



Evaluación del funcionamiento las estructuras de protección contra volcaduras (ROPS) montadas en tractores agrícolas que se comercializan en México

Performance evaluation of rollover protective structures (ROPS) mounted on agricultural tractors sold in Mexico

M.C. Marco Antonio Audelo Benítez, Dra. Alma Velia Ayala Garay, M.Sc. Ramón Jiménez Regalado, Dra. Rocío Cervantes Osornio, M.I. José Manuel Vargas Sállago

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA), Texcoco, Edo. de México, México.

RESUMEN

El aplastamiento de los operadores de tractores es el principal riesgo de accidente cuando se utilizan máquinas agrícolas. Las estructuras de protección son una alternativa para prevenir que el operador sufra un daño al momento de que se presente una volcadura. El objetivo de este trabajo es evaluar el funcionamiento de éstas estructuras montadas en tractores agrícolas que se comercializan en México. La metodología utilizada se basa en la norma mexicana NMX-O-181-SCFI-2003 que a su vez es el código 4 de la OECD. Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Pruebas del Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA) perteneciente al INIFAP. En total se probaron 50 estructuras de protección, montadas en 107 modelos de tractores. De las estructuras probadas 13 han sido rechazadas porque no cumplen con el objetivo de proteger la zona de seguridad al momento que se presenta una volcadura. La principal causa del rechazo es la invasión de la zona de seguridad antes de iniciar con la aplicación de las cargas. Esto quiere decir que en la mayoría de los casos no hay un problema de resistencia en las estructuras, el problema es la configuración del tractor probado.

Palabras clave: pruebas, seguridad, accidentes.

ABSTRACT

The crushing of tractor operators is the main risk of accident when using agricultural machines. Protection structures are an alternative to prevent suffering injury operator when a rollover is present. The objective of this work is to evaluate the performance of these structures mounted on agricultural tractors sold in Mexico. The methodology is based on the Mexican standard NMX-O-181-SCFI-2003, which is the OECD code 4. The tests were conducted in the test laboratory of the National Center of Farm Machinery Standardization (CENEMA) belonging to INIFAP. A total of 50 protection structures were tested, mounted on 107 tractor models. From these, 13 structures have been rejected because they do not meet the objective of protecting the security zone when a rollover occurs. The main cause of rejection is the invasion of the safety zone before starting with the application of loads. This means that in most cases there isn't a resistance problem in structures, the problem is the configuration of tractor tested.

Keywords: test, security, accident.

INTRODUCCIÓN

Los principales riesgos derivados del uso las máquinas agrícolas son: Aplastamiento por vuelco, lesiones ocasionadas por piezas móviles (toma de fuerza), atropello, golpes, caídas, cortes, proyección de piedras, estar expuesto a sustancias nocivas, contactos térmicos, contactos eléctricos, contacto con

sustancias cáusticas y corrosivas y la proyección de fluidos a presión (Ponce de León, 2002).

Para combatir la siniestralidad en el sector de la agricultura, particularmente por el uso de tractores y maquinaria agrícola, es preciso aumentar la formación y la sensibilización de los agricultores y de los operarios de esta maquinaria, para que

usen procedimientos seguros y no pongan en peligro su salud. Además, para evitar el riesgo para las personas en cualquier tipo de accidentes, se pueden seguir métodos que tiendan a impedirlo, o bien, métodos que tiendan a proteger de los daños que el accidente produce. En el segundo caso, se habla de métodos pasivos de prevención y en este grupo se encuentran las estructuras de protección: bastidores o cabinas de protección en vuelco (o de seguridad) y marcos antirodadura (Márquez, 1990).

Las estructuras de protección incluyen las cabinas completas (cerradas y dotadas de puertas y cristales), los marcos de 4 postes y los marcos de dos postes (fijos y abatibles); Estos últimos pueden ser delanteros o traseros, dependiendo si están situados delante o detrás del conductor, y fijos o abatibles en dependencia de las características de la estructura (Náfate, 2009).

El objetivo de dotar a los tractores de una estructura de protección suficientemente resistente, es el de garantizar un espacio o zona de seguridad que evite el aplastamiento del conductor en caso de producirse un vuelco. En la determinación de la posición de la zona de seguridad se consideran tanto las características del modelo del asiento como su posición en el tractor, y el espacio que ocupa una persona sentada, con cinturón de seguridad y sujeta al volante.

En España, se estableció, en 1979, la obligatoriedad de que los tractores estén provistos de cabinas o bastidores de seguridad (Boletín Oficial del Estado, 1979), que impida que el equipo de trabajo se incline más de un cuarto de vuelta y que garantice un espacio suficiente, alrededor del trabajador o trabajadores transportados cuando el equipo pueda dar más de un cuarto de vuelta (Jarén, 2003).

En México, la norma NOM-007-STPS-2000, establece que los tractores deben contar con una estructura circundante al operador que lo proteja contra el sol y volcaduras (Norma Oficial Mexicana, 2000). Además existe la norma NXM-O-181-SCFI-2003 (Norma Mexicana, 2003) para la evaluación de estructura y cabinas de protección para tractores agrícolas y forestales, desafortunadamente su aplicación no es obligatoria.

El objetivo de este trabajo es evaluar el funcionamiento de las estructuras de protección basados en el método de prueba mencionado.

MÉTODOS

La metodología utilizada para evaluar el funcionamiento de las cabinas y marcos de seguridad en México, se basa en el método de prueba especificado en la norma mexicana NMX-O-181-SCFI-2003, TRACTOR AGRÍCOLA – CABINAS Y MARCOS DE PROTECCIÓN DE TRACTORES AGRÍCOLAS Y FORESTALES – ESPECIFICACIONES Y MÉTODO DE PRUEBA (PRUEBA ESTÁTICA) (Norma Mexicana, 2003). Esta norma está basada en el Código 4 de la OECD, OECD STANDARD CODE FOR THE OFFICIAL TESTING OF PROTECTIVE STRUCTURES ON AGRICULTURAL AND FORESTRY TRACTORS (STATIC TEST) (OECD, 2013). Las pruebas se realizaron de 2007 a 2013, en el laboratorio de pruebas de tractores del Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA) el cual cuenta con la infraestructura necesaria para su realización (Figura 1).



FIGURA 1. Banco de Pruebas de Estructuras de Protección CENEMA.

Esta metodología es aplicable a tractores conocidos como convencionales, es decir, tractores que tienen al menos dos ejes para neumáticos o con orugas en lugar de ruedas, y con una masa del tractor, sin lastre no menor a 800 kg. La trocha mínima de las ruedas traseras debe ser, generalmente, mayor a 1 150 mm. Aquí también se establece que puede haber otro tipo de tractores especializados como los estrechos o de alto despeje para los cuales aplica otro método de prueba. La evaluación de las estructuras de protección no solo se limita a determinar si es o no lo suficientemente resistente para soportar la volcadura de un tractor, la evaluación determina si la estructura es adecuada para mantener protegido al operador al momento de que sucede una volcadura.

De forma general la metodología incluye los siguientes pasos:

1. Determinación de la información general relacionada

con la estructura de protección y el tractor en el que se encuentra montada.

2. Determinación del punto de referencia del asiento (PRA).
3. Determinación de las dimensiones principales de la estructura de protección y del tractor en el que se encuentra montada.
4. Verificación de la resistencia de la estructura.
5. Primera carga longitudinal (Figura 2).
6. Primera carga de compresión (Figura 3).
7. Carga lateral (Figura 4).
8. Segunda carga de compresión (Figura 3).
9. Segunda carga longitudinal (Esto solo aplica si la estructura de protección es abatible) (Figura 5).
10. Determinación de las deformaciones permanentes.



FIGURA 2. Aplicación de la carga longitudinal trasera.



FIGURA 3. Aplicación de las cargas de compresión.



FIGURA 4. Aplicación de la carga lateral.



FIGURA 5. Aplicación de la carga longitudinal delantera.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se han probado 50 estructuras de protección; seis cabinas, un marco de cuatro postes, 13 marcos de dos postes fijos y 30 marcos de dos postes abatibles; montadas en 107 modelos de tractores que se comercializan en México. Esta diferencia se da porque una estructura de protección puede utilizarse en más de un modelo de tractor. De las estructuras probadas 13 han sido rechazadas por no proteger la zona de seguridad al momento que se simula una volcadura.

Las principales causas del rechazo han sido:

- La invasión de la zona de seguridad antes de iniciar con la aplicación de las cargas. Esto quiere decir que el problema es la configuración del tractor probado, por lo que se descarta la existencia de un problema de resistencia en las estructuras. Al hablar de la configuración se hace referencia al asiento, las trochas, la parte frontal resistente a la volcadura y a dimensiones de la estructura. Este problema lo presentaron principalmente los marcos de dos postes.
- Invasión de la zona de seguridad al momento de la aplicación de las cargas. Esto definitivamente si un problema de diseño de la estructura, tanto en las dimensiones como en los materiales de construcción utilizados.
- Presencia de fracturas de la estructura de protección que ponen en riesgo la seguridad del operador. Es similar al caso anterior, solo que aquí se involucran más los materiales de construcción, específicamente el tipo de soldadura utilizada.

CONCLUSIONES

- En México no existe una regulación que obligue a que los fabricantes y comercializadores de maquinaria a equipar a los tractores agrícolas con una estructura de protección que asegure la integridad del operador al momento que se presente una volcadura. Si bien la norma de la secretaría del trabajo NOM-007-STPS-2000 obliga el uso de una estructura que proteja al operador, esta no especifica que deba estar comprobado su buen funcionamiento.
- El buen funcionamiento de una estructura de protección no solo se limita a su resistencia, se involucran además diferentes factores como: ubicación del asiento, ubicación de la estructura de protección, trochas, parte frontal resistente a la volcadura, entre otras, así como costumbres del operador, la utilización del cinturón de seguridad. Por lo que el método de prueba utilizado actualmente es el adecuado.
- La principal causa por la que se rechaza un tractor, es porque se invade la zona de seguridad antes de la aplicación de las cargas, lo que significa que no es un problema de resistencia (calidad de los materiales utilizados), sino que se trata de un problema de ubicación, ya sea de la propia estructura o de las partes del tractor que afectan el funcionamiento de las estructuras de protección.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. *Boletín Oficial del Estado BOE 11-8-1979*. Orden por la que se regula, técnicamente, el equipamiento de los tractores agrícolas con bastidores o cabinas oficialmente homologadas, pp. 18910-18913, Agencia Estatal, España, 1979.
2. JARÉN, C.; MANGADO, J.; ARANAZ, D.; ARANA, J.I.; ARNAL, P.; ARAZURI, S.; PÉREZ DE LARRAYA; ERANSUS, J.: Tractores sin Estructuras de Protección al Vuelco. Situación en Navarra y Posibles Soluciones, En: **Memorias del I Congreso Nacional de Prevención de Riesgos Laborales en el Sector Agrario**, 2pp., España, 2002.
3. MÁRQUEZ, L.: *Ergonomía y Seguridad en los Tractores Agrícolas. Generalidades. Estructuras de protección en el vuelco accidental*, 119-133 pp, Laboreo-Solotractor, España, 1990.
4. NÁFATE, J.: *Determinación de la distribución de esfuerzos en estructuras ROPS de dos postes abatible*, 12pp., **Tesis de (Licenciatura en Ingeniería Mecánica Agrícola)**, Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Texcoco, México, 2009.
5. OECD: *Code 4, OECD Standard Code For The Official Testing Of Protective Structures On Agricultural And Forestry Tractors (Static Test)*, pp 7-8, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2013.
6. PONCE DE LEÓN, J.: La seguridad de la maquinaria agrícola, En: **Memorias del I Congreso Nacional de Prevención de Riesgos Laborales en el Sector Agroalimentario**. Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Técnicos Agrícolas de España, pp. 3-4, España, 2002.
7. NORMA OFICIAL MEXICANA, NOM-007-STPS-2000: *Actividades agrícolas – Instalaciones, maquinaria, equipo y herramientas – Condiciones de seguridad*, 3p p., Secretaría de Economía, México, D.F., 2000.
8. NORMA MEXICANA, NXM-O-181-SCFI-2003: *Tractor agrícola – cabinas y marcos de protección de tractores agrícolas y forestales – especificaciones y métodos de prueba (prueba estática)*, pp. 1-38, Secretaría de Economía, México, D.F., 2003.

Recibido: 31 de julio de 2013.

Aprobado: 10 de septiembre de 2013.

Marco Antonio Audelo Benítez, Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA), Texcoco, Edo. de México, México, C.P. 56230, Correo electrónico: audelo.marco@inifap.gob.mx