

ESTACIÓN DE MECÁNICA AGRÍCOLA. UN LABORATORIO DE ENSAYOS ESPECIALIZADO EN LA APLICACIÓN DE REGLAMENTOS DE SEGURIDAD DE LOS TRACTORES AGRÍCOLAS

José Luis Ponce de León Esteban

Director de la Estación de Mecánica Agrícola. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

INTRODUCCIÓN

La Estación de Mecánica Agrícola es un centro dependiente de la Subdirección General de Medios de Producción Agrícolas, de la Dirección General de Producciones y Mercados Agrícolas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Sus fines son la realización de los ensayos contenidos en los reglamentos nacionales e internacionales (OCDE, CEE e ISO), aplicables a los tractores y máquinas agrícolas, tanto en lo que se refiere a sus características de funcionamiento como a la seguridad de los operarios.

Desde el año 1964 la Estación de Mecánica Agrícola centró sus trabajos en los tractores agrícolas, y fue mejorando sus instalaciones para adaptarlas a las exigencias que demandaba el progreso técnico y las diversas reglamentaciones nacionales que se fueron publicando, entre las que cabe destacar la concerniente a la "homologación de la potencia de los tractores agrícolas" y al "equipamiento de los tractores agrícolas con bastidores o cabinas oficialmente homologados".

Dentro del ámbito internacional, la Estación de Mecánica Agrícola es el Centro español designado por la OCDE para aplicar sus Códigos de ensayo a los tractores agrícolas y forestales. Sus resultados son aceptados por todos los países integrados en esa organización, así como en España son admitidos los resultados provenientes de esos otros países, lo que beneficia al conjunto de usuarios y fabricantes, al evitar repeticiones de ensayos.

La incorporación de España a la Comunidad Económica Europea conllevó la puesta en vigor de las 24 Directivas Comunitarias aplicables a los tractores agrícolas, en un campo específico regulado por la Directiva marco 74/150.

La Estación de Mecánica Agrícola, en consonancia con estas nuevas exigencias, amplió sus programas para poder aplicar todas las directivas relacionadas con tractores agrícolas en materia de seguridad, y así actualmente está acreditada por la Unión Europea para este fin.

En este trabajo se exponen las principales líneas de trabajo que se llevan a cabo actualmente en la Estación de Mecánica Agrícola relacionadas con la seguridad de los tractores agrícolas.

En el presente trabajo, se ha realizado una revisión de los modelos predictivos existentes en varios países comunitarios, que están sirviendo de base para el modelo armonizado europeo, del cual se esbozan algunas posibles características.

ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN DE TRACTORES AGRÍCOLAS

El tractor, vehículo agrícola por excelencia, está diseñado para poder trabajar con buena estabilidad aun en condiciones difíciles de suelo y con pendientes considerables. A pesar de ello, por un manejo inadecuado o temerario, o por trabajar por encima de las condiciones límites aconsejadas, puede producirse un vuelco con el consiguiente aplastamiento del conductor.

El tractor está considerado como una máquina especialmente peligrosa, por la frecuencia y gravedad de los accidentes que se pueden producir durante su uso, sobre todo en caso de vuelco. Por ello, se han realizado múltiples estudios simulando vuelcos de tractores en condiciones controladas, así como observando vuelcos reales, llegándose a la conclusión de que el único medio eficaz para tratar de evitar las consecuencias de los accidentes era dotarlos de una estructura de protección suficientemente resistente; esta estructura, en el caso de producirse un vuelco, garantizaría un espacio o zona de seguridad que evitaría el aplastamiento del conductor.

Todos esos estudios dieron origen a reglamentos conocidos coloquialmente como ensayos "ROPS", entre los que se pueden destacar los Códigos OCDE y Directivas CEE, que son los que actualmente se aplican en España (ver cuadro nº 1).

CUADRO Nº 1
REGLAMENTOS INTERNACIONALES APLICABLES EN ESPAÑA A LAS ESTRUCTURAS DE SEGURIDAD DE LOS TRACTORES AGRÍCOLAS

Institución	Narrativa	Métodos de ensayo
OCDE	Código III	Dinámico, tractores de ruedas hasta 6.000 Kg.
	Código IV	Estático, tractores de ruedas de 800 a 15.000 Kg
	Código VI	Dinámico y estático, tractores estrechos marcos traseros de más de 600 Kg
	Código VII	Dinámico y estático, tractores estrechos marcos traseros de más de 600 Kg
	Código VIII	Estático, tractores de cadenas
CEE	Directiva 77/536	Dinámico, tractores de ruedas de más de 800 Kg
	Directiva 79/622	Estático, tractores de ruedas de más de 800 Kg
	Directiva 86/ 298	Dinámico y estático, tractores estrechos marcos traseros de más de 600 Kg
	Directiva 87/402	Dinámico y estático, tractores estrechos marcos delanteros desde 600 a 3.000 Kg

Los reglamentos aportan unos métodos de ensayo para comprobar si las estructuras de protección de los tractores y sus anclajes son lo suficientemente robustos para resistir un vuelco sin romperse y sin penetrar en la zona de seguridad del conductor.

La determinación precisa de la zona de seguridad en cada caso está especificada en los reglamentos, y se tiene en cuenta tanto la posición del asiento como el espacio que ocupa una persona sentada y sujeta al volante.

Hay que resaltar que con el nombre genérico de "estructuras de protección" se entienden las cabinas completas (cerradas y dotadas de puertas y cristales), los bastidores de cuatro postes (abiertos) y los bastidores de dos postes (también llamados arcos); estos últimos pueden ser delanteros o traseros dependiendo de si están situados delante o detrás del conductor. Los tractores de vía estrecha están normalmente equipados con bastidores de dos postes, porque se adaptan mejor que las cabinas, a las características de estos tractores y a las labores específicas que efectúan (horticultura, fruticultura, etc).

Métodos de ensayo

Para comprobar las estructuras de seguridad de los tractores agrícolas los ensayos pueden agruparse, según la técnica empleada, en:

- Dinámico
- Estático

El ensayo dinámico consiste en someter al conjunto tractor-estructura a una serie de pruebas de impacto (lateral, trasero y/o delantero), y de aplastamiento (delantero y trasero), dentro de un orden establecido, mediante una masa pendular cúbica de 2.000 kg y una viga accionada por dos cilindros hidráulicos (ver figura nº 1).

El ensayo estático consiste en someter al conjunto tractor-estructura a una serie de empujes, longitudinales y transversales, y de aplastamientos, mediante un cilindro horizontal de doble efecto y una viga accionada por dos cilindros hidráulicos (ver figura nº 1).

La finalidad de ambos ensayos es verificar que la estructura de protección y sus anclajes son capaces de resistir, respetando la zona de supervivencia del tractorista, los impactos derivados de un vuelco (lateral, delantero o trasero), e incluso suponiendo que el tractor diese la vuelta completamente, quedando solamente apoyado en la estructura, ésta pueda aguantar sin interferir la citada zona de supervivencia.

Hay que mencionar que la mayoría de las veces puede ser aplicado en un caso concreto el ensayo dinámico o el estático, siendo en definitiva el solicitante el que decide cuál prefiere. Actualmente, en casi todos los casos, se elige el ensayo estático, por ser menos destructivo y permitir una mejor observación del comportamiento de la estructura, al ir aplicando las cargas lentamente y no en forma de choque como en el dinámico.

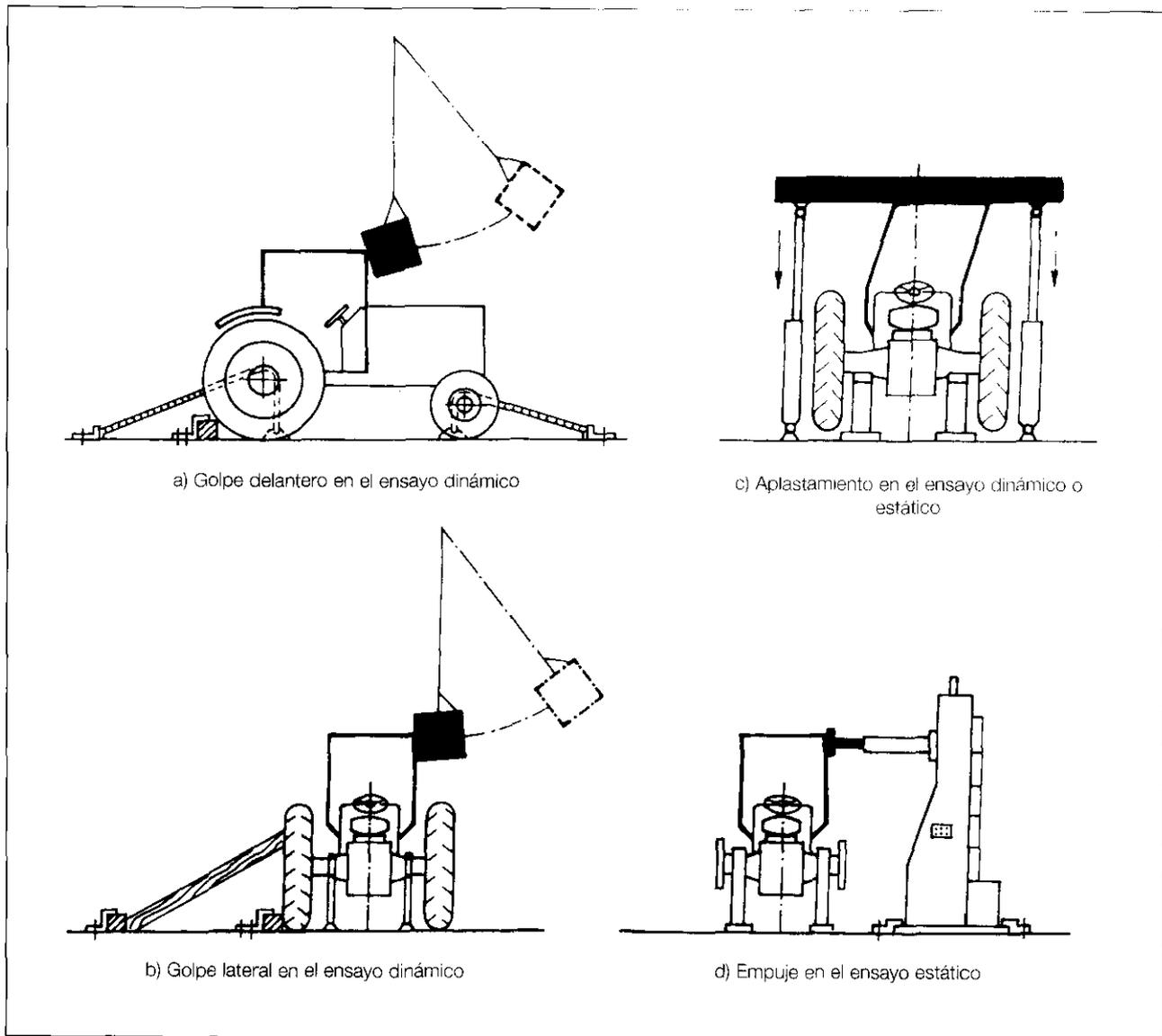


Figura nº 1. Esquema de golpes, aplastamientos y empuje en los ensayos dinámico y estático de las estructuras de seguridad de los tractores agrícolas.

Reglamentación aplicable

En nuestro país se ensayan las estructuras de protección de los tractores agrícolas desde 1979 en que fue regulado este aspecto mediante la Orden del Ministerio de Agricultura de 27 de julio de ese año. Con esta disposición se estableció que todos los tractores agrícolas y forestales de ruedas, con masas comprendidas entre 1.500 y 6.000 kg, deberían ir provistos obligatoriamente, a partir de agosto de 1980, del correspondiente bastidor o cabina de seguridad para su inscripción en el Registro Oficial del Ministerio de Agricultura y su posterior matriculación.

En fechas posteriores fueron entrando en vigor la obligatoriedad de llevar estructuras de protección en el resto de tractores de ruedas con ancho normal, tractores de ca-

denas y recientemente para los tractores de ruedas estrechos, con lo que ya ha quedado completo el campo de aplicación por lo que a los tractores agrícolas concierne.

Hay que reseñar que, según la citada Orden, están exentos de la obligatoriedad de llevar estructura de protección los tractores extraligeros, con masa inferior a 750 kg.

Los procedimientos aprobados de homologación de una estructura de protección en nuestro país son los siguientes:

- **Ensayo** de la estructura de protección por el Código OCDE o Directiva CEE aplicable.
- **Convalidación** de un ensayo efectuado según un Código OCDE o Directiva CEE en algún otro país por un laboratorio oficialmente acreditado por esas organizaciones.

• **Extensión de validez** a otro u otros tractores derivados de un conjunto tractor-estructura previamente ensayados, siempre que se cumplan una serie de condiciones técnicas impuestas por los reglamentos de ensayo.

Los reglamentos técnicos actualmente vigentes en nuestro país para los diferentes tipos de tractores agrícolas se especifican en el *cuadro nº 1*, en el que figuran: el reglamento aplicable (OCDE o CEE), el tipo de tractor (ruedas normal, ruedas estrecho, o cadenas) y alguna característica de los tractores que delimita el campo de aplicación.

Los Códigos OCDE aplicables a las estructuras de protección de los tractores agrícolas (III, IV, VI, VII y VIII), además de posibilitar la homologación nacional, son aceptados por el resto de los 24 países participantes en este programa, lo que interesa mucho a los fabricantes cuando se prevé la exportación de esa estructura, al no tener necesidad de repetir los ensayos en los otros países.

Desde nuestra entrada en la CEE se pueden utilizar como métodos de ensayos los especificados en las correspondientes Directivas (77/536, 79/622, 86/298 y 87/402), que permiten la homologación nacional así como la del resto de países de la Unión Europea.

Desde un punto de vista práctico los Códigos OCDE, salvo el VIII, y las Directivas CEE, son equivalentes, variando ligeramente algunos aspectos técnicos, pero aportando un mismo grado de seguridad. Dentro del marco jurídico de la Unión Europea no hay todavía una Directiva para el ensayo de las estructuras de protección de los tractores de cadenas, por lo que existe un vacío legal. En nuestro país no existe ese problema pues hay una legislación específica para ese tipo de tractores, y se puede también usar el Código VIII de la OCDE, que es el aplicable a los tractores agrícolas de cadenas.

Actualmente hay una opinión favorable, tanto en la OCDE como en la UE, para igualar los métodos de ensayo y así abaratar el coste de los mismos al no tener que repetirlos, aunque todavía los progresos son lentos, debido a la dificultad de poner de acuerdo a los técnicos de las dos organizaciones.

Tractores estrechos con bastidores adelantados

Según las Directivas 86/298 y 87/402 se consideran tractores estrechos aquellos que tienen una distancia libre al suelo de 600 mm como máximo, una vía mínima fija o regulable del eje equipado con los neumáticos más anchos inferior a 1.150 mm y una masa comprendida entre 600 y 3000 kg. Estos tractores quedaron, en su día, excluidos de la metodología de ensayo aplicable al resto de los tractores, debido a sus características especiales. Posteriormente se han publicado, tanto en la OCDE como en la UE, reglamentos que les son aplicables, siendo en este caso iguales los de ambos organismos.

La Directiva 86/298 es de aplicación a los tractores estrechos equipados con bastidores traseros. Los ensayos

especificados en esa directiva son el ensayo dinámico y estático, con un procedimiento similar al de los tractores normales.

La Directiva 87/402 se aplica a los tractores estrechos provistos de bastidores delanteros. Además de los ensayos de resistencia del bastidor (dinámico y estático), similares a los de la Directiva 86/298, esta directiva contempla unas "pruebas previas" obligatorias que son: Estabilidad lateral y rodadura no continua.

El objetivo de estas pruebas previas es analizar el comportamiento del conjunto tractor-estructura de protección en unas condiciones límite, para eliminar, en principio, aquellas combinaciones que resulten especialmente peligrosas.

Prueba de estabilidad lateral

Consiste en inclinar, por medio de un gato o un torno, la parte del tractor que esté rigidamente acoplada al eje que soporte más del 50% del peso del tractor, midiendo constantemente el ángulo de inclinación. Este ángulo deberá alcanzar un valor mínimo de 38° en el momento en que el tractor esté en equilibrio inestable con dos ruedas sobre el suelo (*ver figura nº2*).

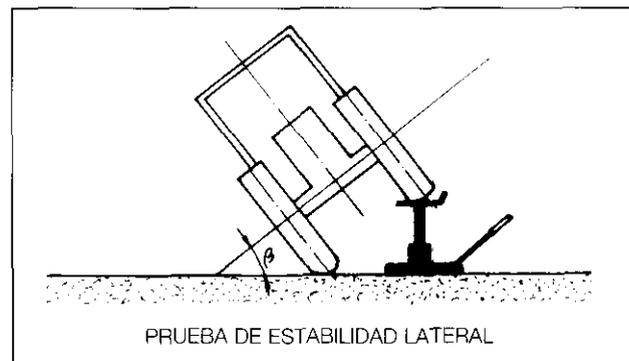


Figura nº 2. Esquema de la prueba de estabilidad lateral de los tractores. El valor del ángulo B será de 38°, como mínimo, en el momento de equilibrio inestable.

Esta prueba se realiza una vez con el volante bloqueado hasta el fondo hacia la derecha, y otra, hacia la izquierda.

En definitiva se trata de verificar la estabilidad de los conjuntos tractor-estructura en condiciones de pendiente pronunciada.

Prueba de rodadura no continua

Consiste en determinar si el conjunto tractor-estructura rueda continuamente o se para, cuando vuelca lateralmente en una pendiente inclinada 1/1,5 (aproximadamente 34°).

La Directiva 87/402 especifica dos maneras de poder realizar esta prueba: Demostración práctica o cálculo matemático.

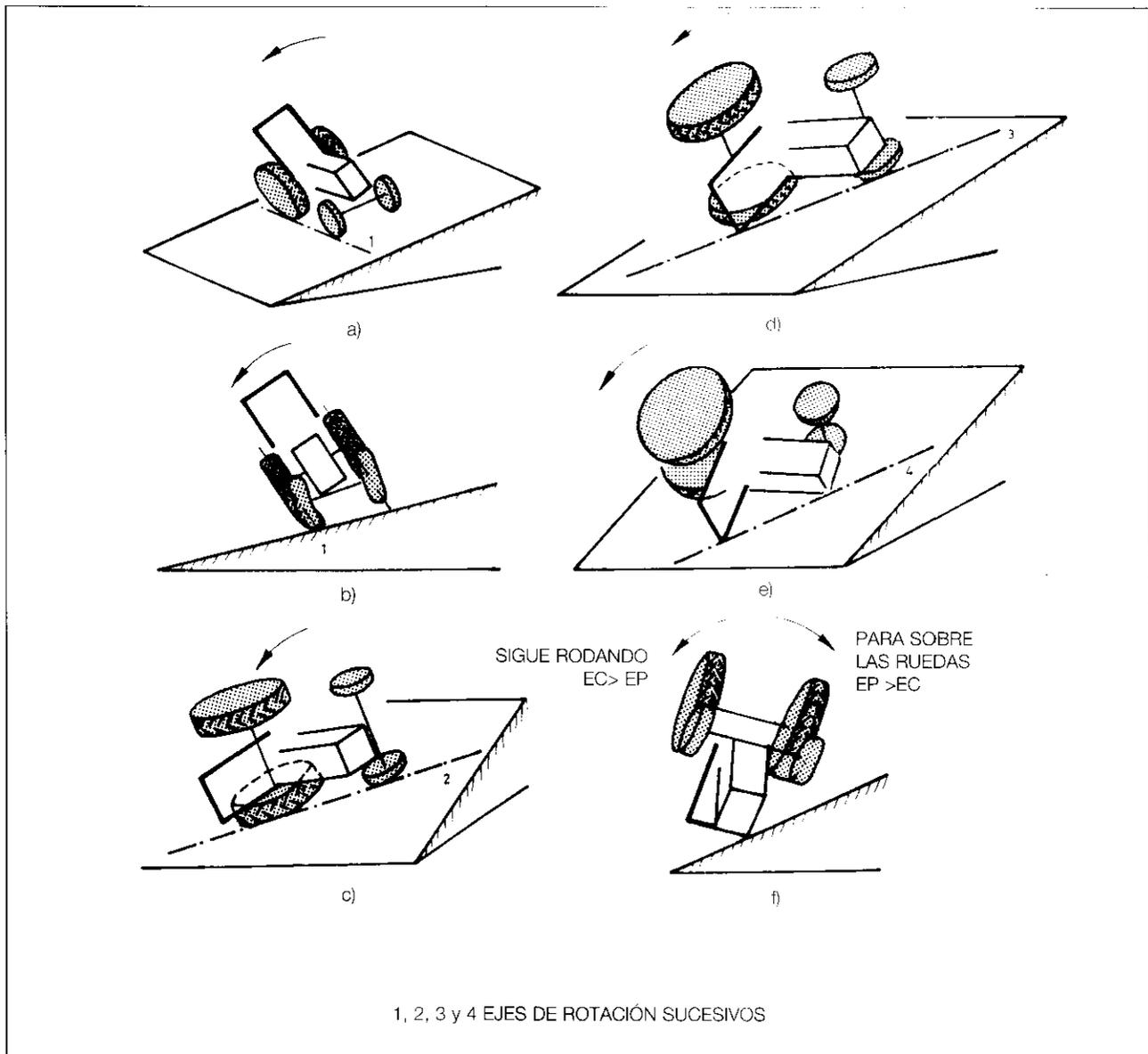


Figura nº 3. Fases del vuelco lateral de un tractor en una pendiente 1/1,5. Cuando el tractor alcanza el punto de equilibrio inestable (posición f), si la energía cinética es mayor que la potencial, el tractor sigue rodando; si, por el contrario, la energía potencial es mayor que la cinética el tractor para sobre las ruedas.

La prueba práctica consiste en volcar lateralmente un conjunto tractor-estructura en un plano inclinado 1/1,5 de al menos 4 metros de longitud (ver figura nº 3).

Cuando ha golpeado la superficie de la pendiente, el tractor se eleva girando en torno a la parte superior del bastidor, pero no deberá darse la vuelta, cayendo siempre del lado que haya golpeado la pendiente en primer lugar; en este caso en el punto de equilibrio inestable la energía potencial es mayor que la energía cinética. Si el tractor, en lugar de parar, sigue rodando por la pendiente, la prueba es fallida, pues se supone que en este caso se producen vuelcos sucesivos, y por ello, la estructura de seguridad no ofrece suficiente protección.

La prueba mediante cálculo matemático se basa en la utilización de un programa de ordenador de simulación que calcula los valores que impiden el vuelco en las condiciones de pendiente ya especificadas, basándose en una serie de características del tractor tales como las dimensiones de los neumáticos, la altura total, la altura del centro de gravedad, el momento de inercia, la anchura de la estructura de protección, la anchura del capot, la masa, los anchos de vía, etc.

Entre estas características destacan la altura del centro de gravedad y el momento de inercia de masa con respecto al eje longitudinal que pasa por el centro de gravedad del tractor. Para calcular estos datos se sitúa el tractor sobre

una plataforma en forma de balancín, colgando este equipo de dos rodamientos situados paralelamente al eje longitudinal del tractor. Balanceando el tractor con una deflexión máxima de 4° y 7°, se determina el período de oscilación, y mediante éste, se puede hallar el momento de inercia buscado y la altura del centro de gravedad.

Instalaciones de ensayo

En la Estación de Mecánica Agrícola se dispone de una instalación de ensayo dinámico de estructuras de protección desde el año 1978, habiéndose realizado más de 200 pruebas con la misma.

Desde el año 1991 también se dispone de equipo para ensayos estáticos, completamente operativo habiéndose efectuado ya más de 30 pruebas, preferentemente para tractores estrechos.

A principio del año 1993 eran ya operativos los equipos necesarios para realizar los ensayos previos de los tractores estrechos con marcos delanteros. Con estos equipos se puede medir el período de oscilación de los tractores con precisión de milésimas de segundo, lo que es necesario para garantizar el resultado final del ensayo de rodadura no continua.

Hasta el momento se han efectuado más de 25 ensayos previos para tractores estrechos.

Hay que reseñar también que este año se está terminando de poner en funcionamiento el ensayo de "caída de objetos" (FOPS), aplicable a los tractores forestales.

PROTECTORES DE LA TOMA DE FUERZA DE LOS TRACTORES

La toma de fuerza (TDF) es la forma más corriente de accionamiento de las máquinas agrícolas arrastradas, por lo que todos los tractores agrícolas disponen de uno o más de esos dispositivos.

Por su movimiento rotativo y por la gravedad de los accidentes que se pueden producir, la TDF y su entorno es una zona muy comprometida para la seguridad del operario, por lo que hay una directiva que trata específicamente este tema tan importante.

La Directiva 86/297 sobre "las tomas de fuerza de los tractores agrícolas y forestales de ruedas y a la protección de dichas tomas de fuerza", entró en vigor el 1 de enero de 1989, y actualmente es aplicable sólo a los tractores de ruedas con velocidad máxima declarada por el fabricante, comprendida entre 6 y 30 km/h. Esto significa que en la práctica quedan excluidos los tractores de ruedas con velocidad superior a 30 km/h, los tractores de cadenas y otros vehículos que no tengan la consideración de tractor, por ejemplo los tractocarras.

La Directiva 86/297 trata tres temas diferentes:

1. Características técnicas de los diversos tipos de tomas de fuerza.

2. Especificaciones de construcción y montaje en el tractor.

3. Protectores de la TDF.

Dadas las características de este trabajo sólo se va a tratar el punto 3, que se refiere a los protectores de las tomas de fuerza.

La Directiva 86/297 considera las protecciones necesarias para prevenir accidentes con la TDF, tanto cuando ésta está funcionando, en los momentos de enganche y desenganche, como cuando se está utilizando.

Protector suplementario

La directiva exige que se entregue junto con el tractor un protector suplementario que cubra por completo la TDF y que no sea rotativo (ver figuras nº 4 y 5). Este protector deberá estar colocado siempre que no se utilice la TDF.

La forma de evitar la rotación de la protección se consigue mediante utilización de ejes roscados y tuercas, enganches de media vuelta u otros sistemas similares.

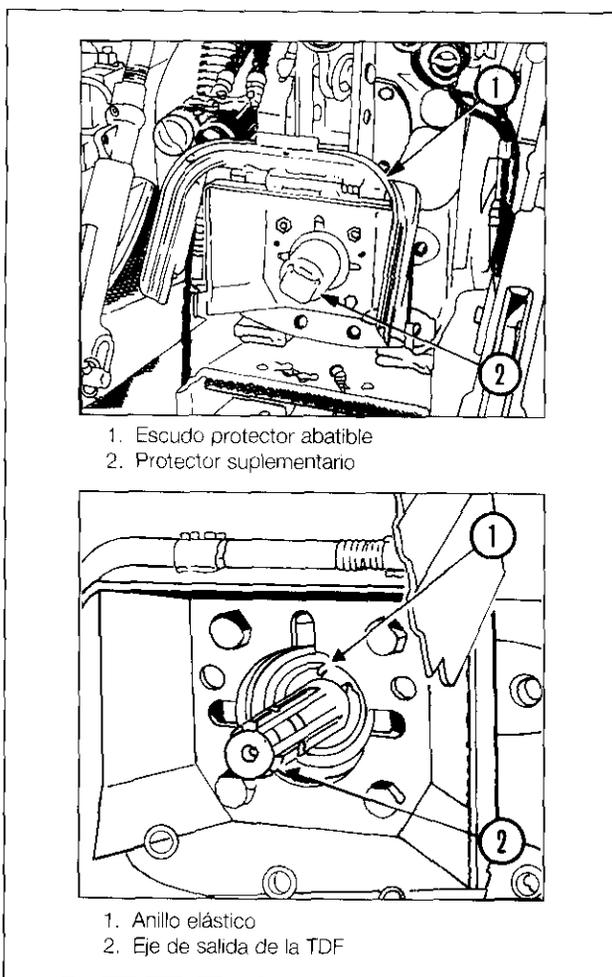


Figura nº 4. Vista de un modelo comercial de escudo protector y protector de la TDF.

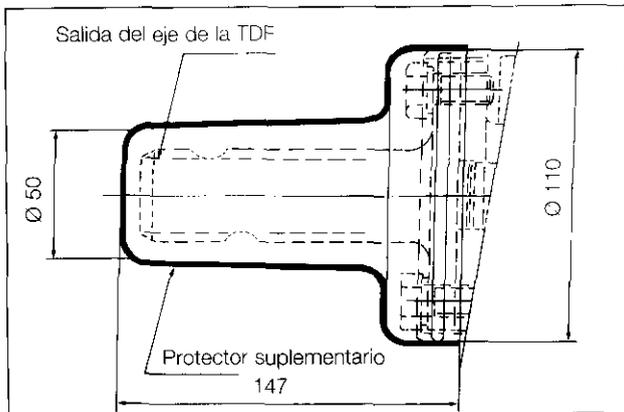


Figura nº 5. Plano de un modelo comercial de protector de la TDF.

Aunque la idea de obligar a la entrega a los agricultores de un protector junto con el tractor es buena, mucho nos tememos que en la práctica no se utilicen, pues probablemente, después de quitarlos la primera vez, no se vuelven a colocar.

Escudo protector

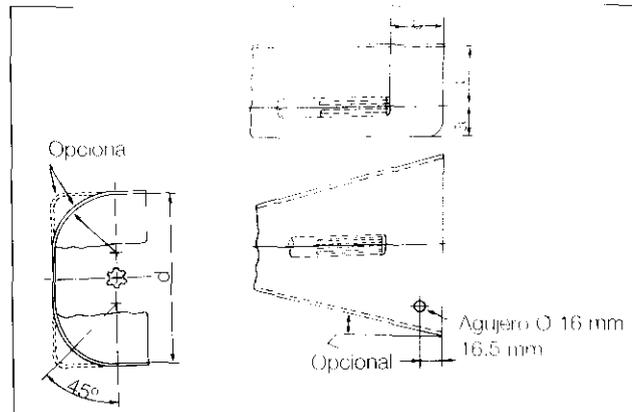
La directiva exige que la TDF esté protegida por un escudo fijado al tractor que cubra, por lo menos, la parte de arriba y los dos lados según se indica en las figuras nºs. 4 y 6. También se admite otro sistema que asegure una protección similar, por ejemplo, cuando la TDF se encuentra alojada en una cámara del propio tractor o dentro de un elemento añadido (soportes de ganchos, horquilla de enganche, etc.).

La directiva fija unas dimensiones y tolerancias determinadas para el escudo protector según el tipo de toma de fuerza que se trate, tal como se refleja en la figura nº 6.

La idea de este escudo es evitar cualquier contacto accidental con la TDF cuando ésta esté en funcionamiento.

La directiva también exige al escudo algunas otras características:

1. Debe estar concebido de tal forma que no entorpezca el empleo de la toma de fuerza.
2. Deberá poder utilizar la TDF sin tener en ningún momento que quitar el escudo.
3. Los materiales empleados deberán resistir la intemperie, no perder su calidad mecánica en caso de frío y ser lo suficientemente sólidos.
4. No presentar juntas ni aristas cortantes.
5. No deberá presentar orificios de más de 8 mm de diámetro o de lado, excepto el que sea necesario para la fijación de la cadena del protector del eje de transmisión de las juntas cardán.
6. Deberá poder soportar un peso de 120 DecaNewtons, salvo en el caso en que haya sido concebido para no usarlo como estribo.



Dimensiones del escudo de protección del TDF

Tipo	Dimensiones del escudo de protección ⁽¹⁾ (mm)			d±5
	a	b±5	c±5	
1	70	125	85	285
2	70	125	85	285
3	80	150	100	300

(1) Para los tractores con dos árboles traseros de TDF, las dimensiones «b» y/o «c» podrán ajustarse para mantener zonas despejadas equivalentes entre los árboles y el escudo protector

Figura nº 6. Esquema de las características del escudo protector según la Directiva 86/297/CEE.

Los puntos 1 y 2 son obvios, y las dimensiones fijadas del escudo son compatibles con el cumplimiento de lo expuesto en esos puntos. Para mejorar la accesibilidad de la TDF, algunos fabricantes presentan escudos que permiten un giro para facilitar el enganche con el eje de transmisión, y una vez realizado éste, vuelven a la posición inicial.

Los puntos 3 y 4 son generales y aplicables a muchos otros dispositivos de seguridad de los tractores y máquinas agrícolas. El punto 5 tiene como finalidad evitar que se puedan introducir accidentalmente los dedos a través del escudo y permitir a la vez la fijación al escudo del protector del eje de transmisión.

El punto 6, que especifica que el escudo protector pueda resistir 120 DecaNewtons, está motivado por la costumbre que tienen algunos agricultores de utilizar ese escudo para subir al tractor, o apoyarse en él durante la realización de maniobras de enganche o desenganche de los ejes de transmisión, e incluso a veces ir subido en él con el tractor en marcha. Todas estas prácticas, que son desaconsejables, pueden dar lugar a accidentes, y máxime si el escudo no tiene la resistencia necesaria.

Por ello, la directiva exige esta prueba, aunque con una redacción desafortunada, pues aparentemente parece que deja al arbitrio del fabricante declarar cuándo se puede considerar este escudo como un estribo, a pesar de que la experiencia práctica demuestra que desgraciadamente los agricultores lo utilizan frecuentemente como tal, independientemente de lo que declare el fabricante.

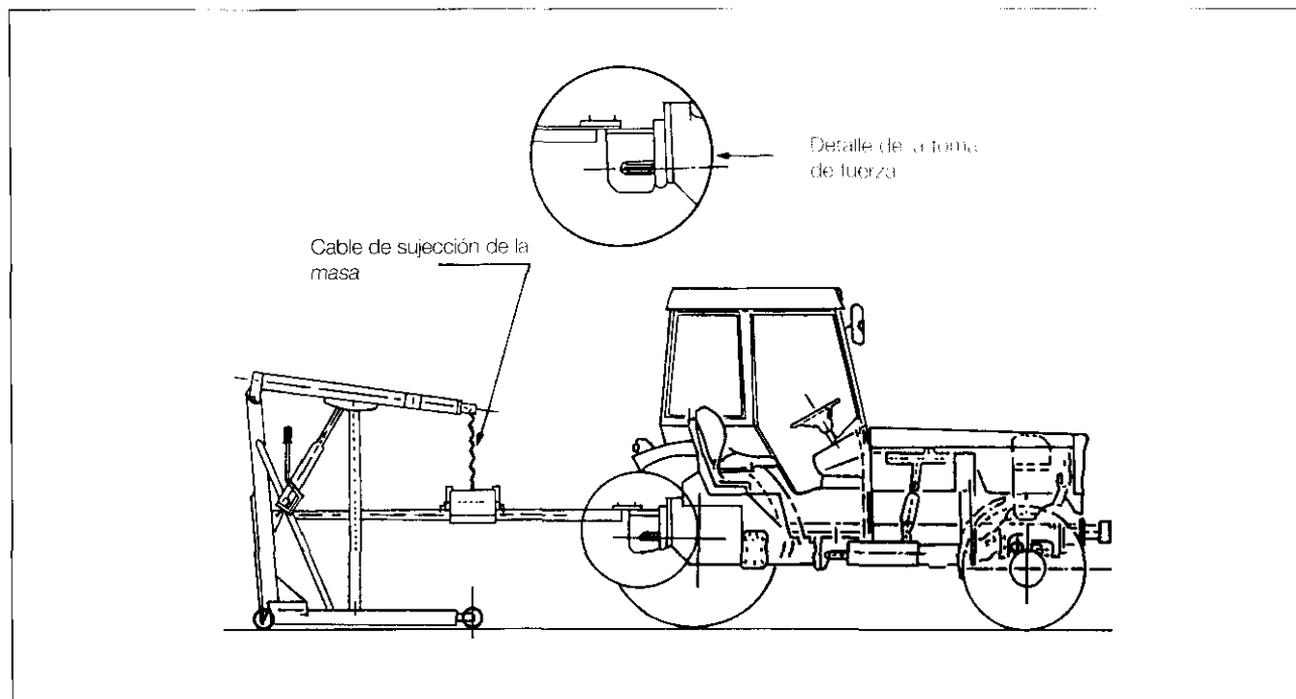


Figura nº 7. Equipo para la realización de resistencia del escudo protector según la Directiva 86/297/CLL.

En la Directiva no hay referencias de cómo se debe realizar la prueba de resistencia, por lo que con la colaboración del profesor D. Luis Márquez Delgado, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid, se ha diseñado un equipo (ver la figura nº 7) de mediante una grúa hidráulica móvil, una barra y una masa movible se pueden aplicar de una forma estática 120 DecaNewtons sobre el escudo protector.

Como punto de aplicación más desfavorable se ha elegido el extremo del escudo y se sitúa una superficie aproximada de 85 cm², que se considera equivalente a la parte delantera de un pie adulto. La masa tiene 240 kg y se puede mover a lo largo de la barra y quedar fija en el punto que se quiera. La masa está sujeta por un cable que, una vez situada la placa en el escudo, se deja suelto, con lo que se realiza la aplicación de 120 DecaNewtons sin golpes, lo que podría desvirtuar el resultado.

La verificación de la fuerza aplicada se realiza por medio de un dinamómetro y la horizontalidad de la barra, mediante un nivel.

De las 160 comprobaciones efectuadas hasta ahora en la Estación de Mecánica Agrícola, se ha encontrado que en un 25% de los casos el escudo no tenía la resistencia adecuada, fallando por tanto el ensayo.

Sería conveniente que la directiva determinara con más detalle las condiciones técnicas de esta prueba, y además que las prescripciones de las directivas fueran aplicables a todos los tipos de tractores y máquinas asimiladas.

OTROS ENSAYOS QUE SE EFECTÚAN EN LOS TRACTORES

En la Estación de Mecánica Agrícola se realizan otros ensayos relacionados de alguna manera con la seguridad de los tractores agrícolas como son las pruebas de los sistemas de frenado y de los avisadores acústicos.

Por otra parte, se están también efectuando ensayos relacionados con las condiciones de trabajo como son las pruebas de ruidos al nivel de los oídos del conductor, ruido ambiental y las pruebas del asiento del conductor de los tractores agrícolas.

CONCLUSIÓN

La estación de Mecánica Agrícola es un centro especializado en los ensayos de seguridad aplicables a los tractores agrícolas, que está reconocido tanto nacional como internacionalmente para ese fin, y que pretende en el futuro continuar cubriendo las necesidades de nuestro país en este campo.

BIBLIOGRAFÍA

PONCE DE LEÓN, J.L., Estación de Mecánica Agrícola. *Actividades actuales y futuras. EL CAMPO. Boletín de Información Agraria. Nº III Enero-febrero. 1989.*

PONCE DE LEÓN, J.L. y RUBIO G., *Toma de fuerza de los tractores agrícolas. Características técnicas y requerimientos de seguridad. MT Máquinas y Tractores agrícolas. Año 1. Nº 2. Madrid. Febrero 1990.*