir el mismo procedimiento pero a una menor temperatura.

El proceso se debe repetir hasta encontrar la temperatura más baja donde el motor sea capaz de arrancar.

## 1.6.2 CODIGO II. NORMAS OCED RESTRINGIDAS PARA LAS PRUEBAS OFICIALES DE RENDIMIENTO DEL TRACTOR AGRICOLA

Se presenta la parte que complementa al código II, no presentada en el código I. Esta parte corresponde a la prueba de tracción en la barra de tiro y consumo de combustible(22). Se da especial importancia al consumo de combustible con el objeto de proveer información sobre la eficiencia operacional con carga parcial, el cual se debe medir bajo los engranes comunmente usados para trabajos de campo. Las pruebas se realizan con dos tipos de engranes, uno de los cuales debe tener la velocidad nominal cercana a los 7.5 km/h y la otra donde se desarrolle la potencia máxima.

Esta norma se puede diferenciar como una prueba del tractor a la velocidad utilizada en campo. Mientras que el código I realiza las pruebas en la barra de tiro en los engranes a la velocidad inmediata superior que aquellos donde se encontró la máxima potencia y por otro lado inmediatamente inferior donde se desarrolle la máxima fuerza de tracción.

Las mediciones se deben realizar donde:

- a) Se desarrolle la tracción máxima con el engrane seleccionado;
- b) La tracción sea igual al 75 % de la tracción correspondiente a la potencia máxima y a velocidad plena;
- c) La tracción sea igual al 50 % de la tracción correspondiente a la máxima potencia y a velocidad plena;
- d) Se desarrolle baja velocidad del motor con la relación de engranes más alta y presente un bajo consumo de combustible, con la misma tracción y velocidad de desplazamiento como en el inciso b).
- e) El motor tenga baja velocidad con la relación de engranes más alta y presente un bajo consumo de combustible, con la misma tracción y velocidad de desplazamiento como en el inciso c).

Para algunos tractores pequeños, las pruebas bajo los incisos d) y e), puede que sea imposible llevarlas a cabo. Este hecho se debe indicar en el reporte.

Este código no realiza pruebas de potencia de tracción a tractores con lastre y omite las pruebas de tracción por diez horas.

### Pruebas opcionales:

Algunas pruebas individuales del Código I, son opcionales bajo el Código II. Estas pueden ejecutarse simultáneamente con las pruebas obligatorias.

En caso de alcanzar la aprobación total de los tractores sometidos a las pruebas mínimas obligatorias bajo el Código II; debe aparecer "Código Restringido" junto con el número de aprobación.

### 1.6.3 CODIGO III, NORMAS OCED PARA LAS PRUEBAS OFICIALES DE ESTRUCTURAS PROTECTIVAS EN TRACTORES AGRICOLAS (PRUEBA DINAMICA)

No se llevaron a cabo pruebas con una estructura protectora remitida por el fabricante, sino con una construida en el taller del Instituto de Maquinaria Agrícola, por lo cual sólo se presentan las normas respectivas.

Fagundo (9), menciona que en 1959, Suecia fue el primer país en introducir leyes que exigían que los tractores deberían tener estructuras de protección en caso de volcaduras. Actualmente, casi todos los países europeos han adoptado estas medidas.

Desde entonces se ha incursionado en el estudio de las cabinas que ofrezcan mayor seguridad, para conocer y calcular el comportamiento de la deformación causada por el impacto.

Muchos problemas se han detectado, como la marcada deformación que se produce en los bastidores que distaban mucho de proteger al operador. Se ha integrado y aplicado las propiedades de un acero suave en el caso de la deformación plástica en el problema de impacto.

El procedimiento consiste en aplicar una carga predeterminada sobre el bastidor de seguridad, que al retirarse, la deformación permanente obtenida sólo se admite dentro

de un cierto límite. Generalmente el caso de la deformación permanente sirve para absorber una gran proporción de la energía de impacto y reducir la carga en los puntos de anclaje del bastidor al tractor.

También se ha aplicado el principio de la "deformación plástica" para alcanzar las propiedades de los metales más allá del límite elástico, el cual se usa prácticamente en el campo de la construcción. Este principio se resume de la siguiente manera: Contrariamente a la deformación elástica la cual se reparte con la carga límite hasta los extremos de las fibras de la sección de cedencia, la deformación plástica se distribuye con la carga límite hasta que la sección completa cede. El punto de las partes estructurales, donde toda la sección cede, rota justo como una bisagra, con un momento de resistencia constante, conocido como "bisagra plástica". Kioshiro y Fumitake (15).

El formato que cada código de pruebas contiene, es el establecido por el código I:

- Definiciones
- Campo de aplicación
- Reglas y direcciones
- Resultados de la prueba

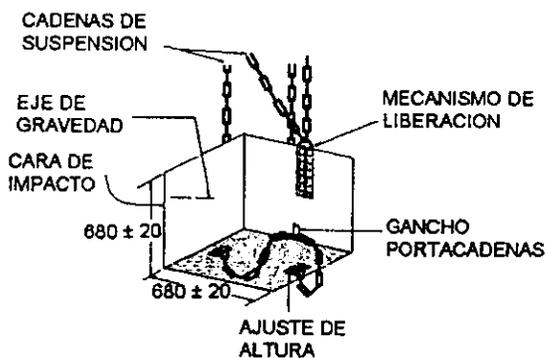
Este código se aplica a tractores que tienen al menos dos ejes con una masa total del tractor sin lastre, no más de 6000 kg.

El ancho mínimo de trocha de las ruedas traseras deben ser arriba de 1150 mm. Se reconoce que pueden existir tractores pequeños que se excluyen de esta aplicación.

a) Impacto por la parte trasera:

Sí el tractor tiene una masa cargada menos del 50 % en las ruedas frontales, el primer golpe debe darse por la parte trasera, luego continuar con la prueba de compresión en el mismo lado. El segundo golpe debe darse en la parte frontal a un tercio de su lateral, seguido por otra prueba de compresión. El tractor se debe sujetar de acuerdo a las normas OCED (22).

El golpe que se da a la estructura protectora es a través de un bloque de concreto armado de 2 toneladas, como el que se muestra en la figura 4.



DIMENSIONES EN mm

Figura 4. Dimensiones normadas del bloque de impacto.

La altura H del péndulo para el impacto trasero se calcula por:

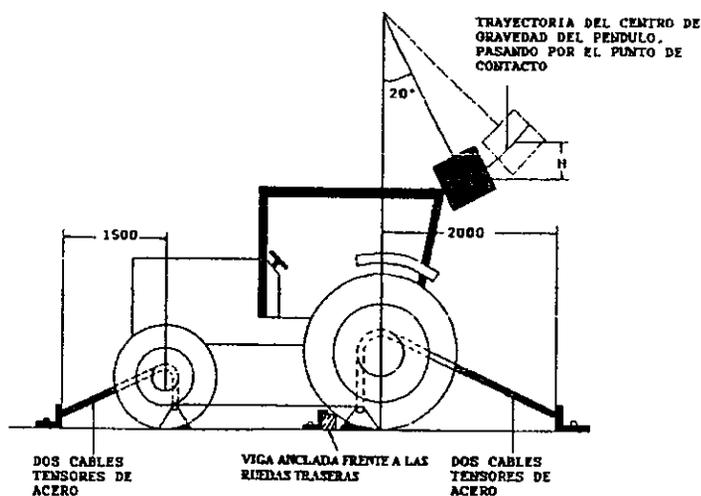
$$H = 2.165 \times 10^{-8} \times M \times L^2 \quad (4.1)$$

$$H = 5.73 \times 10^{-2} \times I \quad (4.2)$$

Donde: M = masa usada para calcular la energía y fuerza de compresión, kg

L = distancia entre ejes de las ruedas, mm

I = momento de inercia en el eje trasero del tractor, kg-m<sup>2</sup>.



DIMENSIONES EN mm

Figura 5. Método de impacto por la parte trasera del tractor.

Para el impacto por la parte frontal de la estructura, la altura H se determina por:

$$H = 125 + 0.02 \times M \quad (4.3)$$

Para  $2000 \text{ kg} \leq M \leq 6000 \text{ kg}$ ; ó

$$H = 25 + 0.07 \times M \quad (4.4)$$

Para  $800 \text{ kg} \leq M \leq 2000 \text{ kg}$

El punto de impacto debe ser aquella parte de la estructura que golpearía el suelo en caso de volcadura al virar más allá de su lateral.

Para el impacto por la lateral de la estructura protectora, la altura H del centro de gravedad del péndulo, se determina por:

$$H = 125 + 0.15 M \quad (4.5)$$

Para  $2000 \text{ kg} \leq M \leq 6000 \text{ kg}$ ; ó

$$H = 25 + 0.2 \times M \quad (4.6)$$

Para  $800 \text{ kg} \leq M \leq 2000 \text{ kg}$

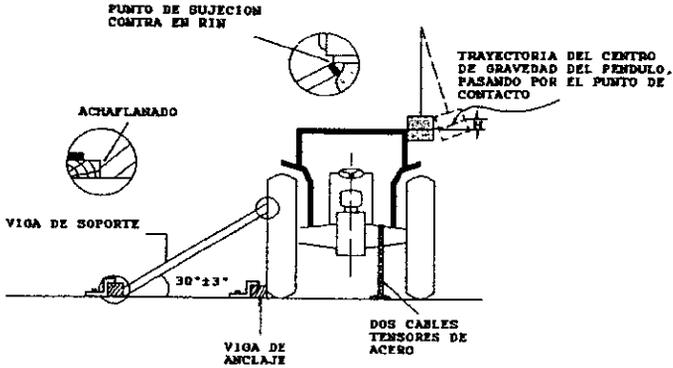


Figura 6. Método de impacto lateral en el tractor.

En las pruebas de compresión y aplaste, el tractor se debe sujetar de acuerdo a las normas OCED (22) y luego aplicar la fuerza de compresión tal y como se muestra en la figura 7.

La compresión puede ser desde la parte trasera o por la parte frontal de la cabina (figura 8). En el primer caso, la fuerza de compresión  $F$  se debe aplicar por 5 segundos cuando:

$$F = 20 M \quad (5)$$

Si la parte frontal del techo de la cabina no puede cargar la fuerza total de aplaste (figura 8), esa parte del techo se debe deflectar y luego aplicar la fuerza de compresión o aplaste F.

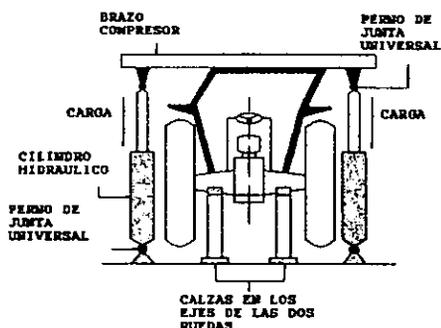


Figura 7. Método de compresión y aplaste de la cabina del tractor

El espacio de seguridad de la cabina, está dado por los diferentes puntos localizados a partir del punto de referencia del asiento del operador. Ver la figura 9.

En el anexo 4, se especifican las dimensiones de los planos y superficies del espacio de seguridad.

Criterios de aceptación de las pruebas:

- No debe presentar rupturas en las componentes montadas o partes del tractor que contribuyan a la resistencia de la estructura protectora;
- En soldaduras no debe presentar rupturas o fisuras. Los puntos o cordones de soldadura usados para pegar los panels deben ser excluidos de esta condición;

- c) La energía absorbida en los desgarres de partes metálicas laminadas, sólo se aceptan si, la estación de pruebas considera que no reducen significativamente la resistencia para deflexionar la estructura protectora. Se deben ignorar los desgarres en metales laminados causados por las orillas del péndulo;

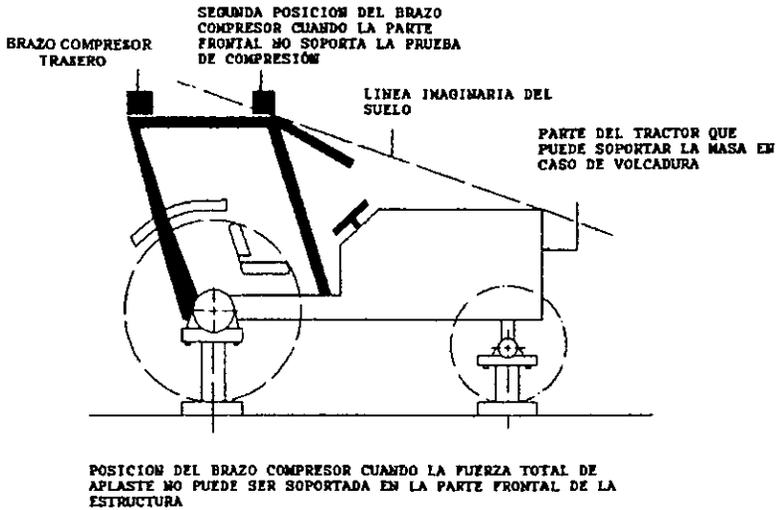


Figura 8. Deflexión del techo de la cabina, previo a las pruebas.

- d) Tiene que alcanzarse la fuerza requerida en ambas pruebas de aplaste;
- e) Que durante el impacto lateral la diferencia entre la máxima deformación instantánea y la deformación permanente, no supere los 250 mm;
- f) Ninguna parte debe invadir el espacio reservado a la zona de seguridad durante la prueba. El espacio de seguridad no debe quedar fuera de protección.

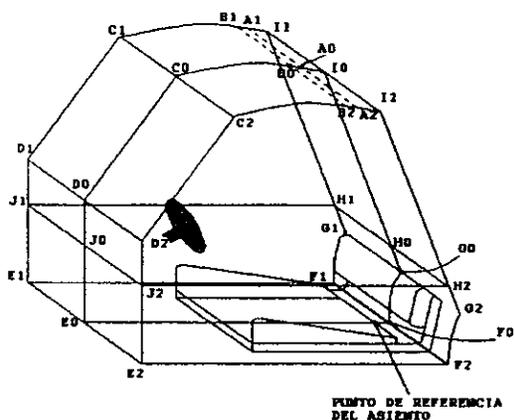


Figura 9. Espacio de seguridad en la cabina

#### 1.6.4 CODIGO IV, NORMAS OCED PARA LAS PRUEBAS OFICIALES DE ESTRUCTURAS PROTECTIVAS EN LOS TRACTORES (PRUEBA ESTATICA)

En esta parte se presenta un resumen del contenido de las normas bajo el código IV, mismas que se mencionan en el código de normas OCED (22).

A diferencia del código III, se aplica a tractores sin lastre con una masa no menos de 800 Kg y no más de 15 000 Kg.

Las pruebas que se llevan a cabo con este código son:

a) Pruebas de carga longitudinal y horizontal

Se debe asegurar que el chasis del tractor esté fuertemente asegurado y soportado independientemente de las llantas (ver la figura 12).

Las especificaciones y dimensiones de los brazos compresores, se establecen con mayor detalle en las normas OCED (22).

b) Pruebas de compresión y aplaste

Estas se llevan a cabo tal y como se mencionó en el código III.

c) Condiciones de la prueba.

Las pruebas se llevan a cabo bajo la siguiente secuencia:

- Carga longitudinal
- Primera prueba de aplaste
- Carga lateral
- Segunda prueba de aplaste
- Segunda carga longitudinal

Carga longitudinal:

La carga longitudinal horizontal se lleva a cabo por la parte trasera de la cabina, si, las ruedas traseras cargan con al menos un 50 % de la masa total del tractor.

La primera prueba de aplaste se debe aplicar en la parte final de la estructura protectora del mismo lado de la carga longitudinal.

La carga lateral debe darse sobre el lado más débil para infringir el espacio de seguridad.

La segunda prueba de aplaste se debe aplicar en la parte opuesta a la aplicación de la primera carga longitudinal.

La segunda carga longitudinal se debe aplicar a los tractores que tienen una estructura protectora con diseño ajustable.

Una vez iniciada la aplicación de la carga, esta no debe disminuir hasta que la prueba se haya completado.

La carga aplicada se considera estática si, la razón de deformación con carga no es mayor que 5 mm/s.

La primera prueba de carga longitudinal se debe detener cuando:

- La energía absorbida por la estructura protectora  $E_{IL}$ , es igual o mayor que la energía de entrada, donde:

$$E_{IL} = 1.4 M \quad (6)$$

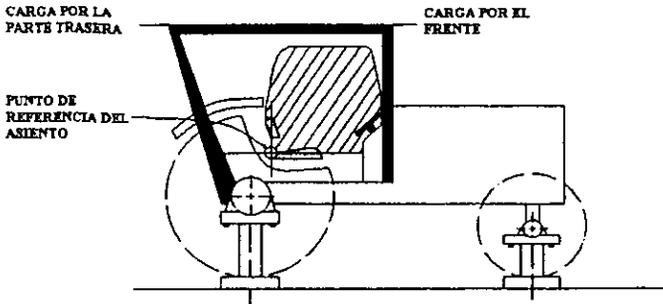


Figura 10. Aplicación de carga longitudinal horizontal por la parte trasera ó frontal de la cabina

La carga lateral se debe suspender cuando:

- La energía absorbida por la estructura protectora sea igual o mayor que la energía de entrada,  $E_{is}$ , donde:

$$E_{is} = 1.75 M \quad (7)$$

La segunda prueba de carga longitudinal se debe interrumpir si:

- La energía absorbida por la estructura protectora sea igual o mayor que la energía requerida,  $E_{iL2}$ , donde:

$$E_{iL2} = 0.35 M \quad (8)$$

En todos los casos anteriores, la prueba se debe interrumpir siempre que se infrinja el espacio de seguridad de la estructura protectora o deje al espacio de seguridad sin protección

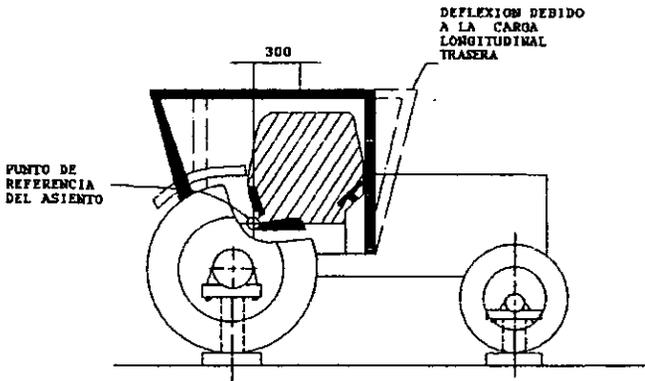


Figura 11. Aplicación de carga desde la parte trasera de la cabina.

- Para que la estructura protectora sea aceptada, debe cumplir con con cada una de las siguientes condiciones durante y después de las pruebas:
  - a) Ninguna parte debe invadir el espacio de seguridad durante la prueba. Ninguna parte debe golpear al asiento durante la prueba. El espacio de seguridad no debe estar fuera de protección de la estructura.
  - b) En el punto donde se encuentra la energía absorbida para cada una de las cargas horizontales especificadas en la prueba, la fuerza debe ser mayor a 0.8 de la fuerza máxima de carga estática .
  - c) Si la fuerza de aplicación correspondiente al 95 % de deformación, es superior a 1.03 de la fuerza prescrita, entónces son necesarios los ensayos de sobrecarga mencionados en las normas OCED (22).
  - d) No debe haber partes salientes que puedan causar heridas durante un accidente por volcadura.

e) No deben existir otros componentes que pongan en serio riesgo al operador.

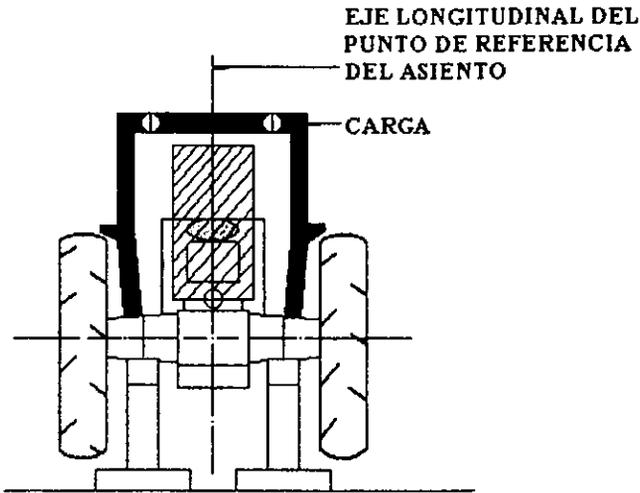


Figura 12. Vista frontal al aplicar la carga lateral

#### 1.6.5 CODIGO V, NORMAS OCED DE MEDICIONES OFICIALES DEL RUIDO EN ESTRUCTURAS PROTECTIVAS DE LOS TRACTORES AGRICOLAS

Se presenta sólo los puntos principales de las normas aplicadas durante los ensayos de prueba, con el estricto rigor que en cada una se especifica. Se incluyen los esquemas que permitieron una mejor precisión durante la aplicación, mismas que la OCED sólo describe sin presentar los dibujos que en este trabajo se muestran.

## Reglas y direcciones

Se presenta la parte complementaria de las reglas y direcciones además de las ya mencionadas en el código I.

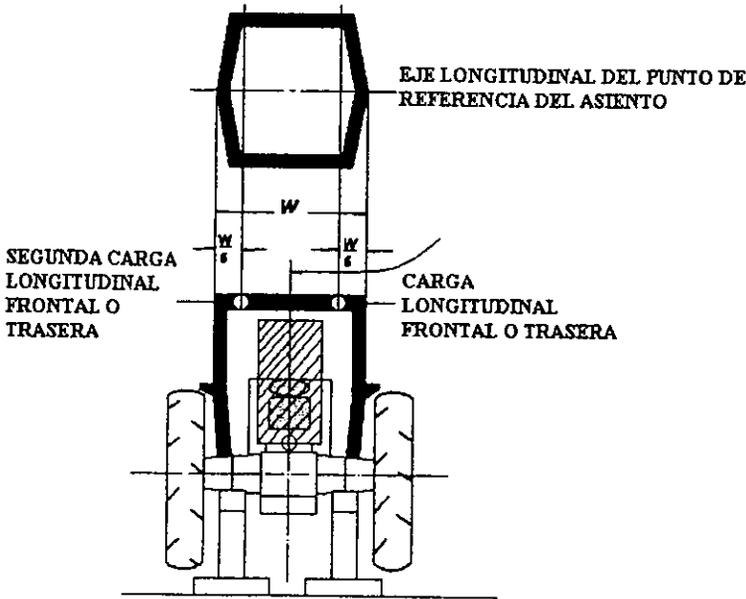


Figura 13 Aplicación de cargas longitudinales, vista frontal y superior

### Condiciones de la prueba:

- Equipos de medición. El medidor de nivel de sonido a utilizar es el especificado en el código I. Los equipos deben calibrarse frecuentemente, si es posible, antes de cada medición.
- Condiciones de medición. Las mediciones deben ser las establecidas en el código I, relativos a este tema. Se deben llevar a cabo bajo condiciones excelentes del tiempo, con poco o nada de corrientes de aire. No deben ocurrir ruidos extraños al ruido que se va a medir, o las mediciones no se tomarán en consideración.

La carga en la barra de tiro (BDT) del tractor se debe aplicar con un aparato de posición remota para eliminar la interferencia con el sonido del campo causado por el tractor.

Cuando el tractor lleva una cabina, todas las puertas y ventanillas se deben cerrar. La prueba se debe repetir después con la puerta y ventanas abiertas, pero sin arriesgar el uso normal del tractor.

**Procedimiento de medición del ruido dentro de la cabina:**

Durante las mediciones, el diafragma del micrófono debe estar con la cara hacia adelante. El micrófono se debe colocar de tal forma que su centro esté a 250 mm hacia el lado del plano medio del asiento, sobre el lado donde se encuentra el nivel de sonido más alto, 790 mm arriba y 150 mm adelante del punto de referencia del asiento.

El punto de referencia del asiento se debe determinar con el asiento colocado sobre o tan cerca al punto medio del ajuste horizontal y vertical.

Cualquier dispositivo de suspensión del asiento se debe contraer hasta que el asiento alcance el punto medio dentro del rango dinámico. Se tienen que evitar las vibraciones excesivas del micrófono.

La palanca del control del gobernador se debe colocar a la potencia máxima dentro del régimen de velocidad del motor. Al comenzar las mediciones se hacen sin carga y esta se va incrementando hasta alcanzar el máximo nivel de sonido. Después de cada incremento de carga, se permitirá un tiempo para estabilizar el nivel de sonido antes de registrar las mediciones. Las condiciones de carga tienen que ser de tal forma que el motor sea controlado por el acelerador.

**Pruebas de nivel de ruido externo:**

Las mediciones del nivel de ruido se deben realizar seleccionando cada uno de los engranes de la caja de cambios.

El máximo nivel de sonido se tiene que reportar bajo el engrane cercano a 7.5 Km/h y también en cualquier engrane donde el nivel de sonido sea de 1dB (decibel) más que en el engrane ya mencionado.

El nivel de sonido sin carga, se debe reportar bajo el engrane con la velocidad nominal cercana a 7.5 Km/h y también en el engrane más elevado. En el caso de tractores con tracción en las 4 ruedas, el nivel de sonido que se asigna a los tractores con tracción en las 2 ruedas, debe ser más elevado y sin accionar el eje frontal. Los resultados se deben dar en decibeles (dB).

El IAM de Japón (13), también realiza pruebas de medición del ruido en el oído del operador, tal y como se muestra en la figura 14.

En el Instituto de Maquinaria Agrícola y el Instituto de Investigaciones Avanzadas en Tecnología Bio-orientada de Japón (13), se ha implementado el sistema de Control de Ruido Activo (ANC), que tiene como propósito reducir el ruido alrededor del operador usando una interfase de ondas sónicas.

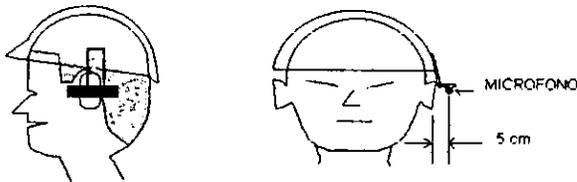


Figura 14. Colocación del medidor de ruido en el oído del operador

## CAPITULO II

### METODOLOGIA Y EXPERIMENTACION

Las pruebas de maquinaria agrícola absorben recursos materiales y humanos tales como: Combustible, transporte, equipos de medición de campo y laboratorio, de personal técnico, entre otros; que en conjunto representan costos elevados que debe cubrir el solicitante de la prueba. Debido a esto, se realizaron sólo las pruebas clasificadas dentro del grupo de pruebas obligatorias: Pruebas de la toma de fuerza (TDF), pruebas en la barra de tiro (BDT), pruebas de fuerza de levante, prueba del círculo de viraje, pruebas de nivel de ruido y pruebas de frenado. Los ensayos se realizaron bajo las normas OCED, en las instalaciones del Instituto de Investigaciones Avanzadas y Tecnología Bio-orientada, y del Instituto de Maquinaria Agrícola de Japón.

#### 2.1 MATERIALES UTILIZADOS

##### 1) Dinamómetro

Modelo : EB-DH1

Tipo : Dinamómetro eléctrico de corriente directa

Fabricante : Meidensya Electric MFG. Co., Ltd.

Capacidad : Potencia absorbida, 37 kW

Potencia de medición, 28 kW

##### 2) Medidor de consumo de combustible

Modelo : F-07E

Tipo : volumétrico de bola

Fabricante : Fuji Keisokuki Co., Ltd.

Rango de medición : 5, 10, 25, 50, 100, 200 cc

##### 3) Termómetro

Termómetro termopar de cromel-alumel

Rango de medición : 0~1000 °C

4) Carro dinamómetro

Masa total : 10 ton

Tiro máximo posible : 6 ton

Potencia máxima posible : 130 H.P.

Velocidad de utilización : de 2 a 20 km/h ( con restricciones de seguridad)

Frenado : por dinamómetro eléctrico

Ingreso y procesamiento de datos : por computadora

Manubrio : de operación automática

5) Celda de carga

Modelo : LU-10TE	LU-5TE	LU-2TE
------------------	--------	--------

Tipo : Strain gauge

Fabricante : Kiowa

Capacidad : 10000 kgf	5000 kgf	2000 kgf
-----------------------	----------	----------

Precisión : 0.2%

Masa : 11.0 kg	5.2 kg	3.4 kg
----------------	--------	--------

6) Tacómetro

Modelo : MP-650 (60P/r)	MP-633 (120P/r)	CT-741
-------------------------	-----------------	--------

Tipo :	Electromagnético	Optico, sin contacto
--------	------------------	----------------------

Fabricante : Ono Sokki

Rango de medición : 3~10 000 r.p.m.

7) Manómetro

Modelo :	PG-200KU	PG-500KU
----------	----------	----------

Tipo :	Strain gauge
--------	--------------

Marca : Kyowa

Capacidad : 200 kgf/cm <sup>2</sup>	500 kgf/cm <sup>2</sup>
-------------------------------------	-------------------------

Precisión : 0.2 %

Masa : 0.3 kg

8) Medidor de flujo

Modelo : LB551-113

Tipo : de engranes

Marca : Ohbal

Rango de medición : 4.3~166.7 l/min

9) Cilindros hidráulicos

Marca : Kayaba

Capacidad : 5 ton

Tipo de cilindro : de doble acción

Control : de posición y control de carga

Carrera : 1200 mm

Respuesta de velocidad : 800 mm/s (en el levante)

500 mm/s ( en la caída)

## 2.2 PROCEDIMIENTO Y EXPERIMENTACION

### 2.2.1 VERIFICACION DE ESPECIFICACIONES DEL TRACTOR

La estación de pruebas tiene la obligación de verificar cada una de las especificaciones del tractor que el fabricante remite, ellos son: Modelo, condiciones del tractor y dimensiones. Estos puntos se desglosan ampliamente en la sección de resultados.

Para obtener una precisión en las mediciones, se proyecta al tractor sobre una superficie lisa y horizontal, marcando los puntos que se mencionan en la figura 1.

### 2.2.2 REGISTRO DE DATOS PARA LA POSICION DEL CENTRO DE GRAVEDAD Y ANGULO DE VOLCADURA

En cada una de las pruebas se debe registrar el modelo del tractor y determinar los elementos que permitan calcular la posición del centro de gravedad, desglosados en la sección de resultados:

- A) Mediciones con la posición horizontal
- B) Mediciones con la posición inclinada con las ruedas frontales levantadas
- C) Masa lateral desde el plano medio del tractor :
- D) Procedimiento

Se sigue el procedimiento ilustrado por Nagasagua en la figura 15, donde se pueden localizar los puntos anteriores necesarios para determinar el centro de gravedad del tractor:

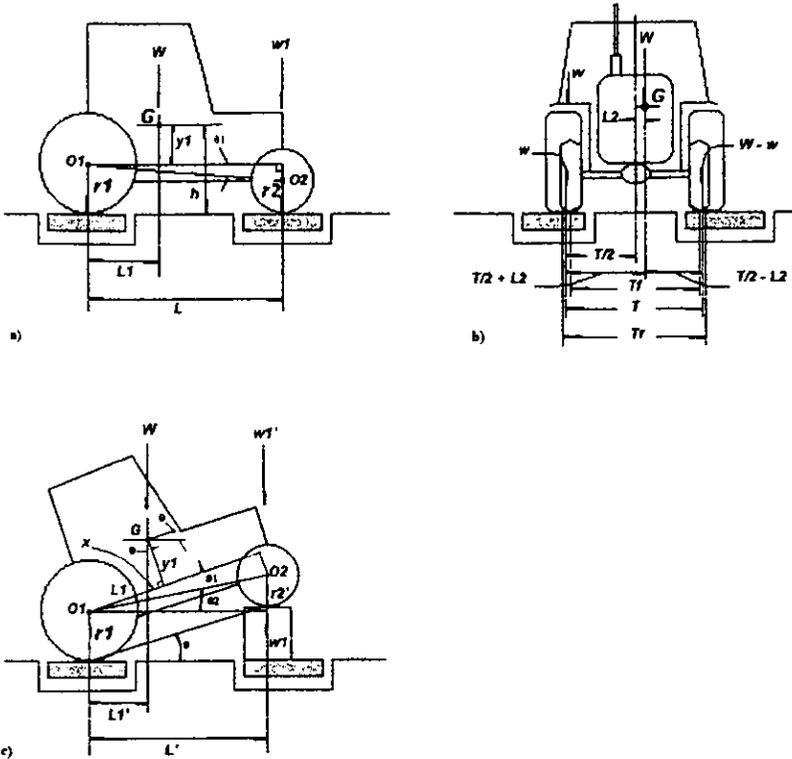


Figura 15. Posición del centro de gravedad G del tractor, a) vista lateral, b) vista frontal, c) vista lateral del tractor inclinado.

a) Localización del centro de gravedad G del tractor :

El centro de gravedad G de la figura 15, se localiza por las distancias de las coordenadas horizontal  $L_1$ , la vertical  $h$  y la coordenada lateral  $L_2$ .

Donde :  $h = r_1 + y_1$

El momento en el eje trasero de la rueda  $O_1$ , cumple con la siguiente igualdad :

$$L1 W = L w1$$

Entonces :

$$L1 = L w1 / W \quad (9)$$

Donde : L1 = coordenada horizontal desde el eje de la rueda trasera a la posición del centro de gravedad, mm;

L = distancia central entre ejes de las ruedas, mm;

W = masa total del tractor, kg;

w1 = masa sobre las ruedas delanteras, kg.

Al analizar la figura 15, b), el centro de gravedad G se localiza por las distancias (T/2+ L2) y por la altura h definida anteriormente.

El momento en el plano medio de la rueda izquierda, cumple con la siguiente igualdad :

$$(T/2 + L2)W = T(W - w)$$

Que al simplificar resulta :

$$T W/2 + W L2 = T W - T w$$

$$W L2 = T W - T w - T W/2$$

$$W L2 = T W/2 - T w$$

$$W L2 = (T W - 2T w)/2$$

$$L2 = T(\frac{1}{2} - w/W) \quad (10)$$

Donde : L2 = distancia horizontal desde el plano medio del tractor a la posición del centro de gravedad; mm

T = ancho promedio de trocha del tractor, mm;

w = masa del lado derecho de las ruedas del tractor , kg.

La última variable por determinar es h :

$$h = r1 + y1$$

Pero  $y1 = x / \text{Tan } \theta$

Por otra parte  $x = L1 - x'$

Donde:  $x' = L1' / \text{Cos } \theta$

Arreglando a x se tiene:

$$x = L1 - L1' / \text{Cos } \theta$$

Reconstruyendo h:

$$h = r1 + x / \text{Tan } \theta$$

Que también:

$$h = r1 + (L1 - L1' / \text{Cos } \theta) / \text{Tan } \theta$$

Que al simplificar se obtiene:

$$h = r1 + (L1 \text{ Cos } \theta - L1') / \text{Sen } \theta \quad (11)$$

Donde: h = coordenada vertical (altura) desde el suelo a la posición del centro de gravedad del tractor, mm

r1 = radio de las ruedas traseras, mm

L1' = coordenada horizontal desde el eje de la rueda trasera a la posición del centro de gravedad del tractor cuando este se encuentra inclinado, en mm, y es igual a:

$L1' = L' w1' / W$ ; por la igualdad de momentos en el eje O1, con el tractor inclinado, donde:

L' = es la nueva distancia horizontal entre los ejes de las ruedas, cuando el tractor esta inclinado, en mm

w1' = es la masa registrada en las ruedas frontales con el tractor inclinado, kg.

$\theta$  = es el ángulo de inclinación que toma el tractor con respecto al suelo cuando éste se levanta por el frente y se determina por :

$$\theta = \theta_1 + \theta_2$$

Donde :

$$\theta_1 = \text{Tan}^{-1} (r1 - r2) / L$$

Donde : r2 = radio de las ruedas frontales, mm

$$\theta_2 = \text{Tan}^{-1} (r2' + y - r1') / L'$$

Donde: r1' y r2' = radio promedio de las ruedas traseras y frontales respectivamente, con la posición inclinada, mm

y = altura de la plataforma donde se coloca la parte frontal del tractor, mm.

Además, L' se determina con la siguiente ecuación:

$$L' = \sqrt{(L / \cos \theta)^2 - (r_2' + y - r_1')^2} \quad (12)$$

b) Determinación del ángulo de volcadura  $\theta$ , del tractor

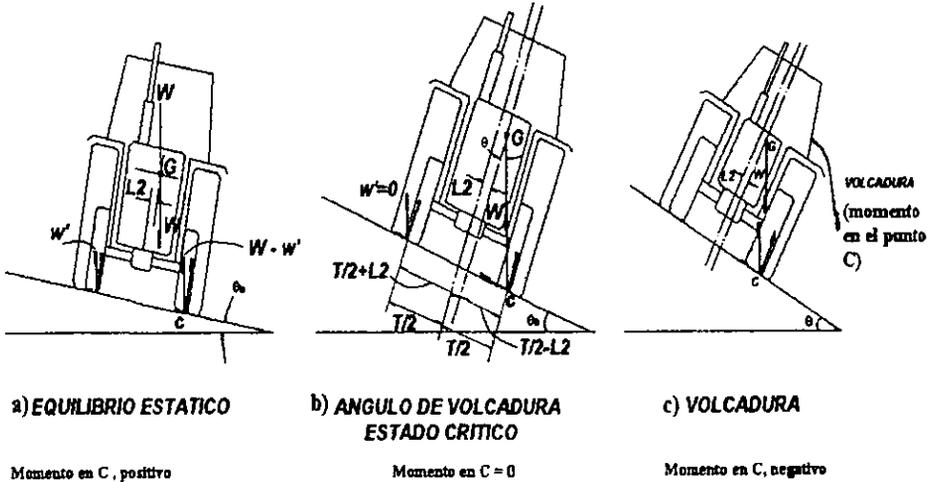


Figura 16. Ángulo de volcadura del tractor sobre una cuesta

El ángulo de volcadura  $\theta$ , de la figura 16, b), se determina por la función tangente:

$$\tan \theta = (T/2 - L/2) / h \quad \text{cuando el ángulo se abre por la izquierda y;}$$

$$\tan \theta = (T/2 + L/2) / h \quad \text{cuando el ángulo se abre por la derecha.}$$

Resumiendo se obtiene:

$$\tan \theta = (T/2 \pm L/2) / h$$

$$\theta = \tan^{-1} (T \pm 2.L/2) / 2.h \quad (13)$$

## 2.2.3 REGISTRO DE DATOS PARA LAS PRUEBAS DE LA TOMA DE FUERZA PRINCIPAL

A) Además de registrar las características del tractor y del motor, se debe incluir las siguientes mediciones durante las pruebas:

- a) Velocidad del motor, en r.p.m.;
- b) Par motor, en N-m;
- c) Velocidad de la TDF, en r.p.m.;
- d) Par en la TDF, en N-m;
- e) Potencia en la TDF, en kW;
- f) Consumo de combustible, en l/h;
- g) Gravedad del combustible, en g/l;
- h) Consumo específico de combustible, en g/kW.h;
- i) Temperatura en °C, de diferentes puntos del motor especificados en los resultados y
- j) Condiciones de la prueba.

### B) Procedimiento

Se sigue el procedimiento mencionado en el código I de las normas OCED (22).

a) Potencia P, que universalmente se conceptúa por:

$$P = F \cdot V$$

Donde: F = fuerza tangencial medida en el volante del motor ó en la flecha de la TDF, en kN.

V = velocidad de giro del volante del motor o de la TDF, en r.p.m.

La velocidad V transformada a velocidad lineal es:

$$V = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n / 60 \ 000$$

Donde: V = velocidad lineal del volante; m/s

r = radio del volante del motor ó de la flecha de la TDF; mm

n = número de revoluciones por minuto del volante del motor ó de la TDF; r.p.m.

Arreglando la fórmula de potencia se tiene:

1) Potencia en la flecha de la toma de fuerza PTDF, se determina por:

$$PTDF = \pi.F.r.n / 30\ 000 ; \quad (14)$$

Donde : PTDF = potencia alcanzada en la TDF, dada en kW.

2) Par o torsión producido en el volante del motor ó en la flecha de la TDF . Es el producto de la fuerza F por el radio r, que al despejarse de la ecuación anterior, resulta:

$$F.r = (30\ 000).PTDF / \pi.n \quad (15)$$

Donde: F.r = par producido en el volante del motor ó en la flecha de la TDF, medido en kN-m.

Nota : La PTDF de la ecuación 15, también se aplica a la alcanzada en el volante del motor, sustituyendo a PTDF por la potencia del motor.

b) Consumo Especifico de Combustible: Se determina con la siguiente ecuación:

$$Ce = Q.G / PTDF \quad (16)$$

Donde: Ce = consumo específico de combustible, g/kW-h

Q = consumo de combustible, l/h

G = gravedad o densidad del combustible, g/l

(para el diesel es de 833)

c) Presentación gráfica de resultados. Con la velocidad del motor en el eje horizontal y en el eje vertical, la potencia, el par motor y el consumo específico de combustible.

#### 2.2.4 REGISTRO DE DATOS PARA LA PRUEBA DE TRACCION EN LA BARRA DE TIRO

Además de registrar el modelo del tractor, incluir las condiciones del tractor como el tamaño y presión de las llantas; ancho de trocha, masa del tractor, altura de la barra de tiro, elementos para determinar el patinaje y registrar también la temperatura ambiente. Estos puntos se desglosan en la sección de resultados.

A) Determinar los siguientes elementos para el rendimiento del tractor:

- a) Posición de engranes en la caja de cambios;
- b) Velocidad de desplazamiento en km/h;
- c) Potencia en la BDT en kW;
- d) Tracción en la BDT en kN;
- e) Velocidad del motor en r.p.m.;
- f) Patinaje en %;
- g) Consumo de combustible en l/h;
- h) Gravedad del combustible en g/l;
- i) Consumo específico de combustible en g/kW-h;
- j) Energía específica en kW-h/l;
- k) Temperatura en °C de:
  - Combustible
  - Anticongelante
  - Aceite del motor

**B) Procedimiento**

Se sigue el procedimiento estipulado en el código I de la OCED (22).

- a) Potencia en la barra de tiro PBDT: Se determina por la siguiente ecuación:

$$PBDT = F.V.K$$

Donde: F = fuerza de tracción medida en la BDT, kN;

V = velocidad de avance del tractor, km/h;

K = factor de conversión de unidades y es igual a:

$$K = (1h/3600 s) \times (1000m/1km)$$

$$K = 1/3.6$$

Reconstruyendo a la PBDT se obtiene:

$$PBDT = F.V / 3.6 \tag{17}$$

Donde: PBDT se mide en kW.

- b) Patinaje en las ruedas de tracción (Se determina por la ecuación 2).

- c) Consumo específico de combustible (Ce'): Se determina por la siguiente ecuación:

$$Ce' = Q.G / PBDT \tag{18}$$

- d) Energía específica (Ee): Se determina con la siguiente ecuación:

$$Ee = PBDT / Q \tag{19}$$

Donde: La energía específica se mide en kW-h/l.

e) Presentación gráfica de resultados: Con la fuerza de tracción en el eje horizontal y en el eje vertical la potencia y el patinaje.

### 2.2.5 PRUEBAS DE FUERZA DE LEVANTE DEL SISTEMA HIDRAULICO

A) Determinar los elementos principales del rendimiento de la bomba hidráulica durante las pruebas:

- a) Presión hidráulica en la bomba en MPa;
- b) Descarga en l/min;
- c) Potencia hidráulica en kW.

B) Procedimiento

Se sigue el procedimiento enunciado por la OCED (22), bajo el código I.

a) Potencia hidráulica (PHi). Se determina por la siguiente ecuación:

$$PHi = P.D.k$$

Donde: PHi se determina en kW;

P = presión hidráulica en los conductos en Mpa;

D = descarga del fluido hidráulico en l/min;

k = factor de conversión de unidades para obtener la PHi en kW:

$$k = ( 1000 \ 000 \ Pa/Mpa) \times (1min/60s) \times (1m^3/1000 \ l) \times (1kW/1000W)$$

$$k = 1/60$$

Reconstruyendo PHi se obtiene la ecuación:

$$PHi = P.D / 60 \quad (20)$$

• Otros puntos de medición complementarias :

• Presión alcanzada con la válvula de alivio abierta : kg/cm<sup>2</sup> (MPa)

• Descarga de la bomba a presión mínima : l/min.

• Presión mínima : kg/cm<sup>2</sup> (MPa)

• Razón de descarga correspondiente al 90 % de la presión hidráulica efectiva alcanzada.

• Descarga y presión hidráulica correspondiente a la potencia hidráulica máxima :

- Punto de derivación usado para la prueba :
- Temperatura del fluido hidráulico : °C

b) Prueba de fuerza de levante

- Ilustración de la geometría de enganche, como se muestran en el anexo 1.1.
- Registrar las dimensiones de los brazos de levante, en mm.
- Registrar la altura de desplazamiento de los brazos de levante, en su posición baja y alta, en mm.
- Registrar la altura de desplazamiento con el bastidor de acople en posición baja y alta, en mm.
- Determinar el ángulo del brazo de levante en posición baja y alta.

1) En los brazos inferiores de enganche, determinar los siguientes puntos:

- Altura de levante, en mm;
- Fuerza de levante, en kN;
- Presión hidráulica, en MPa;
- Temperatura del aceite hidráulico, en °C.

Fuerza de levante ( $F_1$ ) : Se determina por la siguiente ecuación:

$$F_1 = (f + m) / 102 \quad (21)$$

Donde:  $F_1$  = fuerza de levante total en los brazos, en kN;

$f$  = fuerza de levante en los brazos, en kg;

$m$  = masa del bastidor de enganche, en kg.

2) Durante la fuerza de levante con el bastidor de acople, determinar los siguientes puntos:

- Altura de levante, en mm;
- Fuerza de levante, en kN;
- Presión hidráulica, en MPa; y
- Temperatura del aceite hidráulico, en °C.

La presión hidráulica ( $P$ ), se transforma a unidades del SI (Sistema Internacional), de la siguiente manera:

$$P = P' \cdot k1$$

Donde:  $P'$  = presión hidráulica registrada, en  $\text{kgf/cm}^2$ ;

$k1$  = factor de conversión a las unidades del SI, y es igual a:

$$k1 = (10\,000\text{ cm}^2 / 1\text{m}^2) \times (9.806\text{N}/1\text{kgf}) \times (1\text{Mpa}/1000\,000\text{ N/m}^2)$$

$$k1 = 1/10.2$$

Reconstruyendo  $P$ , se obtiene la ecuación con unidades en el SI:

$$P = P'/10.2 \quad (22)$$

Donde:  $P$  adquiere las unidades de presión en MPa.

## 2.2.6 MEDICION DEL RUIDO EXTERNO

Además de registrar las características del tractor, la prueba debe conducirse a la velocidad de 7.5 km/h ó muy cerca de ella, tal y como se estipula en las normas OCED (22).

A) Puntos de medición en el nivel del ruido externo

- Tres mediciones en el lado derecho, en dB;
- Tres mediciones en el lado izquierdo, en dB.

B) Procedimiento

El ruido externo se determina de acuerdo al Código I, mencionado también en el código V, de las normas OCED (22).

## 2.2.7 MEDICION DEL RADIO DEL CIRCULO DE VIRAJE Y RADIO DEL AREA DE VIRAJE

Además de registrar las características del tractor, la prueba se debe conducir a una velocidad de 2.0 km/h, tal y como se estipula en las normas OCED (22).

A) Puntos principales de medición para determinar el radio del círculo de viraje y radio del área de viraje, sin aplicar frenos:

- Tres mediciones del radio del círculo de viraje en el lado izquierdo y otras tres en el lado derecho, en cm;
- Distancia desde el plano medio de la rueda frontal al plano vertical externo de la misma (AA'), en cm.

- Reportar el mayor radio encontrado de cada lado.

#### B) Procedimiento

Las mediciones se deben realizar de acuerdo con lo estipulado en las normas del código I de la OCED (22).

El borde central de la rueda delantera externa al círculo, se impregna con un tinte para describir en el suelo la trayectoria del viraje.

a) Radio del área de viraje : Se determina con la ecuación siguiente :

$$Ra = r + AA' \quad (23)$$

Donde : Ra = Radio del área de viraje, en cm;

r = Radio del círculo de viraje, en cm;

AA' = Distancia del plano medio de la rueda frontal hasta el plano externo vertical de la misma, en cm.

b) El procedimiento de medición se muestra en la figura 17, tal y como se realizó en los ensayos de prueba llevados a cabo en el IAM de Japón.

### 2.2.8 PRUEBAS DE FRENADO

Registrar las condiciones del tractor y la distribución de la masa, en kg.

A) Puntos de medición durante la prueba:

- Fuerza aplicada en los pedales, en kg;
- Distancia de parada, en m;
- Desaceleración promedio, en m/s<sup>2</sup>.

#### B) Procedimiento

Se sigue el procedimiento estipulado por la OCED (22) mencionado en el código I.

a) Desaceleración promedio f, se determina por la ecuación (3).

b) Realizar una gráfica de la desaceleración promedio durante el frenado, con la fuerza aplicada en los pedales en el eje horizontal y la desaceleración promedio en el eje vertical.

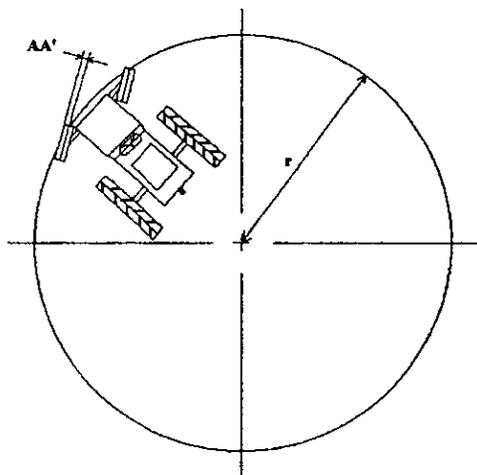


Figura 17. Procedimiento de medición del radio del círculo de viraje y radio del área de viraje, realizado durante los ensayos de prueba en el IAM de Japón.

## CAPITULO III

### RESULTADOS

Los resultados que se presentan en esta parte, tienen como propósito interpretar y aplicar los criterios para calificar el rendimiento del tractor bajo los parámetros establecidos por la OCED, "de aprobación ó no, de las pruebas". Aunque los resultados no corresponden a un sólo tractor, sino a varios de ellos, no significa que los criterios no puedan interpretarse, aun cuando el código I establezca que los tractores de prueba deben ser nuevos, muestreados de la línea de producción. Los procedimientos e interpretación de las normas se aplicaron con la seriedad y rigurosidad que el IAM y BRAIN implementan en las pruebas de maquinaria agrícola.

#### 3.1 VERIFICACION DE LAS ESPECIFICACIONES DEL TRACTOR PARA LOCALIZAR EL CENTRO DE GRAVEDAD.

Características del tractor:

- Modelo : K-S L 1315
- Fecha : 13 de mayo de 1996
- Condiciones del tractor : Tanque de combustible lleno con el anticongelante y el lubricante con las cantidades especificadas.
- Presión de aire en las ruedas : 150 kPa en las frontales  
98 kPa en las traseras
- Con cabina montada
- Condiciones de enganche de los tres puntos : Categoría 1.
- Dimensiones verificadas de acuerdo a la figura 1:
  - Longitud total (L) : 3142 mm
  - Ancho total (W) : 1538 mm
  - Altura total (H) : 2025 mm

- Altura de la TDF (H') : 565 mm
- Altura de despeje (h) : 316 mm
- Altura al volante (h') : 1422 mm
- Distancia entre ejes (MN ) : 1725 mm
- Distancia de trocha trasera (GH) : 1170 mm
- Distancia media entre ruedas delanteras (AB) : 1090 mm
- Distancia desde el eje trasero al borde final de la TDF (ON) : 175 mm
- Distancia desde la TDF al final del brazo de levante (OP) : 774 mm
- Radio externo del anillo del brazo de levante (a) : 30 mm

Las dimensiones del tractor no variaron en ninguna de las especificaciones mencionadas por el fabricante.

### 3.2 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ESTABILIDAD DEL TRACTOR (CENTRO DE GRAVEDAD Y ANGULO DE VOLCADURA)

Características del tractor:

- Modelo : K-S L1315
- Fecha : 13 de mayo de 1996.

Las siguientes mediciones se realizaron tomando como referencia los puntos marcados en la figura 15.

a) Mediciones con la posición horizontal :

- radio izquierdo (trasero): 583 mm
- radio derecho (trasero): 590 mm
- radio promedio trasero (r1): 586.5 mm
- diámetro horizontal izquierdo (frontal): 710 mm
- diámetro horizontal derecho (frontal): 706 mm
- diámetro vertical izquierdo (frontal): 706 mm
- diámetro vertical derecho (frontal): 707mm

- radio promedio frontal ( $r_2$ ): 353.6 mm
- Masa trasera : 794 kg.
- Masa frontal ( $w_1$ ): 636 kg.
- Masa total ( $W$ ): 1430 kg
- Distancia entre ejes ( $L$ ) : 1725 mm

b) Mediciones con la posición inclinada, con las ruedas frontales levantadas :

- Radio de la rueda izquierda trasera : 583 mm
- Radio de la rueda derecha trasera : 578 mm
- Radio promedio trasero ( $r_1'$ ): 580.5 mm
- Diámetro horizontal izquierdo (frontal) : 705 mm
- Diámetro horizontal derecho (frontal) : 703 mm
- Radio promedio frontal ( $r_2'$ ): 352 mm
- Altura al borde superior de la rueda frontal izquierda : 1262 mm
- Altura al borde superior de la rueda frontal derecha : 1263 mm
- Altura de la plataforma ( $y$ ) : 540 mm
- Masa de la plataforma : 14 kg.
- Masa frontal ( $w_1'$ ): 579 kg. - 14 kg. = 565 kg.
- Masa trasera: 865 kg.

c) Masa lateral desde el plano medio del tractor :

- Masa total ( $W$ ): 1430 kg.
- Masa lateral izquierda ( $W - w$ ): 702 kg.
- Masa lateral derecha ( $w$ ): 728 kg.

d) Distancia media entre las ruedas frontales ( $T_f$ ): 1090 mm

e) Distancia media entre las ruedas traseras ( $T_r$ ): 1170 mm

f) Distancia promedio de trocha ( $T$ ): 1130 mm

### 3.2.1 Coordenadas de localización del centro de gravedad del tractor:

- a) Altura desde el suelo ( $h$ ) = 758.2 mm
- b) Coordenada horizontal desde el eje de las ruedas traseras ( $L1$ ) = 767.2 mm
- c) Coordenada lateral desde el plano medio del tractor, lado izquierdo del operador ( $L2$ ) : 10.3 mm

El centro de gravedad de este tractor esta ligeramente desviado sobre el lado izquierdo desde la posición del operador, a una distancia de 1.03 cm.

### 3.2.2 Angulo de volcadura del tractor:

El ángulo de volcadura es:

$\theta = 36.2^\circ$  cuando la pendiente del terreno es positiva, y

$\theta = 37.2^\circ$  cuando la pendiente del terreno es negativa.

Como el centro de gravedad se encuentra un poco desviado hacia la izquierda del lado del operador, entonces, se espera que la volcadura lateral se presente a los  $36^\circ$  de inclinación del suelo sobre ese lado, mientras que en el lado contrario la volcadura se presentaría a los  $37^\circ$ .

## 3.3 RESULTADOS DE PRUEBA DE LA TOMA DE FUERZA

Características del tractor:

- Modelo : JD 4240
- Fecha : Mayo 14 de 1996
- Posición de engranes para la prueba en la TDF: 1000 r.p.m.
- Índice de velocidad del motor : 2200 r.p.m.
- Tipo de combustible : Diesel

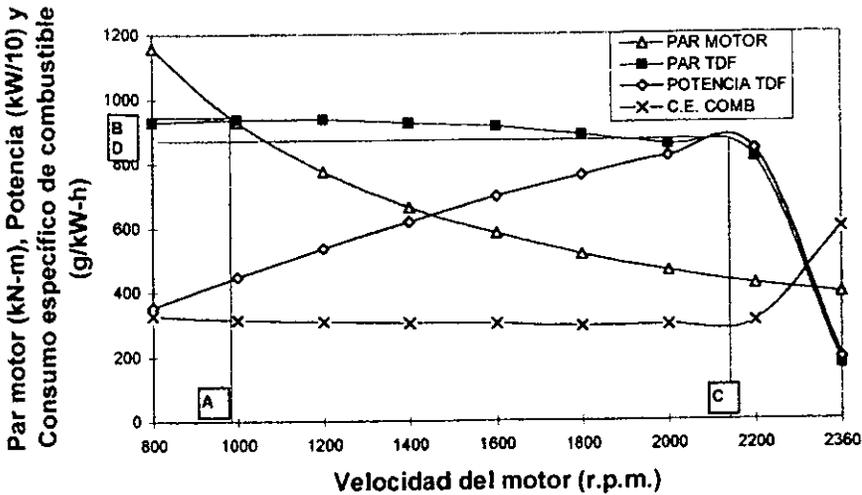
Cuadro 2. Resultado de los ensayos de prueba en la TDF

No	Motor	Par motor	TDF	Par TDF	Potencia TDF	Consumo de combustible		Gravedad del combustible	Consumo específico combustible
	(r.p.m.)	(N-m)	(r.p.m.)	(N-m)	(kW)	(cc/s)	(l/h)	(g/l)	(g/kW-h)
1	2220	417.7	1011	796	84.3	8.65	31.14	833	307.7
2	2200	421.5	1002	803	84.2	8.59	30.92	833	305.9
3	2195	422.4	1000	802	84.0	8.58	30.89	833	306.3
4	2000	463.6	911	856	81.7	8.05	28.98	833	295.5
5	1800	515.1	820	885	76.0	7.43	26.75	833	293.2
6	1600	579.5	729	912	69.6	6.95	25.02	833	299.5
7	1400	662.3	638	924	61.7	6.25	22.50	833	303.8
8	1200	772.7	547	935	53.5	5.50	19.80	833	308.3
9	1000	927.2	456	937	44.7	4.67	16.81	833	313.3
10	800	1159	364	927	35.3	3.84	13.82	833	326.1
a) Variación de carga al 85% de la torsión obtenida a velocidad máxima en la TDF (796 N.m)									
11	2287	405.4	1042	677	73.9	7.66	27.56	833	310.6
b) Variación de carga al 75% de la torsión obtenida en el inciso a; (677 N.m)									
12	2320	400.0	1057	508	56.2	6.34	22.82	833	338.2
c) Variación de carga al 50% de la torsión obtenida en el inciso a, (677 N.m)									
13	2349	394.7	1070	338	37.9	4.59	16.52	833	363.1
d) Variación de carga al 25% de la torsión obtenida en el inciso a, (676 N.m)									
14	2360	392.8	1075	169	19.0	3.78	13.60	833	596.2
e) Sin carga									
15	2371	391.0	1080	0	0	3.00	10.80	833	∞

No.	Temperatura (°C)					Condiciones de prueba			Densidad smoke
	Admisión	Aceite motor	Aceite transmisión	Combustible	retorno combustible	Temp. Atmosférica (°C)	Humedad relativa (%)	Presión atmosférica (kPa)	(%)
1	26	109		23					36
2	25	109		23					35
3	26	109		24					35
4	24	109		24					33
5	26	109		23					31
6	24	108		23					39
7	25	106		23					47
8	22	105		24					53
9	23	103		23					58
10	21	101		23					58
11	25	105		24					25
12	26	104		24					15
13	26	102		24					6
14	25	104		23					3
15	25	103		24					0

La gráfica 1, muestra el comportamiento típico de la potencia y del par o torsión de la toma de fuerza, así como el consumo específico de combustible. Como referencia también se presenta el comportamiento del par motor.

La potencia de la TDF sube progresivamente al aumentar la velocidad del motor, hasta llegar a la velocidad C, y después cae bruscamente; mientras que, el par de la TDF se mantiene casi sin variación, pero coincide en su caída después de sobrepasar la velocidad C. El consumo específico de combustible también se dispara después de sobrepasar la velocidad C.



Gráfica 1. Pruebas de rendimiento de potencia en la toma de fuerza

Nota : La potencia al volante del motor especificada por el fabricante, es de 97.1 kW (132 C.V.)

### 3.4 RESULTADOS DE PRUEBA DE TRACCION EN LA BARRA DE TIRO EN UNA PISTA DE CONCRETO

- Modelo : K s L1315
- Fecha : 14 de mayo de 1996
- Condiciones de prueba :

a) En las llantas:

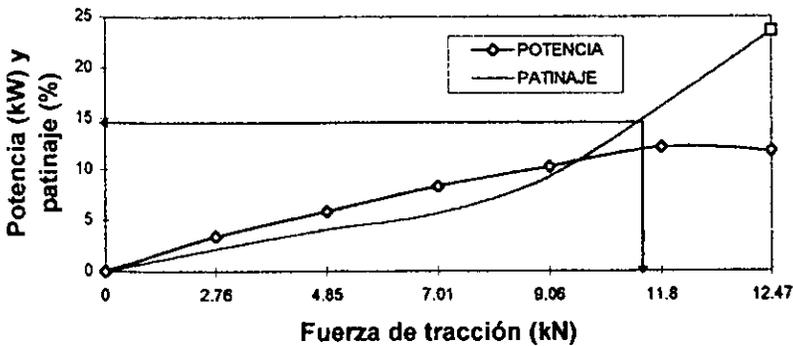
- Tamaño y número de capas en las llantas frontales, no registrado
- Tamaño y número de capas en las llantas traseras , no registrado
- Presión de inflación en las ruedas frontales : 150 kPa

- Presión de inflación en las ruedas traseras : 98 kPa
- b) Ancho de trocha:
- Frontal : 1090 mm
  - Trasera : 1170 mm
  - Promedio: 1130 mm
- c) Masa en posición horizontal
- Eje frontal : 622 kg.
  - Eje trasero : 727 kg.
  - Total : 1349 kg.
- d) Altura de la salientes
- Frontal : No se registró
  - Trasera : No se registró
- e) Altura de la BDT desde el suelo : 470 mm
- f) Temperatura ambiental : 28°C
- g) Humedad relativa : no registrado
- h) Distancia de desplazamiento sin carga : 3.67 m/vuelta
- i) Número de vueltas de las ruedas de tracción : 5
- j) Distancia de desplazamiento de una vuelta de la rueda trasera : no registrado
- k) Tractor sin lastre.
- Puntos de medición durante la prueba:
- a) Ruido al oído del operador : no registrado
- b) Posición de engranes : 3 - 4
- c) Nivel de ruido externo: 82.3 dB
- d) Tracción en la BDT : 12.47 kN
- e) Velocidad : 3.4 km/h

Cuadro 3. Resultados de los ensayos de prueba en la BDT

Engrane y posición	Velocidad (km/h)	Potencia (kW)	Tracción en la BDT (kN)	Velocidad motor (r.p.m.)	Patinaje (%)	Consumo específico de Combustible (g/kW-h)	Gravedad del combustible
3-4	4.49	3.49	2.79	2916	2.2		
3-4	4.49	3.45	2.76	2915	2.2		
3-4	4.42	5.01	4.08	2904	3.3		
3-4	4.32	6.13	5.11	2893	5.1		
3-4	4.28	8.32	7.01	2878	5.7		
3-4	4.17	9.07	7.82	2869	7.7		
3-4	4.12	10.2	8.89	2854	8.4		
3-4	4.37	3.30	2.72	2911	4.7		
3-4	4.42	4.80	3.91	2902	3.4		
3-4	4.37	5.88	4.85	2894	4.1		
3-4	4.20	7.46	7.78	2867	7.0		
3-4	4.19	9.26	7.96	2866	7.3		
3-4	4.08	10.3	9.06	2854	9.3		
3-4	3.92	11.5	10.51	2839	12.3		
3-4	3.90	11.8	10.93	2835	12.6		
3-4	3.73	12.2	11.80	2827	16.2		
3-4	3.39	11.8	12.47	2822	23.6		

En la gráfica 2, se presenta la potencia desarrollada en la barra de tiro en función de la fuerza de tracción del tractor, en una pista de concreto. Se marca la línea correspondiente al 15 % de patinaje para indicar la potencia alcanzada en ese nivel y la fuerza de tracción correspondiente; ya que no se recomienda operar con patinajes superiores a este nivel, aun cuando se alcance una mayor fuerza de tracción. La curva de potencia se determinó con la velocidad correspondiente en 3ra y 4ª posición de engranes en la caja de cambios, por ser las más comúnmente usadas para trabajos pesados.



Gráfica 2. Pruebas de rendimiento en la barra de tiro

### 3.5 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FUERZA DE LEVANTE

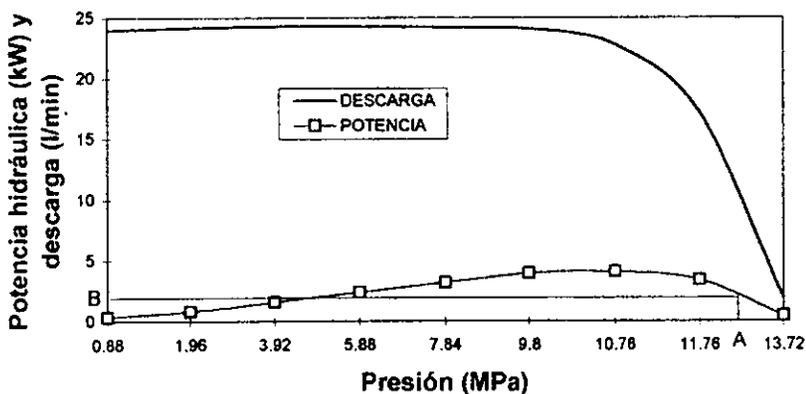
#### A) PRUEBAS DE POTENCIA DE LA BOMBA HIDRAULICA

Características del tractor:

- Modelo : K-S L1315
- Fecha : 15 de mayo de 1996
- Potencia en el sistema hidráulico. Los resultados se muestran en el cuadro 4.
- Puntos de medición complementarios:
  - Presión alcanzada con la válvula de alivio abierta : 0.88 MPa ( 9 kg/cm<sup>2</sup>)
  - Descarga de la bomba a presión mínima : 24.0 l/min
  - Presión mínima : la misma que la anterior.
  - Razón de descarga correspondiente al 90 % de la presión hidráulica con la válvula de alivio colocada para generar la potencia hidráulica :
    - Descarga : 8.6 l/min.
    - Presión : 12.84 MPa (131 kgf / cm<sup>2</sup> )
    - Potencia : 1.84 kW (CV)

Cuadro 4. Resultado de los ensayos de prueba de potencia de la bomba hidráulica

No.	Presión hidráulica		Descarga (l/min.)	Potencia hidráulica (kW)
	(kgf / cm <sup>2</sup> )	(MPa)		
<b>1</b>	<b>9</b>	<b>0.88</b>	<b>24.0</b>	<b>0.35</b>
2	20	1.96	24.2	0.79
3	40	3.92	24.3	1.58
4	60	5.88	24.3	2.38
5	80	7.84	24.2	3.16
6	100	9.80	24.1	3.94
7	105	10.29	23.7	4.06
<b>8</b>	<b>110</b>	<b>10.78</b>	<b>22.8</b>	<b>4.10</b>
9	115	11.27	20.6	3.87
10	120	11.76	17.2	3.37
<b>11</b>	<b>131</b>	<b>12.84</b>	<b>8.6</b>	<b>1.84</b>
12	140	13.72	1.9	0.43
<b>13</b>	<b>145</b>	<b>14.22</b>	<b>0</b>	<b>0</b>



Gráfica 3. Pruebas de rendimiento de potencia de la bomba hidráulica

- Descarga y presión correspondiente a la máxima potencia hidráulica :
  - Descarga : 22.8 l/min.
  - Presión : 10.78 MPa ( 110 kgf / cm<sup>2</sup> )
  - Potencia : 4.10 kW
- Punto de derivación usado para la prueba : en las salidas de las conexiones para las mangueras
- Temperatura del fluido hidráulico : no se registró

La gráfica 3, muestra la caída de la potencia hidráulica al decaer también la descarga del fluido, sin embargo; el 90 % de la máxima presión marcada por el punto A, corresponde a una potencia mucho muy baja de la máxima obtenida, lo que significa una deficiencia de la bomba hidráulica.

## B) PRUEBAS DE FUERZA DE LEVANTE

- Ilustración de la geometría de enganche (ver el anexo 1.1):
- Condiciones de la prueba :
  - Longitud del enganche inferior (B): 720 mm
  - Longitud de la barra de levante (L): 240 mm
  - Rango de potencia en el punto de enganche (H + h): 560 mm
    - Altura desde el suelo con la posición baja (r - h) : 205mm
    - Altura desde el suelo con la posición alta (r + H) : 765mm

### 1) Fuerza de levante en los puntos inferiores de enganche del tractor

Los brazos inferiores toman la posición horizontal coincidiendo con la posición cero; todas las posiciones abajo de la horizontal toman valores negativos ó positivos si se encuentran por encima de ella. La altura del suelo a la posición más baja de los brazos inferiores de levante, es de 84 mm, mientras que la mayor altura alcanzada es de 615 mm.

Los resultados de esta prueba se muestran en el cuadro 5, donde la mayor fuerza de levante debería corresponder a la fuerza aplicada desde la altura más baja. Sin embargo, se nota una ligera variación al comenzar la prueba.

Cuadro 5. Resultado de los ensayos de prueba de fuerza de levante en los brazos inferiores de enganche del tractor

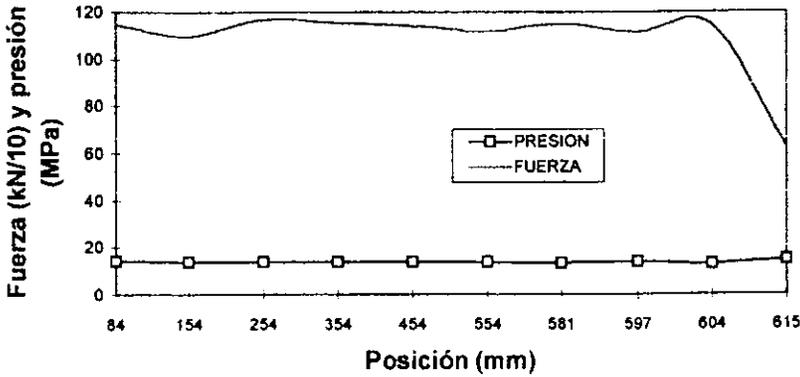
Altura de levante (mm)	Fuerza de levante		Presión hidráulica (MPa)	Temperatura del aceite hidráulico (°C)
	(kgf)	(kN)		
84 (- 370)	1170	11.474	14.2	
154 (- 300)	1120	10.983	14.1	
254 (-200)	1190	11.670	14.0	
354 (- 100)	1180	11.572	14.0	
454 ( 0 )	1165	11.425	13.9	
554 (100)	1140	11.180	13.9	
581 (127)	1175	11.523	13.5	
590 (136)	1135	11.130	13.8	
597 (143)	1138	11.160	13.7	
604 (150)	1170	11.474	13.2	
608 (154)	1025	10.052	13.7	
612 (158)	785	7.698	13.7	
615 (161)	640	6.276	14.8	

NOTA : la masa de la barra es de 43 kg.

## 2) Fuerza de levante con el bastidor de acople

- Rango de desplazamiento : 680 mm
  - Altura del mástil del bastidor: 460 mm (Categoría I)
  - Ancho del mástil:  $683 \pm 1.5$  mm (Categoría I)
  - Distancia desde los puntos de enganche inferiores al punto de aplicación de la carga: 610 mm

- Angulo del brazo de levante
  - Posición baja : 6.4°
  - Posición alta : 15.4°
- Longitud desde el centro del eje de las ruedas traseras al final del brazo de levante : 949 mm



Gráfica 4. Pruebas de rendimiento de fuerza de levante en los brazos inferiores

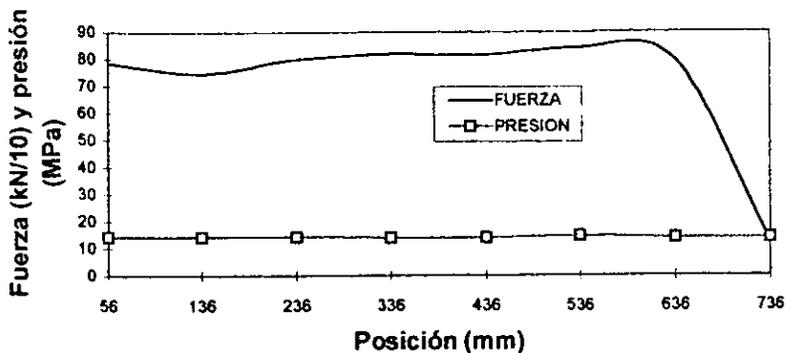
En las gráficas 4 y 5, puede notarse efectos similares, la máxima fuerza de levante no corresponde a la menor altura, la diferencia es que el bastidor de acople considera los tres puntos en lugar de dos, sin embargo, el rendimiento deficiente de la bomba hidráulica, influye en la relación fuerza presión.

Cuadro 6. Resultado de los ensayos de prueba de fuerza de levante con el bastidor de acople.

Altura de levante	Fuerza de levante		Presión hidráulica		Temperatura del aceite hidráulico
	(mm)	(kgf)	(kN)	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(MPa)
56 (- 480)	800	7.84	144	14.12	No se registraron
136 (- 400)	760	7.45	144	14.12	
236 (- 300)	815	7.99	144	14.12	
336 (- 200)	835	8.19	143	14.02	
436 (- 100)	830	8.14	142	13.92	
536 (0)	860	8.43	148	14.51	
636 ( 100 )	810	7.94	142	13.92	
703 ( 167 )	800	7.84	141	13.83	
712 ( 176 )	765	7.50	147	14.41	
718 ( 182 )	560	5.50	147	14.41	
736 (200)	126	1.23	141	13.83	

NOTA : La masa del bastidor = 103 kg. y del manubrio = 14 kg., con un total de 117 kg.

- Torsión en el eje de la rueda trasera : **13.1 kN-m** (8.43 kN x 1.56 m)



Gráfica 5. Pruebas de rendimiento de levante con el bastidor de acople

### 3.6 RESULTADOS DE PRUEBA DEL RUIDO EXTERNO

Características del tractor:

- Marca y modelo del tractor : KSL 1315
- Potencia al volante : 31.5 h.p.
- Velocidad : 7.5 km/h
- Nivel de ruido externo registrado. Estos datos se muestran en el siguiente cuadro:
- Tractor sin lastre.

Cuadro 7. Resultados de los ensayos de prueba de nivel de ruido externo del tractor

Nivel de ruido registrado (dB)			
No de medición	Lado derecho	No de medición	Lado izquierdo
1	84	1	82
2	83	2	81
3	83	3	81
Promedio	83.3		81.3

El promedio de las lecturas del nivel de ruido externo encontrado fue de 82.3 dB.

### 3.7 RESULTADOS DE PRUEBA DEL RADIO DEL CIRCULO DE VIRAJE Y RADIO DEL AREA DE VIRAJE

Características del tractor:

- Marca y modelo del tractor : F 3000
- Potencia al volante : 33.1 kW (45 HP)
- Velocidad : 2.0 km/h
- Radio del círculo de viraje (sin aplicación de frenos y sin lastre), se presenta en el siguiente cuadro :

Cuadro 8. Resultado de los ensayos de prueba del radio del círculo de viraje

No de medición	Radio del círculo de viraje (cm)	
	Rueda izquierda	Rueda derecha
1	310.0	310.5
2	320.0	319.5
3	332.5	332.0
NOTA : El radio del círculo de viraje es de 332.5 cm		

Los virajes son inevitables y se dan al final del campo cuando el tractor tiene que dar vuelta para continuar con la operación. Un buen tractor permite un radio de giro corto. El radio del área de viraje se presenta en el siguiente cuadro :

Cuadro 9. Resultado de los ensayos de prueba del radio del área de viraje.

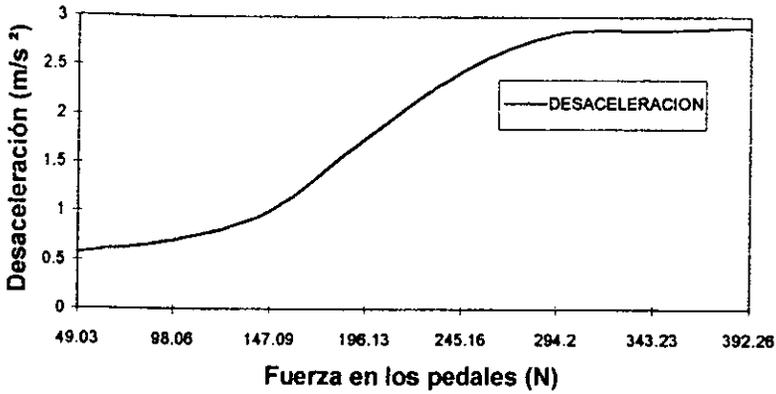
Medición Núm.	Distancia AA' (cm)	Radio del área de viraje (cm)	
		Rueda izquierda	Rueda derecha
1	9.5	319.5	320.0
2	9.5	329.5	329.0
3	9.5	342.0	341.5
NOTA : El radio del área de viraje es de 342 cm			

### 3.8 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FRENADO

- Fecha de la prueba: 17 de mayo de 1996
- Velocidad : 13.1 km/h
- Condiciones del tractor: Las evaluaciones se realizaron con el tractor lastrado.
- Las mediciones realizadas durante la prueba se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 10. Resultado de los ensayos de prueba de frenado:

Fuerza en el pedal (kg.)                      (N)		Distancia de parada (m)	Desaceleración promedio (m/s <sup>2</sup> )
5	49.03	11.53	0.574
10	98.06	9.39	0.705
15	147.09	6.63	0.999
20	196.13	3.79	1.748
25	245.16	2.71	2.444
30	294.20	2.34	2.831
35	343.23	2.32	2.855
40	392.26	2.29	2.893



Gráfica 6. Desaceleración promedio durante el frenado

La gráfica 6 muestra el comportamiento de la fuerza que se aplica a los pedales del control de frenos, provocando una desaceleración que aumenta gradualmente con la fuerza aplicada, pero se vuelve constante después de aplicar 294 N en adelante.

## CAPITULO IV

### DISCUSION Y ANALISIS

- La precisión y coherencia que se persigue en los resultados con el objeto de alcanzar un nivel de confiabilidad, ha sido motivo de reuniones y encuentros internacionales donde se discuten los procedimientos y precisión de aplicación de normas; lo cual denota la seriedad que tiene la normalización a nivel mundial. Este trabajo se ha apoyado no sólo en la revisión bibliográfica, sino también en la parte experimental que permitiera la mejor interpretación de las normas mencionadas, bajo la asesoría del Instituto de Maquinaria Agrícola de Japón, que permitieron alcanzar los objetivos del trabajo.
- Al analizar el comportamiento del parque de tractores agrícolas de México, se nota una reducción durante el periodo 1990-1995 del 33 % en el número de tractores. Así mismo, al comparar la situación entre los países firmantes del TLC, México se encuentra en una posición de desventaja debido a que sólo cuenta con 2 tractores por cada 100 trabajadores, frente a 150 y 160 en los Estados Unidos y Canadá respectivamente. Esto demuestra la gran utilización de mano de obra empleada en actividades agrícolas en el campo mexicano.
- Se puede afirmar que el tractor es la máquina de mayor versatilidad en una explotación agrícola, ya que con ella se pueden realizar diversas actividades cambiando sólo el implemento. Así mismo, se puede decir que una explotación agrícola que no utiliza el tractor como fuente de potencia, es por lo general una explotación con baja capacidad productiva y sustituye ésta fuente motriz con uso intensivo de mano de obra. Bajo esta premisa, se ha emprendido la tarea de probar, estudiar y normalizar el rendimiento del tractor en varios países del mundo, con el objeto de eficientar su utilización.

- Aún cuando las pruebas de maquinaria agrícola empezaron a implementarse desde la última década del siglo pasado, en la actualidad varios países del mundo carecen de una estación para este propósito, tal es el caso de México, donde los sectores gubernamentales implicados aun desconocen de la existencia de las pruebas de maquinaria agrícola y de los beneficios que con ello se alcanzarían para dirigir adecuadamente la mecanización del campo. Mientras tanto; se continuará confiando totalmente en las especificaciones y pretensiones que los fabricantes hacen referencia de los tractores puestos en el mercado.
- La importancia que tienen las pruebas de maquinaria agrícola a nivel mundial, se puede apreciar por la atención dedicada al respecto por diversos organismos: Las normas emitidas por la SAE, basadas en las pruebas de la Universidad de Nebraska, las normas OCED mundialmente reconocidas, las normas emitidas por la Comisión Social y Económica para Asia y el Pacífico (ESCAP) y finalmente las normas emitidas por el Comité Técnico-23, de la ISO.
- La validez oficial de los resultados de una prueba sobre maquinaria agrícola, no solamente se basa en el establecimiento de un centro de pruebas instituido oficialmente para llevarlas a cabo y emitir un certificado de aprobación; sino también en la emisión de las normas correspondientes a través de una institución de apoyo como la Dirección General de Normas; y por una ley que concierna a las partes involucradas (fabricantes, centro de pruebas y agricultores).
- En algunos países como Japón y los Estados Unidos de Norteamérica, se han implantado políticas y acciones para alcanzar un buen nivel de mecanización agrícola, respaldadas por leyes regulatorias y por programas de subsidio permanente para equipar a los predios agrícolas con maquinaria. El gobierno de Japón apoya a los agricultores en la adquisición de maquinaria hasta por un 50 % del costo. Sin embargo, muy distinta es la situación de los agricultores mexicanos, quienes ocasionalmente pueden conseguir algún subsidio para la compra de

maquinaria y equipos, además de enfrentar con todos los problemas técnicos derivados de estas acciones.

- El estado debe asumir el compromiso con los agricultores, con la investigación y velar que la tecnología a introducir en el campo sea la más adecuada. No se puede obtener buenos resultados si existe un divorcio entre los sectores involucrados.
- Se hizo evidente el compromiso de otros gobiernos con sus agricultores, al vigilar constantemente el cumplimiento de las normas para la fabricación de tractores con el objeto de garantizar la uniformidad de los modelos y la calidad, para que los productores seleccionen una buena adquisición.
- En países donde se llevan a cabo pruebas de maquinaria cuyos resultados son reconocidos por las autoridades de la OCED, las condiciones de prueba se cumplen al pie de la letra y deben aprobar el 100 % de las pruebas.
- Recientemente se ha planteado a las instancias del gobierno de México, la creación de una estación de pruebas, con el objeto de atender este campo de desarrollo de tecnología propia. Se ha empezado por capacitar al personal técnico en el extranjero, a fin de poder determinar las necesidades básicas para emprender esta tarea. Se puede notar el punto de partida tan elemental para emprender este proyecto. El planteamiento de esta tesis no se encuentra desligado de esta empresa.
- Al revisar las referencias citadas, se deduce que en el caso de México, sólo puede aplicarse los primeros cinco códigos de prueba OCED. Esto debido a que las normas de los códigos VI y VII, corresponden a tractores pequeños no utilizados ni fabricados en México, mientras que las normas del código VIII, complementan las normas del código III. Por esta razón, se ha presentado solamente el contenido de los códigos del I al V.

- Una de las razones de las pruebas del tractor en la toma de fuerza, en la barra de tiro y en el sistema hidráulico, es que son esas partes disponibles para realizar los trabajos agrícolas, mientras que las pruebas del área del círculo de viraje, de frenado y del nivel de ruido, son con el propósito de ofrecer seguridad al operador principalmente.
- Aunque las normas del código I y el código II, aplicables a tractores, parecen casi similares, las primeras tienen por objeto obtener información de laboratorio, mientras que las del código II, tienen por objeto obtener información de rendimiento en campo de la barra de tiro, dando importancia al consumo de combustible. Sin embargo, el fabricante tiene la opción de solicitar el tipo de prueba que más convenga.
- La aplicación de las normas de prueba se llevaron a cabo con tractores usados, por consiguiente los resultados no deben afectar el rendimiento original de esos tractores. Los ensayos se determinaron con el propósito de interpretar y aplicar las normas con la precisión y coherencia requerida, además de calificar los resultados de los ensayos de prueba. Los tractores usados jamás desarrollarán el mismo rendimiento que un tractor nuevo
- Las pruebas son el mecanismo para instrumentar y verificar lo establecido en las normas oficiales. Los fabricantes se benefician con el certificado de aprobación para la competitividad y tienen la posibilidad de mejorar sus equipos. Los agricultores adquieren equipos eficientes, mientras que las instituciones gubernamentales y el gobierno, pueden dirigir los recursos hacia una mecanización adecuada del campo.
- Los ensayos de prueba se llevaron a cabo bajo las restricciones estipuladas por la OCED, una de ellas fue la presión atmosférica mínima de 96.6 kPa. Sin embargo, México cuenta también con regiones agrícolas situadas en zonas altas, comúnmente denominadas altiplanos, tal es el caso de la ciudad de México y sus

alrededores, donde no se alcanza ese requisito. El problema de someter a prueba los tractores a altitudes elevadas, es que no pueden compararse con otras regiones o países, razón por la cual se toma como única referencia el nivel del mar.

- De lo anterior se desprende que, los tractores deben probarse también bajo condiciones de altitud, con el objeto de encontrar las pérdidas de potencia al trabajar en regiones elevadas. Esta particularidad debe establecerse como: "pruebas nacionales mexicanas", aplicable sólo a las regiones elevadas de México.
- En las pruebas de la TDF, las lecturas se registran bajo un intervalo amplio de valores de torsión y velocidad, esto con el fin de obtener también como resultado, valores correspondientes que permitan conocer mejor el comportamiento del rendimiento de la TDF en promedio.
- Las coordenadas que localizan al centro de gravedad del tractor evaluado, son aceptables y caen dentro de los valores de aprobación para trabajos agrícolas, donde se admite una pendiente de la superficie del suelo de 18-20°. El tractor tiene un margen de seguridad de 16 °.

La volcadura se favorece siempre que el centro de gravedad se localice a una mayor altura o el tractor tenga una trocha estrecha.

- Por otra parte, el IAM de Japón admite 39° como ángulo límite de volcadura para tractores de 30 a 40 h.p. El tractor probado presenta 31.5 h.p. de potencia, calificándose como deficiente bajo la norma que el IAM acepta. Sin embargo, para efectos de evaluación se toma como bueno si supera los 30°.
- Las gráficas de la TDF sirven para encontrar la velocidad ideal del motor, a la cual desarrolla la torsión y la potencia máxima a fin de interpolarse y tomarse como referencia para trabajos en campo. En este caso, cuando la velocidad oscila desde los 2000 a 2220 r.p.m., se alcanza un bajo consumo específico de combustible de

383.2 g/kW-h, que comparado con 354 g/kW-h que la Japanese Industrial Standard acepta como máximo valor, no alcanza a superar esta prueba.

Los tractores de modelos recientes, cumplen con ésta norma sin ninguna dificultad.

- Entre tanto, el Instituto de Maquinaria Agrícola encontró que de 83 modelos de tractores de inyección directa, presentan un rango de consumo específico de combustible que va de 224 a 263 g/kW-h, mientras que para los motores de inyección indirecta de 283 a 300.5 g/kW-h. Este rango de valores coloca al tractor probado con mayores desventajas.
- La reducción de potencia del motor a la TDF (de 97.1 kW a 84.3 kW), equivale a un 85 % . Hunt (12), establece que el nivel de disminución de potencia entre estos dos lugares debe ser del 87 % al 90%. El valor encontrado en esta prueba es ligeramente más bajo que el estandar, debido a que se trata de un tractor usado.
- El objeto de variar la potencia al 85% del par motor a la máxima potencia, posteriormente a la mitad, a una cuarta parte y finalmente a tres cuartas partes del 85% del mismo par ; es para encontrar la variación del consumo de combustible y determinar un promedio que sirva de referencia cuando el tractor se somete a cargas variables durante el uso general.
- La parte de la curva casi plana del par motor, indica la capacidad del motor para aceptar una sobrecarga al reducir la velocidad sin retener su par motor o potencia de torsión del cigüeñal. Esta es una condición necesaria, que evita que el motor se ahogue por una sobrecarga al disminuir la velocidad. Se ha establecido que para un rendimiento continuo se debe operar hasta un 80% de la potencia máxima. El motor no puede mantener la velocidad bajo la cual se obtuvo la máxima potencia.
- La gráfica 1, muestra el margen de respalda del par motor señalado por las flechas en el eje vertical, puntos B y D (840 a 940 kN-m), punto máximo y mínimo del par

motor, antes de caer bruscamente, es del 12 % de seguridad, el cual se encuentra dentro del rango de 9~33 % señalado por el Instituto de Maquinaria Agrícola de Japón. De la misma manera, el rango de velocidad para operar el motor y mantener un par motor alto estable, es el señalado por los puntos A y C (1000 a 2180 r.p.m.), que en porcentaje es el 54 %, el cual se encuentra dentro del rango de velocidad de 24~59 % establecido también por el IAM de Japón. Cuando el motor opera a 1000 r.p.m. o menos, puede sufrir un ahogamiento y parar en caso que la carga no disminuya.

- La razón por la cual las pruebas en la BDT se llevan a cabo en una pista de concreto, es con el fin de obtener resultados comparables en todos los países miembros de la OCED, de lo contrario, cada reporte de pruebas se debería acompañar de un informe de las condiciones del suelo sobre el cual se llevaron a cabo, mismas que varían considerablemente de un lugar a otro.
- En las gráficas de la BDT, se observa que la fuerza de tracción que el tractor desarrolla en una pista de asfalto, es de alrededor de 11.5 kN, manteniendo un patinaje cercano al 15 % especificado como límite máximo de patinaje permisible. Esto se obtiene con una velocidad de operación de 3.9 km/h considerado normal para trabajos agrícolas pesados y generando una potencia de 12.5 kW. El tractor tiene una potencia en el motor de 23.5 kW, lo que representa una pérdida del 47 % muy lejano al valor máximo admitido del 25 % reportado por Hunt. Si el patinaje es superior al 15 %, ocurre un desgaste excesivo en los neumáticos y la velocidad de avance disminuye considerablemente.
- El coeficiente de tracción obtenido para el rango de velocidad en la prueba corresponde a dividir la fuerza de tracción máxima de 11.8 kN (1203 kgf), a la potencia máxima en la BDT, entre la masa del tractor (1349 kg). El valor encontrado es de 0.89, y se encuentra dentro del rango de 0.625 a 0.902 para tractores con tracción en las cuatro ruedas, establecido por el IAM de Japón.

- No se determinó la disminución de potencia de la TDF a la BDT, debido a que los resultados de potencia corresponden a tractores diferentes. Sin embargo para el tractor en cuestión debe tener una disminución de potencia de 0.8. Este valor corresponde para los tractores de 30 a 40 h.p. y aumenta ligeramente con el caballaje de los mismos.
- Cuando las mediciones de tracción en la BDT se realizan en diferentes velocidades (relación de engranes), se debe tomar como mejor criterio aquella que presente la mayor fuerza de tracción con un patinaje del 15 %, aunque la potencia no sea tan elevada. Esto permite seleccionar la velocidad adecuada para los trabajos agrícolas.
- Para asegurar la estabilidad del tractor, el producto de la tracción máxima de la BDT y la altura de la misma no debe exceder de 0.8 veces el producto de la distancia entre ejes y el peso estático en las ruedas delanteras. Esta condición se especifica también por la OCED, cuyos valores comparativos son:
  - $P \times H = 1271.6 \text{ kgf} \times 0.47 \text{ m} = 597.6 \text{ kg.-m}$
  - $0.8(W \times Z) = (622 \text{ kg} \times 1.725 \text{ m}) \times 0.8 = 858.4 \text{ kg.-m}$
  - $597.6 \text{ kg.-m} < 858.4 \text{ kg.-m}$
- Claramente se observa que  $P \times H$  no excede el 80% de  $W \times Z$ , lo cual es una garantía que durante la tracción máxima, la parte frontal del tractor no se levantará provocando alguna volcadura hacia atrás.
- En la gráfica de la bomba hidráulica del tractor, se puede observar que la máxima potencia se alcanza cuando la presión hidráulica es de 10.78 MPa, con un flujo de descarga es 22.8 l/min. Como la potencia del tractor cae dentro de los 30-40 h.p, entonces la presión máxima debe estar dentro del rango de los 14.9 MPa a 16.3 MPa (152 a 166 kgf/cm<sup>2</sup>). Esto demuestra que esta ligeramente fuera del intervalo

de valores admitidos. Cuando se alcanza la presión máxima (14.2 MPa) significa que no existe fluidez y por consiguiente la potencia es cero.

- Cuando se determina el 90 % de la presión máxima, es decir, 12.84 MPa (punto A), la potencia que se alcanza no es proporcional al 90 % de la máxima, ya que sólo se alcanzan 1.84 kW (punto B), contra 4.1 kW que se produce como máximo. Esto refleja un rendimiento deficiente de la bomba que debería presentar una potencia cercana a 4.1 kW. La razón es que la descarga cae considerablemente de 22.8 l/min a 8.6 l/min cuando se opera al 90 % de la misma presión.
- El rango de desplazamiento de los brazos inferiores de levante es de 531 mm que comparado con los 560 mm reglamentados, tiene una disminución de 29 mm. La posición horizontal de los brazos inferiores de levante, se localiza a 454 mm y de éste punto se pueden desplazar 370 mm hacia abajo y 161 mm hacia arriba. A mayor altura, se alcanza una mayor presión (14.8 MPa) pero la fuerza de levante que se alcanza es la más baja (6.3 kN), tal y como se muestra en el cuadro 5.
- En campos pequeños, es común que el implemento se levante y baje frecuentemente, razón por la cual, el IAM de Japón, realiza pruebas extras levantando y bajando los brazos de levante con carga, por 1000 veces para encontrar la pérdida en altura de levante.
- La fuerza de levante con el bastidor de acople es con el objeto de involucrar a los tres puntos de enganche del tractor, ya que a través de ellos se enganchan diferentes implementos agrícolas al tractor. La altura de desplazamiento con el bastidor acoplado es de 680 mm, con la posición horizontal localizada a 536 mm, desplazándose hacia abajo 480 mm y hacia arriba 200 mm.
- El ángulo de los brazos de levante con relación a la vertical, en la posición alta es de 15.4° el cual sobrepasa el límite de los 10° estipulado por la OCED, calificando este punto como deficiente.

- La torsión que se desarrolla alrededor del eje de la rueda trasera, es de 13.1 kN-m. Esta se obtiene multiplicando la fuerza de levante por la distancia entre el eje trasero al punto de enganche.
- El nivel de sonido externo que se registró durante las pruebas fue de 82.3 dB el cual se encuentra dentro del límite permitido de 90 dB para trabajos agrícolas en una jornada de 8 horas, de acuerdo a las normas Cubanas y OCED. La diferencia entre dos mediciones del mismo lado, no sobrepasan los 2 dB, por lo que se consideran válidos.
- En algunas zonas agrícolas adyacentes a las áreas urbanas, se considera importante que los tractores tengan un bajo nivel de ruido externo, con el objeto de no perturbar la tranquilidad de los vecinos, dada la cercanía entre los campos y las casas habitacionales.
- El radio del círculo de viraje es de 332.5 cm y el radio del área de viraje es de 342 cm. De acuerdo a lo estipulado por el Instituto de Maquinaria Agrícola de Japón, para tractores que tienen una potencia en el motor de 40 a 50 h.p. deben tener un radio del círculo de viraje de 274 cm. En éste caso los datos registrados caen fuera de éste rango.
- Un radio de viraje menor reduce las fajas de las cabeceras durante las operaciones de campo. En caso contrario, se requiere de mayor ancho en las cabeceras para poder dar vueltas al final del campo, entónces se dice que, la maniobrabilidad del tractor es deficiente.
- En el caso de las pruebas de frenado, la fuerza máxima que se aplica a los pedales corresponde a 40 kgf (392 N), mientras que la ISO admite un esfuerzo máximo de 600 N en los pedales, al igual que las normas Cubanas. Se puede observar que la curva se estabiliza después de aplicar 294 N, manteniendo una

---

desaceleración 2.8 m/s<sup>2</sup>. La distancia media de parada es de 5.1 m. Este resultado se encuentra fuera de los 5 m del límite admitido por el Instituto de Maquinaria Agrícola de Japón.

- Se puede notar que el rango de valores que el IAM de Japón establece para que los resultados sean aceptables, son más estrictas que las establecidas por otras instituciones de prueba como la OCED. Esto hace que los tractores probados no superen las normas establecidas y se emita una calificación de no aprobado, dado que las normas deben cumplirse al 100%.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

De los resultados e información obtenida, se puede concluir que:

- Los objetivos planteados se cumplieron en la aplicación e interpretación de las normas para llevar a cabo las pruebas para tractores agrícolas, ya que la sola revisión bibliográfica deja una gran cantidad de dudas que sólo pudieron esclarecerse a través de la asesoría de investigadores expertos en esta rama, complementada con los ensayos de prueba realizados, en un instituto establecido y reconocido para este propósito.
- Para llevar a cabo pruebas en tractores agrícolas con reconocimiento oficial, tienen que llevarse a cabo en una estación de pruebas también oficial, de lo contrario sólo se obtiene información dispersa de poco interés por los sectores involucrados.
- Los resultados que se obtienen en los ensayos de prueba de un tractor usado, permiten aplicar los criterios de aprobación o rechazo, con fines demostrativos exclusivamente y aplicar la metodología para una mejor comprensión.
- Un tractor usado difícilmente podrá aprobar la totalidad de las pruebas obligatorias, razón por la cual, siempre se deben realizar con tractores nuevos.
- De la revisión de los códigos de prueba normados por la OCED, se concluye que para el caso de México, sólo son aplicables los códigos del I al V y el VIII. Estos corresponden a tractores medianos y de mayor potencia normalmente fabricados y utilizados en México respectivamente. Los códigos VI y VII, se aplican a tractores pequeños y estrechos no comunes en los campos de México.
- Se sugiere aplicar los códigos normados por la OCED, por tener una amplia aceptación mundial (siempre que las restricciones y criterios se apliquen adecuadamente) y ofrezcan la expectativa de ingreso a un mercado normalizado.
- Una estación de pruebas en México sería de gran apoyo para el desarrollo de la mecanización agrícola y el desarrollo de tecnología propia en el área de la

maquinaria agrícola, ya que se detectarían las deficiencias de las máquinas y se estaría en la posibilidad de mejorarlas.

- De las condiciones de las pruebas, se concluye que los tractores en México, además de probarse bajo las restricciones de altitud como lo mencionan las estipulaciones OCED, también se deberían probar bajo las condiciones prevaletientes en las zonas agrícolas elevadas, con el objeto de comparar la disminución del rendimiento del motor y plantear las alternativas de compensación. A estas particularidades de pruebas se les clasificaría como "pruebas nacionales mexicanas".
- Un buen tractor debe tener la capacidad de soportar las cargas de torsión a que se somete, al variar la velocidad del motor, sin que éste se ahogue. Entre más grande sea la variación del índice de velocidad del motor y soportar la misma carga, se considera que tiene un mejor rendimiento.
- De la publicación de los resultados de las pruebas, los agricultores pueden seleccionar un tractor barato, sin embargo, no siempre un tractor de mas bajo costo es el mas barato. Los resultados permiten realizar comparaciones en el funcionamiento económico, lo que significa que el consumo de combustible sea bajo, el costo de mantenimiento también sea bajo, además de tener una facilidad en las reparaciones y el arranque, una fiabilidad y una capacidad de adaptación, aunado a una facilidad en el manejo y mantenimiento.

## BIBLIOGRAFIA

1. Arnal Atores P. y Laguna B. A., 1980. Tractores y motores agrícolas. Ministerio de Agricultura, 9a edición. Madrid.
2. Claude Culpin, 1984. Maquinaria agrícola. Ediciones GEA, Barcelona, España.
3. Dirección General de Normalización, Comisión Nacional de Normalización, 1992. NOM (Norma Oficial Mexicana), folleto de difusión sobre el concepto y nomenclatura de la NOM.
4. Comité Estatal de Normalización de Cuba, 1979. Instrucción Normalizativa Cubana, INC-15 :79. Elaboración, Aprobación y Registro de las Instrucciones Normalizativas Estatales.
5. Comité Estatal de Normalización de Cuba, 1986. Norma Cubana, Sistema de Normas de Protección e Higiene del Trabajo para Tractores y Máquinas Agrícolas Autopropulsadas.
6. Daikoku M. and Ishikawa F., 1990. Mechanical Impedance and Vibration Model of Hand - Arm System. Institute of Agricultural Machinery, Bio-oriented Technology Research Advancement Institución, Japan.
7. Beigbeder A., 1995. Diccionario técnico. Inglés-Español, Español-Inglés. Ediciones Díaz de Santos. Madrid.
8. Elvira Quesada J, 1985. Evaluación de la Introducción de un Minitractor Agrícola en los Valles Centrales de Oaxaca. Tesis de licenciatura, FES-Cuautitlán, UNAM.

9. Fagundo, G. P. O., 1991. Las Pruebas de la Técnica Agropecuaria y Forestal: Fundamentación de las Mismas. Instituto de Investigación de Mecanización Agropecuaria, Ministerio de la Agricultura, República de Cuba.
10. FAO, 1989. Grado de Mecanización Agrícola. Anuario de Producción. México
11. Gracia López Carlos, 1982. Introducción a la Mecanización Agrícola. Depto de Mecanización Agraria, Universidad Politécnica de Valencia.
12. Hunt Donnell, 1986. Maquinaria Agrícola. Rendimiento Económico, Costos, Operaciones, Potencia y Selección de Equipo. Editorial Limusa, 7a edición, México.
13. Institute of Agricultural Machinery, Bio-oriented Technology Research Advancement Institución, 1996. Activities of Ergonomics Laboratory, material presentado en el Curso Farm Machinery Testing, Japan.
14. Kazuto Shigeta, 1991. Testing and Evaluation of Agricultural Machinery in Mexico. Intituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, SARH.
15. Kioshiro Miura y Fumitake Ishikawa, 1977. Calculation of Strength of Safety Frames for Tractors. Institute of Agricultural Machinery, Ministry of Agriculture and Forestry, Japan.
16. Lara López Arturo, 1996. Field Evaluation of a High-Clearance, Two-wheeled Tractor Designed for Local Manufacture in Mexico. Publicado en la revista AMA (Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. Vol 27, No. 1, Winter. Japan.
17. Liljedahl Johan B., Carleton Walter, Turnquist Paul y Smith David, 1984. Tractores, Diseño y Funcionamiento. Editorial Limusa, México.

18. Meza Cerrano, Zapata Gómez y Gaytán Ruelas, 1995. Características Traccionales del Tractor Ford 7610 en Campo. Publicado en las memorias del V Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola. Irapuato, México.
19. Mirdha Begun A., 1985. Notas de Maquinaria Agrícola, no Publicadas. FES-Cuautitlán, UNAM.
20. Montano Pérez, et al., 1996. Ensayos de Control de Calidad y Seguridad de Máquinas Agrícolas. Módulo I. Normalización, Certificación, Homologación. Universidad Politécnica de Valencia.
21. Ochiai Y., Sugiura Y., Nagasagua N., Ayabe M., Takamoto H., 1996. Agricultural Tractors (Riding type). Institute of Agricultural Machinery, Bio-oriented Technology Research Advancement Institution. Japan.
22. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 1988. OECD Standard Codes for the Official Testing of Agricultural Tractors. Paris.
23. Ortiz Cañavate Jaime y Hernanz J. Luis, 1989. Técnica de la Mecanización Agraria. Ediciones Mundi Prensa, Madrid.
24. Osorio H. J.M. y Zárate R. A., 1987. Evaluación Técnica-económica del Tractor SIDENA 310-M en Tres Lugares del Trópico Húmedo. Tesis de licenciatura, FES-Cuautitlán, UNAM.
25. Rios Dordelly Sara, 1994. Drawbar Pull Characteristic of a 2WD/4WD tractor. Memorias del IV Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola. Cuautitlán, México.
26. Romanchik Eugenio y Serrano T., 1995. Anteproyecto de la Norma "Seguridad e Higiene en la Operación de Maquinaria Agrícola". Publicado en las memorias del V Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola. Irapuato, México.

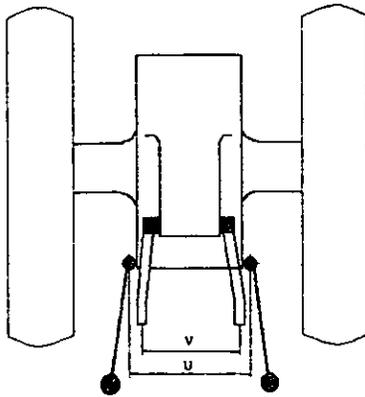
27. Sotaro Inoe, 1992 . Mechanization of Agriculture, publicado en la revista Farming Japan, Summer, Japan.
28. Stone Archie y E. Gulvin, H. 1984. Maquinaria Agrícola. Cia. Editorial Continental, S.A. de C.V., 13a impresión, México.
29. SAGAR, 1996. Evolución del Parque de Tractores Agrícolas en México, 1966-1995. Coordinación General de Delegaciones.
30. Sims G. Brian, 1983. Pruebas de Tractores. Material sin publicar, Departamento de Ingeniería y Mecanización Agrícola, SARH.
31. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, 1995. Regional Network for Agricultural Machinery. Test Codes and Procedures for Farm Machinery. Bangkok, Thailand.
32. Tomokazu Yoshida, 1995. Active Noise Control for Tractor Operator. Institute of Agricultural Machinery, Bio-oriented Technology Research Advancement Institution, Japan.
33. Universidad Autónoma Chapingo, 1992. Anteproyecto para el Establecimiento de un Centro de Pruebas de Máquinas Agrícolas en México, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, UACH, Mexico.
34. Yoshiaki Mori, 1996. Official Testing System of Agricultural Machinery. Institute of Agricultural Machinery - Bio-oriented Technology Research Advancement Institution, Japan.

# ANEXOS

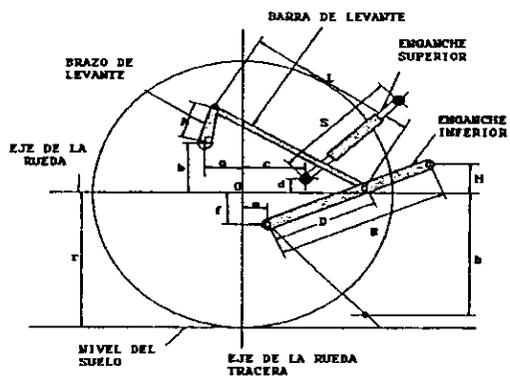
## ANEXOS BAJO EL CODIGO I

ANEXO 1.1 Adaptador de categoría de enganche en los tres puntos, conforme a las categorías 1, 2, 3, 4, e ISO 730/1-1977, 730/2-1979, y 730/3-1982.

a) Vista superior



b) Vista lateral



Anexo 1.2. Dimensiones de la geometría de enganche (conectado al bastidor estándar)

Especificación de partes	Rango de dimensiones (mm)	Posición Colocada para la prueba (mm)
Longitud de brazos de levante.....(A)		
Longitud de enganches inferior.....(B)		
Distancia del pivote al eje trasero de las ruedas del brazo de levante: horizontalmente.....(a) verticalmente.....(b)		
Distancia horizontal entre los dos puntos de brazos de levante inferiores: (u)		
Distancia horizontal al final de los dos brazos de levante.....(v)		
Longitud del brazo de levante superior.....(s)	desde _____ a _____	
Distancia del punto pivote del enganche superior hasta el eje trasero horizontalmente.....(c) verticalmente.....(d)	de _____ a _____	
Distancia del punto pivote, del enganche inferior desde el eje trasero horizontalmente.....(e) verticalmente.....(f)	de _____ a _____	
Distancia del punto pivote del enganche inferior al pivote de la barra de levante de enganche inferior.....(D)	de _____ a _____	
Longitud de la barra de levante.....(L)	de _____ a _____	
Altura del punto de enganche inferior con relación al eje trasero de las ruedas --En posición baja.....(h) --En posición alta.....(H)	de _____ a _____ de _____ a _____	
Altura del punto de enganche sobre el suelo con seguro para el transporte (*)	de _____ a _____	

(\*) Asumiendo que  $r$  = índice de radio dinámico de la rueda, ISO 4251/1-1984.

## Anexo 2. Tolerancias permisibles de medicion

Velocidad rotacional	$\pm 0.5 \%$
Tiempo	$\pm 0.2 \text{ s}$
Distancia	$\pm 0.5 \%$
Fuerza	$\pm 1.0 \%$
Masa	$\pm 0.5 \%$
Presión atmosférica	$\pm 0.2 \text{ kPa}$
Presión en las llantas	$\pm 5.0 \%$
Presión en el sistema hidráulico	$\pm 2.0 \%$
Temperatura del combustible	$\pm 2.0 \text{ }^\circ\text{C}$
Termómetro de bulbos seco y húmedo	$\pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$

## Anexo 3. Presión de inflado en las ruedas neumáticas

	Presión en las llantas (*) (kPa)	Deformación (mm)
Tractores con tracción en las 4 ruedas; frontales y traseras de igual tamaño		
Frontales	100	25
Traseras	100	25
Tractores con tracción en las 4 ruedas, con ruedas frontales más pequeñas que las traseras		
Frontales	150	20
Traseras	100	25
Tractores con tracción en las ruedas traseras		
Frontales	200	15
Traseras	100	25
(*) No se debe usar lastre líquido		

#### Anexo 4. Dimensiones del espacio de seguridad de la cabina

Dimensiones	(mm)	Observaciones
A1A0	100	Mínimo
B1B0	100	Mínimo
F1F0	250	Mínimo
F2F0	250	Mínimo
G1G0	250	Mínimo
G2G0	250	Mínimo
H1H0	250	Mínimo
H2H0	250	Mínimo
J1J0	250	Mínimo
J2J0	250	Mínimo
E1E0	250	Mínimo
E2E0	250	Mínimo
D0E0	300	Mínimo
J0E0	300	Mínimo
A1A2	500	Mínimo
B1B2	500	Mínimo
C1C2	500	Mínimo
D1D2	500	Mínimo
I1I2	500	Mínimo
I1I2	500	Mínimo
F0G0		Dependiendo del tractor
I0G0		
C0D0		
E0F0		

#### Anexo 5. Energía de impacto

(Requisitos mínimos de energía de impacto en los materiales para estructuras protectoras, de un especímen a temperatura de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Prueba Charpy Muesca-V).

Tamaño del especímen (mm)	Energía Absorbida (J)
10 X10	11.0
10 X 7.5	9.5
10 X 5	7.5
10 X 2.5	5.5