



Consejo de la  
Unión Europea

Bruselas, 23 de septiembre de 2014  
(OR. en)

13533/14  
ADD 3

AGRI 593  
ENT 204  
MI 698  
DELECT 177

#### NOTA DE TRANSMISIÓN

---

De:	Por el Secretario General de la Comisión Europea, D. Jordi AYET PUIGARNAU, Director
Fecha de recepción:	19 de septiembre de 2014
A:	D. Uwe CORSEPIUS, Secretario General del Consejo de la Unión Europea
N.º doc. Ción.:	C(2014) 6494 final - ANEXOS 9 a 13
Asunto:	ANEXOS del Reglamento Delegado de la Comisión de XXX que complementa y modifica el Reglamento (UE) nº 167/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo por lo que respecta a la fabricación y los requisitos generales de homologación de los vehículos agrícolas y forestales

---

Adjunto se remite a las Delegaciones el documento – C(2014) 6494 final - ANEXOS 9 a 13.

---

Adj.: C(2014) 6494 final - ANEXOS 9 a 13



Bruselas, 19.9.2014  
C(2014) 6494 final

ANNEXES 9 to 13

## **ANEXOS**

**del**

**Reglamento Delegado de la Comisión**

**de XXX**

**que complementa y modifica el Reglamento (UE) nº 167/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo por lo que respecta a la fabricación y los requisitos generales de homologación de los vehículos agrícolas y forestales**

## ANEXO IX

### Requisitos aplicables a las estructuras de protección en caso de vuelco (montadas en la parte delantera de tractores de vía estrecha)

#### A. Disposiciones generales

1. Los requisitos de la Unión aplicables a las estructuras de protección en caso de vuelco (montadas en la parte delantera de tractores de vía estrecha) se establecen en la letra B.
2. Los ensayos podrán realizarse con arreglo a procedimientos de ensayo estáticos o bien dinámicos establecidos en las secciones B1 y B2. Ambos métodos se consideran equivalentes.
3. Además de los requisitos establecidos en el punto 2, deberán satisfacerse los requisitos de comportamiento de las estructuras de protección en caso de vuelco plegables que se establecen en la sección B3.
4. En la sección B4 se expone el programa informático para la determinación del comportamiento de vuelco continuo o no continuo que se utilizará en los ensayos virtuales.

#### B. Requisitos aplicables a las estructuras de protección en caso de vuelco (montadas en la parte delantera de tractores de vía estrecha)<sup>(1)</sup>

##### 1. DEFINICIONES

1.1. [No se aplica]

##### 1.2. *Estructura de protección en caso de vuelco (ROPS)*

Por estructura de protección en caso de vuelco (cabina o marco de protección), denominada en lo sucesivo «estructura de protección», se entiende la estructura instalada en un tractor con el objetivo esencial de evitar o limitar los riesgos que corre el conductor en caso de vuelco del tractor durante su utilización normal.

La estructura de protección se caracteriza por disponer de un espacio para una zona libre lo suficientemente amplia para proteger al conductor sentado dentro de la envoltura de la estructura o en una zona limitada por una serie de líneas rectas que van desde los bordes exteriores de la estructura a cualquier punto del tractor que pueda entrar en contacto con el suelo plano y sea capaz de soportar el tractor volcado.

##### 1.3. *Vía*

1.3.1. Definición preliminar: plano mediano de la rueda

El plano mediano de la rueda es equidistante de los dos planos que comprenden los bordes exteriores de las llantas.

1.3.2. Definición de la vía

El plano vertical que pasa a través del eje de una rueda corta su plano mediano a lo largo de una línea recta hasta un punto de la superficie de apoyo. Si **A** y **B** son los dos puntos correspondientes a esa definición en las ruedas de un mismo eje del tractor, el ancho de vía será la distancia entre **A** y **B**. De esta forma, puede definirse la vía correspondiente a las ruedas delanteras y a las ruedas traseras. En el caso de las ruedas gemelas, la vía es la distancia entre los dos planos medianos de los pares de ruedas.

1.3.3. Definición complementaria: plano mediano del tractor

A partir de las posiciones extremas de los puntos **A** y **B** correspondientes al eje trasero del tractor se obtiene el valor máximo posible de la vía. El plano vertical perpendicular con la línea **AB** en su punto central es el plano mediano del tractor.

1.4. **Batalla**

Distancia entre los planos verticales que pasan por las dos líneas **AB** definidas anteriormente, correspondientes el uno a las ruedas delanteras y el otro a las ruedas traseras.

1.5. **Determinación del punto índice del asiento; posición y ajuste del asiento para los ensayos**

1.5.1. Punto índice del asiento (SIP)<sup>(2)</sup>

El punto índice del asiento se determinará de conformidad con la norma ISO 5353:1995.

1.5.2. Posición y ajuste del asiento para los ensayos

1.5.2.1. Si el asiento es regulable, deberá estar en la posición más atrasada y más alta posible.

1.5.2.2. Si la inclinación del respaldo es regulable, deberá ajustarse en la posición intermedia.

1.5.2.3. Si el asiento lleva un sistema de suspensión, dicho sistema se bloqueará en la mitad de su carrera, salvo que sea contrario a instrucciones claras del fabricante del asiento.

1.5.2.4. Si la posición del asiento solo es regulable longitudinal y verticalmente, el eje longitudinal que pasa por el punto índice del asiento deberá ser paralelo al plano longitudinal vertical del tractor que pasa por el centro del volante y no encontrarse a más de 100 mm de dicho

plano.

## **1.6. Zona libre**

### **1.6.1. Plano vertical de referencia y línea de referencia**

La zona libre (véase la figura 6.1) se define con respecto a un plano vertical de referencia y una línea de referencia.

1.6.1.1. El plano de referencia es un plano vertical, generalmente longitudinal respecto al tractor, que pasa por el punto índice del asiento y el centro del volante. Normalmente, el plano de referencia coincide con el plano longitudinal mediano del tractor. Se supone que el plano de referencia se desplaza horizontalmente con el asiento y el volante durante la carga pero que permanece perpendicular al tractor o al piso de la estructura de protección.

1.6.1.2. La línea de referencia es la línea contenida en el plano de referencia que pasa por un punto situado  $140 + a_h$  por detrás y  $90 - a_v$  por debajo del punto índice del asiento y el primer punto del aro del volante que cruza cuando se lleva a la horizontal.

### **1.6.2. Determinación de la zona libre de los tractores con asiento no reversible**

La zona libre de los tractores con asiento no reversible se define en los puntos 1.6.2.1 a 1.6.2.11; con el tractor situado en una superficie horizontal, el asiento ajustado y situado según las especificaciones de los puntos 1.5.2.1 a 1.5.2.4<sup>(3)</sup> y el volante, si es regulable, en su posición intermedia para un conductor sentado, dicha zona está limitada por los planos siguientes:

1.6.2.1. dos planos verticales situados a 250 mm del plano de referencia, a cada lado de dicho plano, que se extienden hasta 300 mm por encima del plano definido en el punto 1.6.2.8 y longitudinalmente hasta un mínimo de 550 mm por delante del plano vertical perpendicular al plano de referencia que pasa  $(210 - a_h)$  mm por delante del punto índice del asiento;

1.6.2.2. dos planos verticales situados a 200 mm del plano de referencia, a cada lado de dicho plano, que se extienden hasta 300 mm por encima del plano definido en el punto 1.6.2.8 y longitudinalmente desde la superficie definida en el punto 1.6.2.11 hasta el plano vertical perpendicular al plano de referencia que pasa  $(210 - a_h)$  mm por delante del punto índice del asiento;

1.6.2.3. un plano inclinado perpendicular al plano de referencia, situado 400 mm por encima de la línea de referencia paralelamente a ella y que se extiende hacia atrás hasta el punto de intersección con el plano vertical perpendicular al plano de referencia que pasa por un punto situado  $(140 + a_h)$  mm por detrás del punto índice del asiento;

1.6.2.4. un plano inclinado perpendicular al plano de referencia, que corta el plano definido en el punto 1.6.2.3 en su extremo posterior y se apoya en la parte superior del respaldo del

asiento;

- 1.6.2.5. un plano vertical perpendicular al plano de referencia, que pasa como mínimo 40 mm por delante del volante y como mínimo  $760 - a_h$  mm por delante del punto índice del asiento;
- 1.6.2.6. una superficie cilíndrica, cuyo eje es perpendicular al plano de referencia, con un radio de 150 mm y tangente a los planos definidos en los puntos 1.6.2.3 y 1.6.2.5;
- 1.6.2.7. dos planos inclinados paralelos que pasan por los extremos superiores de los planos definidos en el punto 1.6.2.1, de los cuales el plano inclinado del lado en el que se aplica el impacto se encontrará a un mínimo de 100 mm del plano de referencia por encima de la zona libre;
- 1.6.2.8. un plano horizontal que pasa por un punto situado  $90 - a_v$  mm por debajo del punto índice del asiento;
- 1.6.2.9. dos porciones del plano vertical perpendicular al plano de referencia que pasa  $210 - a_h$  mm por delante del punto índice del asiento, porciones que unen los límites traseros respectivos de los planos definidos en el punto 1.6.2.1 con los límites delanteros de los planos definidos en el punto 1.6.2.2;
- 1.6.2.10. dos porciones de un plano horizontal que pasa 300 mm por encima del plano definido en el punto 1.6.2.8, porciones que unen los límites superiores respectivos de los planos verticales definidos en el punto 1.6.2.2 y los límites inferiores de los planos inclinados definidos en el punto 1.6.2.7;
- 1.6.2.11. una superficie, curvada si es necesario, cuya generatriz es perpendicular al plano de referencia y se apoya en la parte trasera del respaldo del asiento.

### 1.6.3. Determinación de la zona libre de los tractores con puesto reversible del conductor

En los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles), la zona libre corresponde a la envoltura de las dos zonas libres determinadas en función de las dos posiciones del volante y las dos posiciones del asiento. Respecto a cada posición del volante y del asiento, la zona libre se definirá con arreglo a los puntos 1.6.1 y 1.6.2, en lo que concierne a la posición normal del puesto de conductor, y a los puntos 1.6.1 y 1.6.2 del anexo X, en lo que concierne a la posición invertida del puesto de conductor (véase la figura 6.2).

### 1.6.4. Asientos opcionales

- 1.6.4.1. En los ensayos con tractores que puedan llevar asientos opcionales se utilizará la envoltura que comprenda los puntos índice del asiento de todas las opciones propuestas. La estructura de protección no deberá penetrar en el interior de la mayor zona libre correspondiente a dichos puntos índice del asiento.

1.6.4.2. En el caso de que se proponga una nueva opción de asiento una vez realizado el ensayo, se determinará si la zona libre alrededor del nuevo SIP se encuentra dentro de la envoltura establecida anteriormente. En caso contrario, deberá realizarse un nuevo ensayo.

1.6.4.3. El asiento opcional no se refiere a un asiento para una persona además del conductor y desde el que no se puede controlar el tractor. El SIP no se determinará, porque la definición de la zona libre se hace con respecto al asiento del conductor.

## 1.7. **Masa**

1.7.1. Masa sin lastre/carga

Masa del tractor sin accesorios opcionales pero con refrigerante, lubricantes, carburante, herramientas y la estructura de protección. No se incluyen las pesas opcionales delanteras o traseras, el lastre de los neumáticos, los aperos montados, el equipo montado o cualquier componente especial.

1.7.2. Masa máxima admisible

Masa máxima del tractor declarada por el fabricante como técnicamente admisible e inscrita en la placa de identificación del vehículo o en el manual de utilización.

1.7.3. Masa de referencia

Masa, seleccionada por el fabricante, utilizada en las fórmulas de cálculo de la altura de caída del bloque pendular, las entradas de energía y las fuerzas de aplastamiento que deben utilizarse en los ensayos. No deberá ser inferior a la masa sin lastre y deberá ser suficiente para garantizar que la relación de masa no exceda de 1,75 (véanse los puntos 1.7.4 y 2.1.3).

1.7.4. Relación de masa

La relación  $\left( \frac{\text{Masa máx. admisible}}{\text{Masa de referencia}} \right)$  no deberá ser superior a 1,75.

## 1.8. **Tolerancias admisibles en las medidas**

Dimensiones lineales:	± 3 mm
excepto:	
-- deformación de los neumáticos:	± 1 mm
-- deformación de la estructura durante las cargas horizontales:	± 1 mm
-- altura de caída del bloque pendular:	± 1 mm
Masas: ± 0,2 %	(de la
	escala completa del sensor)
Fuerzas:	± 0,1 %
	(de la escala completa)
Ángulos:	± 0,1°

## 1.9.

### *Símbolos*

$a_h$	(mm)	Mitad del ajuste horizontal del asiento.
$a_v$	(mm)	Mitad del ajuste vertical del asiento.
$B$	(mm)	Anchura total mínima del tractor.
$B_b$	(mm)	Anchura exterior máxima de la estructura de protección.
$D$	(mm)	Deformación de la estructura en el punto de impacto (ensayos dinámicos) o en el punto y en la dirección de aplicación de la carga (ensayos estáticos).
$D'$	(mm)	Deformación de la estructura en función de la energía necesaria calculada.
$E_a$	(J)	Energía de deformación absorbida en un punto al retirarse la carga. Zona situada dentro de la curva <b>F-D</b> .
$E_i$	(J)	Energía de deformación absorbida. Zona situada bajo la curva <b>F-D</b> .
$E'_i$	(J)	Energía de deformación absorbida tras la aplicación de una carga adicional después de una fisura o rotura.
$E''_i$	(J)	Energía de deformación absorbida durante el ensayo de sobrecarga cuando la carga se ha retirado antes del inicio del ensayo de sobrecarga. Zona situada bajo la curva <b>F-D</b> .
$E_{il}$	(J)	Entrada de energía que deberá absorberse durante la aplicación de carga longitudinal.
$E_{is}$	(J)	Entrada de energía que deberá absorberse durante la aplicación de carga lateral.
$F$	(N)	Fuerza de carga estática.
$F'$	(N)	Fuerza de carga con respecto a la energía necesaria calculada, correspondiente a $E'_i$ .
<b>F-D</b>		Diagrama de fuerza-deformación.
$F_i$	(N)	Fuerza aplicada en el elemento fijo rígido trasero.
$F_{max}$	(N)	Fuerza de carga estática máxima que interviene durante la aplicación de la carga, exceptuando la sobrecarga.
$F_v$	(N)	Fuerza de aplastamiento vertical.
$H$	(mm)	Altura de caída del bloque pendular (ensayos dinámicos).
$H'$	(mm)	Altura de caída del bloque pendular en ensayos adicionales (ensayos dinámicos).
$I$	(kg.m <sup>2</sup> )	Momento de inercia de referencia del tractor alrededor del eje central de las ruedas traseras, cualquiera que sea la masa de estas ruedas.
$L$	(mm)	Batalla de referencia del tractor.
$M$	(kg)	Masa de referencia del tractor durante los ensayos de resistencia.

## 2.

### **ÁMBITO DE APLICACIÓN**

#### 2.1.

El presente anexo se aplicará a los tractores que tengan las características siguientes:

##### 2.1.1.

altura libre sobre el suelo de un máximo de 600 mm bajo los puntos inferiores de los ejes delantero y trasero, teniendo en cuenta el diferencial;

##### 2.1.2.

ancho de vía mínimo fijo o regulable, inferior a 1 150 mm en el eje equipado con los neumáticos más grandes; se supone que el eje equipado con los neumáticos más anchos estará regulado para un ancho de vía máximo de 1 150 mm; el ancho de vía del otro eje deberá poder regularse de tal forma que los bordes exteriores de los neumáticos más estrechos no sobrepasen los bordes exteriores de los neumáticos del otro eje; en el caso de

que ambos ejes vayan equipados con llantas y neumáticos de iguales dimensiones, el ancho de vía fijo o regulable de ambos ejes deberá ser inferior a 1 150 mm;

- 2.1.3. masa superior a 400 kg pero inferior a 3 500 kg, correspondiente a la masa del tractor sin carga con la estructura de protección y los neumáticos de la mayor dimensión recomendada por el fabricante; la masa máxima admisible no deberá superar 5 250 kg y la relación de masa (masa máxima admisible-masa de referencia) no deberá ser superior a 1,75;
- 2.1.4. presencia de estructuras de protección del tipo con doble pilar montadas solo por delante del punto índice del asiento y caracterizadas por una zona libre reducida debido a la silueta del tractor, de ahí que sea desaconsejable, en cualquier circunstancia, obstaculizar el acceso al puesto de conducción pero merezca la pena mantener estas estructuras (plegadas o no) teniendo en cuenta su indudable facilidad de uso.
- 2.2. Se admite que puede haber diseños de tractores, por ejemplo máquinas forestales especiales como transportadores y arrastradores de madera, a los que no es aplicable el presente anexo.

## **B1 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO ESTÁTICO**

### **3. NORMAS Y DIRECTRICES**

#### **3.1. *Condiciones previas a los ensayos de resistencia***

##### **3.1.1. Realización de dos ensayos preliminares**

La estructura de protección solo se podrá someter a los ensayos de resistencia si ha superado el ensayo de estabilidad lateral y el ensayo de vuelco no continuo (véase el diagrama de flujo de la figura 6.3).

##### **3.1.2. Preparación de los ensayos preliminares**

3.1.2.1. El tractor estará provisto de una estructura de protección en posición de seguridad.

3.1.2.2. El tractor estará equipado con neumáticos del diámetro máximo indicado por el fabricante y la sección transversal más pequeña para neumáticos de ese diámetro. Los neumáticos no contendrán ningún lastre líquido y estarán inflados a la presión recomendada para el trabajo en el campo.

3.1.2.3. Las ruedas traseras estarán ajustadas al ancho de vía más estrecho y las ruedas delanteras estarán tan ajustadas como sea posible al mismo ancho de vía. En caso de existir dos posibilidades de ajuste de la vía delantera que se aparten por igual del ajuste más estrecho

de la vía trasera, deberá elegirse la más ancha de esas dos vías delanteras.

3.1.2.4. Todos los depósitos del tractor deberán estar llenos o los líquidos deberán sustituirse por una masa equivalente situada en el lugar correspondiente.

3.1.2.5. Se fijarán al tractor en la posición normal todos los accesorios utilizados en la producción en serie.

3.1.3. Ensayo de estabilidad lateral

3.1.3.1. El tractor, preparado como se indica anteriormente, se situará sobre un plano horizontal de forma que el pivote del eje delantero o, en caso de tractor articulado, el pivote horizontal situado entre los dos ejes, pueda moverse libremente.

3.1.3.2. Por medio de un gato o un torno, se inclinará la parte del tractor que esté acoplada rígidamente al eje que soporte más del 50 % del peso del tractor, y se medirá constantemente el ángulo de inclinación. Este ángulo deberá alcanzar un valor mínimo de 38° en el momento en el que el tractor esté en equilibrio inestable sobre las ruedas en contacto con el suelo. El ensayo se efectuará una vez con el volante bloqueado girado totalmente a la derecha y una vez con el volante bloqueado girado totalmente a la izquierda.

3.1.4. Ensayo de vuelco no continuo

3.1.4.1. Observaciones generales

El ensayo de vuelco no continuo tiene como finalidad comprobar si una estructura, instalada en el tractor para proteger al conductor, está en condiciones de impedir eficazmente que el tractor dé vueltas continuas en caso de que vuelque lateralmente en una pendiente del 1 por 1,5 (véase la figura 6.4).

El vuelco no continuo se demostrará por medio de uno de los dos métodos de ensayo descritos en los puntos 3.1.4.2 y 3.1.4.3.

3.1.4.2. Demostración de vuelco no continuo por medio del ensayo de vuelco

3.1.4.2.1. El ensayo de vuelco se realizará sobre un plano inclinado experimental de al menos cuatro metros de largo (véase la figura 6.4). La superficie de dicho plano estará recubierta de una capa de 18 cm de un material cuyo índice de penetración del cono, medido con arreglo a las normas ASAE S313.3 FEB1999 y ASAE EP542 FEB1999 relativas al penetrómetro cónico del suelo, tenga los valores siguientes:

$$A = 235 \pm 20$$

o

$$B = 335 \pm 20$$

3.1.4.2.2. El tractor (preparado según lo descrito en el punto 3.1.2) se volcará lateralmente con una

velocidad inicial nula. A tal fin, se situará al principio de la pendiente de ensayo de forma que las ruedas situadas del lado del declive reposen sobre la pendiente y que el plano mediano del tractor sea paralelo a las curvas de nivel. Tras golpear la superficie de la pendiente de ensayo, el tractor podrá elevarse sobre dicha superficie girando en torno a la esquina superior de la estructura de protección, pero no deberá rodar. Deberá caer de nuevo del lado que impactó en primer lugar.

### 3.1.4.3. Demostración de vuelco no continuo mediante cálculo

3.1.4.3.1. A fin de verificar el vuelco no continuo mediante cálculo, deberán determinarse los siguientes datos característicos del tractor (véase la figura 6.5):

<b>B<sub>0</sub></b>	(m)	Anchura de los neumáticos traseros.
<b>B<sub>6</sub></b>	(m)	Anchura de la estructura de protección entre los puntos de impacto izquierdo y derecho.
<b>B<sub>7</sub></b>	(m)	Anchura del capó.
<b>D<sub>0</sub></b>	(rad)	Ángulo de oscilación del eje delantero desde la posición cero hasta el tope.
<b>D<sub>2</sub></b>	(m)	Altura de los neumáticos delanteros a plena carga del eje.
<b>D<sub>3</sub></b>	(m)	Altura de los neumáticos traseros a plena carga del eje.
<b>H<sub>0</sub></b>	(m)	Altura del pivote del eje delantero.
<b>H<sub>1</sub></b>	(m)	Altura del centro de gravedad.
<b>H<sub>6</sub></b>	(m)	Altura en el punto de impacto.
<b>H<sub>7</sub></b>	(m)	Altura del capó.
<b>L<sub>2</sub></b>	(m)	Distancia horizontal entre el centro de gravedad y el eje delantero.
<b>L<sub>3</sub></b>	(m)	Distancia horizontal entre el centro de gravedad y el eje trasero.
<b>L<sub>6</sub></b>	(m)	Distancia horizontal entre el centro de gravedad y el punto de intersección delantero de la estructura de protección (irá precedida de un signo menos cuando este punto esté situado delante del plano que contiene el centro de gravedad).
<b>L<sub>7</sub></b>	(m)	Distancia horizontal entre el centro de gravedad y el ángulo delantero del capó.
<b>M<sub>c</sub></b>	(kg)	Masa del tractor utilizada para el cálculo.
<b>Q</b>	(kg.m <sup>2</sup> )	Momento de inercia en torno al eje longitudinal que pasa por el centro de gravedad.
<b>S</b>	(m)	Ancho de vía trasero.

La suma de la vía (**S**) y la anchura de los neumáticos (**B<sub>0</sub>**) deberá ser superior a la anchura **B<sub>6</sub>** de la estructura de protección.

3.1.4.3.2. A efectos de los cálculos, se podrán considerar las hipótesis simplificadas siguientes:

3.1.4.3.2.1. el tractor parado se volcará en una pendiente de 1 por 1,5 con un eje delantero equilibrado tan pronto como el centro de gravedad se sitúe a la vertical sobre el eje de rotación;

3.1.4.3.2.2. el eje de rotación será paralelo al eje longitudinal del tractor y pasará por el centro de las superficies de contacto de las ruedas delantera y trasera situadas del lado del declive;

3.1.4.3.2.3. el tractor no se deslizará por la pendiente;

3.1.4.3.2.4. el impacto en la pendiente será parcialmente elástico, con un coeficiente de elasticidad de:

$$U = 0,2$$

3.1.4.3.2.5 la profundidad de penetración en la pendiente y la deformación de la estructura de protección sumarán en total:

$$T = 0,2 \text{ m}$$

3.1.4.3.2.6 ningún otro componente del tractor penetrará en la pendiente.

3.1.4.3.3. El programa informático (BASIC<sup>(4)</sup>) para determinar el comportamiento de vuelco continuo o no continuo de un tractor de vía estrecha equipado con una estructura de protección montada en su parte delantera, en caso de vuelco lateral, se encuentra en la sección B4, que comprende también los ejemplos 6.1 a 6.11.

3.1.5. Métodos de medición

3.1.5.1. Distancias horizontales entre el centro de gravedad y los ejes trasero ( $L_3$ ) o delantero ( $L_2$ )

Se medirá la distancia entre los ejes trasero y delantero a ambos lados del tractor a fin de verificar la ausencia de oblicuidad de las ruedas delanteras.

Las distancias entre el centro de gravedad y el eje trasero ( $L_3$ ) o el eje delantero ( $L_2$ ) se calcularán en función de la distribución de la masa del tractor entre las ruedas traseras y las delanteras.

3.1.5.2. Altura de los neumáticos traseros ( $D_3$ ) y delanteros ( $D_2$ )

Se medirá la distancia desde el punto más alto del neumático al suelo (véase la figura 6.5); se utilizará el mismo método para los neumáticos traseros y los delanteros.

3.1.5.3. Distancia horizontal entre el centro de gravedad y el punto de intersección delantero de la estructura de protección ( $L_6$ )

Se medirá la distancia entre el centro de gravedad y el punto de intersección delantero de la estructura de protección (véanse las figuras 6.6.a, 6.6.b y 6.6.c). Si la estructura de protección está delante del plano que contiene el centro de gravedad, la medida obtenida irá precedida de un signo menos ( $-L_6$ ).

3.1.5.4. Anchura de la estructura de protección ( $B_6$ )

Se medirá la distancia entre los puntos de impacto a la izquierda y a la derecha de los dos postes verticales de la estructura.

El punto de impacto estará definido por el plano tangente a la estructura de protección que pasa por la línea que une los puntos exteriores superiores de los neumáticos delantero y trasero (véase la figura 6.7).

3.1.5.5. Altura de la estructura de protección ( $H_6$ )

Se medirá la distancia vertical entre el punto de impacto de la estructura y el plano del suelo.

3.1.5.6. Altura del capó ( $H_7$ )

Se medirá la distancia vertical entre el punto de impacto del capó y el plano del suelo.

El punto de impacto estará definido por el plano tangente al capó y la estructura de protección que pasa por los puntos exteriores superiores del neumático delantero (véase la figura 6.7). Esta medida se tomará a ambos lados del capó.

3.1.5.7. Anchura del capó ( $B_7$ )

Se medirá la distancia entre los dos puntos de impacto del capó definidos anteriormente.

3.1.5.8. Distancia horizontal entre el centro de gravedad y el ángulo delantero del capó ( $L_7$ )

Se medirá la distancia entre el punto de impacto del capó, definido anteriormente, y el centro de gravedad.

3.1.5.9. Altura del punto de pivote del eje delantero ( $H_0$ )

La distancia vertical entre el centro del punto de pivote del eje delantero y el centro del eje de los neumáticos delanteros ( $H_{01}$ ) estará incluida en el informe técnico del fabricante y se verificará.

Se medirá la distancia vertical entre el centro del eje de los neumáticos delanteros y el plano del suelo ( $H_{02}$ ) (véase la figura 6.8).

La altura del pivote del eje delantero ( $H_0$ ) es la suma de los dos valores anteriores.

3.1.5.10. Ancho de vía trasero ( $S$ )

Se medirá el ancho de vía trasero mínima con neumáticos del tamaño más grande, según las especificaciones del fabricante (véase la figura 6.9).

3.1.5.11. Anchura de los neumáticos traseros ( $B_0$ )

Se medirá la distancia entre los planos verticales exterior e interior de un neumático trasero en su parte superior (véase la figura 6.9).

3.1.5.12. Ángulo de oscilación del eje delantero ( $D_0$ )

Se medirá, a ambos lados del eje delantero, el ángulo de oscilación máximo de dicho eje desde la posición horizontal a la oscilación máxima, teniendo en cuenta cualquier amortiguador de fin de carrera. Se utilizará el ángulo máximo medido.

3.1.5.13. Masa del tractor

La masa del tractor se determinará con arreglo a las condiciones especificadas en el punto 1.7.1.

**3.2. *Condiciones de los ensayos de resistencia de las estructuras de protección y de su fijación al tractor***

**3.2.1. Requisitos generales**

3.2.1.1. Finalidad de los ensayos

Los ensayos en los que se utilizan dispositivos especiales están destinados a simular las cargas impuestas a la estructura de protección en caso de vuelco del tractor. Dichos ensayos permitirán evaluar la resistencia de la estructura de protección, de sus fijaciones al tractor y de cualquier parte del tractor que transmita la carga de ensayo.

3.2.1.2. Métodos de ensayo

Los ensayos podrán realizarse con arreglo al procedimiento estático o al procedimiento dinámico (véase el anexo A). Ambos métodos se consideran equivalentes.

3.2.1.3. Disposiciones generales sobre la preparación de los ensayos

3.2.1.3.1. La estructura de protección deberá responder a las especificaciones de la producción en serie. Se fijará, siguiendo el método recomendado por el fabricante, a uno de los tractores para los que haya sido diseñada.

**Nota:** En el ensayo de resistencia estático no será necesario disponer de un tractor completo, pero la estructura de protección y las partes del tractor a las que se fije deberán constituir una instalación operativa, en lo sucesivo denominada «el conjunto».

3.2.1.3.2. En el ensayo de resistencia, tanto estático como dinámico, el tractor dotado de la estructura (o el conjunto) deberá estar equipado con todos los componentes de producción en serie que puedan afectar a la resistencia de la estructura de protección, o que puedan ser necesarios para el ensayo de resistencia.

Los componentes que pudieran ocasionar peligro en la zona libre también deberán estar presentes en el tractor (o en el conjunto) para que puedan examinarse a fin de verificar el cumplimiento de las condiciones de aceptación establecidas en el punto 3.2.3.

Deberán suministrarse, o describirse en dibujos, todos los componentes del tractor o de la estructura de protección, con inclusión de los componentes de protección contra la intemperie.

3.2.1.3.3. En los ensayos de resistencia deberán retirarse todos los paneles y los componentes amovibles no estructurales, a fin de que no puedan contribuir a reforzar la estructura de protección.

3.2.1.3.4. El ancho de vía se regulará de tal modo que, en la medida de lo posible, los neumáticos no soporten la estructura de protección durante los ensayos de resistencia. Si estos ensayos se realizan siguiendo el procedimiento estático, se podrán retirar las ruedas.

## 3.2.2. Ensayos

3.2.2.1. Secuencia de ensayos según el procedimiento estático

La secuencia de ensayos, sin perjuicio de los ensayos adicionales mencionados en los puntos 3.3.1.6 y 3.3.1.7, será la siguiente:

- 1) **carga en la parte trasera de la estructura**  
(véase el punto 3.3.1.1);
- 2) **aplastamiento en la parte trasera**  
(véase el punto 3.3.1.4);
- 3) **carga en la parte delantera de la estructura**  
(véase el punto 3.3.1.2);
- 4) **carga en la parte lateral de la estructura**  
(véase el punto 3.3.1.3);
- 5) **aplastamiento en la parte delantera de la estructura**  
(véase el punto 3.3.1.5).

3.2.2.2. Requisitos generales

3.2.2.2.1. Si cualquier parte del dispositivo de retención del tractor se rompe o se desplaza durante el ensayo, este deberá reiniciarse.

3.2.2.2.2. Durante los ensayos no podrán efectuarse reparaciones o ajustes en el tractor ni en la estructura de protección.

3.2.2.2.3. Durante los ensayos, la caja de cambios del tractor estará en punto muerto y los frenos estarán desactivados.

- 3.2.2.2.4. Si el tractor está equipado con un sistema de suspensión entre el chasis y las ruedas, dicho sistema deberá bloquearse durante los ensayos.
- 3.2.2.2.5. El lado elegido para la aplicación de la primera carga en la parte trasera de la estructura de protección será el que, en opinión de las autoridades encargadas del ensayo, dé lugar a la aplicación de la serie de cargas en las condiciones más desfavorables para la estructura de protección. La carga lateral y la carga trasera se aplicarán a ambos lados del plano mediano longitudinal de la estructura de protección. La carga delantera se aplicará en el mismo lado del plano mediano longitudinal de la estructura de protección que la carga lateral.
- 3.2.3. **Condiciones de aceptación**
- 3.2.3.1. Se considerará que una estructura de protección se ajusta a los requisitos de resistencia si cumple las condiciones siguientes:
- 3.2.3.1.1. Después de cada ensayo parcial no deberá presentar fisuras o roturas como las que se describen en el punto 3.3.2.1.
- 3.2.3.1.2. Si durante uno de los ensayos de aplastamiento aparecen fisuras o roturas significativas, se efectuará un ensayo adicional, de acuerdo con el punto 3.3.1.7, inmediatamente después del aplastamiento que causó las mencionadas fisuras o roturas.
- 3.2.3.1.3. Durante los ensayos distintos del ensayo de sobrecarga, ninguna parte de la estructura de protección podrá penetrar en la zona definida en el punto 1.6.
- 3.2.3.1.4. Durante los ensayos distintos del ensayo de sobrecarga, la estructura de protección deberá proteger todas las partes de la zona libre, de conformidad con el punto 3.3.2.2.
- 3.2.3.1.5. Durante los ensayos, la estructura de protección no deberá ejercer ninguna fuerza sobre la estructura del asiento.
- 3.2.3.1.6. La deformación elástica, medida de conformidad con el punto 3.3.2.4, deberá ser inferior a 250 mm.
- 3.2.3.2. No habrá accesorios que supongan un peligro para el conductor. Tampoco habrá partes ni accesorios salientes que puedan herir al conductor en caso de vuelco del tractor, ni accesorios o partes que, debido a las deformaciones de la estructura, pudieran aprisionarlo, por ejemplo por la pierna o el pie.
- 3.2.4. [No se aplica]
- 3.2.5. Aparato y equipo de ensayo
- 3.2.5.1. Dispositivo de ensayo estático
- 3.2.5.1.1. El dispositivo de ensayo estático deberá permitir la aplicación de empujes o cargas sobre la estructura de protección.
- 3.2.5.1.2. La carga deberá poder distribuirse de forma uniforme perpendicularmente a la dirección en que se aplica, a lo largo del patín de una viga cuya longitud sea un múltiplo exacto de 50 y esté comprendida entre 250 y 700 mm. La cara vertical de la viga rígida medirá 150 mm. Los bordes de la viga que estén en contacto con la estructura de protección estarán curvados con un radio máximo de 50 mm.
- 3.2.5.1.3. El cojinete deberá poder adaptarse a cualquier ángulo con respecto a la dirección de carga a fin de facilitar el seguimiento de las variaciones angulares de la superficie de la estructura que soporte la carga a medida que la estructura se vaya deformando.
- 3.2.5.1.4. Dirección de la fuerza (desviación respecto a la horizontal y la vertical)

- al comienzo del ensayo, con una carga nula:  $\pm 2^\circ$ ;
  - durante el ensayo, con carga:  $10^\circ$  por encima y  $20^\circ$  por debajo de la horizontal; estas variaciones deberán limitarse al mínimo posible.
- 3.2.5.1.5. La velocidad de deformación será lo suficientemente lenta, inferior a 5 mm/s, para que la carga pueda considerarse en todo momento estática.
- 3.2.5.2. Aparatos de medición de la energía absorbida por la estructura
- 3.2.5.2.1. Se trazará la curva de fuerza-deformación para determinar la energía absorbida por la estructura. No será necesario medir la fuerza y la deformación en el punto de aplicación de la carga sobre la estructura; no obstante, la fuerza y la deformación se medirán de forma simultánea y colineal.
- 3.2.5.2.2. Se escogerá el punto de origen de las mediciones de la deformación de forma que solo se tengan en cuenta la energía absorbida por la estructura y/o la deformación de determinadas partes del tractor. No se tendrán en cuenta ni la energía absorbida por la deformación ni el deslizamiento del anclaje.
- 3.2.5.3. Métodos de anclaje del tractor al suelo
- 3.2.5.3.1. En una base resistente próxima al dispositivo de ensayo se fijarán rígidamente unos raíles de anclaje que presenten el ancho de vía exigido y que cubran la superficie necesaria para amarrar el tractor en todos los casos ilustrados.
- 3.2.5.3.2. El tractor se anclará a los raíles por cualquier medio adecuado (placas, calzos, cables, gatos, etc.) para que no se pueda mover durante los ensayos. Se comprobará la inmovilidad del tractor durante el desarrollo del ensayo por medio de los dispositivos habituales de medición de longitudes.
- En caso de que el tractor se desplace, se repetirá íntegramente el ensayo, salvo que el sistema de medición de la deformación utilizado para trazar la curva de fuerza-deformación esté conectado al tractor.
- 3.2.5.4. Dispositivo de aplastamiento
- Un dispositivo como el ilustrado en la figura 6.10 deberá poder ejercer una fuerza hacia abajo sobre una estructura de protección mediante una viga rígida de unos 250 mm de ancho unida al mecanismo de aplicación de la carga por juntas universales. Se colocarán soportes adecuados bajo los ejes para que los neumáticos del tractor no soporten la fuerza de aplastamiento.
- 3.2.5.5. Otros aparatos de medición
- Se precisan también los siguientes dispositivos de medición:
- 3.2.5.5.1. un dispositivo de medición de la deformación elástica (diferencia entre la deformación instantánea máxima y la deformación permanente; véase la figura 6.11);
- 3.2.5.5.2. un dispositivo para controlar que la estructura de protección no haya penetrado en la zona libre y que esta se haya mantenido dentro del espacio de protección de la estructura durante el ensayo (véase el punto 3.3.2.2).
- 3.3. Procedimiento de ensayo estático**
- 3.3.1. Ensayos de carga y aplastamiento
- 3.3.1.1. Carga en la parte trasera
- 3.3.1.1.1. La carga se aplicará horizontalmente en un plano vertical paralelo al plano mediano del

tractor.

El punto de aplicación de la carga estará situado en la parte de la estructura de protección, normalmente el borde superior, que probablemente golpearía el suelo en primer lugar si el tractor volcara hacia atrás. El plano vertical en el que se aplique la carga se situará a una distancia equivalente a 1/6 de la anchura de la parte superior de la estructura de protección medida hacia el interior a partir del plano vertical, paralelo al plano mediano del tractor, que está en contacto con la extremidad exterior de la parte superior de la estructura de protección.

Si la estructura es curvilínea o saliente en ese punto, se añadirán cuñas para que se le pueda aplicar la carga, sin que ello refuerce la estructura.

3.3.1.1.2. El conjunto se amarrará al suelo como se describe en el punto 3.2.6.3.

3.3.1.1.3. La energía absorbida por la estructura de protección durante el ensayo deberá ser, como mínimo, la siguiente:

$$E_{i1} = 500 + 0,5 M$$

3.3.1.1.4. La misma fórmula será aplicable a los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles).

3.3.1.2. Carga en la parte delantera

3.3.1.2.1. La carga se aplicará horizontalmente, en un plano vertical paralelo al plano mediano del tractor y situado a una distancia equivalente a 1/6 de la anchura de la parte superior de la estructura de protección medida hacia el interior a partir del plano vertical, paralelo al plano mediano del tractor, que está en contacto con la extremidad exterior de la parte superior de la estructura de protección.

El punto de aplicación de la carga estará situado en la parte de la estructura de protección, normalmente su borde superior, que probablemente golpearía el suelo en primer lugar si el tractor volcara lateralmente mientras circula hacia delante.

Si la estructura es curvilínea o saliente en ese punto, se añadirán cuñas para que se le pueda aplicar la carga, sin que ello refuerce la estructura.

3.3.1.2.2. El conjunto se amarrará al suelo como se describe en el punto 3.2.5.3.

3.3.1.2.3. La energía absorbida por la estructura de protección durante el ensayo deberá ser, como mínimo, la siguiente:

$$E_{i1} = 500 + 0,5 M$$

3.3.1.2.4. En los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles), la energía equivaldrá al valor más alto de los obtenidos mediante la fórmula anterior o la seleccionada entre las siguientes:

$$E_{i1} = 2,165 \times 10^{-7} M \times L^2$$

o

$$E_{i1} = 0,574 I$$

3.3.1.3. Carga lateral

3.3.1.3.1. La carga lateral se aplicará horizontalmente, en un plano vertical perpendicular al plano mediano del tractor. El punto de aplicación de la carga estará situado en la parte de la estructura de protección, normalmente el borde superior, que probablemente golpearía el suelo en primer lugar si el tractor volcara lateralmente.

3.3.1.3.2. El conjunto se amarrará al suelo como se describe en el punto 3.2.5.3.

3.3.1.3.3. La energía absorbida por la estructura de protección durante el ensayo deberá ser, como mínimo, la siguiente:

$$E_{i s} = 1,75 M(B_6+B) / 2B$$

3.3.1.3.4. En los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles), la energía equivaldrá al valor más alto de los obtenidos mediante la fórmula anterior o la fórmula siguiente:

$$E_{is} = 1,75 M$$

3.3.1.4. Aplastamiento en la parte trasera

La viga se colocará sobre el elemento o los elementos estructurales traseros más elevados de la estructura de protección, y la resultante de las fuerzas de aplastamiento se situará en el plano mediano del tractor. Se aplicará una fuerza  $F_v$ , donde:

$$F_v = 20 M$$

Esta fuerza  $F_v$  se mantendrá durante cinco segundos después de que cese todo movimiento de la estructura de protección perceptible visualmente.

Si la parte trasera del techo de la estructura de protección no puede soportar toda la fuerza de aplastamiento, la fuerza se aplicará hasta que el techo se deforme hasta coincidir con el plano que une la parte superior de la estructura de protección con la parte de la parte trasera del tractor capaz de soportar el tractor volcado.

Dejará entonces de aplicarse la fuerza y la viga de aplastamiento se recolocará encima de la parte de la estructura de protección que soportaría el tractor completamente volcado. A continuación, se aplicará de nuevo la fuerza de aplastamiento  $F_v$ .

3.3.1.5. Aplastamiento en la parte delantera

La viga se colocará sobre el elemento o los elementos estructurales delanteros más elevados de la estructura de protección, y la resultante de las fuerzas de aplastamiento se situará en el plano mediano del tractor. Se aplicará una fuerza  $F_v$ , donde:

$$F_v = 20 M$$

Esta fuerza  $F_v$  se mantendrá durante cinco segundos después de que cese todo movimiento de la estructura de protección perceptible visualmente.

Si la parte delantera del techo de la estructura de protección no puede soportar toda la fuerza de aplastamiento, la fuerza se aplicará hasta que el techo se deforme hasta coincidir con el plano que une la parte superior de la estructura de protección con la parte de la parte delantera del tractor capaz de soportar el tractor volcado.

Dejará entonces de aplicarse la fuerza y la viga de aplastamiento se recolocará encima de la parte de la estructura de protección que soportaría el tractor completamente volcado. A continuación, se aplicará de nuevo la fuerza de aplastamiento  $F_v$ .

3.3.1.6. Ensayo de sobrecarga adicional (figuras 6.14 a 6.16)

Se llevará a cabo un ensayo de sobrecarga en todos los casos en los que la fuerza disminuya en más de un 3 % durante el último 5 % de la deformación alcanzada cuando la energía necesaria es absorbida por la estructura (véase la figura 6.15).

El ensayo de sobrecarga implica un aumento gradual de la carga horizontal con incrementos del 5 % de la energía inicial necesaria hasta un máximo del 20 % de energía

añadida (véase la figura 6.16).

El ensayo de sobrecarga será satisfactorio si, tras cada incremento del 5 %, del 10 % o del 15 % de la energía necesaria, la fuerza disminuye menos del 3 % durante un incremento del 5 % y se mantiene superior a  $0,8 F_{\max}$ .

El ensayo de sobrecarga será satisfactorio si, después de que la estructura haya absorbido el 20 % de la energía añadida, la fuerza es superior a  $0,8 F_{\max}$ .

Durante el ensayo de sobrecarga se permitirán fisuras o roturas adicionales o la penetración en la zona libre —o la ausencia de protección de dicha zona—, como consecuencia de una deformación elástica. No obstante, una vez retirada la carga, la estructura no deberá penetrar en la zona libre, que deberá estar totalmente protegida.

#### 3.3.1.7. Ensayos de aplastamiento adicionales

Si en el transcurso de un ensayo de aplastamiento aparecen fisuras o roturas que no pueden considerarse insignificantes, se procederá a un segundo ensayo de aplastamiento similar, pero con una fuerza de  $1,2 F_v$ , inmediatamente después del ensayo de aplastamiento que causó las mencionadas fisuras o roturas.

#### 3.3.2. Mediciones que deberán efectuarse

##### 3.3.2.1. Roturas y fisuras

Después de cada ensayo se examinarán visualmente todos los elementos estructurales, las juntas y los sistemas de fijación para detectar posibles roturas o fisuras; no se tendrán en cuenta pequeñas fisuras que pudieran aparecer en elementos no esenciales.

##### 3.3.2.2. Penetración en la zona libre

En cada ensayo se examinará la estructura de protección para ver si alguna de sus partes ha penetrado en la zona libre definida en el punto 1.6.

Además, la zona libre no deberá quedar fuera del espacio de protección de la estructura de protección. A tal efecto, se considerará fuera del espacio de protección de la estructura de protección cualquier parte de dicha zona que entraría en contacto con el suelo plano si el tractor volcara en la dirección opuesta a la de aplicación de la carga de ensayo. Para estimar esta situación, los neumáticos delanteros y traseros y el ancho de vía se ajustarán al tamaño estándar más pequeño especificado por el fabricante.

##### 3.3.2.3. Ensayo del elemento fijo rígido trasero

Si el tractor está equipado con una pieza rígida, una caja o cualquier otro elemento fijo rígido situado detrás del asiento del conductor, se considerará que ese elemento constituye un punto de protección en caso de vuelco lateral o hacia atrás. Dicho elemento fijo rígido situado detrás del asiento del conductor deberá poder soportar, sin romperse y sin penetrar en la zona libre, una fuerza descendente  $F_i$ , donde

$$F_i = 15 M,$$

aplicada perpendicularmente sobre la parte superior del marco en el plano central del tractor. El ángulo inicial de aplicación de la fuerza será de  $40^\circ$ , calculados desde una línea paralela al suelo, como muestra la figura 6.12. Esta pieza rígida tendrá una anchura mínima de 500 mm (véase la figura 6.13).

Además, tendrá la rigidez suficiente y estará sólidamente sujeta a la parte trasera del tractor.

##### 3.3.2.4. Deformación elástica bajo una carga lateral

La deformación elástica se medirá  $(810 + av)$  mm por encima del punto índice del asiento, en el plano vertical de aplicación de la carga. Para esta medición se utilizará un aparato

similar al ilustrado en la figura 6.11.

#### 3.3.2.5. Deformación permanente

Después del último ensayo de aplastamiento, se registrará la deformación permanente de la estructura de protección. A tal fin, antes del comienzo del ensayo, se utilizará la posición de los principales elementos de la estructura de protección con respecto al punto índice del asiento.

### 3.4. *Extensión a otros modelos de tractor*

#### 3.4.1. [No se aplica]

#### 3.4.2. Extensión técnica

En caso de efectuarse modificaciones técnicas en el tractor, en la estructura de protección o en el método de fijación de esta estructura al tractor, el centro de ensayos que haya llevado a cabo el ensayo original podrá emitir un «informe de extensión técnica», siempre que el tractor y la estructura de protección hayan superado los ensayos preliminares de estabilidad lateral y vuelco no continuo definidos en los puntos 3.1.3 y 3.1.4 y que el elemento fijo rígido trasero descrito en el punto 3.3.2.3, si está instalado, haya sido sometido a ensayo con arreglo al procedimiento descrito en este punto (con excepción del punto 3.4.2.2.4) en los siguientes casos:

#### 3.4.2.1. Extensión de los resultados de los ensayos estructurales a otros modelos de tractor

No es preciso efectuar los ensayos de impacto y aplastamiento en cada modelo de tractor, siempre que tanto la estructura de protección como el tractor cumplan los requisitos establecidos a continuación en los puntos 3.4.2.1.1 a 3.4.2.1.5.

##### 3.4.2.1.1. La estructura (incluido el elemento fijo rígido trasero) será idéntica a la sometida a ensayo.

##### 3.4.2.1.2. La energía necesaria no sobrepasará en más de un 5 % la energía calculada para el ensayo original.

##### 3.4.2.1.3. Tanto el método de fijación como los componentes del tractor que sirvan de soporte a esta fijación serán idénticos.

##### 3.4.2.1.4. Todos los componentes, tales como los guardabarros y el capó, que puedan servir de soporte a la estructura de protección, serán idénticos.

##### 3.4.2.1.5. La posición y las dimensiones críticas del asiento en la estructura de protección y la posición relativa de esta estructura en el tractor serán las que permitirían a la zona libre permanecer dentro del espacio de protección de la estructura deformada a lo largo de todos los ensayos (para controlar este punto, se utilizará la misma referencia de la zona libre que en el informe de ensayo original, es decir, el punto de referencia del asiento [SRP] o el punto índice del asiento [SIP], respectivamente).

#### 3.4.2.2. Extensión de los resultados de los ensayos estructurales a modelos modificados de la estructura de protección

Debe seguirse este procedimiento en caso de que no se cumplan las disposiciones del punto 3.4.2.1; no será aplicable si el método de fijación de la estructura de protección al tractor no sigue el mismo principio (por ejemplo, sustitución de soportes de caucho por un sistema de suspensión):

##### 3.4.2.2.1. Modificaciones que no influyen en los resultados del ensayo inicial (por ejemplo, la soldadura de la placa de montaje de un accesorio en un punto no crítico de la estructura), o adición de asientos con un SIP en otra posición en la estructura de protección (si en el control se verifica que la nueva o las nuevas zonas libres permanecen dentro del espacio

de protección de la estructura deformada durante todos los ensayos).

3.4.2.2.2. Modificaciones que pueden influir en los resultados del ensayo original sin cuestionar la admisibilidad de la estructura de protección (por ejemplo, modificación de un componente estructural o del método de fijación de la estructura de protección al tractor). Se puede llevar a cabo un ensayo de validación cuyos resultados se introducirán en el informe de extensión.

Los límites de este tipo de extensión son los siguientes:

3.4.2.2.2.1. no se aceptarán más de cinco extensiones sin un ensayo de validación;

3.4.2.2.2.2. los resultados del ensayo de validación solo se aceptarán para una extensión si se cumplen todas las condiciones de aceptación del presente anexo y:

- la deformación medida después de cada ensayo de impacto no difiere en más de  $\pm 7\%$  (en los ensayos dinámicos) de la deformación medida después de cada ensayo de impacto y consignada en el informe de ensayo original;
- la fuerza medida al alcanzar el nivel de energía requerido durante los diferentes ensayos de carga horizontal no difiere en más de  $\pm 7\%$  de la fuerza medida al alcanzar el nivel de energía requerido en el ensayo original y la deformación medida<sup>(4)</sup> al alcanzar el nivel de energía requerido durante los diferentes ensayos de carga horizontal no difiere en más de  $\pm 7\%$  (en los ensayos estáticos) de la deformación medida al alcanzar el nivel de energía requerido y consignada en el informe de ensayo original.

3.4.2.2.2.3. un mismo informe de extensión podrá incluir más de una modificación de la estructura de protección, siempre que las modificaciones representen diferentes opciones de la misma estructura de protección, pero solo podrá incluir un ensayo de validación. Las opciones no sometidas a ensayo se describirán en una sección específica del informe de extensión.

3.4.2.2.3. Incremento de la masa de referencia declarada por el fabricante para una estructura de protección que ya ha sido sometida a ensayo. Si el fabricante desea conservar el mismo número de homologación, se podrá emitir un informe de extensión una vez realizado un ensayo de validación (en ese caso, no serán aplicables los límites de  $\pm 7\%$  especificados en el punto 3.4.2.2.2.2).

3.4.2.2.4. Modificación del elemento rijo rígido trasero o adición de un elemento fijo rígido trasero nuevo. Deberá verificarse que la zona libre permanece en el espacio de protección de la estructura deformada durante todos los ensayos, teniendo en cuenta el elemento fijo rígido trasero nuevo o modificado. El elemento fijo rígido trasero se validará mediante el ensayo descrito en el punto 3.3.2.3 y los resultados del ensayo se incluirán en el informe de extensión.

3.5. [No se aplica]

### 3.6. ***Comportamiento de las estructuras de protección a bajas temperaturas***

3.6.1. Si se declara que la estructura de protección tiene propiedades de resistencia a la fragilización por las bajas temperaturas, el fabricante proporcionará la información necesaria, que se incluirá en el informe.

3.6.2. Los requisitos y procedimientos siguientes tienen como finalidad conferir dureza y resistencia a la rotura por fragilidad a bajas temperaturas. Se sugiere verificar el cumplimiento de los requisitos mínimos siguientes de los materiales para determinar la adecuación de las estructuras de protección a temperaturas de funcionamiento reducidas en los países que requieran esta protección de funcionamiento suplementaria.

- 3.6.2.1. Se verificará que los pernos y las tuercas que se utilicen para fijar la estructura de protección al tractor y para conectar las partes estructurales de la estructura de protección tengan las adecuadas propiedades de tenacidad a bajas temperaturas.
- 3.6.2.2. Todos los electrodos de soldadura utilizados en la fabricación de elementos estructurales y de montaje deberán ser compatibles con los materiales de la estructura de protección descritos en el punto 3.6.2.3.
- 3.6.2.3. Los materiales de acero utilizados en los elementos estructurales de la estructura de protección serán de material de tenacidad verificada que cumpla los requisitos mínimos de energía del impacto Charpy con entalla en V indicados en el cuadro 6.1. La clase y la calidad del acero se especificarán con arreglo a la norma ISO 630:1995.
- Se considera que el acero con un espesor de laminado bruto inferior a 2,5 mm y un contenido de carbono inferior a un 0,2 % cumple este requisito.
- Los elementos estructurales de la estructura de protección fabricados a partir de materiales distintos del acero deberán ofrecer una resistencia al impacto a bajas temperaturas equivalente.
- 3.6.2.4. Durante el ensayo sobre los requisitos de energía del impacto Charpy con entalla en V, el tamaño de la probeta será, como mínimo, igual al mayor tamaño indicado en el cuadro 6.1 que permita el material.
- 3.6.2.5. Los ensayos Charpy con entalla en V se efectuarán de conformidad con el procedimiento descrito en la norma ASTM A 370-1979, excepto por lo que se refiere al tamaño de las probetas, que deberá ajustarse al tamaño indicado en el cuadro 6.1.
- 3.6.2.6. Como alternativa a este procedimiento, se podrá utilizar acero calmado o semicalmado, del que se facilitarán las especificaciones adecuadas. La clase y la calidad del acero se especificarán con arreglo a la norma ISO 630:1995, Amd 1:2003.
- 3.6.2.7. Las muestras deberán ser longitudinales y tomarse de pletinas o secciones tubulares o estructurales antes de darles forma o soldarlas para su uso en la estructura de protección. Las probetas de secciones tubulares o estructurales deberán extraerse de la parte central del lado de mayores dimensiones y no incluirán soldaduras.

Tamaño de la probeta	Energía a	Energía a
	- 30 °C	- 20 °C
mm	J	J <sup>b)</sup>
10 x 10 <sup>a)</sup>	11	27,5
10 x 9	10	25
10 x 8	9,5	24
10 x 7,5 <sup>a)</sup>	9,5	24
10 x 7	9	22,5
10 x 6,7	8,5	21
10 x 6	8	20

10 x 5 <sup>a)</sup>	7,5	19
10 x 4	7	17,5
10 x 3,5	6	15
10 x 3	6	15
10 x 2,5 <sup>a)</sup>	5,5	14

Cuadro 6.1

**Energías mínimas de impacto Charpy con entalla en V**

a) Indica el tamaño preferido. El tamaño de la probeta será, como mínimo, equivalente al mayor tamaño preferido que permita el material.

b) El requisito de energía a – 20 °C equivale a 2,5 veces el valor especificado para – 30 °C. Otros factores influyen en la resistencia a la energía de impacto, a saber, la dirección del laminado, el límite de elasticidad, la orientación del grano y la soldadura. Estos factores deben tenerse en cuenta a la hora de elegir y utilizar el acero.

3.7. [No se aplica]

Figura 6.1

Zona libre

Dimensiones en mm

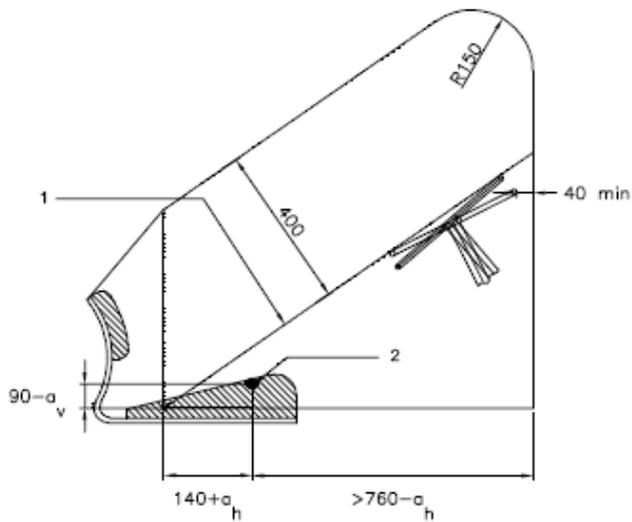


Figura 6.1.a  
Vista lateral

Corte transversal del plano de referencia

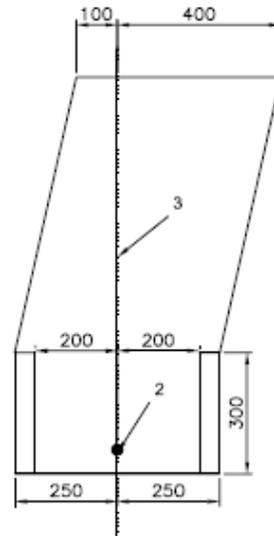


Figura 6.1.b  
Vista posterior

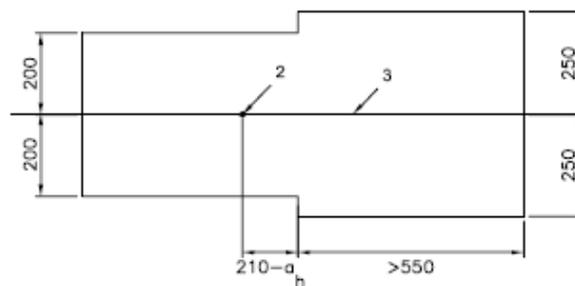


Figura 6.1.c  
Vista desde arriba

1. Línea de referencia
2. Punto índice del asiento.
3. Plano de referencia.

Figura 6.2

**Zona libre de los tractores con asiento y volante reversibles**

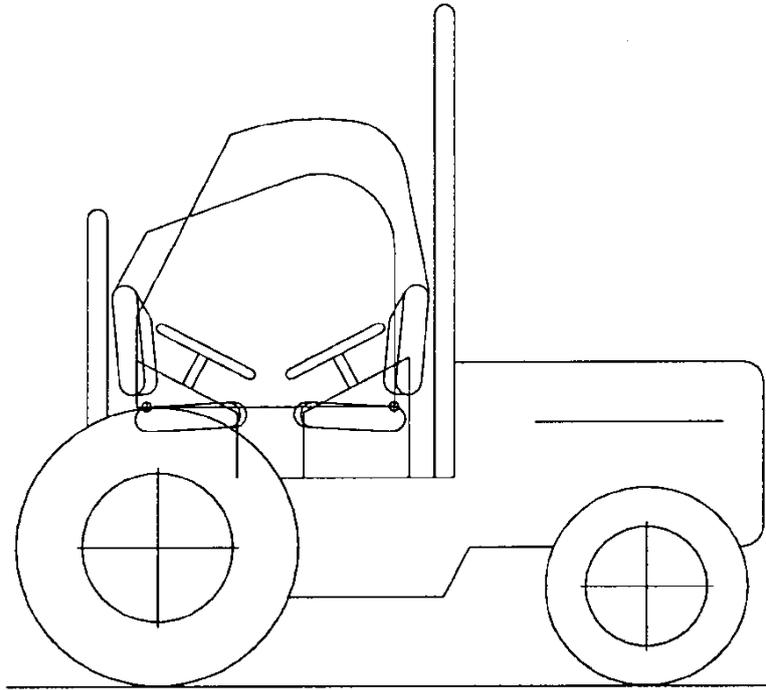
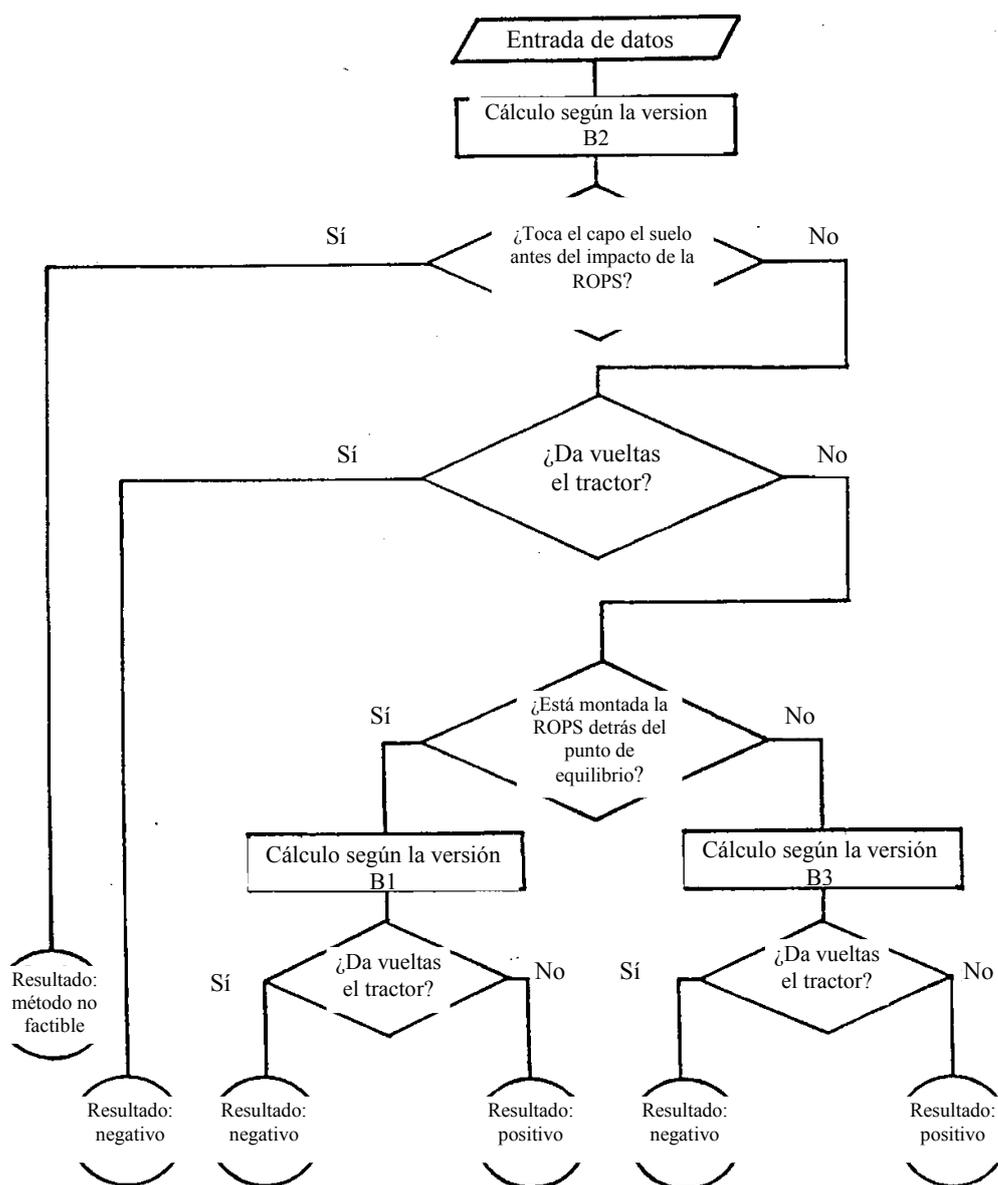


Figura 6.3

**Diagrama de flujo para determinar el comportamiento de vuelco continuo de un tractor que vuelca lateralmente equipado con una estructura de protección en caso de vuelco (ROPS) montada en su parte delantera**



Versión B1 : Punto de impacto de la ROPS situado detrás del punto de equilibrio longitudinal inestable

Versión B2: Punto de impacto de la ROPS situado cerca del punto de equilibrio longitudinal inestable

Versión B3: Punto de impacto de la ROPS situado delante del punto de equilibrio longitudinal inestable

Figura 6.4

Dispositivo de ensayo de las propiedades antivuelco en una pendiente de 1 por 1,5

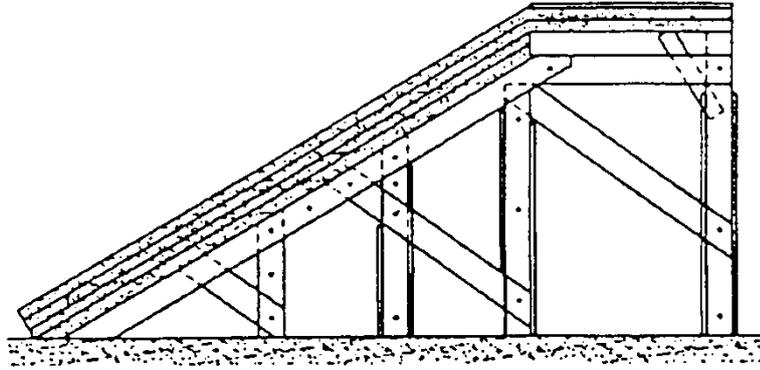
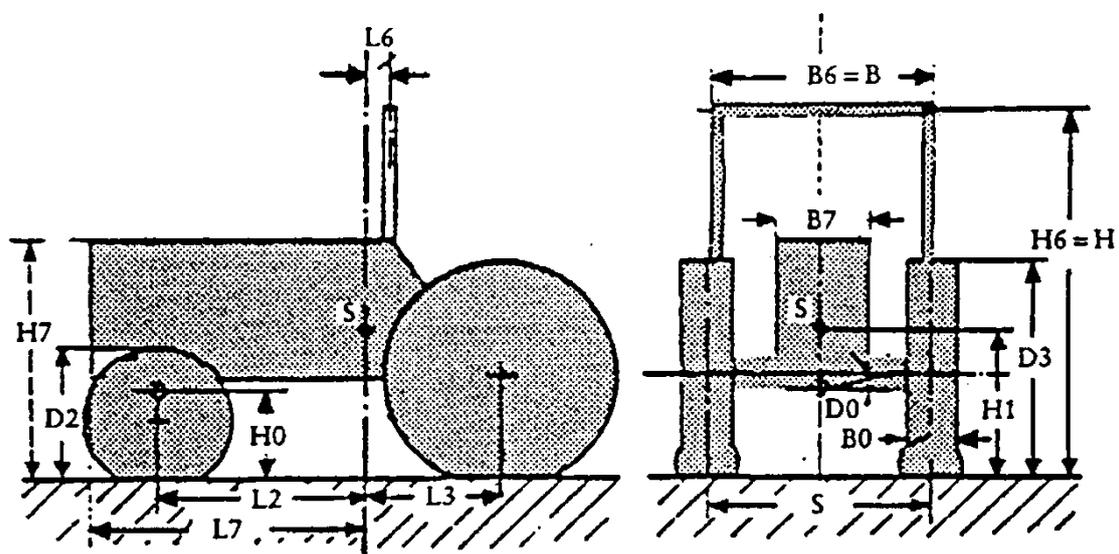


Figura 6.5

**Datos necesarios para el cálculo del vuelco de un tractor  
con un comportamiento de vuelco triaxial**



Nota:  $D_2$  y  $D_3$  deben medirse a plena carga del eje

Figuras 6.6.a, 6.6.b y 6.6.c

**Distancia horizontal entre el centro de gravedad  
y el punto de intersección delantero de la estructura de protección ( $L_6$ )**

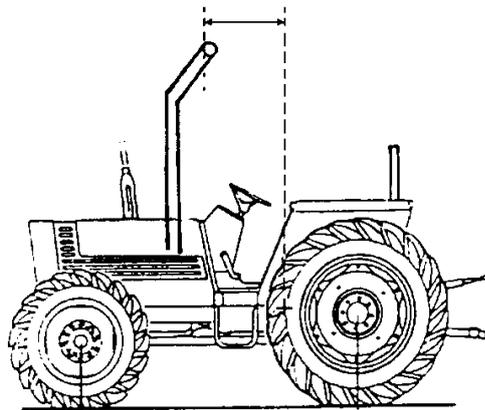
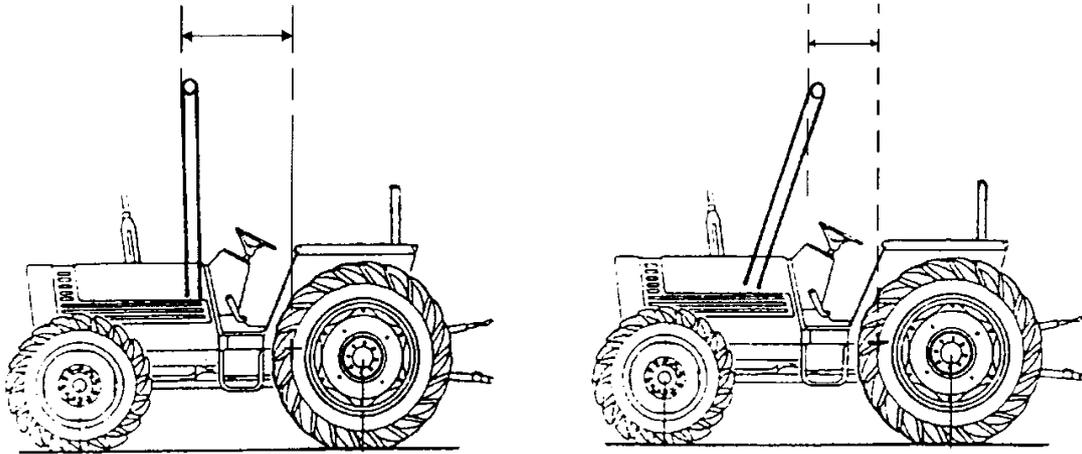


Figura 6.7

**Determinación de los puntos de impacto  
para medir la anchura de la estructura de protección ( $B_6$ )  
y la altura del capó ( $H_7$ )**

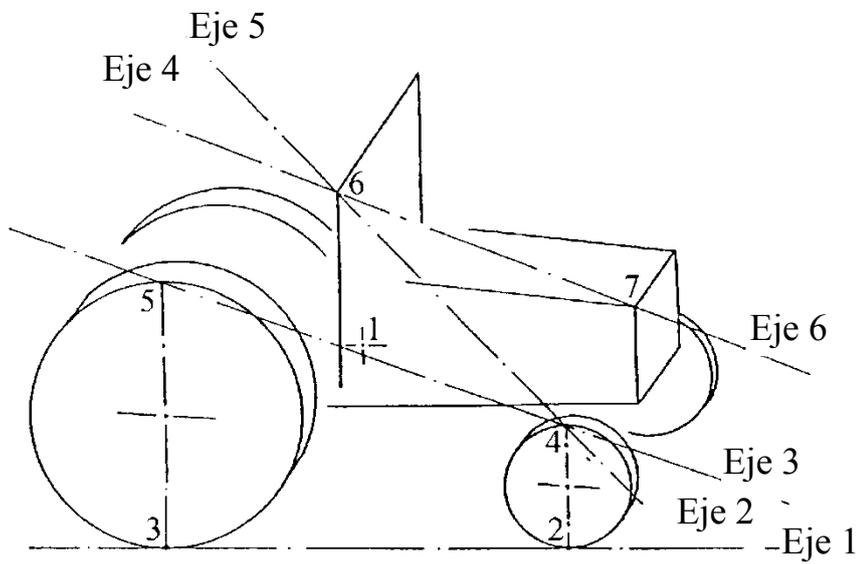
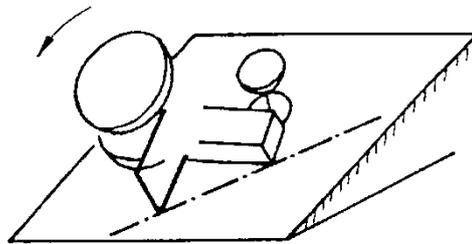
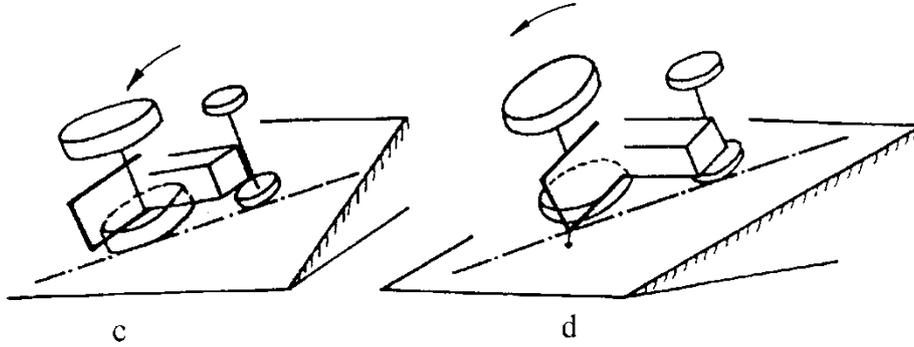


Figura 6.8

Altura del punto de pivote del eje delantero ( $H_0$ )

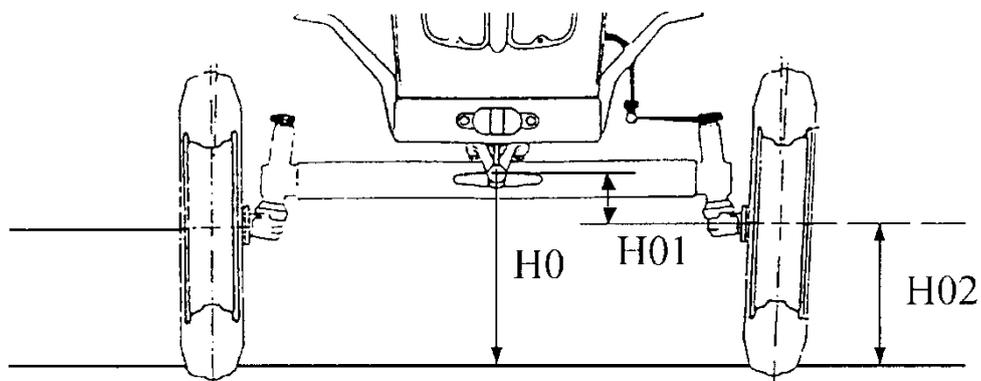


Figura 6.9

Ancho de vía trasero ( $S$ ) y anchura de los neumáticos traseros ( $B_0$ )

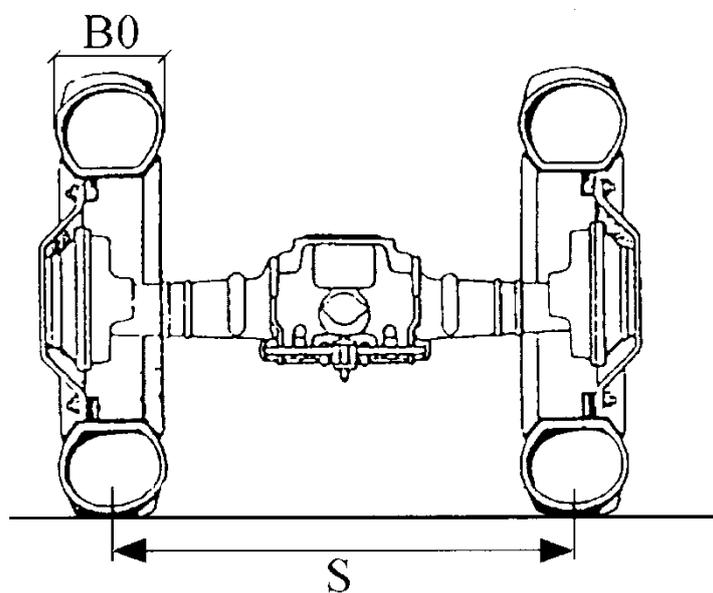


Figura 6.10

Ejemplo de dispositivo de aplastamiento del tractor

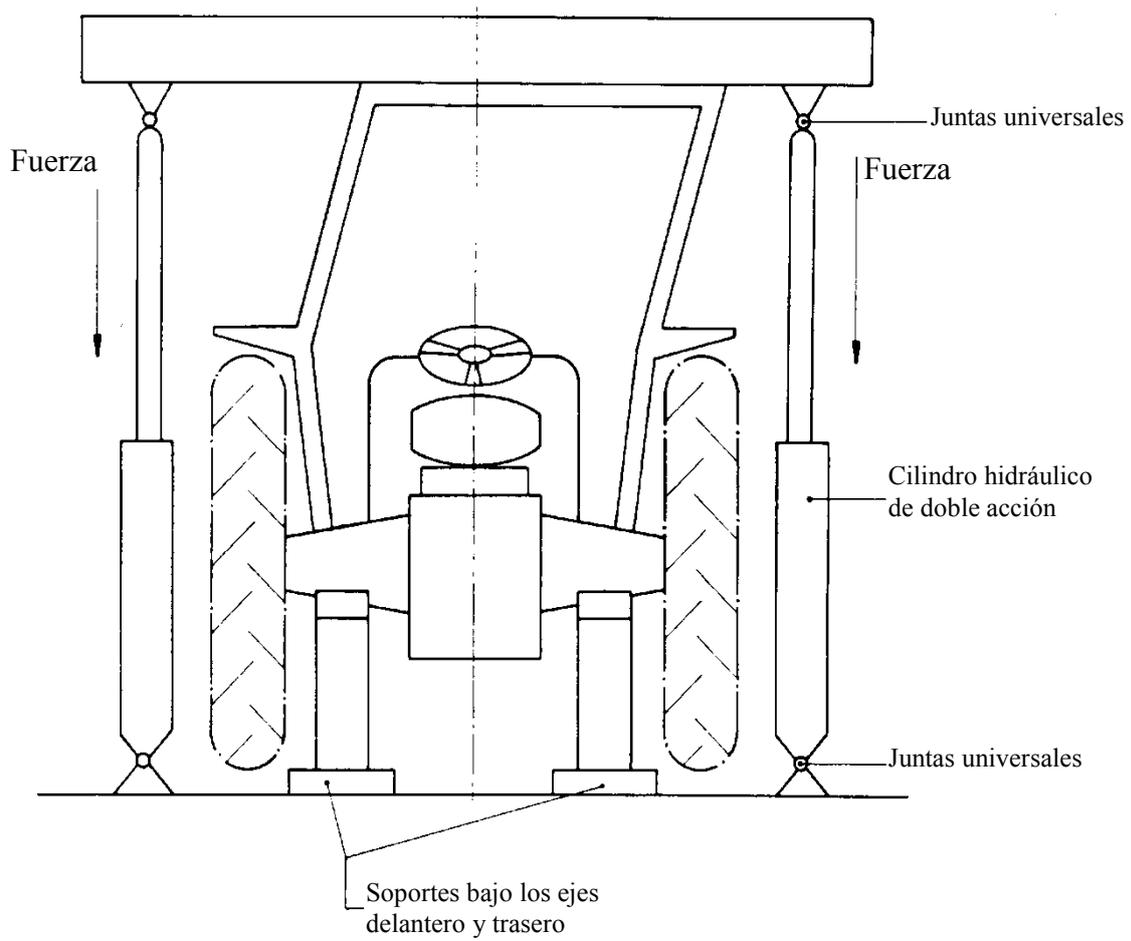
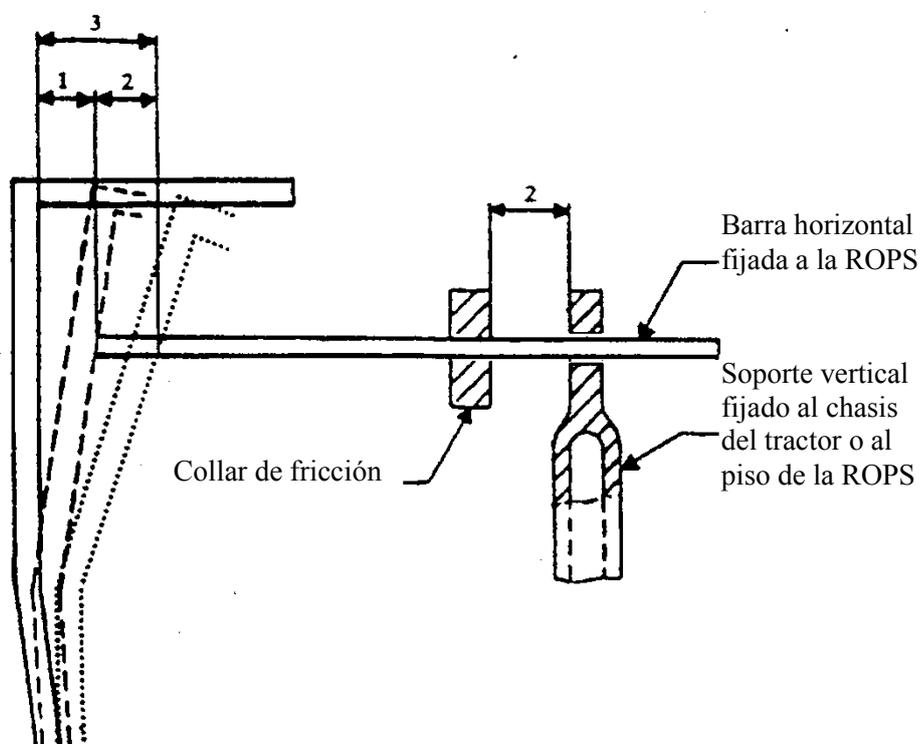


Figura 6.11

Ejemplo de aparato de medición de la deformación elástica



1. Deformación permanente
2. Deformación elástica
3. Deformación total (permanente más elástica)

Figura 6.12

**Línea simulada del suelo**

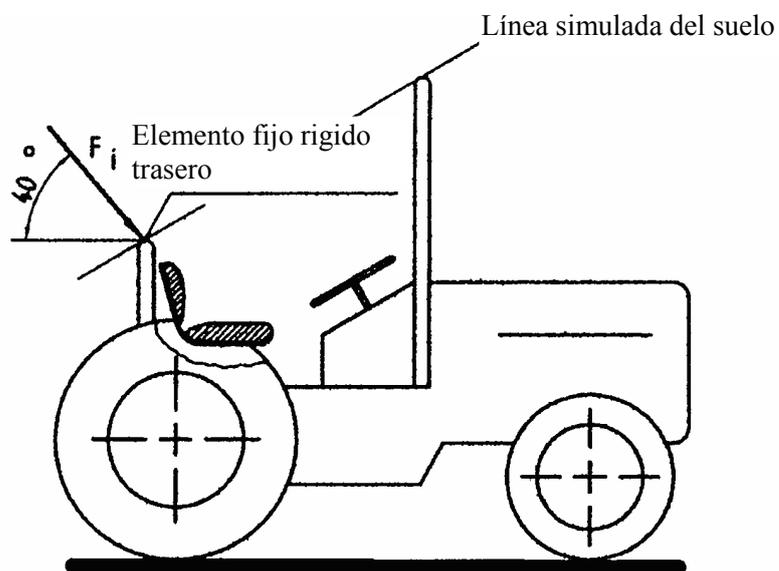


Figura 6.13

**Anchura mínima del elemento fijo rígido trasero**

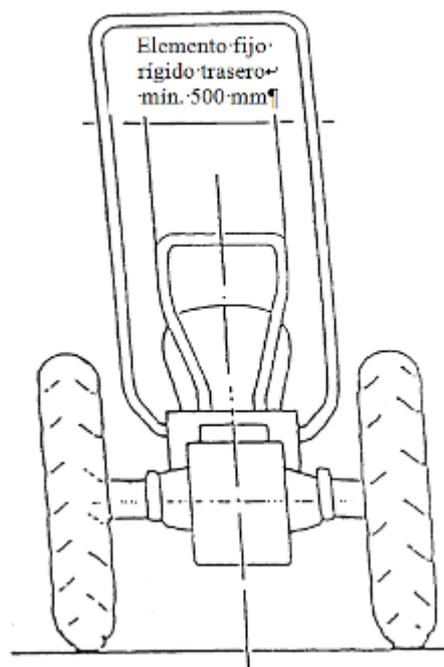
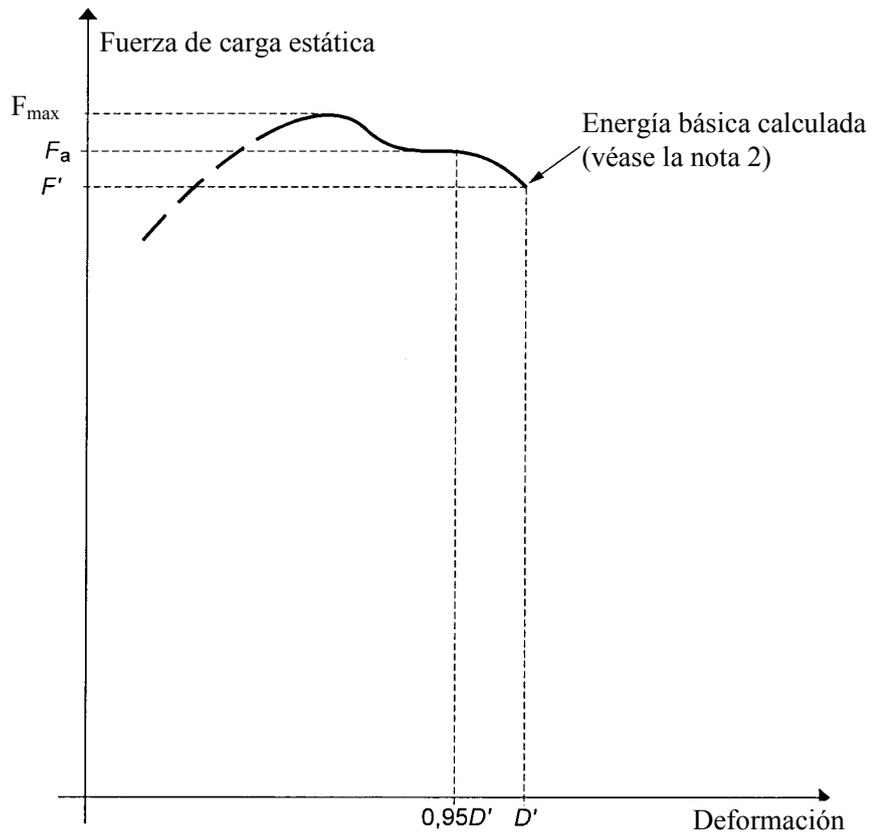


Figura 6.14

**Curva de fuerza-deformación**  
**El ensayo de sobrecarga no es necesario**

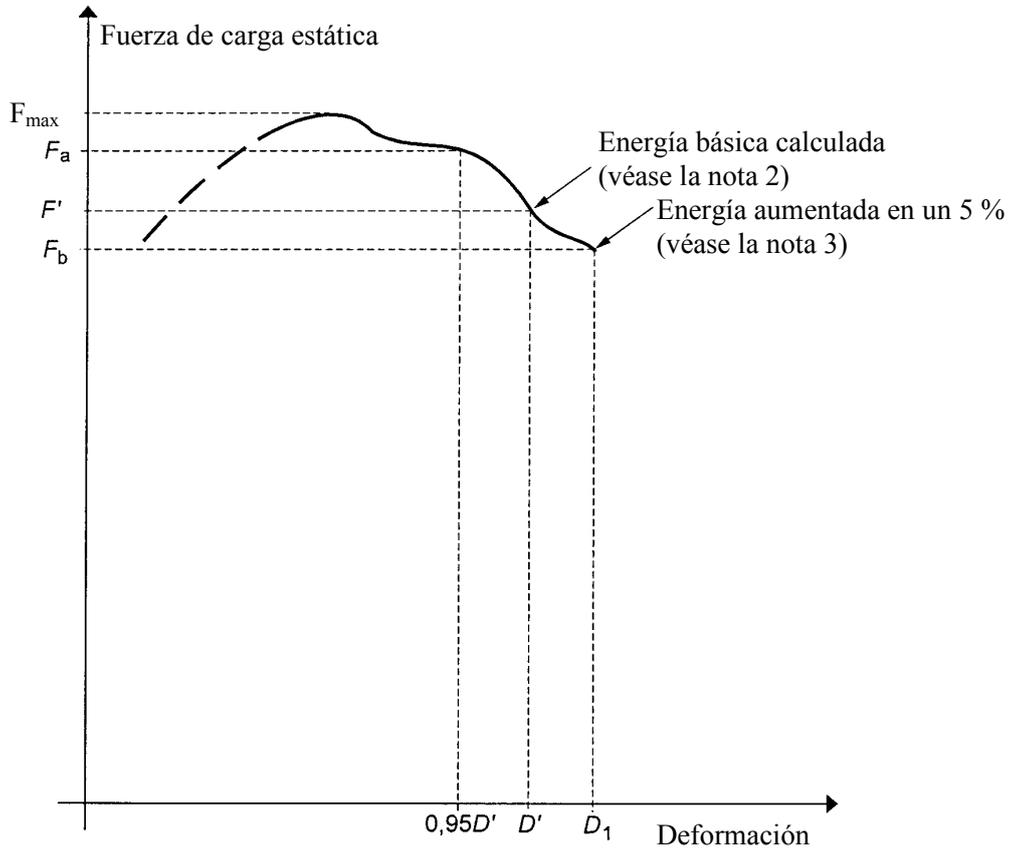


Notas:

1. Situar  $F_a$  con respecto a  $0,95 D'$ .
2. El ensayo de sobrecarga no es necesario porque  $F_a \leq 1,03 F'$

Figura 6.15

**Curva de fuerza-deformación**  
**El ensayo de sobrecarga es necesario**

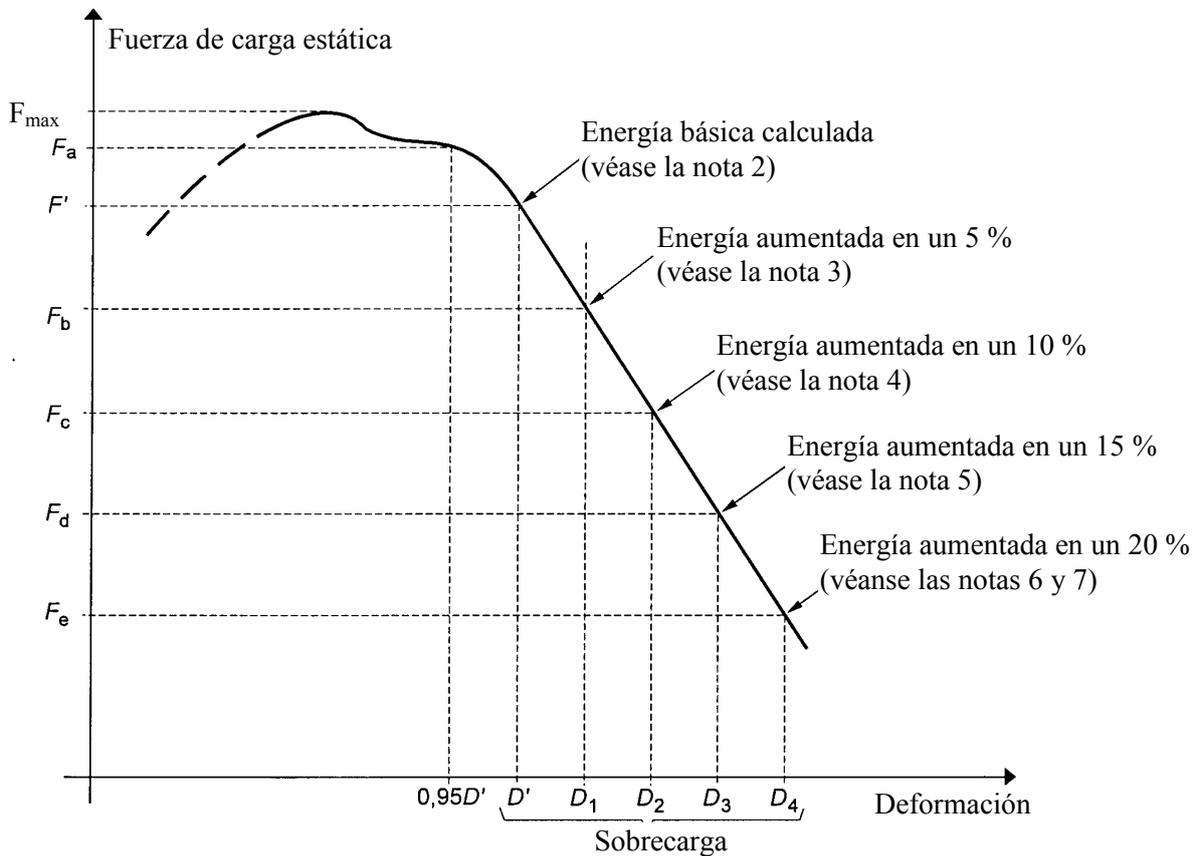


Notas:

1. Situar  $F_a$  con respecto a  $0,95 D'$ .
2. El ensayo de sobrecarga es necesario porque  $F_a > 1,03 F'$ .
3. El ensayo de sobrecarga es satisfactorio porque  $F_b > 0,97 F'$  y  $F_b > 0,8 F_{\max}$ .

Figura 6.16

**Curva de fuerza-deformación**  
**Debe continuarse el ensayo de sobrecarga**



Notas:

1. Situar  $F_a$  con respecto a  $0,95 D'$ .
2. El ensayo de sobrecarga es necesario porque  $F_a > 1,03 F'$ .
3.  $F_b < 0,97 F'$  y, por tanto, debe continuarse la sobrecarga.
4.  $F_c < 0,97 F_b$  y, por tanto, debe continuarse la sobrecarga.
5.  $F_d < 0,97 F_c$  y, por tanto, debe continuarse la sobrecarga.
6. El ensayo de sobrecarga es satisfactorio si  $F_e > 0,8 F_{\max}$ .
7. Se considerará insatisfactorio en cualquier fase si la carga desciende por debajo de  $0,8 F_{\max}$ .

## **B2. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO «DINÁMICO» ALTERNATIVO**

En esta sección se describe el procedimiento de ensayo dinámico alternativo al procedimiento de ensayo estático descrito en la sección B1.

### **4. NORMAS Y DIRECTRICES**

#### 4.1. Condiciones previas a los ensayos de resistencia

Véanse los requisitos indicados para los ensayos estáticos.

#### 4.2. Condiciones de los ensayos de resistencia de las estructuras de protección y de su fijación al tractor

##### 4.2.1. Requisitos generales

Véanse los requisitos indicados para los ensayos estáticos.

##### 4.2.2. Ensayos

##### 4.2.2.1. Secuencia de los ensayos según el procedimiento dinámico

La secuencia de los ensayos, sin perjuicio de los ensayos adicionales mencionados en los puntos 4.3.1.6 y 4.3.1.7, será la siguiente:

- 1) impacto en la parte trasera de la estructura**  
(véase el punto 4.3.1.1);
- 2) aplastamiento en la parte trasera**  
(véase el punto 4.3.1.4);
- 3) impacto en la parte delantera de la estructura**  
(véase el punto 4.3.1.2);
- 4) impacto en la parte lateral de la estructura**  
(véase el punto 4.3.1.3);
- 5) aplastamiento en la parte delantera de la estructura**  
(véase el punto 4.3.1.5).

##### 4.2.2.2. Requisitos generales

##### 4.2.2.2.1. Si cualquier parte del dispositivo de retención del tractor se rompe o se desplaza durante el ensayo, este deberá reiniciarse.

##### 4.2.2.2.2. Durante los ensayos no podrán efectuarse reparaciones o ajustes en el tractor ni en la estructura de protección.

##### 4.2.2.2.3. Durante los ensayos, la caja de cambios del tractor estará en punto muerto y los frenos estarán desactivados.

- 4.2.2.2.4. Si el tractor está equipado con un sistema de suspensión entre el chasis y las ruedas, dicho sistema deberá bloquearse durante los ensayos.
- 4.2.2.2.5. El lado elegido para la aplicación del primer impacto en la parte trasera de la estructura de protección será el que, en opinión de las autoridades encargadas del ensayo, dé lugar a la aplicación de la serie de impactos o cargas en las condiciones más desfavorables para la estructura de protección. El impacto lateral y el impacto trasero se aplicarán a ambos lados del plano mediano longitudinal de la estructura de protección. El impacto delantero se aplicará en el mismo lado del plano mediano longitudinal de la estructura de protección que el impacto lateral.
- 4.2.3. Condiciones de aceptación
- 4.2.3.1. Se considerará que una estructura de protección se ajusta a los requisitos de resistencia si cumple las condiciones siguientes:
- 4.2.3.1.1. Después de cada ensayo parcial no deberá presentar fisuras o roturas como las que se describen en el punto 4.3.2.1.
- 4.2.3.1.2. Si durante uno de los ensayos aparecen fisuras o roturas significativas, se efectuará un ensayo adicional, de acuerdo con los puntos 4.3.1.6 o 4.3.1.7, inmediatamente después del ensayo de impacto o de aplastamiento que causó las fisuras o roturas.
- 4.2.3.1.3. Durante los ensayos distintos del ensayo de sobrecarga, ninguna parte de la estructura de protección podrá penetrar en la zona definida en el punto 1.6.
- 4.2.3.1.4. Durante los ensayos distintos del ensayo de sobrecarga, la estructura de protección deberá proteger todas las partes de la zona libre, de conformidad con el punto 4.3.2.2;
- 4.2.3.1.5. Durante los ensayos, la estructura de protección no deberá ejercer ninguna fuerza sobre la estructura del asiento.
- 4.2.3.1.6. La deformación elástica, medida de conformidad con el punto 4.3.2.4, deberá ser inferior a 250 mm.
- 4.2.3.2. No habrá accesorios que supongan un peligro para el conductor. Tampoco habrá partes ni accesorios salientes que puedan herir al conductor en caso de vuelco del tractor, ni accesorios o partes que, debido a las deformaciones de la estructura, pudieran aprisionarlo, por ejemplo por la pierna o el pie.
- 4.2.4. [No se aplica]
- 4.2.5. Aparatos y equipo para ensayos dinámicos
- 4.2.5.1. Bloque pendular
- 4.2.5.1.1. Se suspenderá un bloque a modo de péndulo, con dos cadenas o cables, de unos pivotes situados, como mínimo, 6 m por encima del suelo. Deberá disponerse de un medio para regular independientemente la altura de suspensión del bloque y el ángulo entre el

bloque y las cadenas o los cables de suspensión.

- 4.2.5.1.2. La masa del bloque pendular deberá ser de  $2\,000 \pm 20$  kg, excluyendo la masa de las cadenas o de los cables, que no sobrepasará los 100 kg. La longitud de los lados de la cara de impacto deberá ser de  $680 \pm 20$  mm (véase la figura 6.26). El bloque se rellenará de tal forma que la posición de su centro de gravedad sea constante y coincida con el centro geométrico del paralelepípedo.
- 4.2.5.1.3. El paralelepípedo deberá estar unido al sistema que lo lleve hacia atrás por un mecanismo de liberación instantánea diseñado y situado de forma que libere el bloque pendular sin provocar oscilaciones del paralelepípedo respecto a su eje horizontal perpendicular al plano de oscilación del péndulo.
- 4.2.5.2. Soportes del péndulo
- Los pivotes del péndulo se fijarán de forma rígida de modo que su desplazamiento en cualquier dirección no sobrepase el 1 % de la altura de caída.
- 4.2.5.3. Amarres
- 4.2.5.3.1. En una base resistente situada debajo del péndulo se fijarán rígidamente unos raíles de anclaje que presenten el ancho de vía exigido y que cubran la superficie necesaria para amarrar el tractor en todos los casos ilustrados (véanse las figuras 6.23, 6.24 y 6.25).
- 4.2.5.3.2. El tractor se amarrará a los raíles por medio de cables de alambres trenzados redondos, con alma de fibra, de 6 x 19 de conformidad con la norma ISO 2408:2004, y un diámetro nominal de 13 mm. El trenzado metálico deberá tener una tensión de rotura de 1 770 MPa.
- 4.2.5.3.3. El pivote central de un tractor articulado deberá sostenerse y amarrarse al suelo de forma adecuada para todos los ensayos. En el ensayo de impacto lateral, el pivote se apuntalará también del lado opuesto al impacto. No será preciso que las ruedas delanteras y traseras estén situadas en línea, si con ello se facilita la colocación adecuada de los cables.
- 4.2.5.4. Puntal y viga para las ruedas
- 4.2.5.4.1. Se utilizará una viga de madera blanda de 150 mm de lado para apuntalar las ruedas durante los ensayos de impacto (véanse las figuras 6.27, 6.28 y 6.29).
- 4.2.5.4.2. Durante los ensayos de impacto lateral deberá fijarse al suelo una viga de madera blanda para bloquear la llanta de la rueda del lado opuesto al de impacto (véase la figura 6.29).
- 4.2.5.5. Puntales y amarres para tractores articulados
- 4.2.5.5.1. Se utilizarán puntales y amarres suplementarios para los tractores articulados. Su finalidad es que la sección del tractor en la que se fija la estructura de protección tenga una rigidez equivalente a la de un tractor rígido.

4.2.5.5.2. En el punto 4.3.1 figuran detalles específicos suplementarios para los ensayos de impacto y aplastamiento.

4.2.5.6. Presiones y deformaciones de los neumáticos

4.2.5.6.1. Los neumáticos del tractor no contendrán ningún lastre líquido y estarán inflados a la presión prescrita por el fabricante del tractor para el trabajo en el campo.

4.2.5.6.2. Los amarres deberán estar tensados en cada caso particular de forma que los neumáticos soporten una deformación del 12 % de la altura de su flanco (distancia entre el suelo y el punto más bajo de la llanta) antes de tensar los cables.

4.2.5.7. Dispositivo de aplastamiento

Un dispositivo como el ilustrado en la figura 6.10 deberá poder ejercer una fuerza hacia abajo sobre una estructura de protección mediante una viga rígida de unos 250 mm de ancho unida al mecanismo de aplicación de la carga por juntas universales. Se colocarán soportes adecuados bajo los ejes para que los neumáticos del tractor no soporten la fuerza de aplastamiento.

4.2.5.8. Aparatos de medición

Se precisan los siguientes aparatos de medición:

4.2.5.8.1. un dispositivo de medición de la deformación elástica (diferencia entre la deformación instantánea máxima y la deformación permanente; véase la figura 6.11);

4.2.5.8.2. un dispositivo para controlar que la estructura de protección no haya penetrado en la zona libre y que esta se haya mantenido en el interior del espacio de protección de la estructura durante el ensayo (véase el punto 4.3.2.2).

**4.3. *Procedimiento de ensayo dinámico***

**4.3.1. Ensayos de impacto y de aplastamiento**

**4.3.1.1. Impacto en la parte trasera**

4.3.1.1.1. El tractor se colocará de forma que el bloque pendular golpee la estructura de protección en el momento en que la cara de impacto del bloque y sus cadenas o cables de suspensión formen un ángulo con el plano vertical  $A$  igual a  $M/100$ , con un máximo de  $20^\circ$ , a menos que, durante la deformación, la estructura de protección forme un ángulo mayor con la vertical en el punto de contacto. En tal caso, mediante un soporte adicional, la cara de impacto del bloque pendular deberá ajustarse para que sea paralela a la estructura de protección en el punto de impacto en el momento de máxima deformación, de modo que las cadenas o cables de suspensión sigan formando el ángulo indicado anteriormente.

Se regulará la altura de suspensión del bloque pendular y se tomarán las medidas necesarias para que el bloque no gire alrededor del punto de impacto.

El punto de impacto será la parte de la estructura de protección, normalmente el borde superior, que probablemente golpearía el suelo en primer lugar si el tractor volcara

hacia atrás. La posición del centro de gravedad del bloque pendular se situará a una distancia equivalente a 1/6 de la anchura de la parte superior de la estructura de protección medida hacia el interior a partir del plano vertical, paralelo al plano mediano del tractor, que está en contacto con la extremidad exterior de la parte superior de la estructura de protección.

Si la estructura es curvilínea o saliente en ese punto, se añadirán cuñas para que se pueda aplicar el impacto, sin que ello refuerce la estructura.

- 4.3.1.1.2. El tractor deberá amarrarse al suelo mediante cuatro cables, dispuestos cada uno en un extremo de los dos ejes, según se indica en la figura 6.27. Los puntos de amarre delanteros y traseros se situarán a una distancia adecuada para que los cables formen con el suelo un ángulo inferior a 30°. Además, los amarres traseros se dispondrán de tal forma que el punto de convergencia de los dos cables se sitúe en el plano vertical en el que se desplace el centro de gravedad del bloque pendular.

Los cables se tensarán de modo que los neumáticos experimenten las deformaciones indicadas en el punto 4.2.5.6.2. Una vez tensados los cables, se colocará la viga de calzo delante de las ruedas traseras, apretada contra ellas, y se fijará al suelo.

- 4.3.1.1.3. Si se trata de un tractor articulado, el punto de articulación estará además sostenido por una pieza de madera de un mínimo de 100 mm de lado y sólidamente amarrado al suelo.

- 4.3.1.1.4. Se tirará del bloque pendular hacia atrás de forma que la altura de su centro de gravedad sobre la que tendrá en el punto de impacto se determine mediante una de las dos fórmulas siguientes, elegida en función de la masa de referencia del conjunto sometido a ensayo:

$$H = 25 + 0,07 M$$

para los tractores con una masa de referencia inferior a 2 000 kg;

$$H = 125 + 0,02 M$$

para los tractores con una masa de referencia superior a 2 000 kg.

A continuación, se liberará el bloque pendular, que golpeará la estructura de protección.

- 4.3.1.1.5. La misma fórmula será aplicable a los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles).

- 4.3.1.2. Impacto en la parte delantera

- 4.3.1.2.1. El tractor se colocará de forma que el bloque pendular golpee la estructura de protección en el momento en que la cara de impacto del bloque y sus cadenas o cables de suspensión formen un ángulo con el plano vertical  $A$  igual a  $M/100$ , con un máximo de 20°, a menos que, durante la deformación, la estructura de protección forme un ángulo mayor con la vertical en el punto de contacto. En tal caso, mediante un soporte adicional, la cara de impacto del bloque pendular deberá ajustarse para que sea paralela a la estructura de protección en el punto de impacto en el momento de máxima deformación, de modo que las cadenas o cables de suspensión sigan formando el ángulo indicado anteriormente.

Se regulará la altura de suspensión del bloque pendular y se tomarán las medidas

necesarias para que el bloque no gire alrededor del punto de impacto.

El punto de aplicación del impacto será la parte de la estructura de protección, normalmente el borde superior, que probablemente golpeará el suelo en primer lugar si el tractor volcara lateralmente mientras circula hacia delante. La posición del centro de gravedad del bloque pendular se situará a una distancia equivalente a 1/6 de la anchura de la parte superior de la estructura de protección medida hacia el interior a partir del plano vertical, paralelo al plano mediano del tractor, que está en contacto con la extremidad exterior de la parte superior de la estructura de protección.

Si la estructura es curvilínea o saliente en ese punto, se añadirán cuñas para que se pueda aplicar el impacto, sin que ello refuerce la estructura.

- 4.3.1.2.2. El tractor deberá amarrarse al suelo mediante cuatro cables, dispuestos cada uno en un extremo de los dos ejes, según se indica en la figura 6.28. Los puntos de amarre delanteros y traseros se situarán a una distancia adecuada para que los cables formen con el suelo un ángulo inferior a 30°. Además, los amarres traseros se dispondrán de tal forma que el punto de convergencia de los dos cables se sitúe en el plano vertical en el que se desplace el centro de gravedad del bloque pendular.

Los cables se tensarán de modo que los neumáticos experimenten las deformaciones indicadas en el punto 4.2.5.6.2. Una vez tensados los cables, se colocará la viga de calzo detrás de las ruedas traseras, apretada contra ellas, y se fijará al suelo.

- 4.3.1.2.3. Si se trata de un tractor articulado, el punto de articulación estará además sostenido por una pieza de madera de un mínimo de 100 mm de lado y sólidamente amarrado al suelo.

- 4.3.1.2.4. Se tirará del bloque pendular hacia atrás de forma que la altura de su centro de gravedad sobre la que tendrá en el punto de impacto se determine mediante una de las dos fórmulas siguientes, elegida en función de la masa de referencia del conjunto sometido a ensayo:

$$H = 25 + 0,07 M$$

para los tractores con una masa de referencia inferior a 2 000 kg;

$$H = 125 + 0,02 M$$

para los tractores con una masa de referencia superior a 2 000 kg.

A continuación, se liberará el bloque pendular, que golpeará la estructura de protección.

- 4.3.1.2.5. En los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles), la altura equivaldrá al valor más alto de los obtenidos mediante la fórmula aplicada anteriormente y la seleccionada a continuación:

$$H = 2,165 \times 10^{-8} M \times L^2$$

o

$$H = 5,73 \times 10^{-2} I$$

#### 4.3.1.3. Impacto lateral

- 4.3.1.3.1. El tractor se colocará de forma que el bloque pendular golpee la estructura de protección en el momento en que la cara de impacto del bloque y sus cadenas o cables de suspensión se encuentren a la vertical, a menos que, durante la deformación, la estructura de protección forme un ángulo inferior a 20° con la vertical en el punto de contacto. En tal caso, mediante un soporte adicional, la cara de impacto del bloque pendular deberá ajustarse para que sea paralela a la estructura de protección en el punto de impacto en el momento de máxima deformación, de modo que las cadenas o cables de suspensión permanezcan verticales en el momento del impacto.

Se regulará la altura de suspensión del bloque pendular y se tomarán las medidas necesarias para que el bloque no gire alrededor del punto de impacto.

El punto de impacto será la parte de la estructura de protección que probablemente golpearía el suelo en primer lugar si el tractor volcara lateralmente.

- 4.3.1.3.2. Las ruedas del tractor situadas en el lado que recibe el impacto deberán amarrarse al suelo por medio de cables que pasen por encima de los extremos correspondientes de los ejes delantero y trasero. Los cables se tensarán de modo que los neumáticos experimenten las deformaciones indicadas en el punto 4.2.5.6.2.

Con los cables tensados, se colocará en el suelo la viga de calzo, apretada contra los neumáticos del lado opuesto al del impacto, y se fijará al suelo. Podrá resultar necesario el uso de dos vigas o calzoes, si los bordes exteriores de los neumáticos delantero y trasero no se encuentran en el mismo plano vertical. En ese caso, el puntal se apoyará sólidamente contra la llanta de la rueda más cargada del lado opuesto al del punto de impacto y, a continuación, se fijará su base según se indica en la figura 6.29. El puntal tendrá la longitud adecuada para que, apoyado contra la llanta, forme con el suelo un ángulo de  $30 \pm 3^\circ$ . Además, en la medida de lo posible, su grosor será entre veinte y veinticinco veces menor que su longitud y entre dos y tres veces menor que su anchura. La forma de ambas extremidades del puntal será la que se ilustra en la figura 6.29.

- 4.3.1.3.3. Si el tractor es del tipo articulado, el punto de articulación estará apoyado en una pieza de madera, de un mínimo de 100 mm de lado, y sostenido lateralmente por un dispositivo similar al puntal apoyado contra la rueda trasera que se describe en el punto 4.3.1.3.2. A continuación, el punto de articulación se amarrará sólidamente al suelo.

- 4.3.1.3.4. Se tirará del bloque pendular hacia atrás de forma que la altura de su centro de gravedad sobre la que tendrá en el punto de impacto se determine mediante una de las dos fórmulas siguientes, elegida en función de la masa de referencia del conjunto sometido a ensayo:

$$H = (25 + 0,20 M) (B_0 + B) / 2B$$

para los tractores con una masa de referencia inferior a 2 000 kg;

$$H = (125 + 0,15 M) (B_0 + B) / 2B$$

para los tractores con una masa de referencia superior a 2 000 kg.

- 4.3.1.3.5. En los tractores reversibles, la altura equivaldrá al resultado más alto de los obtenidos

mediante las fórmulas aplicables anteriores y siguientes:

$$H = 25 + 0,2 M$$

para los tractores con una masa de referencia inferior a 2 000 kg;

$$H = 125 + 0,15 M$$

para los tractores con una masa de referencia superior a 2 000 kg.

A continuación, se liberará el bloque pendular, que golpeará la estructura de protección.

#### 4.3.1.4. **Aplastamiento en la parte trasera**

Todas las disposiciones son idénticas a las que figuran en el punto 3.3.1.4 de la parte B1.

#### 4.3.1.5. **Aplastamiento en la parte delantera**

Todas las disposiciones son idénticas a las que figuran en el punto 4.3.1.5 del anexo V(a).

#### 4.3.1.6. **Ensayos de impacto adicionales**

Si durante un ensayo de impacto aparecen fisuras o roturas que no pueden considerarse insignificantes, se efectuará un segundo ensayo similar, pero con una altura de caída de

$$H' = (H \times 10^{-1}) (12 + 4a) (1 + 2a)^{-1},$$

inmediatamente después del ensayo de impacto que causó las roturas o fisuras; «a» es la relación entre la deformación permanente (**Dp**) y la deformación elástica (**De**),

$$a = Dp/De,$$

medidas en el punto de impacto. La deformación permanente adicional causada por el segundo impacto no podrá exceder del 30 % de la deformación permanente causada por el primer impacto.

Para poder llevar a cabo el ensayo adicional es necesario medir la deformación elástica durante todos los ensayos de impacto.

#### 4.3.1.7. **Ensayos de aplastamiento adicionales**

Si en el transcurso de un ensayo de aplastamiento aparecen fisuras o roturas significativas, deberá efectuarse un segundo ensayo de aplastamiento similar, pero con una fuerza igual a **1,2 F<sub>v</sub>**, inmediatamente después del ensayo de aplastamiento que causó las roturas o fisuras.

### 4.3.2. **Mediciones que deberán efectuarse**

#### 4.3.2.1. **Roturas y fisuras**

Después de cada ensayo se examinarán visualmente todos los elementos estructurales, las juntas y los sistemas de fijación para detectar posibles roturas o fisuras; no se tendrán en cuenta pequeñas fisuras que pudieran aparecer en elementos no esenciales.

No se tendrán en cuenta las roturas que pudieran provocar las aristas del bloque pendular.

#### 4.3.2.2. Penetración en la zona libre

En cada ensayo se examinará la estructura de protección para ver si alguna de sus partes ha penetrado en la zona libre alrededor del asiento del conductor definida en el punto 1.6.

Además, la zona libre no deberá quedar fuera del espacio de protección de la estructura de protección. A tal efecto, se considerará fuera del espacio de protección de la estructura de protección cualquier parte de dicha zona que entraría en contacto con el suelo plano si el tractor volcara en la dirección opuesta a la de aplicación de la carga de ensayo. Para estimar esta situación, los neumáticos delanteros y traseros y el ancho de vía se ajustarán al tamaño estándar más pequeño especificado por el fabricante.

#### 4.3.2.3. Ensayo del elemento fijo rígido trasero

Si el tractor está equipado con una pieza rígida, una caja o cualquier otro elemento fijo rígido situado detrás del asiento del conductor, se considerará que ese elemento constituye un punto de protección en caso de vuelco lateral o hacia atrás. Dicho elemento fijo rígido situado detrás del asiento del conductor deberá poder soportar, sin romperse y sin penetrar en la zona libre, una fuerza descendente  $F_i$ , donde:

$$F_i = 15 M,$$

aplicada perpendicularmente sobre la parte superior del marco en el plano central del tractor. El ángulo inicial de aplicación de la fuerza será de  $40^\circ$ , calculados desde una línea paralela al suelo, como muestra la figura 6.12. Esta pieza rígida tendrá una anchura mínima de 500 mm (véase la figura 6.13).

Además, tendrá la rigidez suficiente y estará sólidamente sujeta a la parte trasera del tractor.

#### 4.3.2.4. Deformación elástica (por un impacto lateral)

La deformación elástica se medirá  $(810 + a_v)$  mm por encima del punto índice, en el plano vertical que pasa por el punto de impacto. Para esta medición se utilizará un aparato similar al ilustrado en la figura 6.11.

#### 4.3.2.5. Deformación permanente

Después del último ensayo de aplastamiento, se registrará la deformación permanente de la estructura de protección. A tal fin, antes del comienzo del ensayo, se utilizará la posición de los principales elementos de la estructura de protección con respecto al punto índice del asiento.

### 4.4. *Extensión a otros modelos de tractor*

Todas las disposiciones son idénticas a las que figuran en el punto 3.4 de la sección B1 del presente anexo.

#### 4.5. [No se aplica]

4.6. *Comportamiento de las estructuras de protección a bajas temperaturas*

Todas las disposiciones son idénticas a las que figuran en el punto 3.6 de la sección B1 del presente anexo.

4.7. [No se aplica]

Figura 6.26

**Bloque pendular con sus cadenas y cables de suspensión**

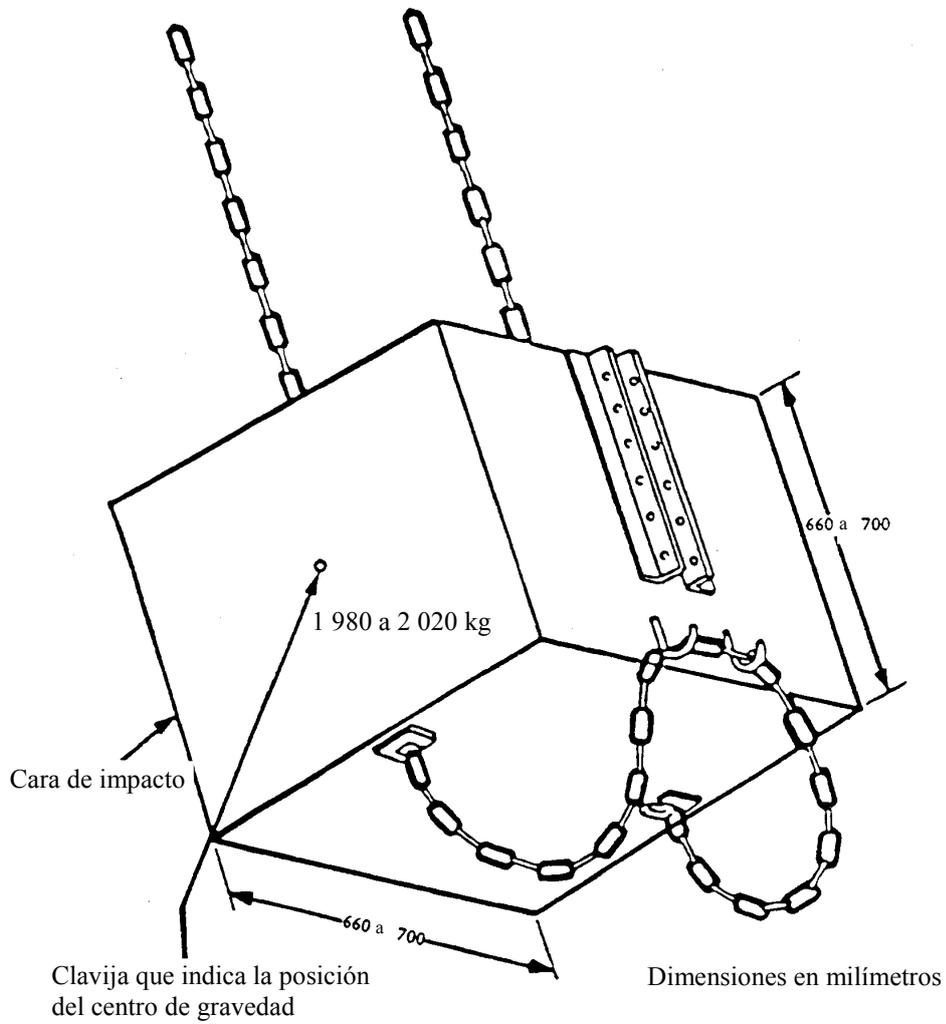


Figura 6.27

**Ejemplo de amarre del tractor (impacto trasero)**

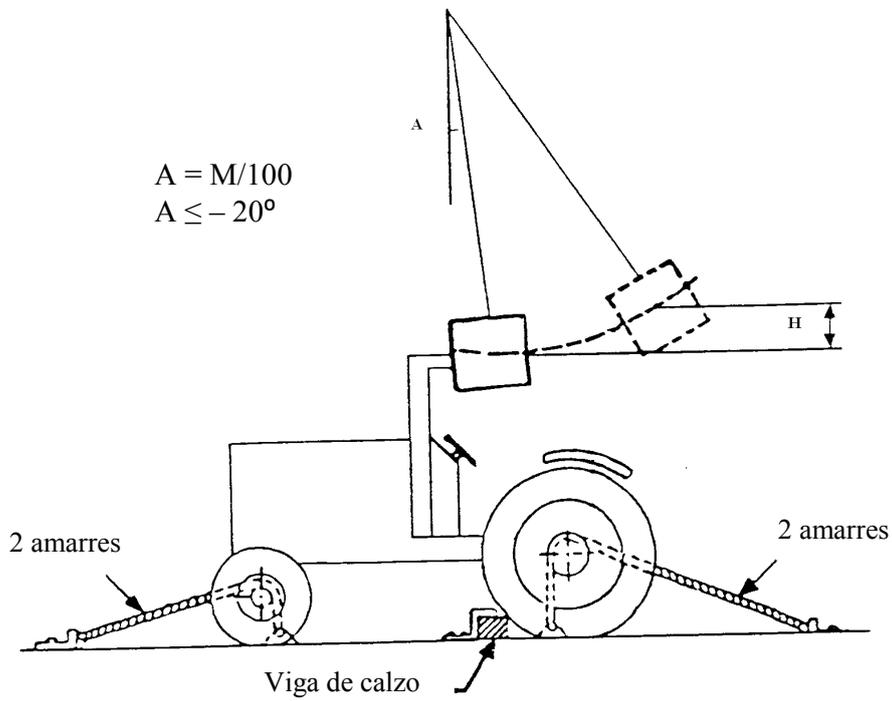


Figura 6.28

**Ejemplo de amarre del tractor (impacto delantero)**

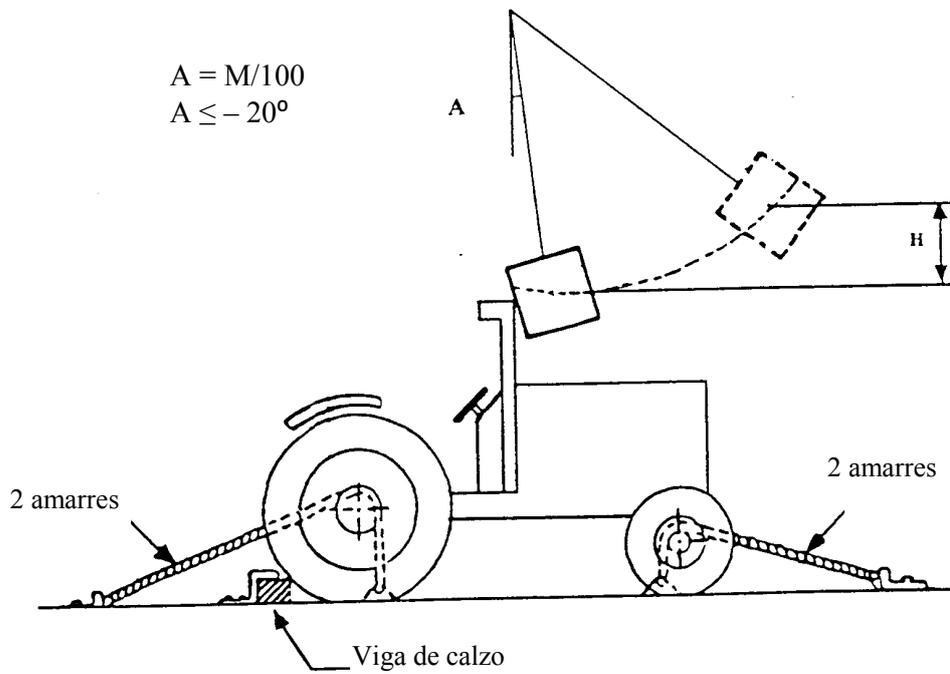
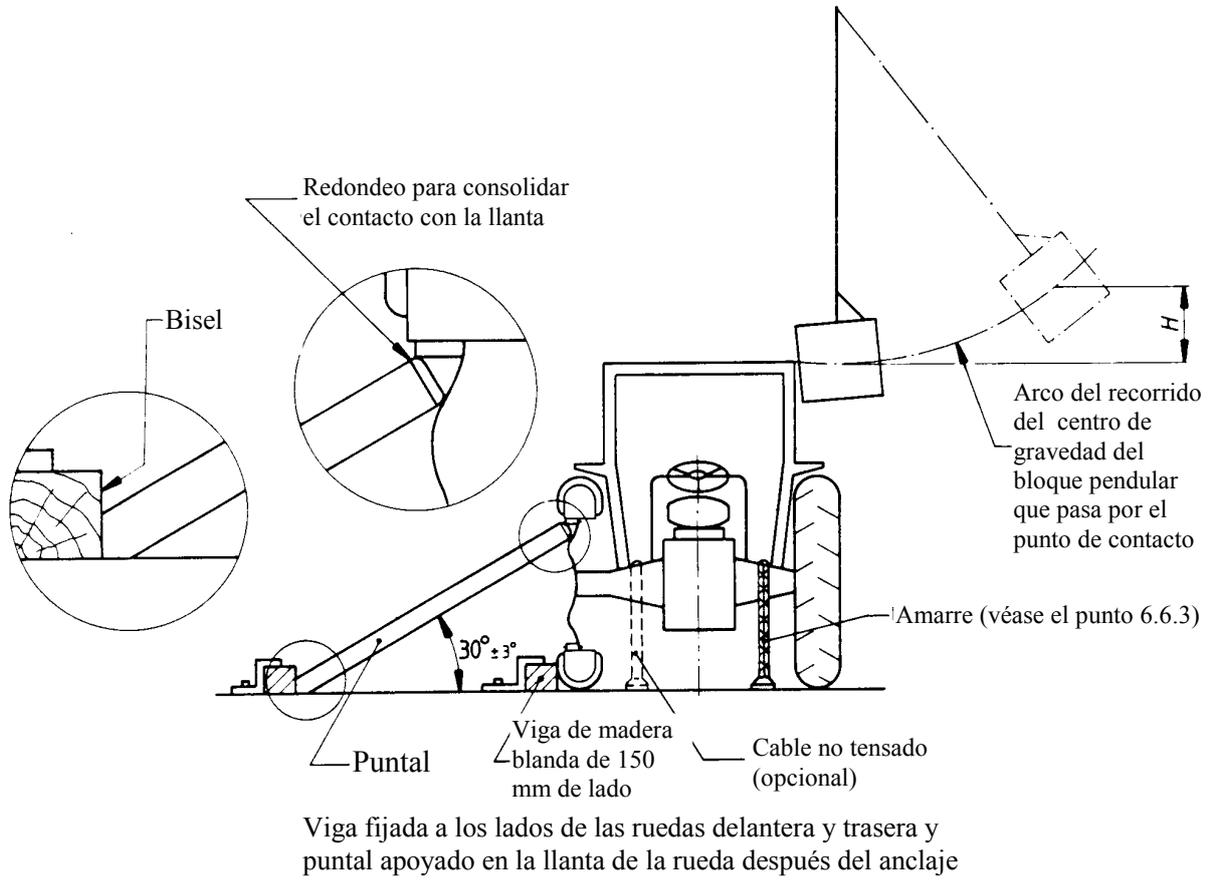


Figura 6.29

**Ejemplo de amarre del tractor (impacto lateral)**



### **B3. REQUISITOS DE COMPORTAMIENTO DE LAS ROPS PLEGABLES**

#### 5.1. *Ámbito de aplicación*

Este procedimiento establece requisitos mínimos de comportamiento y ensayo para las ROPS plegables montadas en la parte delantera.

#### 5.2. Explicación de los términos utilizados en los ensayos de comportamiento:

5.2.1. *ROPS plegable manualmente:* estructura de protección de doble pilar montada en la parte delantera que el operador sube o baja directamente de forma manual (con o sin asistencia parcial).

5.2.2. *ROPS plegable automáticamente:* estructura de protección de doble pilar montada en la parte delantera con subida y bajada totalmente asistidas.

5.2.3. *Sistema de bloqueo:* dispositivo previsto para bloquear la ROPS, de forma manual o automática, en posición subida o bajada.

5.2.4. *Zona de agarre:* según la definición del fabricante, porción de la ROPS y/o agarradera adicional colocada en la ROPS que permiten al operador subir y bajar la estructura de protección.

5.2.5. *Parte accesible de la zona de agarre:* zona prevista para que el operador maneje la ROPS durante las operaciones de subida y bajada. Esta zona se definirá con respecto al centro geométrico de las secciones transversales de la zona de agarre.

5.2.6. *Punto de aplastamiento:* cualquier punto peligroso en el que determinadas partes se desplacen las unas con respecto a las otras o con respecto a partes fijas, de tal manera que puedan entrañar riesgo de aplastamiento para las personas o algunas partes de su cuerpo.

5.2.7. *Punto de cizallamiento:* cualquier punto peligroso donde determinadas partes se deslicen entre sí o a lo largo de otras de tal manera que las personas o algunas partes de su cuerpo puedan estar expuestas a aplastamientos o cizallamientos.

#### 5.3. ROPS plegables manualmente

##### 5.3.1. Condiciones previas al ensayo

El accionamiento manual lo hará un operador que se encuentre de pie agarrando una o varias veces la zona de agarre de la barra antivuelco. Dicha zona deberá estar diseñada sin bordes cortantes, ángulos afilados ni superficies rugosas que puedan producir lesiones al operador.

La zona de agarre estará identificada de forma clara y permanente (figura 6.20).

Esta zona puede encontrarse en uno o en ambos lados del tractor y puede constituir una parte estructural de la barra antivuelco o consistir en agarraderas adicionales. La subida o bajada manuales de la barra antivuelco no provocará cizallamientos, aplastamientos o peligros derivados de movimientos incontrolados para el operador (requisito adicional).

Se definen tres zonas accesibles con diferentes fuerzas permitidas con respecto al plano

horizontal del suelo y los planos verticales tangentes a las partes exteriores del tractor que limitan la posición o el desplazamiento del operador (figura 6.21).

Zona I: zona de confort

Zona II: zona accesible sin inclinación del cuerpo hacia delante

Zona III: zona accesible con inclinación del cuerpo hacia delante

La posición y el movimiento del operador están limitados por obstáculos. Los obstáculos son partes del tractor y se definen mediante planos verticales tangentes a los bordes exteriores del obstáculo en cuestión.

Si el operador tiene que mover los pies durante el accionamiento manual de la barra antivuelco, se permitirá un desplazamiento dentro de un plano paralelo a la trayectoria de la barra antivuelco o dentro solo de otro plano paralelo al anterior para salvar el obstáculo. El desplazamiento total se considerará una combinación de líneas rectas paralelas y perpendiculares a la trayectoria de la barra antivuelco. Se acepta un desplazamiento perpendicular a condición de que el operador se acerque a la barra antivuelco. Se considerará que la zona accesible es la envoltura de las diferentes zonas accesibles (figura 6.22).

El tractor estará equipado con neumáticos del diámetro máximo indicado por el fabricante y la sección transversal más pequeña para neumáticos de ese diámetro. Los neumáticos estarán inflados a la presión recomendada para el trabajo en el campo.

Las ruedas traseras estarán ajustadas al ancho de vía más estrecho y las ruedas delanteras estarán tan ajustadas como sea posible al mismo ancho de vía. En caso de existir dos posibilidades de ajuste de la vía delantera que se aparten por igual del ajuste más estrecho de la vía trasera, deberá elegirse la más ancha de esas dos vías delanteras.

### 5.3.2. Procedimiento de ensayo

La finalidad del ensayo es medir la fuerza necesaria para subir o bajar la barra antivuelco. El ensayo se llevará a cabo en condiciones estáticas: la barra antivuelco no tendrá movimiento inicial. Cada medición de la fuerza necesaria para subir o bajar la barra antivuelco se efectuará en una dirección tangente a la trayectoria de dicha barra que pase por el centro geométrico de las secciones transversales de la zona de agarre.

La zona de agarre se considerará accesible si está situada dentro de las zonas accesibles o de la envoltura de las distintas zonas accesibles (figura 6.23).

La fuerza necesaria para subir y bajar la barra antivuelco se medirá en diferentes puntos dentro de la parte accesible de la zona de agarre (figura 6.24).

La primera medición se efectuará en el extremo de la parte accesible de la zona de agarre cuando la barra antivuelco esté totalmente bajada (punto A). La segunda se definirá en función de la posición del punto A después de la rotación de la barra antivuelco hasta el punto más alto de la parte accesible de la zona de agarre (punto A').

Si en la segunda medición la barra antivuelco no está totalmente subida, se medirá un punto adicional en la extremidad de la parte accesible de la zona de agarre cuando la barra

antivuelco esté totalmente subida (punto B).

Si entre las dos primeras mediciones la trayectoria del primer punto cruza el límite entre la zona I y la zona II, se realizará una medición en este punto de cruce (punto A").

Para medir la fuerza en los puntos requeridos, será posible medir directamente el valor o medir el par necesario para subir o bajar la barra antivuelco con el fin de calcular la fuerza.

### 5.3.3. Condiciones de aceptación

#### 5.3.3.1. Requisito de fuerza

La fuerza aceptable para el accionamiento de la ROPS dependerá de la zona accesible, tal como muestra el cuadro 6.2.

Zona	I	II	III
Fuerza aceptable (N)	100	75	50

Cuadro 6.2:

#### **Fuerzas permitidas**

Se permitirá un incremento máximo del 25 % de las fuerzas aceptables cuando la barra antivuelco esté totalmente subida y totalmente bajada.

Se permitirá un incremento máximo del 50 % de las fuerzas aceptables en la operación de bajada.

#### 5.3.3.2. Requisito adicional

La subida o bajada manuales de la barra antivuelco no provocará cizallamientos, aplastamientos o peligros derivados de movimientos incontrolados para el operador.

Un punto de aplastamiento no se considerará peligroso para las manos del operador si en la zona de agarre las distancias de seguridad entre la barra antivuelco y las partes fijas del tractor no son inferiores a 100 mm en el caso de las manos, las muñecas y los puños y a 25 mm en el de los dedos (ISO 13854:1996). Se comprobarán las distancias de seguridad con respecto al modo de accionamiento previsto por el fabricante en el manual de utilización.

### 5.4. Sistema de bloqueo manual

El dispositivo previsto para bloquear la ROPS en la posición subida/bajada estará diseñado:

- para ser accionado por un operador que se encuentre de pie en una de las zonas accesibles;
- para que apenas pueda separarse de la ROPS (por ejemplo, uso de pasadores de grillete como pasadores de bloqueo o de retención);
- para que se evite cualquier confusión en la operación de bloqueo (se indicará la correcta

ubicación de los pasadores);

- para evitar la retirada o pérdida accidental de piezas.

Si los dispositivos empleados para bloquear la ROPS en la posición subida/bajada consisten en pasadores se insertarán o retirarán libremente. Si para ello es necesario aplicar una fuerza en la barra antivuelco, deberá cumplir los requisitos de los puntos A y B (véase el punto 5.3).

Respecto a todos los demás dispositivos de bloqueo, estarán diseñados con arreglo a un enfoque ergonómico por lo que respecta a la forma y la fuerza, evitando en particular los peligros de aplastamiento o cizallamiento.

#### 5.5.

Ensayo preliminar del sistema de bloqueo automático

Todo sistema de bloqueo automático instalado en ROPS plegables manualmente deberá someterse a un ensayo preliminar antes del ensayo de resistencia de la ROPS.

La barra antivuelco se subirá desde la posición plegada hasta la posición vertical bloqueada, y viceversa. Estas operaciones corresponden a un ciclo. Se completarán quinientos ciclos.

Podrán llevarse a cabo manualmente o recurriendo a energía externa (actuadores hidráulicos, neumáticos o eléctricos). En ambos casos, la fuerza se aplicará dentro de un plano paralelo a la trayectoria de la barra antivuelco que pase por la zona de agarre y la velocidad angular de la barra antivuelco será más o menos constante e inferior a 20°/s.

Después de los quinientos ciclos, la fuerza aplicada cuando la barra antivuelco se encuentre en posición vertical no excederá en más de un 50 % de la fuerza permitida (cuadro 6.2).

El desbloqueo de la barra antivuelco se hará siguiendo el manual de utilización.

Tras completar los quinientos ciclos no se efectuará ningún mantenimiento o ajuste del sistema de bloqueo.

Nota 1: El ensayo preliminar podrá aplicarse también a sistemas de ROPS plegables automáticamente. El ensayo debe realizarse antes del ensayo de resistencia de la ROPS.

Nota 2: El ensayo preliminar podrá efectuarlo el fabricante. En tal caso, el fabricante transmitirá al centro de ensayos un certificado en el que conste que el ensayo se ha efectuado según el procedimiento de ensayo y no se ha llevado a cabo mantenimiento o ajuste alguno del sistema de bloqueo una vez completados los quinientos ciclos. El centro de ensayos verificará el rendimiento del dispositivo mediante un ciclo de accionamiento desde la posición plegada hasta la posición vertical bloqueada, y viceversa.

Figura 6.20

**Zona de agarre**

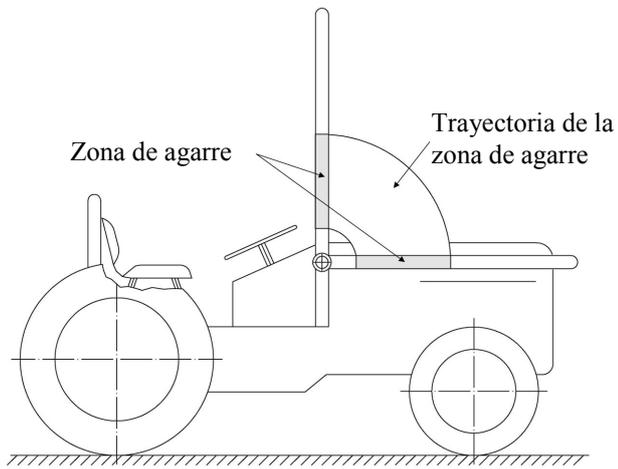


Figura 6.21

**Zonas accesibles**

**(Dimensiones en mm)**

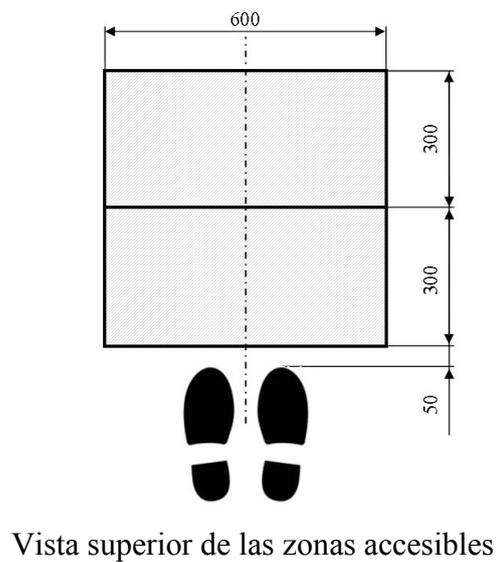
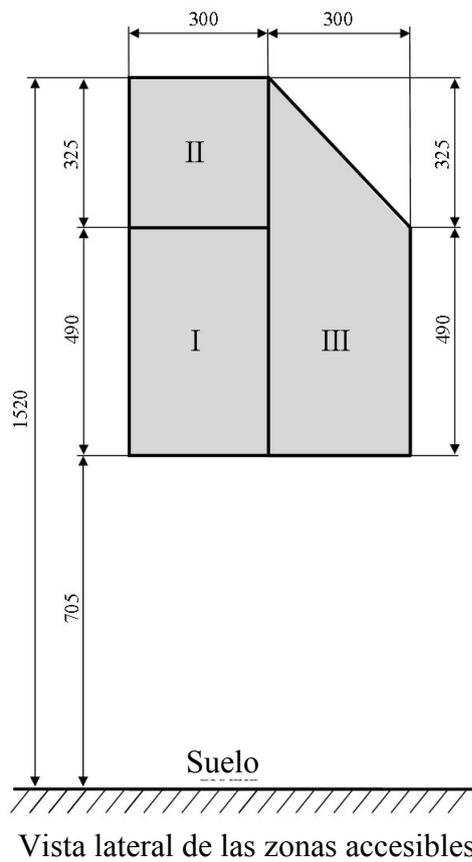
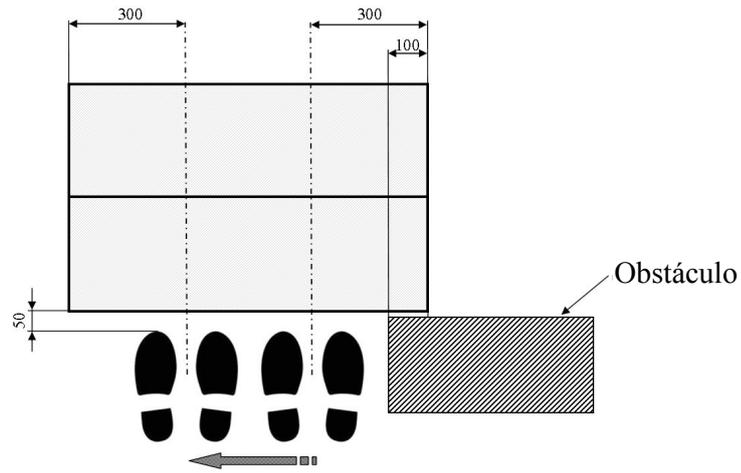


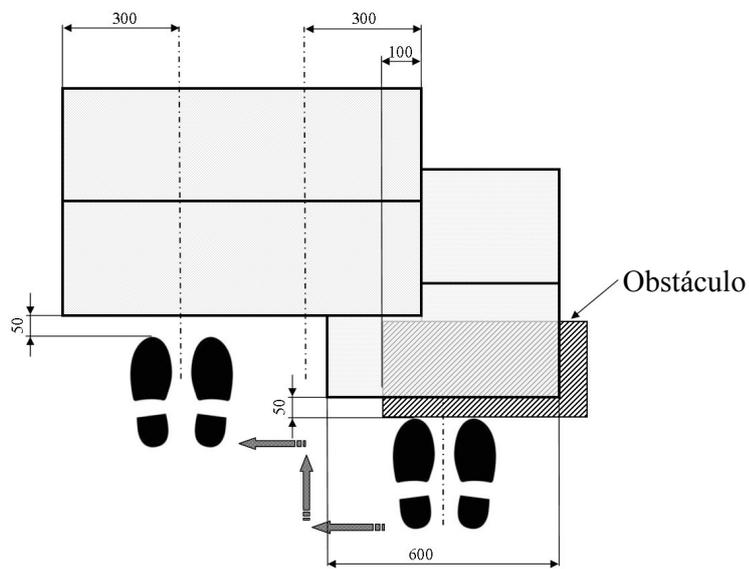
Figura 6.22

**Envoltura de las zonas accesibles**

**(Dimensiones en mm)**



Desplazamiento sin cambio de dirección



Desplazamiento con un cambio de dirección

Figura 6.23

### Parte accesible de la zona de agarre

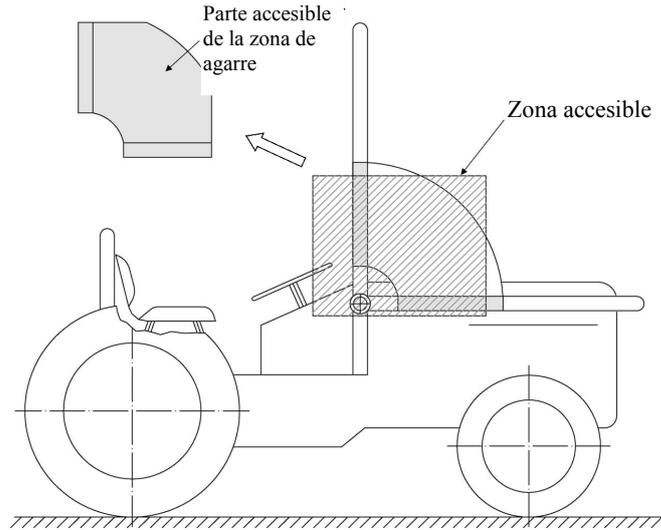
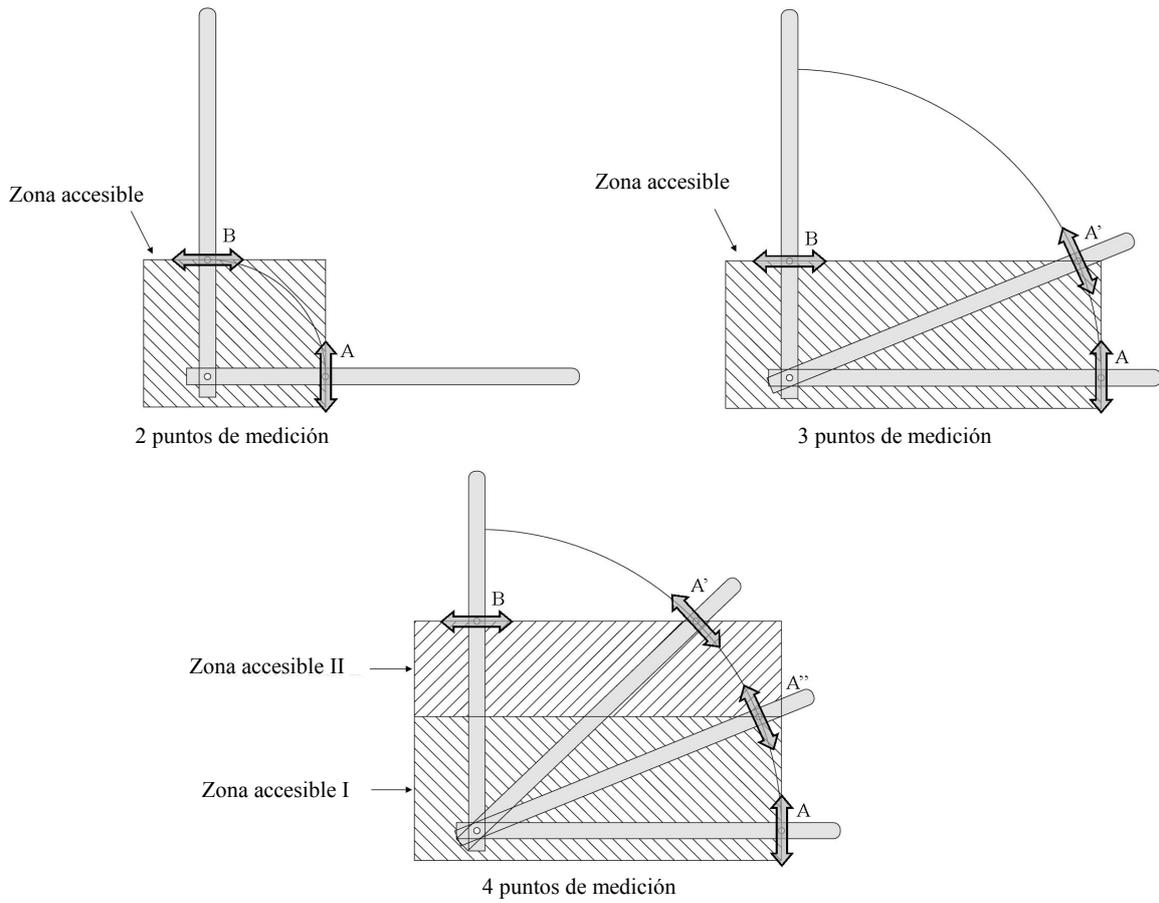


Figura 6.24

### Puntos en los que se medirá el requisito de fuerza







```

300 PRINT : PRINT : PRINT " In case of misprint, it is possible to acquire the data again"
310 PRINT : INPUT " Do you wish to acquire again the data ? (Y/N)"; Z$
320 IF Z$ = "Y" OR Z$ = "y" THEN 190
330 IF Z$ = "N" OR Z$ = "n" THEN 340
340 FOR I=1 TO 3:LPRINT : NEXT: LPRINT ; " TEST NR: "; TAB(10); CAMPOS(1)
350 LPRINT : LPRINT TAB(24); " FRONT MOUNTED PROTECTIVE STRUCTURE:"
360 LL = LEN(CAMPOS(2) + CAMPOS(3))
370 LPRINT TAB(36 - LL / 2); CAMPOS(2) + " - " + CAMPOS(3) : LPRINT
380 LPRINT TAB(32); " OF THE NARROW TRACTOR": LL = LEN(CAMPOS(4) +
CAMPOS(5))
390 LPRINT TAB(36 - LL / 2); CAMPOS(4) + " - " + CAMPOS(5) : LPRINT
400 CLS
410 PRINT "In case of mistype, push on the enter key up to the last field"
420 PRINT
430 FOR I = 1 TO 7: LOCATE I, 1, 0: NEXT
440 LOCATE 8, 1: PRINT " CHARACTERISTIC UNITS: "
450 LOCATE 8, 29: PRINT "LINEAR (m): MASS (kg):MOMENT OF INERTIA (kg·m2):"
460 LOCATE 9, 1: PRINT "                ANGLE (radian)"
470 LPRINT : PRINT
480 PRINT "HEIGHT OF COG          H1=": LOCATE 11, 29: PRINT "          "
490 LOCATE 11, 40: PRINT "H. DIST. COG-REAR AXLE  L3="
500 LOCATE 11, 71: PRINT "          "
510 PRINT "H. DIST. COG-FRT AXLE  L2=": LOCATE 12, 29: PRINT "          "
520 LOCATE 12, 40: PRINT "HEIGHT OF THE REAR TYRES  D3="
530 LOCATE 12, 71: PRINT "          "
540 PRINT "HEIGHT OF THE FRT TYRES  D2=": LOCATE 13, 29: PRINT "          "
550 LOCATE 13, 40: PRINT "OVERALL HEIGHT(P.T IMPACT) H6="
560 LOCATE 13, 71: PRINT "          "
570 PRINT "H.DIST.COG-LEAD.PT INTER.L6=": LOCATE 14, 29: PRINT "          "
580 LOCATE 14, 40: PRINT "PROTECTIVE STRUCT. WIDTH  B6="
590 LOCATE 14, 71: PRINT "          "
600 PRINT "HEIGHT OF THE ENG.B.  H7=": LOCATE 15, 29: PRINT "          "
605 LOCATE 15, 40: PRINT "WIDTH OF THE ENG. B.  B7="
610 LOCATE 15, 71: PRINT "          "
615 PRINT "H.DIST.COG-FRT COR.ENG.B.L7=": LOCATE 16, 29: PRINT "          "
620 LOCATE 16, 40: PRINT "HEIGHT FRT AXLE PIVOT PT  H0="
630 LOCATE 16, 71: PRINT "          "
640 PRINT "REAR TRACK WIDTH      S =": LOCATE 17, 29: PRINT "          "
650 LOCATE 17, 40: PRINT "REAR TYRE WIDTH      B0="
660 LOCATE 17, 71: PRINT "          "
670 PRINT "FRT AXLE SWING ANGLE  D0=": LOCATE 18, 29: PRINT "          "
680 LOCATE 18, 40: PRINT "TRACTOR MASS          Mc ="
690 LOCATE 18, 71: PRINT "          "
700 PRINT "MOMENT OF INERTIA     Q =": LOCATE 19, 29: PRINT "          "
710 LOCATE 19, 40: PRINT "          "
720 LOCATE 19, 71: PRINT "          ": PRINT : PRINT
730 H1 = 0: L3 = 0: L2 = 0: D3 = 0: D2 = 0: H6 = 0: L6 = 0: B6 = 0
740 H7 = 0: B7 = 0: L7 = 0: H0 = 0: S = 0: B0 = 0: D = 0: Mc = 0: Q = 0
750 NC = 9: GOSUB 4400
760 FOR I = 1 TO 3: PRINT "": NEXT

```

```

770 H1 = VAL(CAMPOS$(9)): L3 = VAL(CAMPOS$(10)): L2 = VAL(CAMPOS$(11))
780 D3 = VAL(CAMPOS$(12)): D2 = VAL(CAMPOS$(13)): H6 = VAL(CAMPOS$(14))
790 L6 = VAL(CAMPOS$(15)): B6 = VAL(CAMPOS$(16)): H7 = VAL(CAMPOS$(17))
800 B7 = VAL(CAMPOS$(18)): L7 = VAL(CAMPOS$(19)): H0 = VAL(CAMPOS$(20))
810 S = VAL(CAMPOS$(21)): B0 = VAL(CAMPOS$(22)): D0 = VAL(CAMPOS$(23))
820 Mc = VAL(CAMPOS$(24)): Q = VAL(CAMPOS$(25)): PRINT : PRINT
830 PRINT "In case of mistype, it is possible to acquire again the data": PRINT
840 INPUT " Do you wish to acquire again the data ? (Y/N)"; X$
850 IF X$ = "Y" OR X$ = "y" THEN 400
860 IF X$ = "n" OR X$ = "N" THEN 870
870 FOR I = 1 TO 3: LPRINT : NEXT
880 LPRINT TAB(20); "CHARACTERISTIC UNITS :": LOCATE 8, 29
890 LPRINT "LINEAR (m) : MASS (kg) : MOMENT OF INERTIA (kg·m2) : ANGLE
(radian)"
900 LPRINT
910 LPRINT "HEIGHT OF THE COG      H1=";
920 LPRINT USING "#####.#####"; H1;
930 LPRINT TAB(40); "H. DIST. COG-REAR AXLE  L3=";
940 LPRINT USING "#####.#####"; L3;
950 LPRINT "H.DIST. COG-FRT AXLE  L2=";
960 LPRINT USING "#####.#####"; L2;
970 LPRINT TAB(40); "HEIGHT OF THE REAR TYRES D3=";
975 LPRINT USING "#####.#####"; D3;
980 LPRINT "HEIGHT OF THE FRT TYRES  D2=";
990 LPRINT USING "#####.#####"; D2;
1000 LPRINT TAB(40); "OVERALL HEIGHT(P.T IMPACT)H6=";
1010 LPRINT USING "#####.#####"; H6;
1020 LPRINT "H.DIST.COG-LEAD PT INTER.L6=";
1030 LPRINT USING "#####.#####"; L6;
1040 LPRINT TAB(40); "PROTECTIVE STRUCT. WIDTH B6=";
1050 LPRINT USING "#####.#####"; B6;
1060 LPRINT "HEIGHT OF THE ENG.B.  H7=";
1070 LPRINT USING "#####.#####"; H7;
1080 LPRINT TAB(40); "WIDTH OF THE ENG. B.  B7=";
1090 LPRINT USING "#####.#####"; B7;
1100 LPRINT "H.DIST.COG-FRT COR.ENG.B.L7=";
1110 LPRINT USING "#####.#####"; L7;
1120 LPRINT TAB(40); "HEIGHT FRT AXLE PIVOT PT H0=";
1130 LPRINT USING "#####.#####"; H0;
1140 LPRINT "REAR TRACK WIDTH      S =";
1150 LPRINT USING "#####.#####"; S;
1160 LPRINT TAB(40); "REAR TYRE WIDTH      B0=";
1170 LPRINT USING "#####.#####"; B0;
1180 LPRINT "FRT AXLE SWING ANGLE  D0=";
1185 LPRINT USING "#####.#####"; D0;
1190 LPRINT TAB(40); "TRACTOR MASS      Mc = ";
1200 LPRINT USING "#####.###"; Mc;
1210 LPRINT "MOMENT OF INERTIA      Q =";
1215 LPRINT USING "#####.#####"; Q;
1220 FOR I = 1 TO 10: LPRINT : NEXT

```

```

1230 A0 = .588: U = .2: T = .2: GOSUB 4860
1240 REM * THE SIGN OF L6 IS MINUS IF THE POINT LIES IN FRONT
1250 REM * OF THE PLANE OF THE CENTRE OF GRAVITY.
1260 IF B6 > S + B0 THEN 3715
1265 IF B7 > S + B0 THEN 3715
1270 G = 9.8
1280                                                                 REM
*****
1290 REM *B2 VERSION (POINT OF IMPACT OF THE ROPS NEAR OF
EQUILIBRIUM POINT)*
1300                                                                 REM
*****
1310 B = B6: H = H6
1320 REM -----POSITION OF CENTER OF GRAVITY IN TILTED POSITION -----
1330 R2 = SQR(H1 * H1 + L3 * L3)
1340 C1 = ATN(H1 / L3)
1350 L0 = L3 + L2
1360 L9 = ATN(H0 / L0)
1370 H9 = R2 * SIN(C1 - L9)
1380 W1 = H9 / TAN(C1 - L9)
1390 W2 = SQR(H0 * H0 + L0 * L0): S1 = S / 2
1400 F1 = ATN(S1 / W2)
1410 W3 = (W2 - W1) * SIN(F1)
1420 W4 = ATN(H9 / W3)
1430 W5 = SQR(H9 * H9 + W3 * W3) * SIN(W4 + D0)
1440 W6 = W3 - SQR(W3 * W3 + H9 * H9) * COS(W4 + D0)
1450 W7 = W1 + W6 * SIN(F1)
1460 W8 = ATN(W5 / W7)
1470 W9 = SIN(W8 + L9) * SQR(W5 * W5 + W7 * W7)
1480 W0 = SQR(W9 * W9 + (S1 - W6 * COS(F1)) ^ 2)
1490 G1 = SQR(((S + B0) / 2) ^ 2 + H1 * H1)
1500 G2 = ATN(2 * H1 / (S + B0))
1510 G3 = W0 - G1 * COS(A0 + G2)
1520 O0 = SQR(2 * Mc * G * G3 / (Q + Mc * (W0 + G1) * (W0 + G1) / 4))
1530 F2 = ATN(((D3 - D2) / L0) / (1 - ((D3 - D2) / (2 * L3 + 2 * L2)) ^ 2))
1540 L8 = -TAN(F2) * (H - H1)
1550 REM----- COORDINATES IN POSITION 1 -----
1560 X(1, 1) = H1
1570 X(1, 2) = 0: X(1, 3) = 0
1580 X(1, 4) = (1 + COS(F2)) * D2 / 2
1590 X(1, 5) = (1 + COS(F2)) * D3 / 2
1600 X(1, 6) = H
1610 X(1, 7) = H7
1620 Y(1, 1) = 0
1630 Y(1, 2) = L2
1640 Y(1, 3) = -L3
1650 Y(1, 4) = L2 + SIN(F2) * D2 / 2
1660 Y(1, 5) = -L3 + SIN(F2) * D3 / 2
1670 Y(1, 6) = -L6
1680 Y(1, 7) = L7
1690 Z(1, 1) = (S + B0) / 2

```

```

1700 Z(1, 2) = 0: Z(1, 3) = 0: Z(1, 4) = 0: Z(1, 5) = 0
1710 Z(1, 6) = (S + B0) / 2 - B / 2
1720 Z(1, 7) = (S + B0) / 2 - B7 / 2
1730 O1 = 0: O2 = 0: O3 = 0: O4 = 0: O5 = 0: O6 = 0: O7 = 0: O8 = 0: O9 = 0
1740 K1 = Y(1, 4) * TAN(F2) + X(1, 4)
1750 K2 = X(1, 1)
1760 K3 = Z(1, 1)
1770 K4 = K1 - X(1, 1): DD1 = Q + Mc * K3 * K3 + Mc * K4 * K4
1780 O1 = (Q + Mc * K3 * K3 - U * Mc * K4 * K4 - (1 + U) * Mc * K2 * K4) * O0 / DD1
1790 REM----TRANSFORMATION OF THE COORDINATES FROM THE POSITION 1
TO 2
1800 FOR K = 1 TO 7 STEP 1
1810 X(2, K) = COS(F2) * (X(1, K) - H1) + SIN(F2) * Y(1, K) - K4 * COS(F2)
1820 Y(2, K) = Y(1, K) * COS(F2) - (X(1, K) - H1) * SIN(F2)
1830 Z(2, K) = Z(1, K)
1840 NEXT K
1850 O2 = O1 * COS(F2)
1860 A2 = ATN(TAN(A0) / SQR(1 + (TAN(F2)) ^ 2 / (COS(A0)) ^ 2))
1870 C2 = ATN(Z(2, 6) / X(2, 6))
1880 T2 = T
1890 V0 = SQR(X(2, 6) ^ 2 + Z(2, 6) ^ 2)
1900 E1 = T2 / V0
1910 E2 = (V0 * Y(2, 4)) / (Y(2, 4) - Y(2, 6))
1920 T3 = E1 * E2
1930 E4 = SQR(X(2, 1) * X(2, 1) + Z(2, 1) * Z(2, 1))
1940 V6 = ATN(X(2, 1) / Z(2, 1))
1950 REM-----ROTATION OF THE TRACTOR FROM THE POSITION 2 TO 3 ---
1960 FOR K = 1 TO 7 STEP 1
1970 IF Z(2, K) = 0 THEN 2000
1980 E3 = ATN(X(2, K) / Z(2, K))
1990 GOTO 2010
2000 E3 = -3.14159 / 2
2010 X(3, K) = SQR(X(2, K) * X(2, K) + Z(2, K) * Z(2, K)) * SIN(E3 + C2 + E1)
2020 Y(3, K) = Y(2, K)
2030 Z(3, K) = SQR(X(2, K) ^ 2 + Z(2, K) ^ 2) * COS(E3 + C2 + E1)
2040 NEXT K
2050 IF Z(3, 7) < 0 THEN 3680
2060 Z(3, 6) = 0
2070 Q3 = Q * (COS(F2)) ^ 2 + 3 * Q * (SIN(F2)) ^ 2
2080 V5 = (Q3 + Mc * E4 * E4) * O2 * O2 / 2
2090 IF -V6 > A2 THEN 2110
2100 GOTO 2130
2110 V7 = E4 * (1 - COS(-A2 - V6))
2120 IF V7 * Mc * G > V5 THEN 2320
2130 V8 = E4 * COS(-A2 - V6) - E4 * COS(-A2 - ATN(X(3, 1) / Z(3, 1)))
2140 O3 = SQR(2 * Mc * G * V8 / (Q3 + Mc * E4 * E4) + O2 * O2)
2150 K9 = X(3, 1)
2160 K5 = Z(3, 1)
2170 K6 = Z(3, 1) + E1 * V0
2180 K7 = V0 - X(3, 1)
2190 K8 = U: DD2 = Q3 + Mc * K6 * K6 + Mc * K7 * K7

```

```

2200 O4 = (Q3 + Mc * K5 * K6 - K8 * Mc * K7 * K7 - (1 + K8) * Mc * K9 * K7) * O3 /
DD2
2210 N3 = SQR((X(3, 6) - X(3, 1)) ^ 2 + (Z(3, 6) - Z(3, 1)) ^ 2)
2220 N2 = ATN(-(X(3, 6) - X(3, 1)) / Z(3, 1))
2230 Q6 = Q3 + Mc * N3 ^ 2
2240 IF -N2 <= A2 THEN 2290
2250 N4 = N3 * (1 - COS(-A2 - N2))
2260 N5 = (Q6) * O4 * O4 / 2
2270 IF N4 * Mc * G > N5 THEN 2320
2280 O9 = SQR(-2 * Mc * G * N4 / (Q6) + O4 * O4)
2290 GOSUB 3740
2300 GOSUB 4170
2310 GOTO 4330
2320 GOSUB 3740
2330 IF L6 > L8 THEN 2790
2340 REM *
2350                                                                 REM
*****
****
2355 REM *B3 VERSION (POINT OF IMPACT OF THE ROPS IN FRONT OF
EQUILIBRIUM POINT)*
2360                                                                 REM
*****
****
2370 O3 = 0: O4 = 0: O5 = 0: O6 = 0: O7 = 0: O8 = 0: O9 = 0
2380 E2 = (V0 * Y(2, 5)) / (Y(2, 5) - Y(2, 6))
2390 T3 = E2 * E1
2400 Z(3, 6) = 0
2410 Q3 = Q * (COS(F2)) ^ 2 + 3 * Q * (SIN(F2)) ^ 2
2420 V5 = (Q3 + Mc * E4 * E4) * O2 * O2 / 2
2430 IF -V6 > A2 THEN 2450
2440 GOTO 2470
2450 V7 = E4 * (1 - COS(-A2 - V6))
2460 IF V7 * Mc * G > V5 THEN 2760
2470 V8 = E4 * COS(-A2 - V6) - E4 * COS(-A2 - ATN(X(3, 1) / Z(3, 1)))
2480 O3 = SQR((2 * Mc * G * V8) / (Q3 + Mc * E4 * E4) + O2 * O2)
2490 K9 = X(3, 1)
2500 K5 = Z(3, 1)
2510 K6 = Z(3, 1) + T3
2520 K7 = E2 - X(3, 1)
2530 K8 = U: DD2 = Q3 + Mc * K6 * K6 + Mc * K7 * K7
2540 O4 = (Q3 + Mc * K5 * K6 - K8 * Mc * K7 * K7 - (1 + K8) * Mc * K9 * K7) * O3 /
DD2
2550 F3 = ATN(V0 / (Y(3, 5) - Y(3, 6)))
2560 O5 = O4 * COS(F3)
2570 REM-----TRANSFORMATION OF THE COORDINATES FROM THE POSITION 3
TO 4 ----
2580 REM-----POSITION 4
2590 FOR K = 1 TO 7 STEP 1
2600 X(4, K) = X(3, K) * COS(F3) + (Y(3, K) - Y(3, 5)) * SIN(F3)
2610 Y(4, K) = (Y(3, K) - Y(3, 5)) * COS(F3) - X(3, K) * SIN(F3)

```

```

2620 Z(4, K) = Z(3, K)
2630 NEXT K
2640 A4 = ATN(TAN(A0) / SQR(1 + (TAN(F2 + F3)) ^ 2 / (COS(A0)) ^ 2))
2650 M1 = SQR(X(4, 1) ^ 2 + Z(4, 1) ^ 2)
2660 M2 = ATN(X(4, 1) / Z(4, 1))
2670 Q5 = Q * (COS(F2 + F3)) ^ 2 + 3 * Q * (SIN(F2 + F3)) ^ 2
2680 IF -M2 < A4 THEN 2730
2690 M3 = M1 * (1 - COS(-A4 - M2))
2700 M4 = (Q5 + Mc * M1 * M1) * O5 * O5 / 2
2710 IF M3 * Mc * G > M4 THEN 2760
2720 O9 = SQR(O5 * O5 - 2 * Mc * G * M3 / (Q5 + Mc * M1 * M1))
2730 GOSUB 3740
2740 GOSUB 4170
2750 GOTO 4330
2760 GOSUB 3740
2770 GOSUB 4240
2780 GOTO 4330
2790                                                                 REM
*****
**
2795 REM *B1 VERSION (POINT OF IMPACT OF THE ROPS BEHIND OF
EQUILIBRIUM POINT)*
2800                                                                 REM
*****
**
2810 REM *
2820 O3 = 0: O4 = 0: O5 = 0: O6 = 0: O7 = 0: O8 = 0: O9 = 0
2830 Z(3, 6) = 0
2840 Q3 = Q * (COS(F2)) ^ 2 + 3 * Q * (SIN(F2)) ^ 2
2850 V5 = (Q3 + Mc * E4 * E4) * O2 * O2 / 2
2860 IF -V6 > A2 THEN 2880
2870 GOTO 2900
2880 V7 = E4 * (1 - COS(-A2 - V6))
2890 IF V7 * Mc * G > V5 THEN 3640
2900 V8 = E4 * COS(-A2 - V6) - E4 * COS(-A2 - ATN(X(3, 1) / Z(3, 1)))
2910 O3 = SQR(2 * Mc * G * V8 / (Q3 + Mc * E4 * E4) + O2 * O2)
2920 K9 = X(3, 1)
2930 K5 = Z(3, 1)
2940 K6 = Z(3, 1) + T3
2950 K7 = E2 - X(3, 1)
2960 K8 = U: DD2 = Q3 + Mc * K6 * K6 + Mc * K7 * K7
2970 O4 = (Q3 + Mc * K5 * K6 - K8 * Mc * K7 * K7 - (1 + K8) * Mc * K9 * K7) * O3 /
DD2
2980 F3 = ATN(V0 / (Y(3, 4) - Y(3, 6)))
2990 O5 = O4 * COS(F3)
3000 REM----TRANSFORMATION OF THE COORDINATES FROM 3 TO 4 ---
3010 FOR K = 1 TO 7 STEP 1
3020 X(4, K) = X(3, K) * COS(F3) + (Y(3, K) - Y(3, 4)) * SIN(F3)
3030 Y(4, K) = (Y(3, K) - Y(3, 4)) * COS(F3) - X(3, K) * SIN(F3)
3040 Z(4, K) = Z(3, K)
3050 NEXT K

```

```

3060 A4 = ATN(TAN(A0) / SQR(1 + (TAN(F2 + F3)) ^ 2 / (COS(A0)) ^ 2))
3070 C3 = ATN(Z(4, 7) / X(4, 7))
3080 C4 = 0
3090 C5 = SQR(X(4, 7) * X(4, 7) + Z(4, 7) * Z(4, 7))
3100 C6 = C4 / C5
3110 C7 = C5 * (Y(4, 6) - Y(4, 1)) / (Y(4, 6) - Y(4, 7))
3120 C8 = C6 * C7
3130 M1 = SQR(X(4, 1) ^ 2 + Z(4, 1) ^ 2)
3140 M2 = ATN(X(4, 1) / Z(4, 1))
3150 REM ----ROTATION OF THE TRACTOR FROM THE POSITION 4 TO 5 ---
3160 FOR K = 1 TO 7 STEP 1
3170 IF Z(4, K) <> 0 THEN 3200
3180 C9 = -3.14159 / 2
3190 GOTO 3210
3200 C9 = ATN(X(4, K) / Z(4, K))
3210 X(5, K) = SQR(X(4, K) ^ 2 + Z(4, K) ^ 2) * SIN(C9 + C3 + C6)
3220 Y(5, K) = Y(4, K)
3230 Z(5, K) = SQR(X(4, K) ^ 2 + Z(4, K) ^ 2) * COS(C9 + C3 + C6)
3240 NEXT K
3250 Z(5, 7) = 0
3260 Q5 = Q * (COS(F2 + F3)) ^ 2 + 3 * Q * (SIN(F2 + F3)) ^ 2
3270 IF -M2 > A4 THEN 3290
3280 GOTO 3320
3290 M3 = M1 * (1 - COS(-A4 - M2))
3300 M4 = (Q5 + Mc * M1 * M1) * O5 * O5 / 2
3310 IF M3 * Mc * G > M4 THEN 3640
3315 MM1 = M1 * COS(-A4 - ATN(X(5, 1) / Z(5, 1)))
3320 M5 = M1 * COS(-A4 - ATN(X(4, 1) / Z(4, 1))) - MM1
3330 O6 = SQR(2 * Mc * G * M5 / (Q5 + Mc * M1 * M1) + O5 * O5)
3340 M6 = X(5, 1)
3350 M7 = Z(5, 1)
3360 M8 = Z(5, 1) + C8
3370 M9 = C7 - X(5, 1)
3380 N1 = U: DD3 = (Q5 + Mc * M8 * M8 + Mc * M9 * M9)
3390 O7 = (Q5 + Mc * M7 * M8 - N1 * Mc * M9 * M9 - (1 + N1) * Mc * M6 * M9) * O6 /
DD3
3400 F5 = ATN(C5 / (Y(5, 6) - Y(5, 7)))
3410 A6 = ATN(TAN(A0) / SQR(1 + (TAN(F2 + F3 + F5)) ^ 2 / (COS(A0)) ^ 2))
3420 REM----TRANSFORMATION OF THE COORDINATES FROM THE POSITION 5
TO 6 ---
3430 FOR K = 1 TO 7 STEP 1
3440 X(6, K) = X(5, K) * COS(F5) + (Y(5, K) - Y(5, 6)) * SIN(F5)
3450 Y(6, K) = (Y(5, K) - Y(5, 6)) * COS(F5) - X(5, K) * SIN(F5)
3460 Z(6, K) = Z(5, K)
3470 NEXT K
3480 O8 = O7 * COS(-F5)
3490 N2 = ATN(X(6, 1) / Z(6, 1))
3500 N3 = SQR(X(6, 1) ^ 2 + Z(6, 1) ^ 2)
3510 Q6 = Q * (COS(F2 + F3 + F5)) ^ 2 + 3 * Q * (SIN(F2 + F3 + F5)) ^ 2
3520 IF -N2 > A6 THEN 3540
3530 GOTO 3580

```

```

3540 N4 = N3 * (1 - COS(-A6 - N2))
3550 N5 = (Q6 + Mc * N3 * N3) * O8 * O8 / 2
3560 P9 = (N4 * Mc * G - N5) / (N4 * Mc * G)
3570 IF N4 * Mc * G > N5 THEN 3640
3580 IF -N2 < A6 THEN 3610
3590 N6 = -N4
3600 O9 = SQR(2 * Mc * G * N6 / (Q6 + Mc * N3 * N3) + O8 * O8)
3610 GOSUB 3740
3620 GOSUB 4170
3630 GOTO 4330
3640 GOSUB 3740
3650 GOSUB 4240
3660 GOTO 4330
3670 REM
3680 IF Z(3, 7) > -.2 THEN 2060
3685 CLS : PRINT : PRINT : PRINT STRING$(80, 42): LOCATE 24, 30, 0
3690 PRINT " THE ENGINE BONNET TOUCHES THE GROUND BEFORE THE ROPS"
3695 LPRINT STRING$(80, 42)
3700 LPRINT "THE ENGINE BONNET TOUCHES THE GROUND BEFORE THE ROPS
"
3710 PRINT : PRINT " METHOD OF CALCULATION NOT FEASIBLE" : GOTO 3720
3715 CLS : PRINT : PRINT " METHOD OF CALCULATION NOT FEASIBLE"
3720 LPRINT "METHOD OF CALCULATION NOT FEASIBLE "
3725 LPRINT STRING$(80, 42)
3730 GOTO 4330
3740
                                                                 REM
*****
3750 CLS : LOCATE 13, 15, 0: PRINT "VELOCITY O0="
3755 LOCATE 13, 31, 0: PRINT USING "#.###"; O0: LOCATE 13, 40, 0: PRINT "rad/s"
3760 LOCATE 14, 15, 0: PRINT "VELOCITY O1="
3765 LOCATE 14, 31, 0: PRINT USING "#.###"; O1
3770 LOCATE 15, 15, 0: PRINT "VELOCITY O2="
3775 LOCATE 15, 31, 0: PRINT USING "#.###"; O2
3780 LOCATE 16, 15, 0: PRINT "VELOCITY O3="
3785 LOCATE 16, 31, 0: PRINT USING "#.###"; O3
3790 LOCATE 17, 15, 0: PRINT "VELOCITY O4="
3795 LOCATE 17, 31, 0: PRINT USING "#.###"; O4
3800 LOCATE 18, 15, 0: PRINT "VELOCITY O5="
3805 LOCATE 18, 31, 0: PRINT USING "#.###"; O5
3810 LOCATE 19, 15, 0: PRINT "VELOCITY O6="
3815 LOCATE 19, 31, 0: PRINT USING "#.###"; O6
3820 LOCATE 20, 15, 0: PRINT "VELOCITY O7="
3825 LOCATE 20, 31, 0: PRINT USING "#.###"; O7
3830 LOCATE 21, 15, 0: PRINT "VELOCITY O8="
3835 LOCATE 21, 31, 0: PRINT USING "#.###"; O8
3840 LOCATE 22, 15, 0: PRINT "VELOCITY O9="
3845 LOCATE 22, 31, 0: PRINT USING "#.###"; O9
3850 LPRINT "VELOCITY O0=";
3860 LPRINT USING "#.###"; O0;
3870 LPRINT " rad/s";
3880 LPRINT TAB(40); "VELOCITY O1=";

```

```

3890 LPRINT USING "#.###"; O1;
3900 LPRINT " rad/s"
3910 LPRINT "VELOCITY O2=";
3920 LPRINT USING "#.###"; O2;
3930 LPRINT " rad/s";
3940 LPRINT TAB(40); "VELOCITY O3=";
3950 LPRINT USING "#.###"; O3;
3960 LPRINT " rad/s"
3970 LPRINT "VELOCITY O4=";
3980 LPRINT USING "#.###"; O4;
3990 LPRINT " rad/s";
4000 LPRINT TAB(40); "VELOCITY O5=";
4010 LPRINT USING "#.###"; O5;
4020 LPRINT " rad/s"
4030 LPRINT "VELOCITY O6=";
4040 LPRINT USING "#.###"; O6;
4050 LPRINT " rad/s";
4060 LPRINT TAB(40); "VELOCITY O7=";
4070 LPRINT USING "#.###"; O7;
4080 LPRINT " rad/s"
4090 LPRINT "VELOCITY O8=";
4100 LPRINT USING "#.###"; O8;
4110 LPRINT " rad/s";
4120 LPRINT TAB(40); "VELOCITY O9=";
4130 LPRINT USING "#.###"; O9;
4140 LPRINT " rad/s"
4150 LPRINT
4160 RETURN
4170 PRINT STRING$(80, 42)
4180 LOCATE 24, 30, 0: PRINT "THE TILTING CONTINUES"
4190 PRINT STRING$(80, 42)
4200 LPRINT STRING$(80, 42)
4210 LPRINT TAB(30); "THE TILTING CONTINUES"
4220 LPRINT STRING$(80, 42)
4230 RETURN
4240 PRINT STRING$(80, 42)
4250 LOCATE 24, 30, 0: PRINT "THE ROLLING STOPS"
4260 PRINT STRING$(80, 42)
4270 LPRINT STRING$(80, 42)
4280 LPRINT TAB(30); "THE ROLLING STOPS"
4290 LPRINT STRING$(80, 42)
4300 RETURN
4310                                                                 REM
*****
4320 REM-----END OF THE CALCULATION-----
4330 FOR I = 1 TO 5: LPRINT : NEXT: LPRINT " LOCATION : "; CAMPO$(6): LPRINT
4340 LPRINT " DATE : "; CAMPO$(7): LPRINT
4350 LPRINT ; " ENGINEER : "; CAMPO$(8): LPRINT
4360 FOR I = 1 TO 4: LPRINT : NEXT: PRINT
4370 INPUT " Do you wish to carry out another test ? (Y/N)"; Y$
4380 IF Y$ = "Y" OR Y$ = "y" THEN 190

```

```

4390 IF Y$ = "N" OR Y$ = "n" THEN SYSTEM
4400 LOCATE F(NC), C(NC) + L, 1: A$ = INKEY$: IF A$ = "" THEN GOTO 4400
4410 IF LEN(A$) > 1 THEN GOSUB 4570: GOTO 4400
4420 A = ASC(A$)
4430 IF A = 13 THEN L = 0: GOTO 4450
4440 GOTO 4470
4450 IF NC < 8 OR NC > 8 AND NC < 25 THEN NC = NC + 1: GOTO 4400
4460 GOTO 4840
4470 IF A > 31 AND A < 183 THEN GOTO 4490
4480 BEEP: GOTO 4400
4490 IF L = LON(NC) THEN BEEP: GOTO 4400
4500 LOCATE F(NC), C(NC) + L: PRINT A$;
4510 L = L + 1
4520 IF L = 1 THEN B$(NC) = A$: GOTO 4540
4530 B$(NC) = B$(NC) + A$
4540 IF LEN(C$(NC)) > 0 THEN C$(NC) = RIGHT$(CAMPOS$(NC), LEN(CAMPOS$(NC))
- L)
4550 CAMPOS$(NC) = B$(NC) + C$(NC)
4560 GOTO 4400
4570 REM * SLIDE
4580 IF LEN(A$) <> 2 THEN BEEP: RETURN
4590 C = ASC(RIGHT$(A$, 1))
4600 IF C = 8 THEN 4620
4610 GOTO 4650
4620 IF LEN(C$(NC)) > 0 THEN BEEP: RETURN
4630 IF L = 0 THEN BEEP: RETURN
4640 CAMPOS$(NC) = LEFT$(CAMPOS$(NC), LEN(CAMPOS$(NC)))
4645 L = L - 1: PRINT A$: RETURN
4650 IF C = 30 THEN 4670
4660 GOTO 4700
4670 IF NC = 1 THEN BEEP: RETURN
4680 NC = NC - 1: L = 0
4690 RETURN
4700 IF C = 31 THEN 4720
4710 GOTO 4760
4720 IF NC <> 8 THEN 4740
4730 BEEP: RETURN
4740 NC = NC + 1: L = 0
4750 RETURN
4760 IF C = 29 THEN 4780
4770 GOTO 4800
4780 IF L = 0 THEN BEEP: RETURN
4790 L = L - 1: C$(NC) = RIGHT$(CAMPOS$(NC), LEN(CAMPOS$(NC)) - (L + 1))
4795 B$(NC) = LEFT$(CAMPOS$(NC), L): LOCATE F(NC), C(NC) + L + 1: PRINT ""
4796 RETURN
4800 IF C = 28 THEN 4820
4810 GOTO 4400
4820 IF C$(NC) = "" THEN BEEP: RETURN
4830 L = L + 1: C$(NC) = RIGHT$(CAMPOS$(NC), LEN(CAMPOS$(NC)) - (L))
4835 B$(NC) = LEFT$(CAMPOS$(NC), L): LOCATE F(NC), C(NC) + L, 1: PRINT ""
4840 RETURN

```

```
4850 RETURN
4860 FOR II = 1 TO 7
4870 X(1, II) = 0: X(2, II) = 0: X(3, II) = 0
4875 X(4, II) = 0: X(5, II) = 0: X(6, II) = 0
4880 Y(1, II) = 0: Y(2, II) = 0: Y(3, II) = 0
4885 Y(4, II) = 0: Y(5, II) = 0: Y(6, II) = 0
4890 Z(1, II) = 0: Z(2, II) = 0: Z(3, II) = 0
4895 Z(4, II) = 0: Z(5, II) = 0: Z(6, II) = 0
4900 NEXT II
4910 RETURN
4920 REM * THE SYMBOLS USED HERE ARE THE SAME AS IN THE CODE 6.
```

TEST NR:

FRONT MOUNTED-OVER PROTECTIVE STRUCTURE

OF THE NARROW TRACTOR:

CHARACTERISTIC UNITS:

LINEAR (m): MASS (kg):

MOMENT OF INERTIA ( $\text{kgm}^2$ ): ANGLE (radian)

HEIGHT OF THE COG	H1 = 0.7620	H. DIST. COG-REAR AXLE	L3 = 0.8970
H. DIST. COG - FRONT AXLE	L2 = 1.1490	HEIGHT OF THE REAR TYRES	D3 = 1.2930
HEIGHT OF THE FRT TYRES	D2 = 0.8800	OVERALL HEIGHT( PT IMPACT)	H6 = 2.1000
H. DIST. COG-LEAD PT INTER.	L6 = 0.2800	PROTECTIVE STRUCT. WIDTH	B6 = 0.7780
HEIGHT OF THE ENG. B.	H7 = 1.3370	WIDTH OF THE ENG. B.	B7 = 0.4900
H. DIST. COG-FRT COR. ENG. B.	L7 = 1.6390	HEIGHT FRT AXLE PIVOT PT	H0 = 0.4450
REAR TRACK WIDTH	S = 1.1150	REAR TYRE WIDTH	B0 = 0.1950
FRT AXLE SWING ANGLE	D0 = 0.1570	TRACTOR MASS	Mc = 2565.000
MOMENT OF INERTIA	Q = 295.0000		

VELOCITY O0 = 3.881 rad/s  
VELOCITY O2 = 1.057 rad/s  
VELOCITY O4 = 0.731 rad/s  
VELOCITY O6 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O8 = 0.000 rad/s

VELOCITY O1 = 1.078 rad/s  
VELOCITY O3 = 2.134 rad/s  
VELOCITY O5 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O7 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O9 = 0.000 rad/s

VELOCITY O0 = 3.881 rad/s  
VELOCITY O2 = 1.057 rad/s  
VELOCITY O4 = 1.130 rad/s  
VELOCITY O6 = 0.810 rad/s  
VELOCITY O8 = 0.587 rad/s

VELOCITY O1 = 1.078 rad/s  
VELOCITY O3 = 2.134 rad/s  
VELOCITY O5 = 0.993 rad/s  
VELOCITY O7 = 0.629 rad/s  
VELOCITY O9 = 0.219 rad/s

**THE TILTING CONTINUES**

Location:

Date:

Engineer:

Example 6.1

**The tilting continues**

TEST NR:

## FRONT MOUNTED-OVER PROTECTIVE STRUCTURE

### OF THE NARROW TRACTOR:

#### CHARACTERISTIC UNITS:

LINEAR (m): MASS (kg):

MOMENT OF INERTIA ( $\text{kgm}^2$ ): ANGLE (radian)

HEIGHT OF THE COG	H1 = 0.7653	H. DIST. COG-REAR AXLE	L3 = 0.7970
H. DIST. COG - FRONT AXLE	L2 = 1.1490	HEIGHT OF THE REAR TYRES	D3 = 1.4800
HEIGHT OF THE FRT TYRES	D2 = 0.8800	OVERALL HEIGHT( PT IMPACT)	H6 = 2.1100
H. DIST. COG-LEAD PT INTER.	L6 = -0.0500	PROTECTIVE STRUCT. WIDTH	B6 = 0.7000
HEIGHT OF THE ENG. B.	H7 = 1.3700	WIDTH OF THE ENG. B.	B7 = 0.8000
H. DIST. COG-FRT COR. ENG. B.	L7 = 1.6390	HEIGHT FRT AXLE PIVOT PT	H0 = 0.4450
REAR TRACK WIDTH	S = 1.1150	REAR TYRE WIDTH	B0 = 0.1950
FRT AXLE SWING ANGLE	D0 = 0.1570	TRACTOR MASS	Mc = 1800.000
MOMENT OF INERTIA	Q = 250.0000		

VELOCITY O0 = 3.840 rad/s  
VELOCITY O2 = 0.268 rad/s  
VELOCITY O4 = 0.672 rad/s  
VELOCITY O6 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O8 = 0.000 rad/s

VELOCITY O1 = 0.281 rad/s  
VELOCITY O3 = 1.586 rad/s  
VELOCITY O5 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O7 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O9 = 0.000 rad/s

VELOCITY O0 = 3.840 rad/s  
VELOCITY O2 = 0.268 rad/s  
VELOCITY O4 = 0.867 rad/s  
VELOCITY O6 = 1.218 rad/s  
VELOCITY O8 = 0.898 rad/s

VELOCITY O1 = 0.281 rad/s  
VELOCITY O3 = 1.586 rad/s  
VELOCITY O5 = 0.755 rad/s  
VELOCITY O7 = 0.969 rad/s  
VELOCITY O9 = 0.000 rad/s

### THE ROLLING STOPS

Location:

Date:

Engineer:

Example 6.2

### The rolling stops

TEST NR:

## FRONT MOUNTED-OVER PROTECTIVE STRUCTURE

### OF THE NARROW TRACTOR:

#### CHARACTERISTIC UNITS:

LINEAR (m): MASS (kg):

MOMENT OF INERTIA ( $\text{kgm}^2$ ): ANGLE (radian)

HEIGHT OF THE COG	H1 = 0.7180	H. DIST. COG-REAR AXLE	L3 = 0.8000
H. DIST. COG - FRONT AXLE	L2 = 1.1590	HEIGHT OF THE REAR TYRES	D3 = 1.5200
HEIGHT OF THE FRT TYRES	D2 = 0.7020	OVERALL HEIGHT( PT IMPACT)	H6 = 2.0040
H. DIST. COG-LEAD PT INTER.	L6 = -0.2000	PROTECTIVE STRUCT. WIDTH	B6 = 0.6400
HEIGHT OF THE ENG. B.	H7 = 1.2120	WIDTH OF THE ENG. B.	B7 = 0.3600
H. DIST. COG-FRT COR. ENG. B.	L7 = 1.6390	HEIGHT FRT AXLE PIVOT PT	H0 = 0.4400
REAR TRACK WIDTH	S = 0.9000	REAR TYRE WIDTH	B0 = 0.3150
FRT AXLE SWING ANGLE	D0 = 0.1740	TRACTOR MASS	Mc = 1780.000
MOMENT OF INERTIA	Q = 279.8960		

VELOCITY O0 = 3.884 rad/s  
VELOCITY O2 = 0.098 rad/s  
VELOCITY O4 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O6 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O8 = 0.000 rad/s

VELOCITY O1 = 0.107 rad/s  
VELOCITY O3 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O5 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O7 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O9 = 0.000 rad/s

VELOCITY O0 = 3.884 rad/s  
VELOCITY O2 = 0.098 rad/s  
VELOCITY O4 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O6 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O8 = 0.000 rad/s

VELOCITY O1 = 0.107 rad/s  
VELOCITY O3 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O5 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O7 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O9 = 0.000 rad/s

### THE ROLLING STOPS

Location:

Date:

Engineer:

Example 6.3

**The rolling stops**

TEST NR:

## FRONT MOUNTED-OVER PROTECTIVE STRUCTURE

### OF THE NARROW TRACTOR:

#### CHARACTERISTIC UNITS:

LINEAR (m): MASS (kg):

MOMENT OF INERTIA ( $\text{kgm}^2$ ): ANGLE (radian)

HEIGHT OF THE COG	H1 = 0.7180	H. DIST. COG-REAR AXLE	L3 = 0.8110
H. DIST. COG - FRONT AXLE	L2 = 1.1590	HEIGHT OF THE REAR TYRES	D3 = 1.2170
HEIGHT OF THE FRT TYRES	D2 = 0.7020	OVERALL HEIGHT( PT IMPACT)	H6 = 2.1900
H. DIST. COG-LEAD PT INTER.	L6 = -0.3790	PROTECTIVE STRUCT. WIDTH	B6 = 0.6400
HEIGHT OF THE ENG. B.	H7 = 1.2120	WIDTH OF THE ENG. B.	B7 = 0.3600
H. DIST. COG-FRT COR. ENG. B.	L7 = 1.6390	HEIGHT FRT AXLE PIVOT PT	H0 = 0.4400
REAR TRACK WIDTH	S = 0.9000	REAR TYRE WIDTH	B0 = 0.3150
FRT AXLE SWING ANGLE	D0 = 0.1740	TRACTOR MASS	Mc = 1780.000
MOMENT OF INERTIA	Q = 279.8960		

VELOCITY O0 = 3.884 rad/s  
VELOCITY O2 = 1.488 rad/s  
VELOCITY O4 = 0.405 rad/s  
VELOCITY O6 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O8 = 0.000 rad/s

VELOCITY O1 = 1.540 rad/s  
VELOCITY O3 = 2.162 rad/s  
VELOCITY O5 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O7 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O9 = 0.000 rad/s

VELOCITY O0 = 3.884 rad/s  
VELOCITY O2 = 1.488 rad/s  
VELOCITY O4 = 0.414 rad/s  
VELOCITY O6 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O8 = 0.000 rad/s

VELOCITY O1 = 1.540 rad/s  
VELOCITY O3 = 2.162 rad/s  
VELOCITY O5 = 0.289 rad/s  
VELOCITY O7 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O9 = 0.000 rad/s

### THE ROLLING STOPS

Location:

Date:

Engineer:

Example 6.4

**The rolling stops**

TEST NR:

FRONT MOUNTED-OVER PROTECTIVE STRUCTURE

OF THE NARROW TRACTOR:

CHARACTERISTIC UNITS:

LINEAR (m): MASS (kg):

MOMENT OF INERTIA ( $\text{kgm}^2$ ): ANGLE (radian)

HEIGHT OF THE COG	H1 = 0.7660	H. DIST. COG-REAR AXLE	L3 = 0.7970
H. DIST. COG - FRONT AXLE	L2 = 1.1490	HEIGHT OF THE REAR TYRES	D3 = 1.4800
HEIGHT OF THE FRT TYRES	D2 = 0.8800	OVERALL HEIGHT( PT IMPACT)	H6 = 2.1100
H. DIST. COG-LEAD PT INTER.	L6 = -0.2000	PROTECTIVE STRUCT. WIDTH	B6 = 0.7000
HEIGHT OF THE ENG. B.	H7 = 1.3700	WIDTH OF THE ENG. B.	B7 = 0.8000
H. DIST. COG-FRT COR. ENG. B.	L7 = 1.6390	HEIGHT FRT AXLE PIVOT PT	H0 = 0.4450
REAR TRACK WIDTH	S = 1.1150	REAR TYRE WIDTH	B0 = 0.9100
FRT AXLE SWING ANGLE	D0 = 0.1570	TRACTOR MASS	Mc = 1800.000
MOMENT OF INERTIA	Q = 250.0000		

VELOCITY O0 = 2.735 rad/s

VELOCITY O2 = 1.212 rad/s

VELOCITY O4 = 1.337 rad/s

VELOCITY O6 = 0.000 rad/s

VELOCITY O8 = 0.000 rad/s

VELOCITY O1 = 1.271 rad/s

VELOCITY O3 = 2.810 rad/s

VELOCITY O5 = 0.000 rad/s

VELOCITY O7 = 0.000 rad/s

VELOCITY O9 = 0.000 rad/s

**THE TILTING CONTINUES**

Location:

Date:

Engineer:

Example 6.5

**The tilting continues**

TEST NR:

## FRONT MOUNTED-OVER PROTECTIVE STRUCTURE

### OF THE NARROW TRACTOR:

#### CHARACTERISTIC UNITS:

LINEAR (m): MASS (kg):

MOMENT OF INERTIA ( $\text{kgm}^2$ ): ANGLE (radian)

HEIGHT OF THE COG	H1 = 0.7653	H. DIST. COG-REAR AXLE	L3 = 0.7970
H. DIST. COG - FRONT AXLE	L2 = 1.1490	HEIGHT OF THE REAR TYRES	D3 = 1.2930
HEIGHT OF THE FRT TYRES	D2 = 0.8800	OVERALL HEIGHT( PT IMPACT)	H6 = 1.9600
H. DIST. COG-LEAD PT INTER.	L6 = -0.4000	PROTECTIVE STRUCT. WIDTH	B6 = 0.7000
HEIGHT OF THE ENG. B.	H7 = 1.3700	WIDTH OF THE ENG. B.	B7 = 0.8750
H. DIST. COG-FRT COR. ENG. B.	L7 = 1.6390	HEIGHT FRT AXLE PIVOT PT	H0 = 0.4450
REAR TRACK WIDTH	S = 1.1150	REAR TYRE WIDTH	B0 = 0.1950
FRT AXLE SWING ANGLE	D0 = 0.1570	TRACTOR MASS	Mc = 1800.000
MOMENT OF INERTIA	Q = 275.0000		

VELOCITY O0 = 3.815 rad/s  
VELOCITY O2 = 1.105 rad/s  
VELOCITY O4 = 0.786 rad/s  
VELOCITY O6 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O8 = 0.000 rad/s

VELOCITY O1 = 1.130 rad/s  
VELOCITY O3 = 2.196 rad/s  
VELOCITY O5 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O7 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O9 = 0.000 rad/s

VELOCITY O0 = 3.815 rad/s  
VELOCITY O2 = 1.105 rad/s  
VELOCITY O4 = 0.980 rad/s  
VELOCITY O6 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O8 = 0.000 rad/s

VELOCITY O1 = 1.130 rad/s  
VELOCITY O3 = 2.196 rad/s  
VELOCITY O5 = 0.675 rad/s  
VELOCITY O7 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O9 = 0.548 rad/s

### THE TILTING CONTINUES

Location:

Date:

Engineer:

Example 6.6

**The tilting continues**

TEST NR:

FRONT MOUNTED-OVER PROTECTIVE STRUCTURE

OF THE NARROW TRACTOR:

CHARACTERISTIC UNITS:

LINEAR (m): MASS (kg):

MOMENT OF INERTIA ( $\text{kgm}^2$ ): ANGLE (radian)

HEIGHT OF THE COG	H1 = 0.7620	H. DIST. COG-REAR AXLE	L3 = 0.7970
H. DIST. COG - FRONT AXLE	L2 = 1.1490	HEIGHT OF THE REAR TYRES	D3 = 1.5500
HEIGHT OF THE FRT TYRES	D2 = 0.8800	OVERALL HEIGHT( PT IMPACT)	H6 = 2.1000
H. DIST. COG-LEAD PT INTER.	L6 = -0.4780	PROTECTIVE STRUCT. WIDTH	B6 = 0.7780
HEIGHT OF THE ENG. B.	H7 = 1.5500	WIDTH OF THE ENG. B.	B7 = 0.9500
H. DIST. COG-FRT COR. ENG. B.	L7 = 1.6390	HEIGHT FRT AXLE PIVOT PT	H0 = 0.4450
REAR TRACK WIDTH	S = 1.1150	REAR TYRE WIDTH	B0 = 0.1950
FRT AXLE SWING ANGLE	D0 = 0.1570	TRACTOR MASS	Mc = 1800.000
MOMENT OF INERTIA	Q = 200.0000		

**THE ENGINE BONNET TOUCHES THE GROUND BEFORE THE ROPS  
METHOD OF CALCULATION NOT FEASIBLE**

Location:

Date:

Engineer:

Example 6.7

**Method of calculation not feasible**

TEST NR:

## FRONT MOUNTED-OVER PROTECTIVE STRUCTURE

### OF THE NARROW TRACTOR:

#### CHARACTERISTIC UNITS:

LINEAR (m): MASS (kg):

MOMENT OF INERTIA ( $\text{kgm}^2$ ): ANGLE (radian)

HEIGHT OF THE COG	H1 = 0.7180	H. DIST. COG-REAR AXLE	L3 = 0.8110
H. DIST. COG - FRONT AXLE	L2 = 1.1590	HEIGHT OF THE REAR TYRES	D3 = 1.2170
HEIGHT OF THE FRT TYRES	D2 = 0.7020	OVERALL HEIGHT( PT IMPACT)	H6 = 2.0040
H. DIST. COG-LEAD PT INTER.	L6 = -0.3790	PROTECTIVE STRUCT. WIDTH	B6 = 0.6400
HEIGHT OF THE ENG. B.	H7 = 1.2120	WIDTH OF THE ENG. B.	B7 = 0.3600
H. DIST. COG-FRT COR. ENG. B.	L7 = 1.6390	HEIGHT FRT AXLE PIVOT PT	H0 = 0.4400
REAR TRACK WIDTH	S = 0.9000	REAR TYRE WIDTH	B0 = 0.3150
FRT AXLE SWING ANGLE	D0 = 0.1740	TRACTOR MASS	Mc = 1780.000
MOMENT OF INERTIA	Q = 279.8960		

VELOCITY O0 = 3.884 rad/s  
VELOCITY O2 = 1.488 rad/s  
VELOCITY O4 = 0.581 rad/s  
VELOCITY O6 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O8 = 0.000 rad/s

VELOCITY O1 = 1.540 rad/s  
VELOCITY O3 = 2.313 rad/s  
VELOCITY O5 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O7 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O9 = 0.000 rad/s

VELOCITY O0 = 3.884 rad/s  
VELOCITY O2 = 1.488 rad/s  
VELOCITY O4 = 0.633 rad/s  
VELOCITY O6 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O8 = 0.000 rad/s

VELOCITY O1 = 1.540 rad/s  
VELOCITY O3 = 2.313 rad/s  
VELOCITY O5 = 0.373 rad/s  
VELOCITY O7 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O9 = 0.000 rad/s

### THE ROLLING STOPS

Location:

Date:

Engineer:

Example 6.8

**The rolling stops**

TEST NR:

## FRONT MOUNTED-OVER PROTECTIVE STRUCTURE

### OF THE NARROW TRACTOR:

#### CHARACTERISTIC UNITS:

LINEAR (m): MASS (kg):

MOMENT OF INERTIA ( $\text{kgm}^2$ ): ANGLE (radian)

HEIGHT OF THE COG	H1 = 0.7620	H. DIST. COG-REAR AXLE	L3 = 0.7970
H. DIST. COG - FRONT AXLE	L2 = 1.1490	HEIGHT OF THE REAR TYRES	D3 = 1.2930
HEIGHT OF THE FRT TYRES	D2 = 0.8800	OVERALL HEIGHT( PT IMPACT)	H6 = 1.9670
H. DIST. COG-LEAD PT INTER.	L6 = -0.3000	PROTECTIVE STRUCT. WIDTH	B6 = 0.7700
HEIGHT OF THE ENG. B.	H7 = 1.3500	WIDTH OF THE ENG. B.	B7 = 0.9500
H. DIST. COG-FRT COR. ENG. B.	L7 = 1.6390	HEIGHT FRT AXLE PIVOT PT	H0 = 0.4450
REAR TRACK WIDTH	S = 1.1150	REAR TYRE WIDTH	B0 = 0.1950
FRT AXLE SWING ANGLE	D0 = 0.1570	TRACTOR MASS	Mc = 1800.000
MOMENT OF INERTIA	Q = 300.0000		

VELOCITY O0 = 3.790 rad/s  
VELOCITY O2 = 1.133 rad/s  
VELOCITY O4 = 0.801 rad/s  
VELOCITY O6 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O8 = 0.000 rad/s

VELOCITY O1 = 1.159 rad/s  
VELOCITY O3 = 2.118 rad/s  
VELOCITY O5 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O7 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O9 = 0.000 rad/s

VELOCITY O0 = 3.790 rad/s  
VELOCITY O2 = 1.133 rad/s  
VELOCITY O4 = 0.856 rad/s  
VELOCITY O6 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O8 = 0.000 rad/s

VELOCITY O1 = 1.159 rad/s  
VELOCITY O3 = 2.118 rad/s  
VELOCITY O5 = 0.562 rad/s  
VELOCITY O7 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O9 = 0.205 rad/s

### THE TILTING CONTINUES

Location:

Date:

Engineer:

Example 6.9  
**The tilting continues**

TEST NR:

FRONT MOUNTED-OVER PROTECTIVE STRUCTURE

OF THE NARROW TRACTOR:

CHARACTERISTIC UNITS:

LINEAR (m): MASS (kg):

MOMENT OF INERTIA ( $\text{kgm}^2$ ): ANGLE (radian)

HEIGHT OF THE COG	H1 = 0.7653	H. DIST. COG-REAR AXLE	L3 = 0.7970
H. DIST. COG - FRONT AXLE	L2 = 1.1490	HEIGHT OF THE REAR TYRES	D3 = 1.3800
HEIGHT OF THE FRT TYRES	D2 = 0.8800	OVERALL HEIGHT( PT IMPACT)	H6 = 1.9600
H. DIST. COG-LEAD PT INTER.	L6 = -0.3000	PROTECTIVE STRUCT. WIDTH	B6 = 0.7000
HEIGHT OF THE ENG. B.	H7 = 1.3700	WIDTH OF THE ENG. B.	B7 = 0.8900
H. DIST. COG-FRT COR. ENG. B.	L7 = 1.6390	HEIGHT FRT AXLE PIVOT PT	H0 = 0.4450
REAR TRACK WIDTH	S = 1.1150	REAR TYRE WIDTH	B0 = 0.1950
FRT AXLE SWING ANGLE	D0 = 0.1570	TRACTOR MASS	Mc = 1800.000
MOMENT OF INERTIA	Q = 275.0000		

VELOCITY O0 = 3.815 rad/s  
VELOCITY O2 = 0.724 rad/s  
VELOCITY O4 = 0.808 rad/s  
VELOCITY O6 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O8 = 0.000 rad/s

VELOCITY O1 = 0.748 rad/s  
VELOCITY O3 = 1.956 rad/s  
VELOCITY O5 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O7 = 0.000 rad/s  
VELOCITY O9 = 0.407 rad/s

**THE TILTING CONTINUES**

Location:

Date:

Engineer:

Example 6.10  
**The tilting continues**

TEST NR:

FRONT MOUNTED-OVER PROTECTIVE STRUCTURE

OF THE NARROW TRACTOR:

CHARACTERISTIC UNITS:

LINEAR (m): MASS (kg):

MOMENT OF INERTIA ( $\text{kgm}^2$ ): ANGLE (radian)

HEIGHT OF THE COG	H1 = 0.7653	H. DIST. COG-REAR AXLE	L3 = 0.7970
H. DIST. COG - FRONT AXLE	L2 = 1.1490	HEIGHT OF THE REAR TYRES	D3 = 1.4800
HEIGHT OF THE FRT TYRES	D2 = 0.9000	OVERALL HEIGHT( PT IMPACT)	H6 = 1.9600
H. DIST. COG-LEAD PT INTER.	L6 = -0.4000	PROTECTIVE STRUCT. WIDTH	B6 = 0.7000
HEIGHT OF THE ENG. B.	H7 = 1.3700	WIDTH OF THE ENG. B.	B7 = 0.8000
H. DIST. COG-FRT COR. ENG. B.	L7 = 1.6390	HEIGHT FRT AXLE PIVOT PT	H0 = 0.4450
REAR TRACK WIDTH	S = 1.1150	REAR TYRE WIDTH	B0 = 0.1950
FRT AXLE SWING ANGLE	D0 = 0.1570	TRACTOR MASS	Mc = 1800.000
MOMENT OF INERTIA	Q = 250.0000		

VELOCITY O0 = 3.840  
VELOCITY O2 = 0.235  
VELOCITY O4 = 0.000  
VELOCITY O6 = 0.000  
VELOCITY O8 = 0.000

VELOCITY O1 = 0.246  
VELOCITY O3 = 0.000  
VELOCITY O5 = 0.000  
VELOCITY O7 = 0.000  
VELOCITY O9 = 0.000

VELOCITY O0 = 3.840  
VELOCITY O2 = 0.235  
VELOCITY O4 = 0.000  
VELOCITY O6 = 0.000  
VELOCITY O8 = 0.000

VELOCITY O1 = 0.246  
VELOCITY O3 = 0.000  
VELOCITY O5 = 0.000  
VELOCITY O7 = 0.000  
VELOCITY O9 = 0.000

**THE ROLLING STOPS**

Location:

Date:

Engineer:

Example 6.11

**The rolling stops**

---

## Notas explicativas del anexo IX

- (1) Salvo la numeración de las secciones B2 y B3, que se ha armonizado con la totalidad del anexo, el texto de los requisitos y la numeración que figuran en la letra B son idénticos al texto y la numeración del Código normalizado de la OCDE para los ensayos oficiales de las estructuras de protección en caso de vuelco montadas en la parte delantera de los tractores agrícolas y forestales de ruedas de vía estrecha, Código 6 de la OCDE, edición 2015 de julio de 2014.
- (2) Conviene recordar que el punto índice del asiento se determina con arreglo a la norma ISO 5353 y que es un punto fijo con respecto al tractor que no se mueve al ajustar el asiento en una posición distinta de la posición intermedia. Para determinar la zona libre, el asiento estará en la posición más atrasada y más alta posible.
- (3) El programa y los ejemplos están disponibles en el sitio web de la OCDE.
- (4) Suma de la deformación permanente y la deformación elástica, medidas al alcanzar el nivel de energía requerido.

## ANEXO X

### Requisitos aplicables a las estructuras de protección en caso de vuelco (montadas en la parte trasera de tractores de vía estrecha)

#### **A. Disposiciones generales**

1. Los requisitos de la Unión aplicables a las estructuras de protección en caso de vuelco (montadas en la parte trasera de tractores de vía estrecha) se establecen en la letra B.
2. Los ensayos podrán realizarse con arreglo a procedimientos de ensayo estáticos o bien dinámicos establecidos en las secciones B1 y B2. Ambos métodos se consideran equivalentes.

#### **B. Requisitos aplicables a las estructuras de protección en caso de vuelco (montadas en la parte trasera de tractores de vía estrecha)<sup>(1)</sup>**

##### **1. DEFINICIONES**

1.1. [No se aplica]

##### **1.2. *Estructura de protección en caso de vuelco (ROPS)***

Por estructura de protección en caso de vuelco (cabina o marco de protección), denominada en lo sucesivo «estructura de protección», se entiende la estructura instalada en un tractor con el objetivo esencial de evitar o limitar los riesgos que corre el conductor en caso de vuelco del tractor durante su utilización normal.

La estructura de protección en caso de vuelco se caracteriza por disponer de una zona libre lo suficientemente amplia para proteger al conductor sentado dentro de la envoltura de la estructura o en una zona limitada por series de líneas rectas que van desde los bordes exteriores de la estructura a cualquier punto del tractor que pueda entrar en contacto con el suelo plano y sea capaz de soportar el tractor volcado.

##### **1.3. *Vía***

1.3.1. Definición preliminar: plano mediano de la rueda o vía

El plano mediano de la rueda es equidistante de los dos planos que incluyen los bordes exteriores de las llantas u orugas.

1.3.2. Definición de la vía

El plano vertical que pasa a través del eje de una rueda corta su plano mediano a lo largo de una línea recta hasta un punto de la superficie de apoyo. Si **A** y **B** son los dos puntos correspondientes a esa definición en las ruedas de un mismo eje del tractor, el ancho de vía será la distancia entre **A** y **B**. De esta forma, puede definirse la vía correspondiente a las ruedas delanteras y a las ruedas traseras. En el caso de las ruedas gemelas, la vía es la

distancia entre los dos planos medianos de los pares de ruedas. En el caso de los tractores con orugas, la vía es la distancia entre los planos medianos de las orugas.

1.3.3. Definición complementaria: plano mediano del tractor

A partir de las posiciones extremas de los puntos **A** y **B** correspondientes al eje trasero del tractor se obtiene el valor máximo posible de la vía. El plano vertical perpendicular con la línea **AB** en su punto central es el plano mediano del tractor.

1.4. **Batalla**

Distancia entre los planos verticales que pasan por las dos líneas **AB** definidas anteriormente, correspondientes el uno a las ruedas delanteras y el otro a las ruedas traseras.

1.5. **Determinación del punto índice del asiento; posición y ajuste del asiento para los ensayos**

1.5.1. Punto índice del asiento (SIP)<sup>(2)</sup>

El punto índice del asiento se determinará de conformidad con la norma ISO 5353:1995.

1.5.2. Posición y ajuste del asiento para los ensayos

1.5.2.1. Si el asiento es regulable, deberá estar en la posición más atrasada y más alta posible.

1.5.2.2. Si la inclinación del respaldo es regulable, deberá adoptarse la posición intermedia.

1.5.2.3. Si el asiento lleva un sistema de suspensión, dicho sistema se bloqueará en la mitad de su carrera, salvo que sea contrario a instrucciones claras del fabricante del asiento.

1.5.2.4. Si la posición del asiento solo es regulable longitudinal y verticalmente, el eje longitudinal que pasa por el punto índice del asiento deberá ser paralelo al plano longitudinal vertical del tractor que pasa por el centro del volante y no encontrarse a más de 100 mm de dicho plano.

1.6. **Zona libre**

1.6.1. Plano de referencia

La zona libre está ilustrada en las figuras 7.1 y 7.2. Esta zona se define con respecto al plano de referencia y el punto índice del asiento. El plano de referencia es un plano vertical, generalmente longitudinal respecto al tractor, que pasa por el punto índice del asiento y el centro del volante. Normalmente, el plano de referencia coincide con el plano longitudinal mediano del tractor. Se supone que el plano de referencia se desplaza horizontalmente con el asiento y el volante durante la carga pero que permanece perpendicular al tractor o al piso de la estructura de protección. La zona libre se definirá

de acuerdo con los puntos 1.6.2 y 1.6.3.

## 1.6.2. Determinación de la zona libre de los tractores con asiento no reversible

La zona libre de los tractores con asiento no reversible se define en los puntos 1.6.2.1 a 1.6.2.13; con el tractor situado en una superficie horizontal, el asiento ajustado y situado según las especificaciones de los puntos 1.5.2.1 a 1.5.2.4<sup>(2)</sup> y el volante, si es regulable, en su posición intermedia para un conductor sentado, dicha zona está limitada por los planos siguientes:

- 1.6.2.1. un plano horizontal  $A_1 B_1 B_2 A_2$ , situado  $(810 + a_v)$  mm por encima del punto índice del asiento, cuya línea  $B_1 B_2$  está situada  $(a_h - 10)$  mm por detrás del SIP;
- 1.6.2.2. un plano inclinado  $H_1 H_2 G_2 G_1$ , perpendicular al plano de referencia, que incluye tanto un punto situado 150 mm por detrás de la línea  $B_1 B_2$  como el punto más retrasado del respaldo del asiento;
- 1.6.2.3. una superficie cilíndrica  $A_1 A_2 H_2 H_1$ , de un radio de 120 mm, perpendicular al plano de referencia y tangente a los planos definidos en los puntos 1.6.2.1 y 1.6.2.2;
- 1.6.2.4. una superficie cilíndrica  $B_1 C_1 C_2 B_2$  de un radio de 900 mm, perpendicular al plano de referencia y que se prolonga 400 mm hacia delante y es tangente al plano definido en el punto 1.6.2.1, siguiendo la línea  $B_1 B_2$ ;
- 1.6.2.5. un plano inclinado  $C_1 D_1 D_2 C_2$ , perpendicular al plano de referencia, que se une a la superficie definida en el punto 1.6.2.4 y pasa a 40 mm del borde exterior delantero del volante; en el caso de un volante en posición elevada, este plano se extiende hacia delante desde la línea  $B_1 B_2$  y es tangente a la superficie definida en el punto 1.6.2.4;
- 1.6.2.6. un plano vertical  $D_1 K_1 E_1 E_2 K_2 D_2$  perpendicular al plano de referencia y situado 40 mm por delante del borde exterior del volante;
- 1.6.2.7. un plano horizontal  $E_1 F_1 P_1 N_1 N_2 P_2 F_2 E_2$  que pasa por un punto situado  $(90 - a_v)$  mm por debajo del punto índice del asiento;
- 1.6.2.8. una superficie  $G_1 L_1 M_1 N_1 N_2 M_2 L_2 G_2$  perpendicular al plano de referencia y en contacto con el respaldo del asiento en toda su longitud, que puede estar curvada, si es necesario, desde el límite inferior del plano definido en el punto 1.6.2.2 hasta el plano horizontal definido en el punto 1.6.2.7;
- 1.6.2.9. dos planos verticales  $K_1 I_1 F_1 E_1$  y  $K_2 I_2 F_2 E_2$  paralelos al plano de referencia, situados a 250 mm a ambos lados de dicho plano y con un límite superior situado 300 mm por encima del plano definido en el punto 1.6.2.7;
- 1.6.2.10. dos planos inclinados paralelos  $A_1 B_1 C_1 D_1 K_1 I_1 L_1 G_1 H_1$  y  $A_2 B_2 C_2 D_2 K_2 I_2 L_2 G_2 H_2$  que empiezan en el borde superior de los planos definidos en el punto 1.6.2.9 y llegan al

plano horizontal definido en el punto 1.6.2.1 a 100 mm, como mínimo, del plano de referencia en el lado en el que se aplica la carga;

1.6.2.11. dos porciones de planos verticales  $Q_1 P_1 N_1 M_1$  y  $Q_2 P_2 N_2 M_2$  paralelas al plano de referencia, situadas a 200 mm a ambos lados de dicho plano y con un límite superior situado 300 mm por encima del plano definido en el punto 1.6.2.7;

1.6.2.12. dos porciones  $I_1 Q_1 P_1 F_1$  y  $I_2 Q_2 P_2 F_2$  del plano vertical, perpendicular al plano de referencia, que pasa  $(210-a_h)$  mm por delante del SIP;

1.6.2.13. dos porciones  $I_1 Q_1 M_1 L_1$  y  $I_2 Q_2 M_2 L_2$  del plano horizontal que pasa 300 mm por encima del plano definido en el punto 1.6.2.7.

1.6.3. Determinación de la zona libre de los tractores con puesto reversible del conductor

En los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles), la zona libre corresponde a la envoltura de las dos zonas libres determinadas en función de las dos posiciones del volante y las dos posiciones del asiento.

1.6.3.1. Si la estructura de protección es del tipo con dos postes en la parte trasera, la zona libre se definirá, respecto a cada posición del volante y del asiento, con arreglo a los puntos 1.6.1 y 1.6.2 en lo que concierne a la posición normal del puesto de conductor y a los puntos 1.6.1 y 1.6.2 del anexo IX en lo que concierne a la posición invertida del puesto de conductor (véase la figura 7.2.a).

1.6.3.2. Si la estructura de protección es de otro tipo, la zona libre se definirá, respecto a cada posición del volante y del asiento, con arreglo a los puntos 1.6.1 y 1.6.2 del presente anexo (véase la figura 7.2.b).

1.6.4. Asientos opcionales

1.6.4.1. En los ensayos con tractores que puedan llevar asientos opcionales se utilizará la envoltura que comprenda los puntos índice del asiento de todas las opciones propuestas. La estructura de protección no deberá penetrar en el interior de la mayor zona libre correspondiente a dichos puntos índice del asiento.

1.6.4.2. En el caso de que se proponga una nueva opción de asiento una vez realizado el ensayo, se determinará si la zona libre alrededor del nuevo SIP se encuentra dentro de la envoltura establecida anteriormente. En caso contrario, deberá realizarse un nuevo ensayo.

1.6.4.3. El asiento opcional no se refiere a un asiento para una persona además del conductor y desde el que no se puede controlar el tractor. El SIP no se determinará porque la definición de la zona libre se hace con respecto al asiento del conductor.

1.7. *Masa*

1.7.1. Masa sin lastre/carga

Masa del tractor sin accesorios opcionales pero con refrigerante, lubricantes, carburante, herramientas y la estructura de protección. No se incluyen las pesas opcionales delanteras o traseras, el lastre de los neumáticos, los aperos montados, el equipo montado o cualquier componente especial.

1.7.8. Masa máxima admisible

Masa máxima del tractor declarada por el fabricante como técnicamente admisible e inscrita en la placa de identificación del vehículo o en el manual de utilización.

1.7.9. Masa de referencia

Masa, seleccionada por el fabricante, utilizada en las fórmulas de cálculo de la altura de caída del bloque pendular, las entradas de energía y las fuerzas de aplastamiento que deben utilizarse en los ensayos. No deberá ser inferior a la masa sin lastre y deberá ser suficiente para garantizar que la relación de masa no exceda de 1,75 (véase el punto 1.7.4).

1.7.10. Relación de masa

La relación  $\left( \frac{\text{Masa máx. admisible}}{\text{Masa de referencia}} \right)$  no deberá ser superior a 1,75.

1.8. **Tolerancias admisibles en las medidas**

Dimensiones lineales:	± 3 mm
excepto:	
-- deformación de los neumáticos:	± 1 mm
-- deformación de la estructura durante las cargas horizontales:	± 1 mm
-- altura de caída del bloque pendular:	± 1 mm
Masas:	± 0,2 %
	(de la escala completa del sensor)
Fuerzas:	± 0,1 %
	(de la escala completa del sensor)
Ángulos:	± 0,1°

1.9. **Símbolos**

$a_h$	(mm)	Mitad del ajuste horizontal del asiento.
$a_v$	(mm)	Mitad del ajuste vertical del asiento.
$B$	(mm)	Anchura total mínima del tractor.
$B_6$	(mm)	Anchura exterior máxima de la estructura de protección.

<b>D</b>	(mm)	Deformación de la estructura en el punto de impacto (ensayos dinámicos) o en el punto y en la dirección de aplicación de la carga (ensayos estáticos).
<b>D'</b>	(mm)	Deformación de la estructura en función de la energía necesaria calculada.
<b>E<sub>a</sub></b>	(J)	Energía de deformación absorbida en un punto al retirarse la carga. Zona situada dentro de la curva <b>F-D</b> .
<b>E<sub>i</sub></b>	(J)	Energía de deformación absorbida. Zona situada bajo la curva <b>F-D</b> .
<b>E'<sub>i</sub></b>	(J)	Energía de deformación absorbida tras la aplicación de una carga adicional después de una fisura o rotura.
<b>E''<sub>i</sub></b>	(J)	Energía de deformación absorbida durante el ensayo de sobrecarga cuando la carga se ha retirado antes del inicio del ensayo de sobrecarga. Zona situada bajo la curva <b>F-D</b> .
<b>E<sub>il</sub></b>	(J)	Entrada de energía que deberá absorberse durante la aplicación de carga longitudinal.
<b>E<sub>is</sub></b>	(J)	Entrada de energía que deberá absorberse durante la aplicación de carga lateral.
<b>F</b>	(N)	Fuerza de carga estática.
<b>F'</b>	(N)	Fuerza de carga para la energía necesaria calculada, correspondiente a <b>E'<sub>i</sub></b> .
<b>F-D</b>		Diagrama de fuerza-deformación.
<b>F<sub>max</sub></b>	(N)	Fuerza de carga estática máxima que interviene durante la aplicación de la carga, exceptuando la sobrecarga.
<b>F<sub>v</sub></b>	(N)	Fuerza de aplastamiento vertical.
<b>H</b>	(mm)	Altura de caída del bloque pendular (ensayos dinámicos).
<b>H'</b>	(mm)	Altura de caída del bloque pendular en ensayos adicionales (ensayos dinámicos).
<b>I</b>	(kg.m <sup>2</sup> )	Momento de inercia de referencia del tractor alrededor del eje central de las ruedas traseras, cualquiera que sea la masa de estas ruedas.
<b>L</b>	(mm)	Batalla de referencia del tractor.
<b>M</b>	(kg)	Masa de referencia del tractor durante los ensayos de resistencia.

## 2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

2.1. El presente anexo es aplicable a los tractores que tengan por lo menos dos ejes para ruedas con neumáticos u orugas en lugar de ruedas y que tengan las características siguientes:

2.1.1. altura libre sobre el suelo de un máximo de 600 mm bajo los puntos inferiores de los ejes delantero y trasero, teniendo en cuenta el diferencial;

2.1.2. ancho de vía mínimo fijo o regulable, inferior a 1 150 mm en el eje equipado con los neumáticos más grandes; se supone que el eje equipado con los neumáticos más anchos estará regulado para un ancho vía de un máximo de 1 150 mm; el ancho de vía del otro eje deberá poder regularse de tal forma que los bordes exteriores de los neumáticos más estrechos no sobrepasen los bordes exteriores de los neumáticos del otro eje; en el caso de que ambos ejes vayan equipados con llantas y neumáticos de iguales dimensiones, el ancho de vía fijo o regulable de ambos ejes deberá ser inferior a 1 150 mm;

2.1.3. masa superior a 400 kg sin carga, pero incluyendo la estructura de protección y los neumáticos de la mayor dimensión recomendada por el fabricante; en los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles), la masa sin carga será

inferior a 3 500 kg y la masa máxima admisible no excederá de 5 250 kg; para todos los tractores, la relación de masa (*masa máxima admisible-masa de referencia*) no deberá ser superior a 1,75;

2.1.4. estructura de protección del tipo barra antivuelco, marco o cabina, montada parcial o totalmente por detrás del punto índice del asiento y con una zona libre cuyo límite superior se encuentre  $(810 + a_v)$  mm por encima del punto índice del asiento, con el fin de disponer de una zona suficientemente amplia o un espacio despejado para proteger al conductor.

2.2. Se admite que puede haber diseños de tractores, por ejemplo máquinas forestales especiales como transportadores y arrastradores de madera, a los que no es aplicable este anexo.

## **B1**                    **PROCEDIMIENTO DE ENSAYO ESTÁTICO**

### **3.                    NORMAS Y DIRECTRICES**

#### **3.1.                Condiciones de los ensayos de resistencia de las estructuras de protección y de su fijación al tractor**

3.1.1.            Requisitos generales

3.1.1.1.        Finalidad de los ensayos

Los ensayos en los que se utilizan dispositivos especiales están destinados a simular las cargas impuestas a la estructura de protección en caso de vuelco del tractor. Dichos ensayos permitirán evaluar la resistencia de la estructura de protección, de sus fijaciones al tractor y de cualquier parte del tractor que transmita la carga de ensayo.

3.1.1.2.        Métodos de ensayo

Los ensayos podrán realizarse con arreglo al procedimiento estático o al procedimiento dinámico (véase el anexo II). Ambos métodos se consideran equivalentes.

3.1.1.3.        Disposiciones generales sobre la preparación de los ensayos

3.1.1.3.1.     La estructura de protección deberá responder a las especificaciones de la producción en serie. Se fijará, siguiendo el método recomendado por el fabricante, a uno de los tractores para los que haya sido diseñada.

Nota: En el ensayo de resistencia estático no será necesario disponer de un tractor completo, pero la estructura de protección y las partes del tractor a las que se fije deberán constituir una instalación operativa, en lo sucesivo denominada «el conjunto».

- 3.1.1.3.2. En el ensayo de resistencia, tanto estático como dinámico, el tractor dotado de la estructura (o el conjunto) deberá estar equipado con todos los componentes de producción en serie que puedan afectar a la resistencia de la estructura de protección, o que puedan ser necesarios para el ensayo de resistencia.

Los componentes que pudieran ocasionar peligro en la zona libre también deberán estar presentes en el tractor (o en el conjunto) para que puedan examinarse a fin de verificar el cumplimiento de las condiciones de aceptación establecidas en el punto 3.1.3. Deberán suministrarse, o describirse en dibujos, todos los componentes del tractor o de la estructura de protección, con inclusión de los componentes de protección contra la intemperie.

- 3.1.1.3.3. En los ensayos de resistencia deberán retirarse todos los paneles y los componentes amovibles no estructurales, a fin de que no puedan contribuir a reforzar la estructura de protección.

- 3.1.1.3.4. El ancho de vía se regulará de tal modo que, en la medida de lo posible, los neumáticos o las orugas no soporten la estructura de protección durante los ensayos de resistencia. Si estos ensayos se realizan siguiendo el procedimiento estático, se podrán retirar las ruedas u orugas.

### 3.1.2. Ensayos

#### 3.1.2.1. Secuencia de ensayos según el procedimiento estático

La secuencia de ensayos, sin perjuicio de los ensayos adicionales mencionados en los puntos 3.2.1.6 y 3.2.1.7, será la siguiente:

- 1) **carga en la parte trasera de la estructura**  
(véase el punto 3.2.1.1);
- 2) **aplastamiento en la parte trasera**  
(véase el punto 3.2.1.4);
- 3) **carga en la parte delantera de la estructura**  
(véase el punto 3.2.1.2);
- 4) **carga en la parte lateral de la estructura**  
(véase el punto 3.2.1.3);
- 5) **aplastamiento en la parte delantera de la estructura**  
(véase el punto 3.2.1.5).

#### 3.1.2.2. Requisitos generales

- 3.1.2.2.1. Si cualquier parte del dispositivo de retención del tractor se rompe o se desplaza durante el ensayo, este deberá reiniciarse.

- 3.1.2.2.2. Durante los ensayos no podrán efectuarse reparaciones o ajustes en el tractor ni en la

estructura de protección.

- 3.1.2.2.3. Durante los ensayos, la caja de cambios del tractor estará en punto muerto y los frenos estarán desactivados.
- 3.1.2.2.4. Si el tractor está equipado con un sistema de suspensión entre el chasis y las ruedas, dicho sistema deberá bloquearse durante los ensayos.
- 3.1.2.2.5. El lado elegido para la aplicación de la primera carga en la parte trasera de la estructura de protección será el que, en opinión de las autoridades encargadas del ensayo, dé lugar a la aplicación de la serie de cargas en las condiciones más desfavorables para la estructura de protección. La carga lateral y la carga trasera se aplicarán a ambos lados del plano mediano longitudinal de la estructura de protección. La carga delantera se aplicará en el mismo lado del plano mediano longitudinal de la estructura de protección que la carga lateral.
- 3.1.3. Condiciones de aceptación
  - 3.1.3.1. Se considerará que una estructura de protección se ajusta a los requisitos de resistencia si cumple las condiciones siguientes:
    - 3.1.3.1.1. Durante el ensayo estático, en el momento en que se alcance la energía necesaria en cada ensayo de carga horizontal prescrito o en el ensayo de sobrecarga, la fuerza deberá ser superior a 0,8 F.
    - 3.1.3.1.2. Si durante el ensayo aparecen fisuras o roturas como resultado de la aplicación de la fuerza de aplastamiento, deberá efectuarse un ensayo de aplastamiento adicional, tal como se define en el punto 3.2.1.7, inmediatamente después del ensayo de aplastamiento que causó las fisuras o roturas.
    - 3.1.3.1.3. Durante los ensayos distintos del ensayo de sobrecarga, ninguna parte de la estructura de protección podrá penetrar en la zona definida en el punto 1.6.
    - 3.1.3.1.4. Durante los ensayos distintos del ensayo de sobrecarga, la estructura de protección deberá proteger todas las partes de la zona libre, de conformidad con el punto 3.2.2.2.
    - 3.1.3.1.5. Durante los ensayos, la estructura de protección no deberá ejercer ninguna fuerza sobre la estructura del asiento.
    - 3.1.3.1.6. La deformación elástica, medida de conformidad con el punto 3.2.2.3, deberá ser inferior a 250 mm.
  - 3.1.3.2. No habrá accesorios que supongan un peligro para el conductor. Tampoco habrá partes ni accesorios salientes que puedan herir al conductor en caso de vuelco del tractor, ni

accesorios o partes que, debido a las deformaciones de la estructura, puedan aprisionarlo, por ejemplo por la pierna o el pie.

- 3.1.4. [No se aplica]
- 3.1.5. Aparatos y equipo de ensayo
- 3.1.5.1. Dispositivo de ensayo estático
- 3.1.5.1.1. El dispositivo de ensayo estático deberá permitir la aplicación de empujes o cargas sobre la estructura de protección.
- 3.1.5.1.2. La carga deberá poder distribuirse de forma uniforme perpendicularmente a la dirección en que se aplica, a lo largo del patín de una viga cuya longitud sea un múltiplo exacto de 50 y esté comprendida entre 250 y 700 mm. La cara vertical de la viga rígida medirá 150 mm. Los bordes de la viga que estén en contacto con la estructura de protección estarán curvados con un radio máximo de 50 mm.
- 3.1.5.1.3. El cojinete deberá poder adaptarse a cualquier ángulo con respecto a la dirección de carga a fin de facilitar el seguimiento de las variaciones angulares de la superficie de la estructura que soporte la carga a medida que la estructura se vaya deformando.
- 3.1.5.1.4. Dirección de la fuerza (desviación respecto a la horizontal y la vertical)
- al comienzo del ensayo, con una carga nula:  $\pm 2^\circ$ ;
  - durante el ensayo, con carga:  $10^\circ$  por encima y  $20^\circ$  por debajo de la horizontal; estas variaciones deberán limitarse al mínimo posible.
- 3.1.5.1.5. La velocidad de deformación será lo suficientemente lenta, inferior a 5 mm/s, para que la carga pueda considerarse en todo momento estática.
- 3.1.5.2. Aparatos de medición de la energía absorbida por la estructura
- 3.1.5.2.1. Se trazará la curva de fuerza-deformación para determinar la energía absorbida por la estructura. No será necesario medir la fuerza y la deformación en el punto de aplicación de la carga sobre la estructura; no obstante, la fuerza y la deformación se medirán de forma simultánea y colineal.
- 3.1.5.2.2. Se escogerá el punto de origen de las mediciones de la deformación de forma que solo se tengan en cuenta la energía absorbida por la estructura y/o la deformación de determinadas partes del tractor. No se tendrán en cuenta ni la energía absorbida por la deformación ni el

deslizamiento del anclaje.

### 3.1.5.3. Métodos de anclaje del tractor al suelo

3.1.5.3.1. En una base resistente próxima al dispositivo de ensayo se fijarán rígidamente unos raíles de anclaje que presenten el ancho de vía exigido y que cubran la superficie necesaria para anclar el tractor en todos los casos ilustrados.

3.1.5.3.2. El tractor se anclará a los raíles por cualquier medio adecuado (placas, calzos, cables, gatos, etc.) para que no se pueda mover durante los ensayos. Se comprobará la inmovilidad del tractor durante el desarrollo del ensayo por medio de los dispositivos habituales de medición de longitudes.

En caso de que el tractor se desplace, se repetirá íntegramente el ensayo, salvo que el sistema de medición de la deformación utilizado para trazar la curva de fuerza-deformación esté conectado al tractor.

### 3.1.5.4. Dispositivo de aplastamiento

Un dispositivo como el ilustrado en la figura 7.3 deberá poder ejercer una fuerza hacia abajo sobre una estructura de protección mediante una viga rígida de unos 250 mm de ancho unida al mecanismo de aplicación de la carga por juntas universales. Se colocarán soportes adecuados bajo los ejes para que los neumáticos del tractor no soporten la fuerza de aplastamiento.

### 3.1.5.5. Otros aparatos de medición

Se precisan también los siguientes dispositivos de medición:

3.1.5.5.1. un dispositivo de medición de la deformación elástica (diferencia entre la deformación instantánea máxima y la deformación permanente; véase la figura 7.4);

3.1.5.5.2. un dispositivo para controlar que la estructura de protección no haya penetrado en la zona libre y que esta se haya mantenido en el interior del espacio de protección de la estructura durante el ensayo (véase el punto 3.2.2.2).

## 3.2. Procedimiento de ensayo estático

### 3.2.1. Ensayos de carga y aplastamiento

#### 3.2.1.1. **Carga en la parte trasera**

3.2.1.1.1. La carga se aplicará horizontalmente en un plano vertical paralelo al plano mediano del tractor.

El punto de aplicación de la carga estará situado en la parte de la estructura de protección, normalmente el borde superior, que probablemente golpearía el suelo en primer lugar si el

tractor volcara hacia atrás. El plano vertical en el que se aplique la carga se situará a una distancia equivalente a 1/6 de la anchura de la parte superior de la estructura de protección, medida hacia el interior a partir del plano vertical, paralelo al plano mediano del tractor, que está en contacto con la extremidad exterior de la parte superior de la estructura de protección.

Si la estructura es curvilínea o saliente en ese punto, se añadirán cuñas para que se le pueda aplicar la carga, sin que ello refuerce la estructura.

3.2.1.1.2. El conjunto se amarrará al suelo como se describe en el punto 3.1.6.3.

3.2.1.1.3. La energía absorbida por la estructura de protección durante el ensayo deberá ser, como mínimo, la siguiente:

$$E_{ii} = 2,165 \times 10^{-7} M L^2$$

o

$$E_{ii} = 0,574 \times I$$

3.2.1.1.4. En los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles), la energía equivaldrá al valor más alto de los obtenidos mediante la fórmula anterior elegida o la fórmula siguiente:

$$E_{ii} = 500 + 0,5 M$$

3.2.1.2. Carga en la parte delantera

3.2.1.2.1. La carga se aplicará horizontalmente en un plano vertical paralelo al plano mediano del tractor. El punto de aplicación se situará en la parte de la estructura de protección, normalmente el borde superior, que probablemente golpearía el suelo en primer lugar si el tractor volcara lateralmente mientras circula hacia delante. El punto de aplicación de la carga se situará a una distancia equivalente a 1/6 de la anchura de la parte superior de la estructura de protección medida hacia el interior a partir del plano vertical, paralelo al plano mediano del tractor, que está en contacto con la extremidad exterior de la parte superior de la estructura de protección.

Si la estructura es curvilínea o saliente en ese punto, se añadirán cuñas para que se le pueda aplicar la carga, sin que ello refuerce la estructura.

3.2.1.2.2. El conjunto se amarrará al suelo como se describe en el punto 3.1.6.3.

3.2.1.2.3. La energía absorbida por la estructura de protección durante el ensayo deberá ser, como mínimo, la siguiente:

$$E_{ii} = 500 + 0,5 M$$

3.2.1.2.4. En los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles):

si la estructura de protección consiste en una barra antivuelco trasera con dos postes, se aplicará también la fórmula anterior;

si la estructura de protección es de otro tipo, la energía equivaldrá al valor más alto de los obtenidos con la fórmula anterior o con cualquiera de las fórmulas siguientes:

$$E_{il} = 2,165 \times 10^{-7} ML^2$$

o

$$E_{il} = 0,574 I$$

### 3.2.1.3. **Carga lateral**

3.2.1.3.1. La carga lateral se aplicará horizontalmente en un plano vertical, perpendicular al plano mediano del tractor, que pasa 60 mm por delante del punto índice del asiento cuando este se encuentra en su posición longitudinal intermedia. El punto de aplicación de la carga estará situado en la parte de la estructura de protección, normalmente el borde superior, que probablemente golpearía el suelo en primer lugar si el tractor volcara lateralmente.

3.2.1.3.2. El conjunto se amarrará al suelo como se describe en el punto 3.1.6.3.

3.2.1.3.3. La energía absorbida por la estructura de protección durante el ensayo deberá ser, como mínimo, la siguiente:

$$E_{is} = 1,75 M$$

3.2.1.3.4. En los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles), el punto de aplicación de la carga se situará en el plano que es perpendicular al plano mediano del tractor y pasa por el punto medio del segmento que une los dos puntos índice del asiento correspondientes a las dos posiciones. En el caso de las estructuras de protección con un sistema de dos postes, la carga se situará en uno de los postes.

3.2.1.3.5. En los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles) y una estructura de protección consistente en una barra antivuelco trasera con dos postes, la energía equivaldrá al valor más alto de los siguientes:

$$E_{is} = 1,75 M$$

o

$$E_{is} = 1,75 M (B_6 + B)/2B$$

### 3.2.1.4. **Aplastamiento en la parte trasera**

La viga se colocará sobre el elemento o los elementos estructurales posteriores más elevados de la estructura de protección, y la resultante de las fuerzas de aplastamiento se situará en el plano mediano del tractor. Se aplicará una fuerza  $F_v$ , donde:

$$F_v = 20 M$$

Esta fuerza  $F_v$  se mantendrá durante cinco segundos después de que cese todo movimiento de la estructura de protección perceptible visualmente.

Si la parte trasera del techo de la estructura de protección no puede soportar toda la fuerza de aplastamiento, la fuerza se aplicará hasta que el techo se deforme hasta coincidir con el plano que une la parte superior de la estructura de protección con la parte de la parte trasera del tractor capaz de soportar el tractor volcado.

Dejará entonces de aplicarse la fuerza y la viga de aplastamiento se recolocará encima de la parte de la estructura de protección que soportaría el tractor completamente volcado. A continuación, se aplicará de nuevo la fuerza de aplastamiento  $F_v$ .

#### 3.2.1.5. **Aplastamiento en la parte delantera**

La viga se colocará sobre el elemento o los elementos estructurales delanteros más elevados de la estructura de protección, y la resultante de las fuerzas de aplastamiento se situará en el plano mediano del tractor. Se aplicará una fuerza  $F_v$ , donde:

$$F_v = 20 M$$

Esta fuerza  $F_v$  se mantendrá durante cinco segundos después de que cese todo movimiento de la estructura de protección perceptible visualmente.

Si la parte delantera del techo de la estructura de protección no puede soportar toda la fuerza de aplastamiento, la fuerza se aplicará hasta que el techo se deforme hasta coincidir con el plano que une la parte superior de la estructura de protección con la parte de la parte delantera del tractor capaz de soportar el tractor volcado.

Dejará entonces de aplicarse la fuerza y la viga de aplastamiento se recolocará encima de la parte de la estructura de protección que soportaría el tractor completamente volcado. A continuación, se aplicará de nuevo la fuerza de aplastamiento  $F_v$ .

#### 3.2.1.6. **Ensayo de sobrecarga adicional** (figuras 7.5 a 7.7)

Se llevará a cabo un ensayo de sobrecarga en todos los casos en los que la fuerza disminuya en más de un 3 % durante el último 5 % de la deformación alcanzada cuando la energía necesaria es absorbida por la estructura (véase la figura 7.6).

El ensayo de sobrecarga implica un aumento gradual de la carga horizontal con incrementos del 5 % de la energía inicial necesaria hasta un máximo del 20 % de energía añadida (véase la figura 7.7).

El ensayo de sobrecarga será satisfactorio si, tras cada incremento del 5 %, del 10 % o del 15 % de la energía necesaria, la fuerza disminuye menos del 3 % durante un incremento del 5 % y se mantiene superior a  $0,8 F_{max}$ .

El ensayo de sobrecarga será satisfactorio si, después de que la estructura haya absorbido el 20 % de la energía añadida, la fuerza es superior a  $0,8 F_{max}$ .

Durante el ensayo de sobrecarga se permitirán fisuras o roturas adicionales o la penetración en la zona libre —o la ausencia de protección de dicha zona—, como consecuencia de una deformación elástica. No obstante, una vez retirada la carga, la estructura no deberá penetrar en la zona libre, que deberá estar totalmente protegida.

#### 3.2.1.7. **Ensayos de aplastamiento adicionales**

Si en el transcurso de un ensayo de aplastamiento aparecen fisuras o roturas que no pueden considerarse insignificantes, se procederá a un segundo ensayo de aplastamiento similar, pero con una fuerza de  $1,2 F_v$ , inmediatamente después del ensayo de aplastamiento que causó las fisuras o roturas.

#### 3.2.2. **Mediciones que deberán efectuarse**

##### 3.2.2.1. Roturas y fisuras

Después de cada ensayo se examinarán visualmente todos los elementos estructurales, las juntas y los sistemas de fijación para detectar posibles roturas o fisuras; no se tendrán en cuenta pequeñas fisuras que pudieran aparecer en elementos no esenciales.

##### 3.2.2.2. Penetración en la zona libre

En cada ensayo se examinará la estructura de protección para ver si alguna de sus partes ha penetrado en la zona libre definida en el punto 1.6.

Además, la zona libre no deberá quedar fuera del espacio de protección de la estructura de protección. A tal efecto, se considerará fuera del espacio de protección de la estructura de protección cualquier parte de dicha zona que entraría en contacto con el suelo plano si el tractor volcara en la dirección opuesta a la de aplicación del impacto. A tal fin, se supondrá que los neumáticos delanteros y traseros y la vía tienen las dimensiones más reducidas que el fabricante haya especificado.

##### 3.2.2.3. Deformación elástica bajo una carga lateral

La deformación elástica se medirá  $(810 + a_v)$  mm por encima del punto índice del asiento, en el plano vertical de aplicación de la carga. Para esta medición podrá utilizarse un aparato similar al ilustrado en la figura 7.4.

##### 3.2.2.4. Deformación permanente

Después del último ensayo de aplastamiento, se registrará la deformación permanente de la estructura de protección. A tal fin, antes del comienzo del ensayo, se utilizará la posición de los principales elementos de la estructura de protección con respecto al punto índice del asiento.

#### 3.3. ***Extensión a otros modelos de tractor***

3.3.1. [No se aplica]

### **Extensión técnica**

3.3.2.

En caso de efectuarse modificaciones técnicas en el tractor, en la estructura de protección o en el método de fijación de esta estructura al tractor, el centro de ensayos que haya llevado a cabo el ensayo original podrá emitir un «informe de extensión técnica» en los siguientes casos:

Extensión de los resultados de los ensayos estructurales a otros modelos de tractor

3.3.2.1.

No es preciso efectuar los ensayos de impacto y aplastamiento en cada modelo de tractor, siempre que tanto la estructura de protección como el tractor cumplan las condiciones contempladas en los puntos 3.3.2.1.1 a 3.3.2.1.5.

La estructura será idéntica a la estructura sometida a ensayo.

3.3.2.1.1.

3.3.2.1.2. La energía necesaria no sobrepasará en más de un 5 % la energía calculada para el ensayo original. El límite del 5 % se aplicará también a las extensiones en caso de sustitución de orugas por ruedas en el mismo tractor.

3.3.2.1.3. Tanto el método de fijación como los componentes del tractor que sirvan de soporte a esta fijación serán idénticos.

3.3.2.1.4. Todos los componentes, tales como los guardabarros y el capó, que puedan servir de soporte a la estructura de protección, serán idénticos.

3.3.2.1.5. La posición y las dimensiones críticas del asiento en la estructura de protección y la posición relativa de esta estructura en el tractor serán las que permitirían a la zona libre permanecer dentro del espacio de protección de la estructura deformada a lo largo de todos los ensayos (para controlar este punto, se utilizará la misma referencia de la zona libre que en el informe de ensayo original, es decir, el punto de referencia del asiento [SRP] o el punto índice del asiento [SIP], respectivamente).

3.3.2.2. Extensión de los resultados de los ensayos estructurales a modelos modificados de la estructura de protección

Debe seguirse este procedimiento en caso de que no se cumplan las disposiciones del punto 3.3.2.1; no será aplicable si el método de fijación de la estructura de protección al tractor no sigue el mismo principio (por ejemplo, sustitución de soportes de caucho por un sistema de suspensión).

3.3.2.2.1. Modificaciones que no influyen en los resultados del ensayo inicial (por ejemplo, la soldadura de la placa de montaje de un accesorio en un punto no crítico de la estructura), o adición de asientos con un SIP en otra posición en la estructura de protección (si en el control se verifica que la nueva o las nuevas zonas libres permanecen dentro del espacio de protección de la estructura deformada durante todos los ensayos).

3.3.2.2.2. Modificaciones que pueden influir en los resultados del ensayo original sin cuestionar la admisibilidad de la estructura de protección (por ejemplo, modificación de un componente estructural o del método de fijación de la estructura de protección al tractor). Se puede llevar a cabo un ensayo de validación cuyos resultados se introducirán en el informe de extensión.

Los límites de este tipo de extensión son los siguientes:

- no se aceptarán más de cinco extensiones sin un ensayo de validación;
- 3.3.2.2.2.1.
- 3.3.2.2.2.2. los resultados del ensayo de validación solo se aceptarán para una extensión si se cumplen todas las condiciones de aceptación del presente anexo y:
- la deformación medida después de cada ensayo de impacto no difiere en más de  $\pm 7\%$  (en los ensayos dinámicos) de la deformación medida después de cada ensayo de impacto y consignada en el informe de ensayo original;
  - la fuerza medida al alcanzar el nivel de energía requerido durante los diferentes ensayos de carga horizontal no difiere en más de  $\pm 7\%$  de la fuerza medida al alcanzar el nivel de energía requerido en el ensayo original y la deformación medida<sup>(3)</sup> al alcanzar el nivel de energía requerido durante los diferentes ensayos de carga horizontal no difiere en más de  $\pm 7\%$  (en los ensayos estáticos) de la deformación medida al alcanzar el nivel de energía requerido y consignada en el ensayo original.
- 3.3.2.2.2.3. un mismo informe de extensión podrá incluir más de una modificación de la estructura de protección, siempre que estas modificaciones representen diferentes opciones de la misma estructura de protección, pero solo podrá incluir un ensayo de validación. Las opciones no sometidas a ensayo se describirán en una sección específica del informe de extensión.
- 3.3.2.2.3. Incremento de la masa de referencia declarada por el fabricante para una estructura de protección que ya ha sido sometida a ensayo. Si el fabricante desea conservar el mismo número de homologación, se podrá emitir un informe de extensión una vez realizado un ensayo de validación (en ese caso, no serán aplicables los límites de  $\pm 7\%$  especificados en el punto 3.3.2.2.2.2).
- 3.4. [No se aplica]
- 3.5. *Comportamiento de las estructuras de protección a bajas temperaturas*
- 3.5.1. Si se declara que la estructura de protección tiene propiedades de resistencia a la fragilización por las bajas temperaturas, el fabricante proporcionará la información necesaria, que se incluirá en el informe.
- 3.5.2. Los requisitos y procedimientos siguientes tienen como finalidad conferir dureza y resistencia a la rotura por fragilidad a bajas temperaturas. Se sugiere verificar el cumplimiento de los requisitos mínimos siguientes de los materiales para determinar la adecuación de las estructuras de protección a temperaturas de funcionamiento reducidas en los países que requieran esta protección de funcionamiento suplementaria.
- 3.5.2.1. Se verificará que los pernos y las tuercas que se utilicen para fijar la estructura de protección al tractor y para conectar las partes estructurales de la estructura de protección tengan las adecuadas propiedades verificadas de tenacidad a bajas temperaturas.
- 3.5.2.2. Todos los electrodos de soldadura utilizados en la fabricación de elementos estructurales y de montaje deberán ser compatibles con los materiales de la estructura de protección descritos en el punto 3.5.2.3.
- 3.5.2.3. Los materiales de acero utilizados en los elementos estructurales de la estructura de protección serán de material de tenacidad verificada que cumpla los requisitos mínimos de energía del impacto Charpy con entalla en V indicados en el cuadro 7.1. La clase y la calidad del acero se especificarán con arreglo a la norma ISO 630:1995.

Se considera que el acero con un espesor de laminado bruto inferior a 2,5 mm y un contenido de carbono inferior a un 0,2 % cumple este requisito.

Los elementos estructurales de la estructura de protección fabricados a partir de materiales distintos del acero deberán ofrecer una resistencia al impacto a bajas temperaturas equivalente.

3.5.2.4. Durante el ensayo sobre los requisitos de energía del impacto Charpy con entalla en V, el tamaño de la probeta será, como mínimo, igual al mayor tamaño indicado en el cuadro 7.1 que permita el material.

3.5.2.5. Los ensayos Charpy con entalla en V se efectuarán de conformidad con el procedimiento descrito en la norma ASTM A 370-1979, excepto por lo que se refiere al tamaño de la probeta, que deberá ajustarse a las dimensiones indicadas en el cuadro 7.1.

Tamaño de la probeta	Energía a	
	- 30 °C	- 20 °C
mm	J	J <sup>b)</sup>
10 x 10 <sup>a)</sup>	11	27,5
10 x 9	10	25
10 x 8	9,5	24
10 x 7,5 <sup>a)</sup>	9,5	24
10 x 7	9	22,5
10 x 6,7	8,5	21
10 x 6	8	20
10 x 5 <sup>a)</sup>	7,5	19
10 x 4	7	17,5
10 x 3,5	6	15
10 x 3	6	15
10 x 2,5 <sup>a)</sup>	5,5	14

Cuadro 7.1  
Energías mínimas de impacto Charpy con entalla en V

- a) Indica el tamaño preferido. El tamaño de la probeta será, como mínimo, equivalente al mayor tamaño preferido que permita el material.
- b) El requisito de energía a - 20 °C es 2,5 veces el valor especificado para - 30 °C. Otros factores que influyen en la resistencia a la energía de impacto son, por ejemplo, la dirección del laminado, el límite de elasticidad, la orientación del grano y la soldadura. Estos factores deben tenerse en cuenta a la hora de elegir y utilizar el acero.

3.5.2.6. Como alternativa a este procedimiento, se podrá utilizar acero calmado o semicalmado, del que se facilitarán las especificaciones adecuadas. La clase y la calidad del acero se especificarán con arreglo a la norma ISO 630:1995, Amd 1:2003.

3.5.2.7. Las probetas deberán ser longitudinales y tomarse de pletinas y secciones tubulares o estructurales antes de darles forma o soldarlas para su uso en la estructura de protección. Las probetas de secciones tubulares o estructurales deberán extraerse de la parte central del lado de mayores dimensiones y no incluirán soldaduras.

[No se aplica]

**3.6.**

Figura 7.1

**Zona libre**

Dimensiones en mm

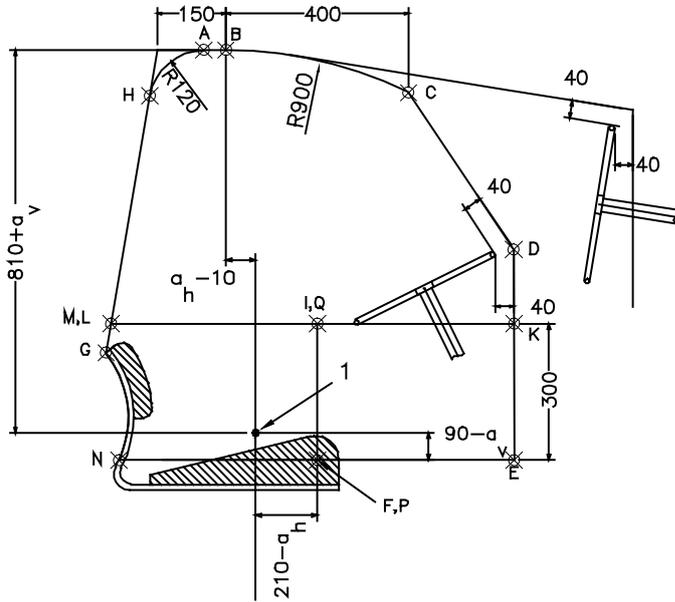


Figura 7.1.a

Vista lateral  
Sección del plano de referencia

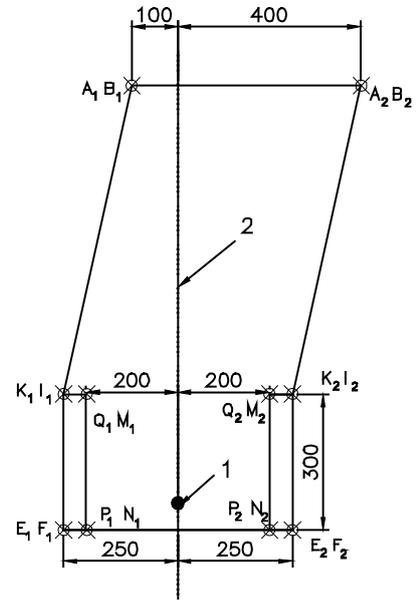


Figura 7.1.b

Vista posterior

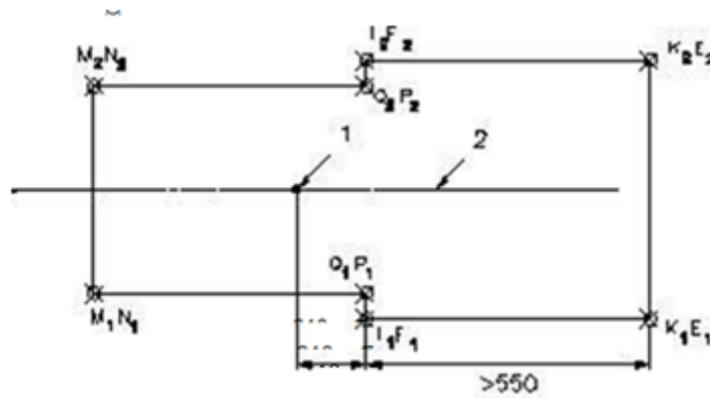


Figura 7.1.c

Vista desde arriba

1. Punto índice del asiento.
2. Plano de referencia.

Figura 7.2.a

**Zona libre de los tractores con posición reversible del asiento:  
barra antivuelco con dos postes**

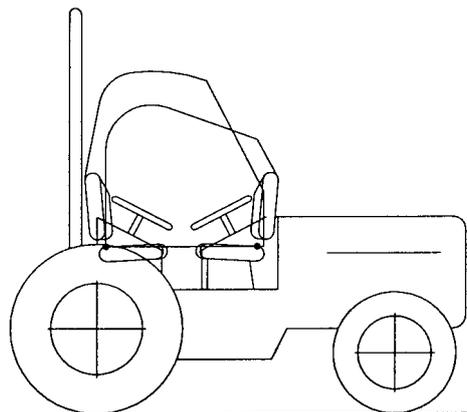


Figura 7.2.b

**Zona libre de los tractores con posición reversible del asiento:  
otros tipos de ROPS**

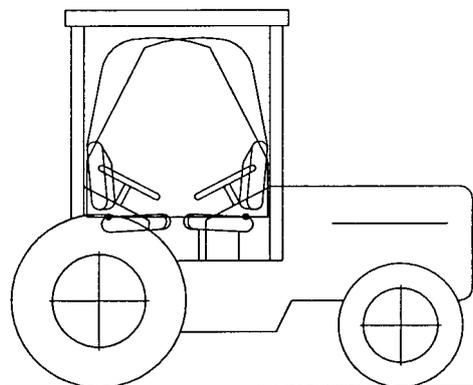


Figura 7.3

**Ejemplo de dispositivo de aplastamiento del tractor**

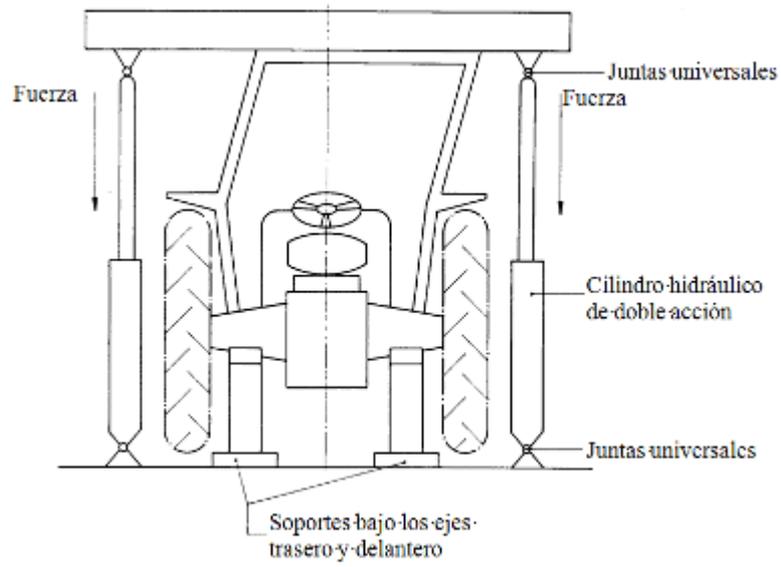
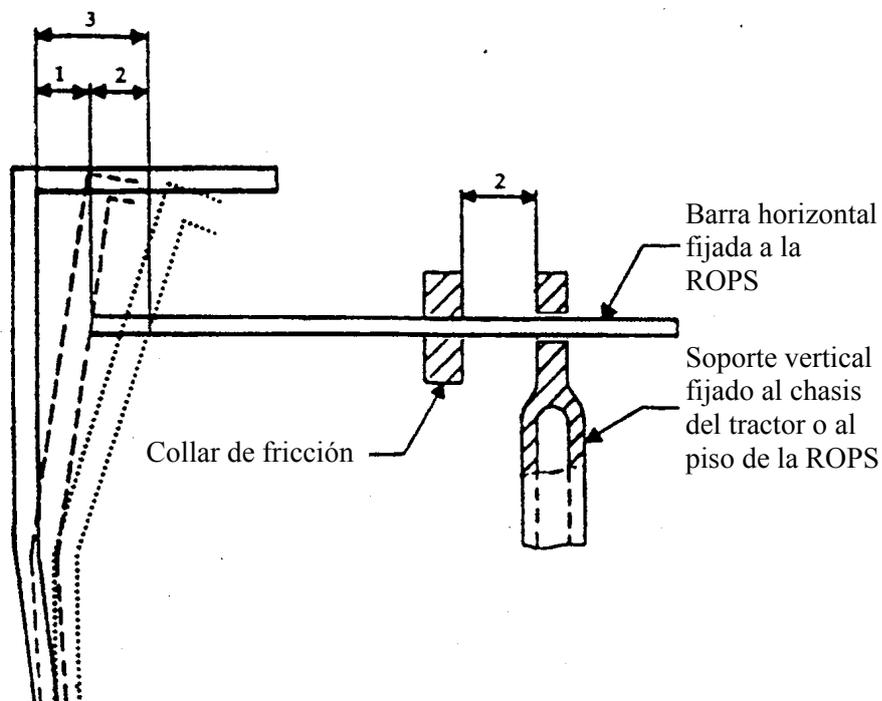


Figura 7.4

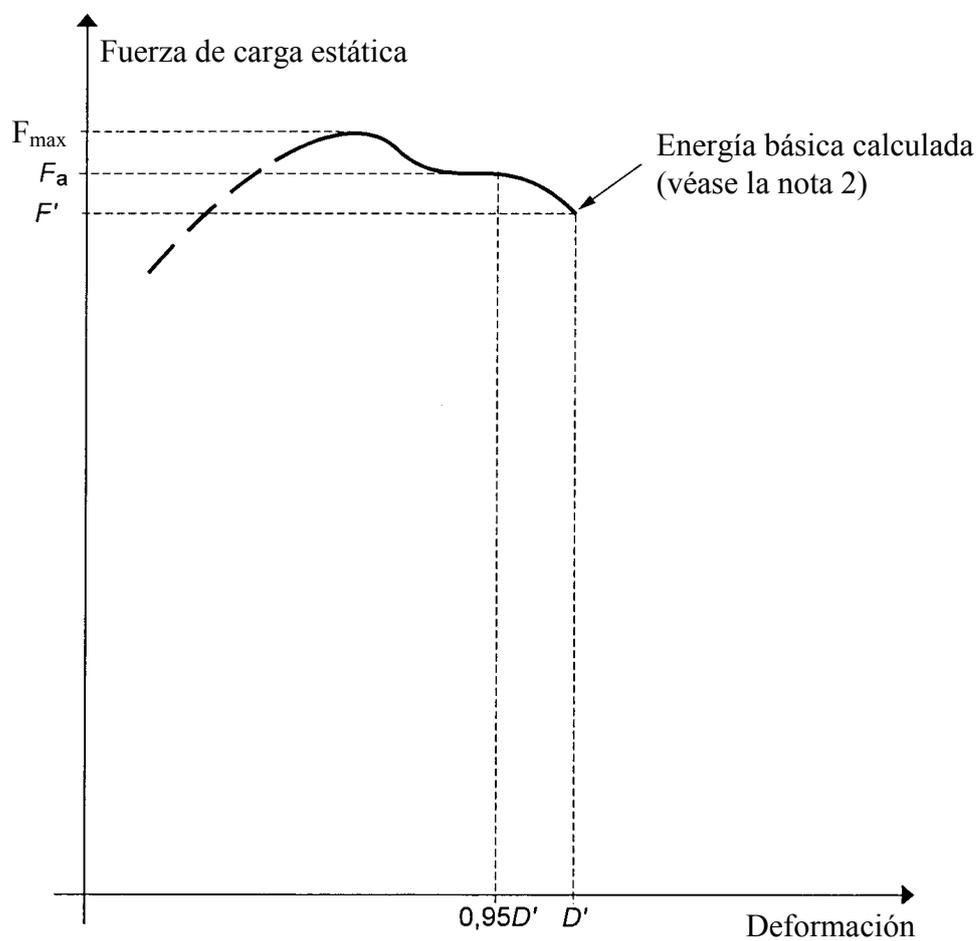
Ejemplo de aparato de medición de la deformación elástica



1. Deformación permanente
2. Deformación elástica
3. Deformación total (permanente más elástica)

Figura 7.5

**Curva de fuerza-deformación**  
**El ensayo de sobrecarga no es necesario**

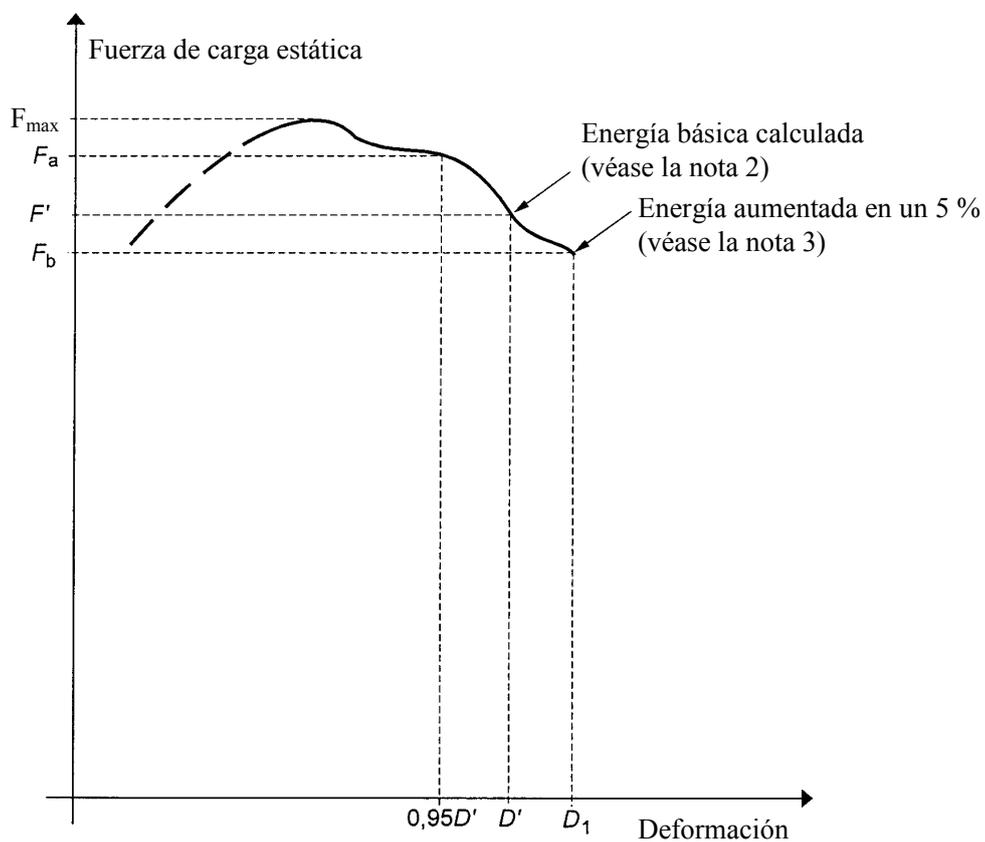


Notas:

1. Situar  $F_a$  con respecto a  $0,95 D'$ .
2. El ensayo de sobrecarga no es necesario porque  $F_a \leq 1,03 F'$ .

Figura 7.6

**Curva de fuerza-deformación**  
**El ensayo de sobrecarga es necesario**

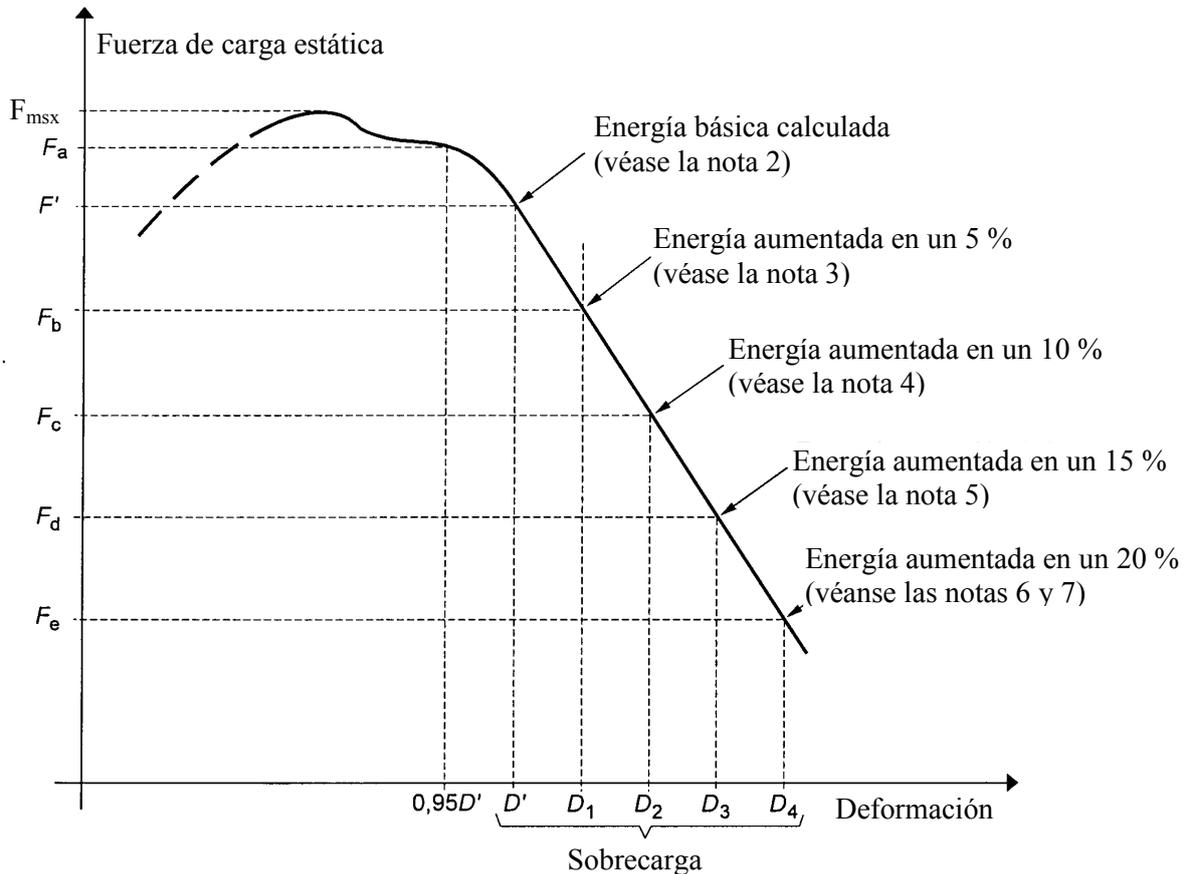


Notas:

1. Situar  $F_a$  con respecto a  $0,95 D'$ .
2. El ensayo de sobrecarga es necesario porque  $F_a > 1,03 F'$ .
3. El ensayo de sobrecarga es satisfactorio porque  $F_b > 0,97 F'$  y  $F_b > 0,8 F_{\max}$ .

Figura 7.7

**Curva de fuerza-deformación**  
**Debe continuarse el ensayo de sobrecarga**



Notas:

1. Situar  $F_a$  con respecto a  $0,95 D'$ .
2. El ensayo de sobrecarga es necesario porque  $F_a > 1,03 F'$ .
3.  $F_b < 0,97 F'$  y, por tanto, debe continuarse la sobrecarga.
4.  $F_c < 0,97 F_b$  y, por tanto, debe continuarse la sobrecarga.
5.  $F_b < 0,97 F_c$  y, por tanto, debe continuarse la sobrecarga.
6. El ensayo de sobrecarga es satisfactorio si  $F_e > 0,8 F_{max}$ .
7. El ensayo no es satisfactorio si, en cualquier fase, la carga desciende por debajo de  $0,8 F_{max}$ .

## **B2. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DINÁMICO ALTERNATIVO**

En esta sección se describe el procedimiento de ensayo dinámico alternativo al procedimiento de ensayo estático descrito en la sección B1.

### **4. NORMAS Y DIRECTRICES**

#### **4.1. *Condiciones de los ensayos de resistencia de las estructuras de protección y de su fijación al tractor***

##### **4.1.1. Requisitos generales**

Véanse los requisitos indicados para los ensayos estáticos en la sección B1.

##### **4.1.2. Ensayos**

###### **4.1.2.1. Secuencia de los ensayos según el procedimiento dinámico**

La secuencia de los ensayos, sin perjuicio de los ensayos adicionales mencionados en los puntos 4.2.1.6 y 4.2.1.7, será la siguiente:

- 1) impacto en la parte trasera de la estructura**  
(véase el punto 4.2.1.1);
- 2) aplastamiento en la parte trasera**  
(véase el punto 4.2.1.4);
- 3) impacto en la parte delantera de la estructura**  
(véase el punto 4.2.1.2);
- 4) impacto en la parte lateral de la estructura**  
(véase el punto 4.2.1.3);
- 5) aplastamiento en la parte delantera de la estructura**  
(véase el punto 4.2.1.5).

###### **4.1.2.2. Requisitos generales**

**4.1.2.2.1.** Si cualquier parte del dispositivo de retención del tractor se rompe o se desplaza durante el ensayo, este deberá reiniciarse.

**4.1.2.2.2.** Durante los ensayos no podrán efectuarse reparaciones o ajustes en el tractor ni en la estructura de protección.

**4.1.2.2.3.** Durante los ensayos, la caja de cambios del tractor estará en punto muerto y los frenos estarán desactivados.

**4.1.2.2.4.** Si el tractor está equipado con un sistema de suspensión entre el chasis y las ruedas, dicho sistema deberá bloquearse durante los ensayos.

**4.1.2.2.5.** El lado elegido para la aplicación del primer impacto en la parte trasera de la estructura de protección será el que, en opinión de las autoridades encargadas del ensayo, dé lugar a la aplicación de la serie de impactos o cargas en las condiciones más desfavorables para la estructura de protección. El impacto lateral y el impacto trasero se aplicarán a ambos lados del plano mediano longitudinal de la estructura de protección. El impacto

delantero se aplicará en el mismo lado del plano mediano longitudinal de la estructura de protección que el impacto lateral.

#### **4.1.3. Condiciones de aceptación**

4.1.3.1. Se considerará que una estructura de protección se ajusta a los requisitos de resistencia si cumple las condiciones siguientes:

4.1.3.1.1. Después de cada ensayo no presentará roturas ni fisuras, según la definición del punto 4.2.1.2.1. Si en el transcurso de un ensayo aparecen roturas o fisuras significativas, se procederá a un ensayo de impacto o aplastamiento adicional, según la definición de los puntos 4.2.1.6 o 4.2.1.7, inmediatamente después del ensayo que causó las roturas o fisuras.

4.1.3.1.2. Durante los ensayos distintos del ensayo de sobrecarga, ninguna parte de la estructura de protección podrá penetrar en la zona definida en el punto 1.6.

4.1.3.1.3. Durante los ensayos distintos del ensayo de sobrecarga, la estructura de protección deberá proteger todas las partes de la zona libre, de conformidad con el punto 4.2.2.2.

4.1.3.1.4. Durante los ensayos, la estructura de protección no deberá ejercer ninguna fuerza sobre la estructura del asiento.

4.1.3.1.5. La deformación elástica, medida de conformidad con el punto 4.2.2.3, deberá ser inferior a 250 mm.

4.1.3.2. No habrá accesorios que supongan un peligro para el conductor. Tampoco habrá partes ni accesorios salientes que puedan herir al conductor en caso de vuelco del tractor, ni accesorios o partes que, debido a las deformaciones de la estructura, puedan aprisionarlo, por ejemplo por la pierna o el pie.

4.1.4. [No se aplica]

#### **4.1.5. Aparatos y equipo para ensayos dinámicos**

4.1.5.1. Bloque pendular

4.1.5.1.1. Se suspenderá un bloque a modo de péndulo, con dos cadenas o cables, de unos pivotes situados, como mínimo, 6 m por encima del suelo. Deberá disponerse de un medio para regular independientemente la altura de suspensión del bloque y el ángulo entre el bloque y las cadenas o los cables de suspensión.

4.1.5.1.2. La masa del bloque pendular deberá ser de  $2\,000 \pm 20$  kg, excluyendo la masa de las cadenas o de los cables, que no sobrepasará los 100 kg. La longitud de los lados de la cara de impacto deberá ser de  $680 \pm 20$  mm (véase la figura 7.18). El bloque se rellenará de tal forma que la posición de su centro de gravedad sea constante y coincida con el centro geométrico del paralelepípedo.

4.1.5.1.3. El paralelepípedo deberá estar unido al sistema que lo lleve hacia atrás por un mecanismo de liberación instantánea diseñado y situado de forma que libere el bloque pendular sin provocar oscilaciones del paralelepípedo respecto a su eje horizontal perpendicular al plano de oscilación del péndulo.

4.1.5.2. Soportes del péndulo

Los pivotes del péndulo se fijarán de forma rígida de modo que su desplazamiento en

cualquier dirección no sobrepase el 1 % de la altura de caída.

#### 4.1.5.3. Amarres

4.1.5.3.1. En una base resistente situada debajo del péndulo se fijarán rígidamente unos raíles de anclaje que presenten el ancho de vía exigido y que cubran la superficie necesaria para amarrar el tractor en todos los casos ilustrados (véanse las figuras 7.19, 7.20 y 7.21).

4.1.5.3.2. El tractor se amarrará a los raíles por medio de cables de alambres trenzados redondos, con alma de fibra, de 6 x 19 de conformidad con la norma ISO 2408:2004 y un diámetro nominal de 13 mm. Los cables metálicos deberán tener una tensión de rotura de 1 770 MPa.

4.1.5.3.3. El pivote central de un tractor articulado deberá sostenerse y amarrarse al suelo de forma adecuada para todos los ensayos. En el ensayo de impacto lateral, el pivote se apuntalará también del lado opuesto al impacto. No será preciso que las ruedas delanteras y traseras o las orugas estén situadas en línea, si con ello se facilita la colocación adecuada de los cables.

#### 4.1.5.4. Puntal y viga para las ruedas

4.1.5.4.1. Se utilizará una viga de madera blanda de 150 mm de lado para apuntalar las ruedas durante los ensayos de impacto (véanse las figuras 7.19, 7.20 y 7.21).

4.1.5.4.2. Durante los ensayos de impacto lateral deberá fijarse al suelo una viga de madera blanda para bloquear la llanta de la rueda del lado opuesto al impacto (véase la figura 7.21).

#### 4.1.5.5. Puntales y amarres para tractores articulados

4.1.5.5.1. Se utilizarán puntales y amarres suplementarios para los tractores articulados. Su finalidad es que la sección del tractor en la que se fija la estructura de protección tenga una rigidez equivalente a la de un tractor rígido.

4.1.5.5.2. En el punto 4.2.1 figuran detalles específicos suplementarios para los ensayos de impacto y aplastamiento.

#### 4.1.5.6. Presiones y deformaciones de los neumáticos

4.1.5.6.1. Los neumáticos del tractor no contendrán ningún lastre líquido y estarán inflados a la presión prescrita por el fabricante del tractor para el trabajo en el campo.

4.1.5.6.2. Los amarres deberán estar tensados en cada caso particular de forma que los neumáticos soporten una deformación del 12 % de la altura de su flanco (distancia entre el suelo y el punto más bajo de la llanta) antes de tensar los cables.

#### 4.1.5.7. Dispositivo de aplastamiento

Un dispositivo como el ilustrado en la figura 7.3 deberá poder ejercer una fuerza hacia abajo sobre una estructura de protección mediante una viga rígida de unos 250 mm de ancho unida al mecanismo de aplicación de la carga por juntas universales. Se colocarán soportes adecuados bajo los ejes para que los neumáticos del tractor no soporten la fuerza de aplastamiento.

#### 4.1.5.8. Aparatos de medición

Se precisan los siguientes aparatos de medición:

4.1.5.8.1. un dispositivo de medición de la deformación elástica (diferencia entre la deformación instantánea máxima y la deformación permanente; véase la figura 7.4);

4.1.5.8.2. un dispositivo para controlar que la estructura de protección no haya penetrado en la zona libre y que esta se haya mantenido en el interior del espacio de protección de la estructura durante el ensayo (véase el punto 4.2.2.2).

### 4.2. *Procedimiento de ensayo dinámico*

#### 4.2.1. **Ensayos de impacto y de aplastamiento**

##### 4.2.1.1. Impacto en la parte trasera

4.2.1.1.1. El tractor se colocará de forma que el bloque pendular golpee la estructura de protección en el momento en que la cara de impacto del bloque y sus cadenas o cables de suspensión formen un ángulo con el plano vertical  $A$  igual a  $M/100$ , con un máximo de  $20^\circ$ , a menos que, durante la deformación, la estructura de protección forme un ángulo mayor con la vertical en el punto de contacto. En tal caso, mediante un soporte adicional, la cara de impacto del bloque pendular deberá ajustarse para que sea paralela a la estructura de protección en el punto de impacto en el momento de máxima deformación, de modo que las cadenas o cables de suspensión sigan formando el ángulo indicado anteriormente.

Se regulará la altura de suspensión del bloque pendular y se tomarán las medidas necesarias para que el bloque no gire alrededor del punto de impacto.

El punto de impacto será la parte de la estructura de protección, normalmente el borde superior, que probablemente golpearía el suelo en primer lugar si el tractor volcara hacia atrás. La posición del centro de gravedad del bloque pendular se situará a una distancia equivalente a  $1/6$  de la anchura de la parte superior de la estructura de protección medida hacia el interior a partir del plano vertical, paralelo al plano mediano del tractor, que está en contacto con la extremidad exterior de la parte superior de la estructura de protección.

Si la estructura es curvilínea o saliente en ese punto, se añadirán cuñas para que se pueda aplicar el impacto, sin que ello refuerce la estructura.

4.2.1.1.2. El tractor deberá amarrarse al suelo mediante cuatro cables, dispuestos cada uno en un extremo de los dos ejes, según se indica en la figura 7.19. Los puntos de amarre delanteros y traseros se situarán a una distancia adecuada para que los cables formen

con el suelo un ángulo inferior a 30°. Además, los amarres traseros se dispondrán de tal forma que el punto de convergencia de los dos cables se sitúe en el plano vertical en el que se desplace el centro de gravedad del bloque pendular.

Los cables se tensarán de modo que los neumáticos experimenten las deformaciones indicadas en el punto 4.1.5.6.2. Una vez tensados los cables, se colocará la viga de calzo delante de las ruedas traseras, apretada contra ellas, y se fijará al suelo.

4.2.1.1.3. Si se trata de un tractor articulado, el punto de articulación estará además sostenido por una pieza de madera de un mínimo de 100 mm de lado y sólidamente amarrado al suelo.

4.2.1.1.4. Se tirará del bloque pendular hacia atrás de forma que la altura de su centro de gravedad sobre la que tendrá en el punto de impacto se determine mediante una de las dos fórmulas siguientes:

$$H = 2,165 \times 10^{-8} M L^2$$

o

$$H = 5,73 \times 10^{-2} I$$

A continuación, se liberará el bloque pendular, que golpeará la estructura de protección.

4.2.1.1.5. En los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles), la altura equivaldrá al valor más alto de los anteriores o de los siguientes:

$$H = 25 + 0,07 M$$

para los tractores con una masa de referencia inferior a 2 000 kg;

$$H = 125 + 0,02 M$$

para los tractores con una masa de referencia superior a 2 000 kg.

4.2.1.2. Impacto en la parte delantera

4.2.1.2.1. El tractor se colocará de forma que el bloque pendular golpee la estructura de protección en el momento en que la cara de impacto del bloque y sus cadenas o cables de suspensión formen un ángulo con el plano vertical  $A$  igual a  $M/100$ , con un máximo de 20°, a menos que, durante la deformación, la estructura de protección forme un ángulo mayor con la vertical en el punto de contacto. En tal caso, mediante un soporte adicional, la cara de impacto del bloque pendular deberá ajustarse para que sea paralela a la estructura de protección en el punto de impacto en el momento de máxima deformación, de modo que las cadenas o cables de suspensión sigan formando el ángulo indicado anteriormente.

Se regulará la altura de suspensión del bloque pendular y se tomarán las medidas necesarias para que el bloque no gire alrededor del punto de impacto.

El punto de aplicación del impacto será la parte de la estructura de protección, normalmente el borde superior, que probablemente golpearía el suelo en primer lugar si el tractor volcara lateralmente mientras circula hacia delante. La posición del centro de gravedad del bloque pendular se situará a una distancia equivalente a 1/6 de la anchura

de la parte superior de la estructura de protección medida hacia el interior a partir del plano vertical, paralelo al plano mediano del tractor, que está en contacto con la extremidad exterior de la parte superior de la estructura de protección.

Si la estructura es curvilínea o saliente en ese punto, se añadirán cuñas para que se pueda aplicar el impacto, sin que ello refuerce la estructura.

- 4.2.1.2.2. El tractor deberá amarrarse al suelo mediante cuatro cables, dispuestos cada uno en un extremo de los dos ejes, según se indica en la figura 7.20. Los puntos de amarre delanteros y traseros se situarán a una distancia adecuada para que los cables formen con el suelo un ángulo inferior a 30°. Además, los amarres traseros se dispondrán de tal forma que el punto de convergencia de los dos cables se sitúe en el plano vertical en el que se desplace el centro de gravedad del bloque pendular.

Los cables se tensarán de modo que los neumáticos experimenten las deformaciones indicadas en el punto 4.1.5.6.2. Una vez tensados los cables, se colocará la viga de calzo detrás de las ruedas traseras, apretada contra ellas, y se fijará al suelo.

- 4.2.1.2.3. Si se trata de un tractor articulado, el punto de articulación estará además sostenido por una pieza de madera de un mínimo de 100 mm de lado y sólidamente amarrado al suelo.

- 4.2.1.2.4. Se tirará del bloque pendular hacia atrás de forma que la altura de su centro de gravedad sobre la que tendrá en el punto de impacto se determine mediante una de las dos fórmulas siguientes, elegida en función de la masa de referencia del conjunto sometido a ensayo:

$$H = 25 + 0,07 M$$

para los tractores con una masa de referencia inferior a 2 000 kg;

$$H = 125 + 0,02 M$$

para los tractores con una masa de referencia superior a 2 000 kg.

A continuación, se liberará el bloque pendular, que golpeará la estructura de protección.

- 4.2.1.2.5. En los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles):

- si la estructura de protección consiste en una barra antivuelco trasera con dos postes, se aplicará la fórmula anterior;
- si la estructura de protección es de otro tipo, la altura equivaldrá al valor más alto obtenido con la fórmula aplicada anteriormente y la seleccionada a continuación:

$$H = 2,165 \times 10^{-8} ML^2$$

o

$$H = 5,73 \times 10^{-2} I$$

A continuación, se liberará el bloque pendular, que golpeará la estructura de protección.

- 4.2.1.3. Impacto lateral

- 4.2.1.3.1. El tractor se colocará de forma que el bloque pendular golpee la estructura de protección en el momento en que la cara de impacto del bloque y sus cadenas o cables de suspensión se encuentren a la vertical, a menos que, durante la deformación, la estructura de protección forme un ángulo inferior a 20° con la vertical en el punto de contacto. En tal caso, mediante un soporte adicional, la cara de impacto del bloque pendular deberá ajustarse para que sea paralela a la estructura de protección en el punto de impacto en el momento de máxima deformación, de modo que las cadenas o cables de suspensión permanezcan verticales en el momento del impacto.
- 4.2.1.3.2. Se regulará la altura de suspensión del bloque pendular y se tomarán las medidas necesarias para que el bloque no gire alrededor del punto de impacto.
- 4.2.1.3.3. El punto de impacto será la parte de la estructura de protección, normalmente el borde superior, que probablemente golpearía el suelo en primer lugar si el tractor volcara lateralmente. Excepto si fuera seguro que otra parte de ese borde golpearía el suelo en primer lugar, el punto de impacto se situará en el plano que es perpendicular al plano mediano y pasa 60 mm por delante del punto índice del asiento cuando este se encuentra en su posición longitudinal intermedia.
- 4.2.1.3.4. En los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles), el punto de impacto se situará en el plano que es perpendicular al plano mediano y pasa por el punto medio del segmento que une los dos puntos índice del asiento correspondientes a las dos posiciones. En el caso de las estructuras de protección con un sistema de dos postes, el impacto se producirá en uno de los postes.
- 4.2.1.3.5. Las ruedas del tractor situadas en el lado que recibe el impacto deberán amarrarse al suelo por medio de cables que pasen por encima de los extremos correspondientes de los ejes delantero y trasero. Los cables se tensarán de modo que los neumáticos experimenten las deformaciones indicadas en el punto 4.1.5.6.2.

Con los cables tensados, se colocará en el suelo la viga de calzo, apretada contra los neumáticos del lado opuesto al del impacto y se fijará al suelo. Podrá resultar necesario el uso de dos vigas o calzoes, si los bordes exteriores de los neumáticos delanteros y traseros no se encuentran en el mismo plano vertical. En ese caso, el puntal se apoyará sólidamente contra la llanta de la rueda más cargada situada en el lado opuesto al del punto de impacto y, a continuación, se fijará su base según se indica en la figura 7.21. El puntal tendrá la longitud adecuada para que, apoyado contra la llanta, forme con el suelo un ángulo de  $30 \pm 3^\circ$ . Además, en la medida de lo posible, su grosor será entre veinte y veinticinco veces menor que su longitud y entre dos y tres veces menor que su anchura. La forma de ambas extremidades del puntal será la que se ilustra en la figura 7.21.

- 4.2.1.3.6. Si el tractor es del tipo articulado, el punto de articulación estará apoyado en una pieza de madera, de un mínimo de 100 mm de lado, y sostenido lateralmente por un dispositivo similar al puntal apoyado contra la rueda trasera que se describe en el punto 4.2.1.3.5. A continuación, el punto de articulación se amarrará sólidamente al suelo.
- 4.2.1.3.7. Se tirará del bloque pendular hacia atrás de forma que la altura de su centro de gravedad sobre la que tendrá en el punto de impacto se determine mediante una de las dos fórmulas siguientes, elegida en función de la masa de referencia del conjunto sometido a ensayo:

$$H = 25 + 0,20 M$$

para los tractores con una masa de referencia inferior a 2 000 kg;

$$H = 125 + 0,15 M$$

para los tractores con una masa de referencia superior a 2 000 kg.

4.2.1.3.8. En los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles):

- si la estructura de protección consiste en una barra antivuelco trasera con dos postes, la altura seleccionada será la mayor de las obtenidas mediante las fórmulas aplicables anteriores y siguientes:

$$H = (25 + 0,20 M) (B_6 + B) / 2B$$

para los tractores con una masa de referencia inferior a 2 000 kg;

$$H = (125 + 0,15 M) (B_6 + B) / 2B$$

para los tractores con una masa de referencia superior a 2 000 kg.

- si la estructura de protección es de otro tipo, la altura seleccionada equivaldrá al valor más alto obtenido por las fórmulas aplicables anteriores y siguientes:

$$H = 25 + 0,20 M$$

para los tractores con una masa de referencia inferior a 2 000 kg;

$$H = 125 + 0,15 M$$

para los tractores con una masa de referencia superior a 2 000 kg.

A continuación, se liberará el bloque pendular, que golpeará la estructura de protección.

4.2.1.4. Aplastamiento en la parte trasera

Todas las disposiciones son idénticas a las que figuran en el punto 3.2.1.4 de la sección B1 del presente anexo.

4.2.1.5. Aplastamiento en la parte delantera

Todas las disposiciones son idénticas a las que figuran en el punto 3.2.1.5 de la sección B1 del presente anexo.

4.2.1.6. Ensayos de impacto adicionales

Si durante un ensayo de impacto aparecen fisuras o roturas que no pueden considerarse insignificantes, se efectuará un segundo ensayo similar, pero con una altura de caída de

$$H' = (H \times 10^{-1}) (12 + 4a) (1 + 2a)^{-1},$$

inmediatamente después del ensayo de impacto que causó las roturas o fisuras; «a» es la relación entre la deformación permanente (**Dp**) y la deformación elástica (**De**)

$$a = Dp/De,$$

medidas en el punto de impacto. La deformación permanente adicional causada por el segundo impacto no podrá exceder del 30 % de la deformación permanente causada por el primer impacto.

Para poder llevar a cabo el ensayo adicional es necesario medir la deformación elástica durante todos los ensayos de impacto.

#### 4.2.1.7. Ensayos de aplastamiento adicionales

Si en el transcurso de un ensayo de aplastamiento aparecen fisuras o roturas significativas, deberá efectuarse un segundo ensayo de aplastamiento similar, pero con una fuerza igual a **1,2 F<sub>v</sub>**, inmediatamente después del ensayo de aplastamiento que causó las roturas o fisuras.

#### 4.2.2. Mediciones que deberán efectuarse

##### 4.2.2.1. Roturas y fisuras

Después de cada ensayo se examinarán visualmente todos los elementos estructurales, las juntas y los sistemas de fijación para detectar posibles roturas o fisuras; no se tendrán en cuenta pequeñas fisuras que pudieran aparecer en elementos no esenciales.

No se tendrán en cuenta las roturas que pudieran provocar las aristas del bloque pendular.

##### 4.2.2.2. Penetración en la zona libre

En cada ensayo se examinará la estructura de protección para ver si alguna de sus partes ha penetrado en la zona libre alrededor del asiento del conductor definida en el punto 1.6.

Además, la zona libre no deberá quedar fuera del espacio de protección de la estructura de protección. A tal efecto, se considerará fuera del espacio de protección de la estructura de protección cualquier parte de dicha zona que entraría en contacto con el suelo plano si el tractor volcara en la dirección opuesta a la de aplicación de la carga de ensayo. Para estimar esta situación, los neumáticos delanteros y traseros y el ancho de vía se ajustarán al tamaño estándar más pequeño especificado por el fabricante.

##### 4.2.2.3. Deformación elástica (por un impacto lateral)

La deformación elástica se medirá (810 + av) mm por encima del punto índice del asiento, en el plano vertical de aplicación de la carga. Para esta medición podrá utilizarse un aparato similar al ilustrado en la figura 7.4.

##### 4.2.2.4. Deformación permanente

Después del último ensayo de aplastamiento, se registrará la deformación permanente de la estructura de protección. A tal fin, antes del comienzo del ensayo, se utilizará la posición de los principales elementos de la estructura de protección con respecto al punto índice del asiento.

**4.3. Extensión a otros modelos de tractor**

Todas las disposiciones son idénticas a las que figuran en el punto 3.3 de la sección B1 del presente anexo.

4.4. [No se aplica]

**4.5. Comportamiento de las estructuras de protección a bajas temperaturas**

Todas las disposiciones son idénticas a las que figuran en el punto 3.5 de la sección B1 del presente anexo.

Figura 7.18

**Bloque pendular con sus cadenas y cables de suspensión**

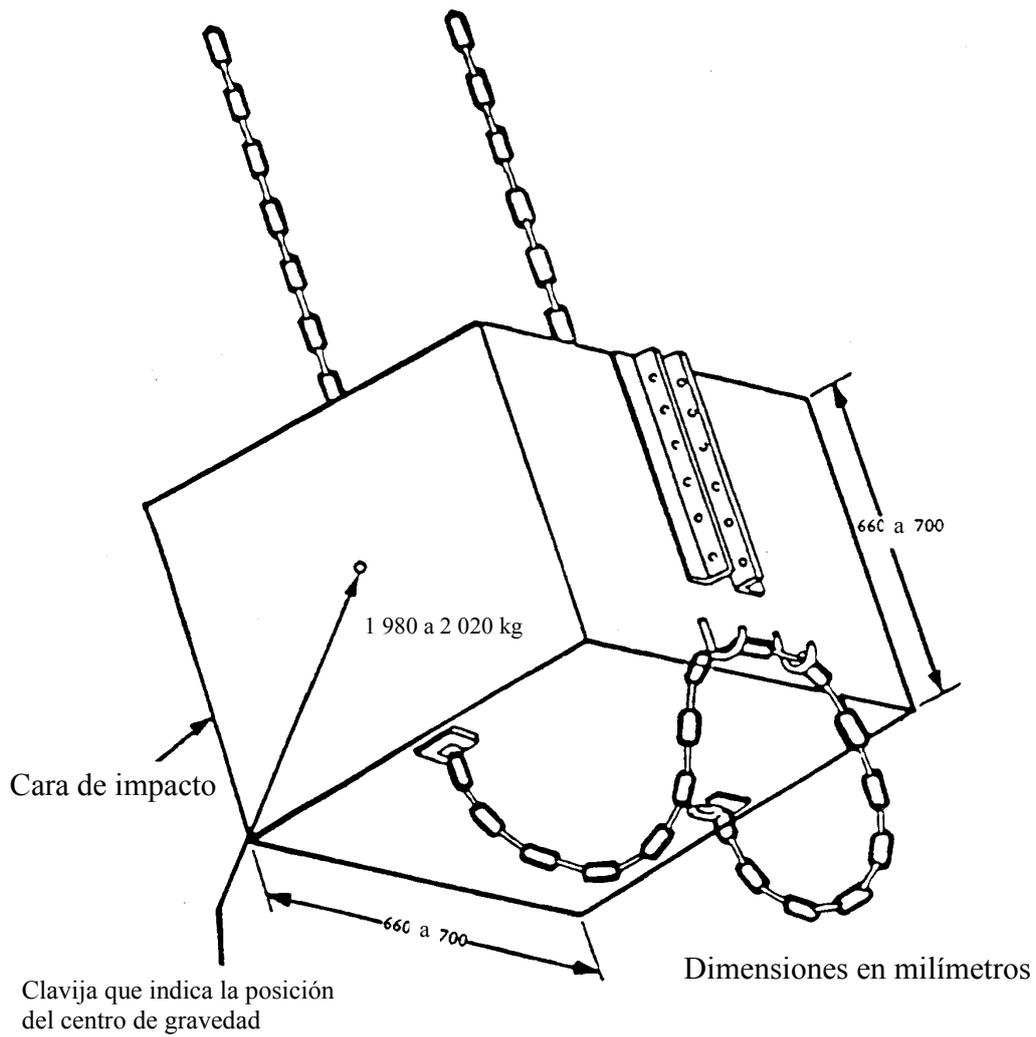


Figura 7.19

**Ejemplo de amarre del tractor (impacto trasero)**

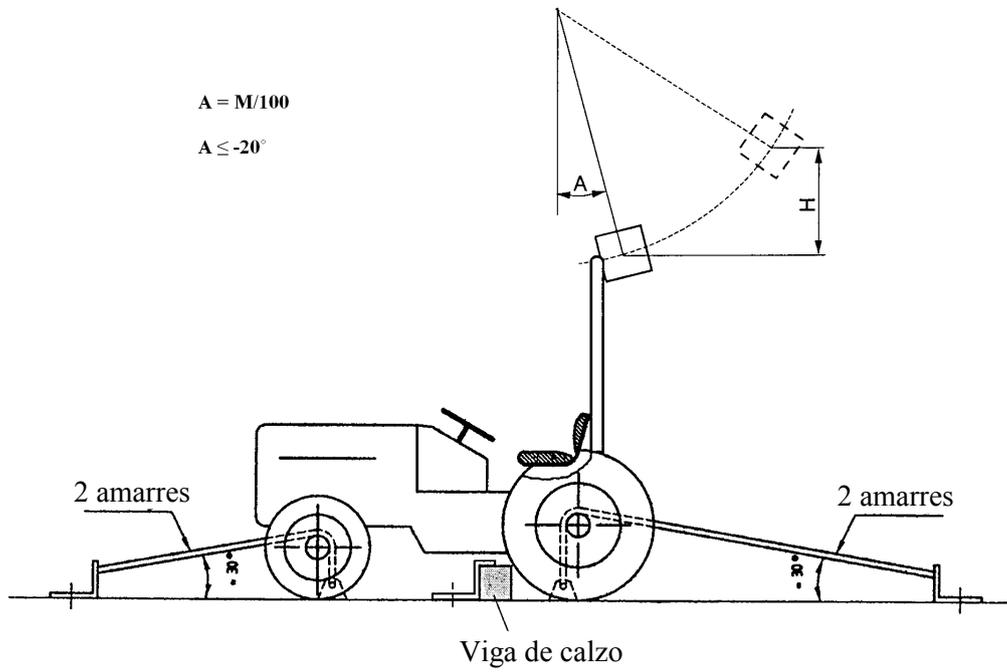


Figura 7.20

**Ejemplo de amarre del tractor (impacto delantero)**

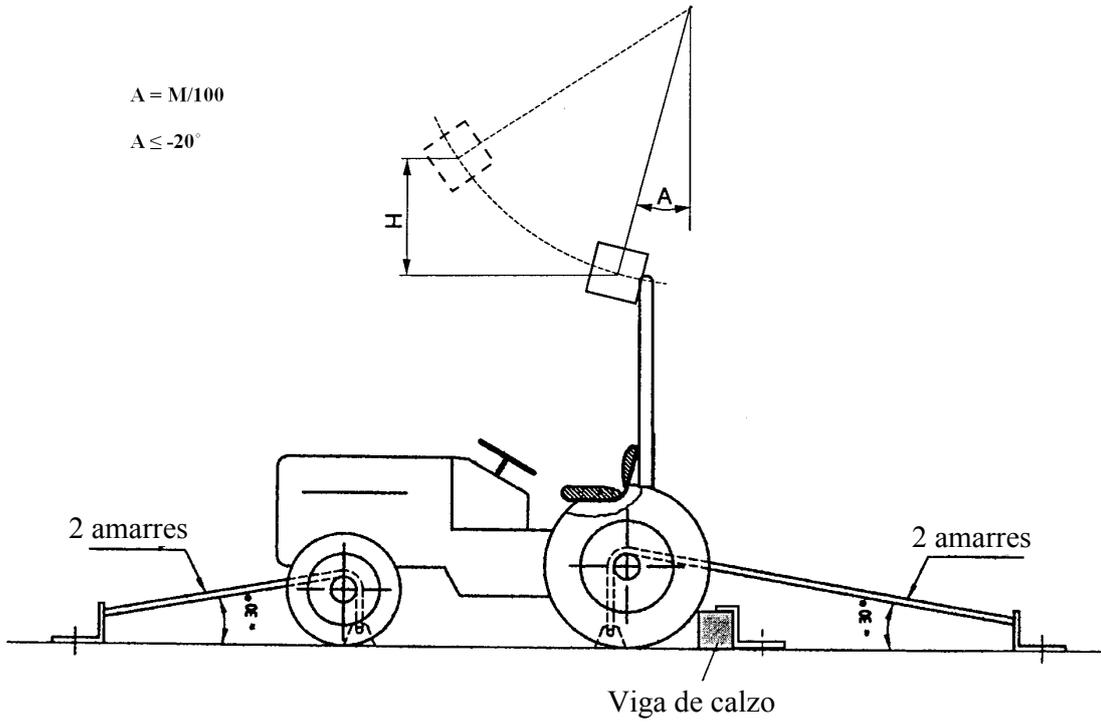
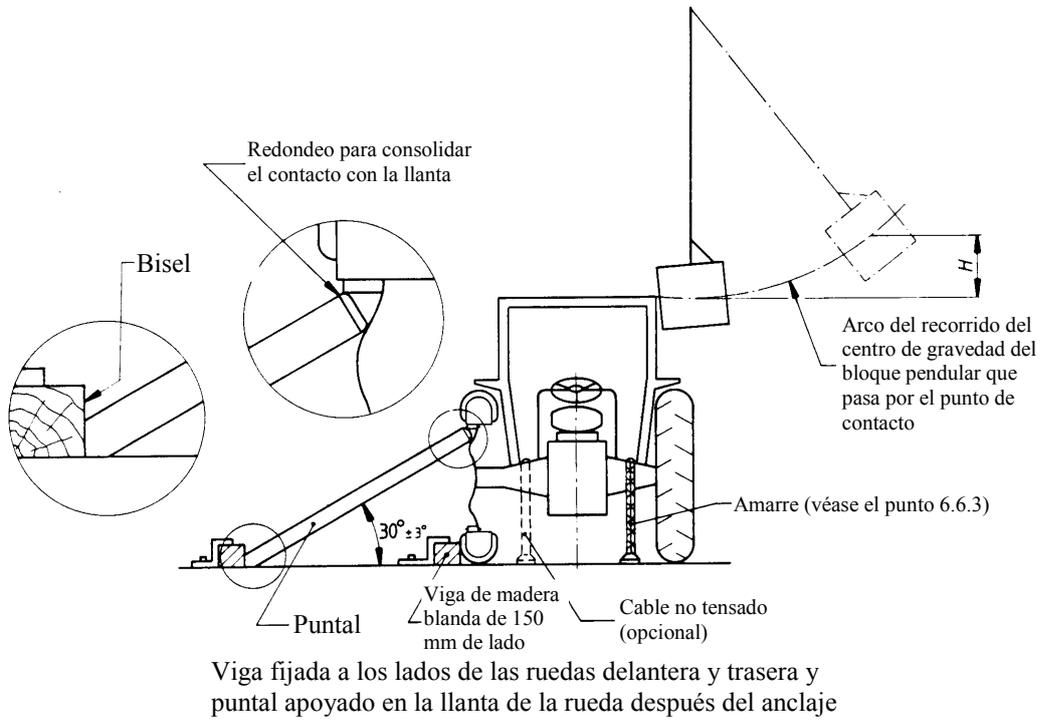


Figura 7.21

**Ejemplo de amarre del tractor (impacto lateral)**



---

## Notas explicativas del anexo X

- (1) Salvo la numeración de la sección B2, que se ha armonizado con la totalidad del anexo, el texto de los requisitos y la numeración que figuran en la letra B son idénticos al texto y la numeración del Código normalizado de la OCDE para los ensayos oficiales de las estructuras de protección en caso de vuelco montadas en la parte trasera de los tractores agrícolas y forestales de ruedas de vía estrecha, Código 7 de la OCDE, edición 2015 de julio de 2014.
- (2) Conviene recordar que el punto índice del asiento se determina con arreglo a la norma ISO 5353 y que es un punto fijo con respecto al tractor que no se mueve al ajustar el asiento en una posición distinta de la posición intermedia. Para determinar la zona libre, el asiento deberá estar en la posición más atrasada y más alta posible.
- (3) Suma de la deformación permanente y la deformación elástica, medidas al alcanzar el nivel de energía requerido.

## ANEXO XI

### Requisitos aplicables a las estructuras de protección contra la caída de objetos

#### **A. Disposición general**

1. Los requisitos de la Unión aplicables a las estructuras de protección contra la caída de objetos se establecen en las secciones B y C.
2. Los vehículos de las categorías T y C equipados para aplicaciones forestales deberán cumplir los requisitos establecidos en la sección B.
3. Todos los demás vehículos de las categorías T y C, si están equipados con estructuras de protección contra la caída de objetos, deberán cumplir los requisitos establecidos en las secciones B o C.

#### **B. Requisitos aplicables a las estructuras de protección contra la caída de objetos de los vehículos de las categorías T y C equipados para aplicaciones forestales**

Los vehículos de las categorías T y C equipados para aplicaciones forestales deberán cumplir los requisitos establecidos en la norma ISO 8083:2006 (nivel I o nivel II).

#### **C. Requisitos aplicables a las estructuras de protección contra la caída de objetos de todos los demás vehículos de las categorías T y C equipados con estas estructuras<sup>(1)</sup>**

##### **1. DEFINICIONES**

1.1. [No se aplica]

##### **1.2. Estructura de protección contra la caída de objetos (FOPS)**

Conjunto que ofrece a un operador en el puesto de conductor una protección razonable contra la caída de objetos desde arriba.

##### **1.3. Zona de seguridad**

###### **1.3.1. Zona libre**

En el caso de tractores provistos de ROPS sometidas a ensayo de conformidad con los anexos VI, VIII, IX y X del presente Reglamento, la zona de seguridad deberá cumplir las especificaciones de la zona libre descrita en el punto 1.6 de cada uno de esos anexos.

###### **1.3.2. Volumen límite de deformación (VLD)**

En el caso de tractores provistos de ROPS sometidos a ensayo de conformidad con el anexo VII del presente Reglamento, la zona de seguridad deberá ajustarse al volumen límite de deformación (VLD) definido en la norma ISO 3164:1995.

En los tractores con puesto reversible del conductor (asiento y volante reversibles), la zona libre será la envoltura combinada de los dos VLD determinados en función de las

dos posiciones del volante y las dos posiciones del asiento.

### 1.3.3. Parte superior de la zona de seguridad

El plano superior del VLD o la superficie delimitada por los puntos I<sub>1</sub>, A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, A<sub>2</sub> y I<sub>2</sub> de la zona libre por lo que respecta a los anexos VI y VIII del presente Reglamento; el plano descrito en los puntos 1.6.2.3 y 1.6.2.4 del anexo IX del presente Reglamento; y la superficie delimitada por los puntos H<sub>1</sub>, A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, A<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> por lo que respecta al anexo X del presente Reglamento.

### 1.4. Tolerancias admisibles en las medidas

Distancia:  $\pm 5\%$  de la deformación máxima medida, o  $\pm 1$  mm

Masa:  $\pm 0,5\%$

## 2. **ÁMBITO DE APLICACIÓN**

2.1. La presente sección es aplicable a los tractores agrícolas con un mínimo de dos ejes para ruedas con neumáticos o con orugas en lugar de ruedas.

2.2. El presente anexo establece procedimientos de ensayo y requisitos de rendimiento para los tractores que, al llevar a cabo determinadas tareas agrícolas, estén expuestos al posible peligro de caída de objetos durante su funcionamiento normal.

## 3. **NORMAS Y DIRECTRICES**

### 3.1. **Disposiciones generales**

3.1.1. Tanto el fabricante del tractor como una empresa independiente podrán fabricar la estructura de protección. En cualquier caso, el ensayo solo será válido para el modelo de tractor con el que se efectúe el ensayo. La estructura de protección deberá volver a someterse a ensayo con cada modelo de tractor en el que se instale. No obstante, los centros de ensayos podrán certificar que los ensayos de resistencia son también válidos para los modelos de tractor derivados del modelo original aportando modificaciones al motor, la transmisión, la dirección y la suspensión delantera (véase el punto 3.4: Extensión a otros modelos de tractor). Por otra parte, puede someterse a ensayo más de una estructura de protección en cualquier modelo de tractor.

3.1.2. La estructura de protección sometida a ensayo deberá incluir, como mínimo, todos los componentes que transmiten la carga del lugar de impacto del objeto utilizado en el ensayo de caída a la zona de seguridad. La estructura de protección sometida a ensayo deberá i) fijarse rígidamente al banco de pruebas en los puntos de montaje normales (véase la figura 10.3: Configuración de ensayo mínima), o ii) fijarse normalmente al chasis del tractor, por medio de abrazaderas, elementos de montaje o componentes de suspensión utilizados en la producción normal, y a otras partes del tractor a las que puedan afectar las cargas impuestas por la estructura de protección (véanse las figuras 10.4a y 10.4b). El chasis deberá fijarse rígidamente al suelo de la plataforma de ensayo.

3.1.3. Podrá diseñarse una estructura de protección cuya única finalidad sea proteger al conductor en caso de caída de un objeto. A esta estructura podrá fijarse una protección del conductor contra la intemperie, de carácter más o menos provisional. Normalmente,

el conductor la quitará cuando haga calor. No obstante, existen estructuras de protección en las que el revestimiento es permanente y, cuando hace calor, la ventilación se hace a través de ventanillas o solapas. Dado que el revestimiento puede incrementar la resistencia de la estructura y, si es desmontable, podría no estar instalado en caso de accidente, deberán desmontarse para el ensayo todas las piezas que pueda quitar el conductor. Las puertas, las escotillas del techo y las ventanas que puedan abrirse se desmontarán o se dejarán abiertas y se fijarán en esta posición para el ensayo, de tal modo que no puedan incrementar la resistencia de la estructura de protección. Deberá señalarse si, en esa posición, constituyen un peligro para el conductor en caso de caída de un objeto.

En el resto de estas normas, solo se hará referencia al ensayo de la estructura de protección. Debe entenderse que ello incluye todo revestimiento que no tenga carácter provisional.

En las especificaciones debe incluirse una descripción de todo revestimiento provisional suministrado con el tractor. Antes del ensayo, se retirará todo el vidrio o materiales frágiles similares a este. Si el fabricante lo desea, antes del ensayo podrán retirarse los componentes del tractor y de la estructura de protección que puedan resultar innecesariamente dañados durante el ensayo y que no afecten a la resistencia de la estructura de protección ni a sus dimensiones. Durante el ensayo no podrán llevarse a cabo reparaciones ni ajustes. El fabricante podrá aportar varias muestras idénticas si son necesarios varios ensayos de caída.

- 3.1.4. Si se utiliza la misma estructura para la evaluación de las FOPS y las ROPS, los ensayos de las FOPS precederán a los de las ROPS (de acuerdo con los anexos VI, VII, VIII, IX o X del presente Reglamento), pero se permitirá reparar las abolladuras causadas por impactos o sustituir la cubierta de las FOPS.

## 3.2. Aparato y procedimientos

### 3.2.1. Aparato

#### 3.2.1.1. Objeto utilizado en el ensayo de caída

El objeto utilizado en el ensayo de caída será esférico y se dejará caer de una altura suficiente, que se determinará en función de su masa, para desarrollar una energía de 1 365 J. El objeto, cuya superficie de impacto deberá tener propiedades que impidan su deformación durante los ensayos, será una esfera de acero macizo o de hierro dúctil, con una masa característica de  $45 \pm 2$  kg y un diámetro comprendido entre 200 y 250 mm (véase el cuadro 10.1).

NIVEL DE ENERGÍA (J)	ZONA DE SEGURIDAD	OBJETO UTILIZADO EN EL ENSAYO DE CAÍDA	DIMENSIONES (mm)	MASA (kg)
1 365	Zona libre*	Esfera	$200 \leq \text{diámetro} \leq 250$	$45 \pm 2$

1 365	VLD**	Esfera	$200 \leq \text{diámetro} \leq 250$	$45 \pm 2$
-------	-------	--------	-------------------------------------	------------

### Cuadro 10.1

#### Nivel de energía, zona de seguridad y selección del objeto utilizado en el ensayo de caída

\* En tractores cuya ROPS vaya a someterse a ensayo de conformidad con los anexos VI, VIII, IX o X del presente Reglamento.

\* En tractores cuya ROPS vaya a someterse a ensayo de conformidad con el anexo VII del presente Reglamento.

El aparato del centro de ensayos deberá incluir también los elementos siguientes:

- 3.2.1.2. Medios para elevar el objeto utilizado en el ensayo de caída a la altura requerida.
- 3.2.1.3. Medios que permitan soltar el objeto utilizado en el ensayo de caída de modo que caiga sin restricción alguna.
- 3.2.1.4. Una superficie suficientemente dura para que ni la máquina ni el banco de pruebas penetren en ella cuando soporten la carga del ensayo de caída.
- 3.2.1.5. Medios para determinar si la FOPS penetra en la zona de seguridad durante el ensayo de caída. Esto podrá hacerse de una de las maneras siguientes:
  - con una plantilla de la zona de seguridad, dispuesta verticalmente y hecha de un material que permita indicar cualquier invasión por parte de la FOPS; en la superficie inferior de la cubierta de la FOPS podrá ponerse grasa u otro material adecuado que indique esta invasión;
  - con un sistema dinámico de instrumentación de una frecuencia de respuesta suficiente para indicar la deformación esperada de la FOPS con respecto a la zona de seguridad.
- 3.2.1.6. Requisitos de la zona de seguridad
 

En caso de utilizarse una plantilla de la zona de seguridad, esta se fijará sólidamente a la misma parte del tractor que el asiento del operador y deberá permanecer allí durante todo el período de ensayo oficial.
- 3.2.2. Procedimiento
 

El procedimiento del ensayo de caída consistirá en las operaciones indicadas a continuación, en el orden en que se enumeran.

  - 3.2.2.1. Colocación del objeto utilizado en el ensayo de caída (3.2.1.1) en la parte superior de la FOPS, en el lugar indicado en el punto 3.2.2.2.

- 3.2.2.2. Cuando la zona de seguridad esté representada por la zona libre, el punto de impacto estará situado en un lugar que se encuentre dentro de la proyección vertical de la zona libre y lo más alejado posible de los principales elementos estructurales (figura 10.1).

Cuando la zona de seguridad esté representada por el VLD, el lugar de impacto se encontrará íntegramente dentro de la proyección vertical de la zona de seguridad, en la posición vertical de ese mismo volumen, sobre la parte superior de la FOPS. Se pretende que la selección del lugar de impacto incluya al menos uno en la proyección vertical de la superficie del plano superior de la zona de seguridad.

Deben considerarse dos casos:

- 3.2.2.2.1. Caso 1: Elementos superiores horizontales importantes de la FOPS no invaden la proyección vertical de la zona de seguridad sobre la parte superior de la FOPS.

El lugar de impacto deberá estar lo más cerca posible del centroide de la estructura superior de la FOPS (figura 10.2, caso 1).

- 3.2.2.2.2 Caso 2: Elementos superiores horizontales importantes de la FOPS invaden la proyección vertical de la zona de seguridad sobre la parte superior de la FOPS.

Cuando el material del revestimiento de todas las partes situadas sobre la zona de seguridad tenga un grosor uniforme, el lugar de impacto se encontrará en la parte con más superficie, a saber, la mayor sección de la parte proyectada verticalmente de la zona de seguridad que no incluya elementos superiores horizontales importantes. El lugar de impacto se encontrará en el punto, dentro de la parte de mayor superficie, que se encuentre a la menor distancia posible del centroide de la parte superior de la FOPS (figura 10.2, caso 2).

- 3.2.2.3. Independientemente de si la zona de seguridad está representada por la zona libre o el VLD, si se utilizan distintos materiales o distintos grosores en las diferentes partes situadas sobre la zona de seguridad, se someterá cada una de las partes a un ensayo de caída. Si son necesarios varios ensayos de caída, el fabricante podrá suministrar varias muestras idénticas de FOPS (o de partes de ellas), una para cada ensayo de caída. Si las características de diseño, como las aberturas para ventanas o equipo, o las variaciones en el material o el grosor de la cubierta, indican que existe un lugar más vulnerable dentro de la proyección vertical de la zona de seguridad, el lugar de caída deberá hacerse coincidir con dicho lugar. Además, si se ha previsto llenar las aberturas de la cubierta de la FOPS con dispositivos o equipo que permitan ofrecer una protección adecuada, dichos dispositivos o equipo estarán instalados durante el ensayo de caída.

- 3.2.2.4. Elevación vertical del objeto utilizado en el ensayo de caída sobre la posición indicada en los puntos 3.2.2.1 y 3.2.2.2 para que desarrolle una energía de 1 365 J.

- 3.2.2.5. Liberación de dicho objeto de tal modo que caiga sin restricciones sobre la FOPS.

- 3.2.2.6. Como es poco probable que el objeto en caída libre golpee el lugar especificado en los puntos 3.2.2.1 y 3.2.2.2, las desviaciones deberán ajustarse a los límites que se especifican a continuación.

- 3.2.2.7. El impacto del objeto utilizado en el ensayo de caída se producirá dentro de un círculo de 100 mm de radio cuyo centro deberá coincidir con el eje central vertical del objeto dispuesto de acuerdo con los puntos 3.2.2.1 y 3.2.2.2.

- 3.2.2.8. No existen límites en cuanto al lugar o la forma de los impactos consecutivos a los

rebotes.

### 3.3. Requisitos de rendimiento

Ninguna de las partes de la estructura de protección deberá penetrar en la zona de seguridad en el primer impacto o los impactos sucesivos del objeto utilizado en el ensayo de caída. Si dicho objeto penetra en la FOPS, se considerará que esta no ha superado el ensayo.

Nota 1: En el caso de una estructura de protección de múltiples capas, se considerarán todas las capas, incluida la más interna.

Nota 2: Se considerará que el objeto utilizado en el ensayo de caída ha penetrado en la estructura de protección cuando al menos la mitad del volumen de la esfera haya penetrado en la capa más interna.

La FOPS cubrirá completamente la proyección vertical de la zona de seguridad y se superpondrá a ella.

Si se ha previsto equipar el tractor con una FOPS instalada sobre una ROPS homologada, el centro de ensayos que haya efectuado el ensayo de la ROPS será normalmente el único autorizado a llevar a cabo el ensayo de la FOPS y solicitar su homologación.

### 3.4. Extensión a otros modelos de tractor

#### 3.4.1. [No se aplica]

#### 3.4.2. Extensión técnica

Si el ensayo se ha llevado a cabo con los componentes mínimos requeridos (como en la figura 10.3), el centro de ensayos que haya llevado a cabo el ensayo original podrá emitir un «informe de extensión técnica» en los casos siguientes: [véase el punto 3.4.2.1].

Si el ensayo se ha llevado a cabo con las fijaciones / los elementos de montaje de la estructura de protección en el tractor/chasis (como en la figura 10.4), cuando se aporten modificaciones técnicas al tractor, a la estructura de protección o al método de fijación de la estructura de protección al chasis del vehículo, el centro de ensayos que haya llevado a cabo el ensayo original podrá emitir un «informe de extensión técnica» en los siguientes casos: [véase el punto 3.4.2.1].

#### 3.4.2.1. Extensión de los resultados de los ensayos estructurales a otros modelos de tractor

No es preciso efectuar el ensayo de impacto en cada modelo de tractor, siempre que tanto la estructura de protección como el tractor cumplan las condiciones a que se hace referencia en los puntos 3.4.2.1.1 a 3.4.2.1.3.

##### 3.4.2.1.1. La estructura será idéntica a la estructura sometida a ensayo.

##### 3.4.2.1.2. Si el ensayo llevado a cabo incluía el método de fijación al chasis del vehículo, los componentes de fijación del tractor / elementos de montaje de la estructura de protección serán idénticos.

##### 3.4.2.1.3. La posición y las dimensiones críticas del asiento en la estructura de protección y la posición relativa de esta estructura en el tractor serán las adecuadas para que la zona de

seguridad permanezca dentro del espacio de protección de la estructura deformada a lo largo de todos los ensayos (para controlar este punto, se utilizará la misma referencia de la zona libre que en el informe de ensayo original, es decir, el punto de referencia del asiento [SRP] o el punto índice del asiento [SIP], respectivamente).

#### 3.4.2.2. Extensión de los resultados de los ensayos estructurales a modelos modificados de la estructura de protección

Debe seguirse este procedimiento en caso de que no se cumplan las disposiciones del punto 3.4.2.1; no se seguirá si el método de fijación de la estructura de protección al tractor no sigue el mismo principio (por ejemplo, sustitución de soportes de caucho por un sistema de suspensión).

Modificaciones que no influyen en los resultados del ensayo inicial (por ejemplo, la soldadura de la placa de montaje de un accesorio en un punto no crítico de la estructura) y adición de asientos con una posición distinta del punto de referencia del asiento o del punto índice del asiento en la estructura de protección (siempre que se verifique que la nueva o las nuevas zonas de seguridad permanecen dentro del espacio de protección de la estructura deformada durante todos los ensayos).

Un mismo informe de extensión podrá recoger múltiples modificaciones de una estructura de seguridad, siempre que dichas modificaciones representen distintas opciones de la misma estructura de protección. Las opciones no sometidas a ensayo se describirán en una sección específica del informe de extensión.

#### 3.4.3. En cualquier caso, el informe de ensayo incluirá una referencia al informe de ensayo original.

#### 3.5. [No se aplica]

### 3.6. Comportamiento de las estructuras de protección a bajas temperaturas

#### 3.6.1. Si se declara que la estructura de protección tiene propiedades de resistencia a la fragilización por las bajas temperaturas, el fabricante proporcionará la información necesaria, que se incluirá en el informe.

#### 3.6.2. Los requisitos y procedimientos siguientes tienen como finalidad conferir dureza y resistencia a la rotura por fragilidad a bajas temperaturas. Se sugiere verificar el cumplimiento de los requisitos mínimos siguientes de los materiales para determinar la adecuación de las estructuras de protección a temperaturas de funcionamiento reducidas en los países que requieran esta protección de funcionamiento suplementaria.

##### 3.6.2.1. Se verificará que los pernos y las tuercas que se utilicen para fijar la estructura de protección al tractor y para conectar las partes estructurales de la estructura de protección tengan las adecuadas propiedades de tenacidad a bajas temperaturas.

##### 3.6.2.2. Todos los electrodos de soldadura utilizados en la fabricación de elementos estructurales y de montaje deberán ser compatibles con los materiales de la estructura de protección descritos en el punto 3.8.2.3.

##### 3.6.2.3. Los materiales de acero utilizados en los elementos estructurales de la estructura de protección serán de material de tenacidad verificada que cumpla los requisitos mínimos del impacto Charpy con entalla en V indicados en el cuadro 10.2. La clase y la calidad del acero se especificarán con arreglo a la norma ISO 630:1995, Amd 1:2003.

Se considera que el acero con un espesor de laminado bruto inferior a 2,5 mm y un

contenido de carbono inferior a un 0,2 % cumple este requisito.

Los elementos estructurales de la estructura de protección fabricados con materiales distintos del acero deberán ofrecer una resistencia al impacto equivalente a la exigida para los materiales de acero.

- 3.6.2.4. Durante el ensayo sobre los requisitos de energía del impacto Charpy con entalla en V, el tamaño de la probeta será, como mínimo, igual al mayor tamaño indicado en el cuadro 1 que permita el material.
- 3.6.2.5. Los ensayos Charpy con entalla en V se efectuarán de conformidad con el procedimiento descrito en la norma ASTM A 370-1979, excepto por lo que se refiere al tamaño de la probeta, que deberá ajustarse a las dimensiones indicadas en el cuadro 10.2.
- 3.6.2.6. Como alternativa a este procedimiento, se podrá utilizar acero calmado o semicalmado, del que se facilitarán las especificaciones adecuadas. La clase y la calidad del acero se especificarán con arreglo a la norma ISO 630:1995, Amd 1:2003.
- 3.6.2.7. Las probetas deberán ser longitudinales y tomarse de pletinas o secciones tubulares o estructurales antes de darles forma o soldarlas para su uso en la estructura de protección. Las probetas de secciones tubulares o estructurales deberán extraerse de la parte central del lado de mayores dimensiones y no incluirán soldaduras.

<b>Tamaño de la probeta</b>	<b>Energía a</b>	<b>Energía a</b>
	<b>- 30 °C</b>	<b>- 20 °C</b>
<b>mm</b>	<b>J</b>	<b>J<sup>b)</sup></b>
10 x 10 <sup>a)</sup>	11	27,5
10 x 9	10	25
10 x 8	9,5	24
10 x 7,5 <sup>a)</sup>	9,5	24
10 x 7	9	22,5
10 x 6,7	8,5	21
10 x 6	8	20
10 x 5 <sup>a)</sup>	7,5	19
10 x 4	7	17,5
10 x 3,5	6	15
10 x 3	6	15
10 x 2,5 <sup>a)</sup>	5,5	14

Cuadro 10.2

**Energía de impacto: requisitos mínimos de energía del impacto Charpy con entalla en V**

**para los materiales de estructuras de protección en probetas a temperaturas de – 20 °C y – 30 °C**

- a) Indica el tamaño preferido. El tamaño de la probeta será, como mínimo, equivalente al mayor tamaño preferido que permita el material.
- b) El requisito de energía a – 20 °C equivale a 2,5 veces el valor especificado para – 30 °C. Otros factores que influyen en la resistencia a la energía de impacto son, por ejemplo, la dirección del laminado, el límite de elasticidad, la orientación del grano y la soldadura. Estos factores deben tenerse en cuenta a la hora de elegir y utilizar el acero.

Figura 10.1

**Punto de impacto con respecto a la zona libre**

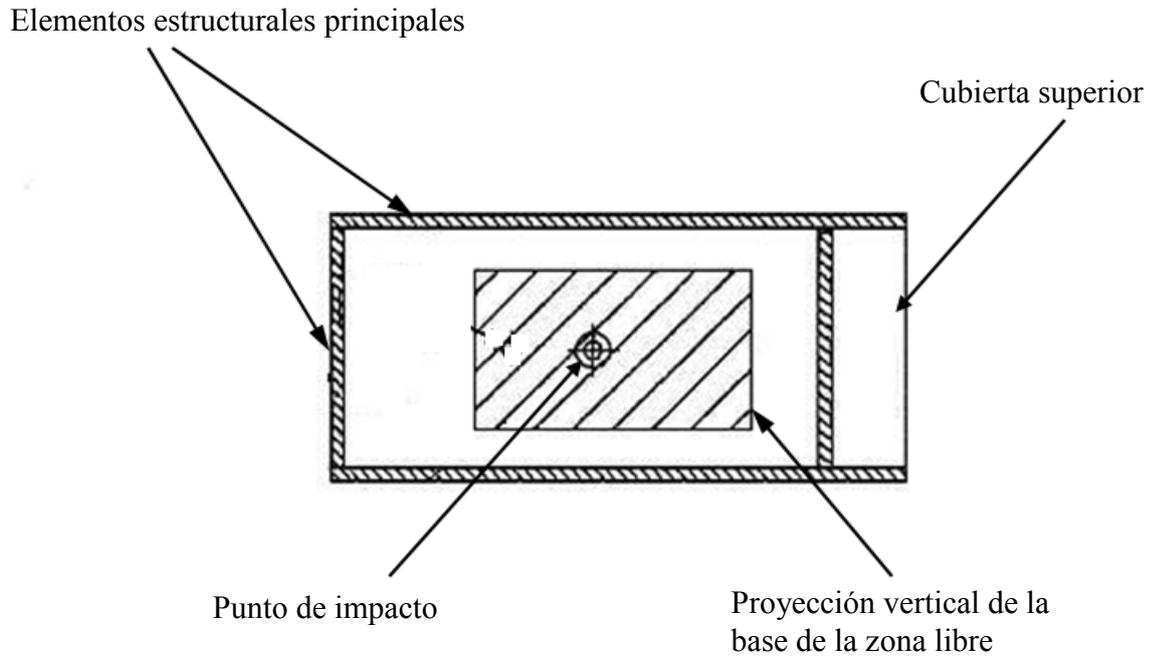
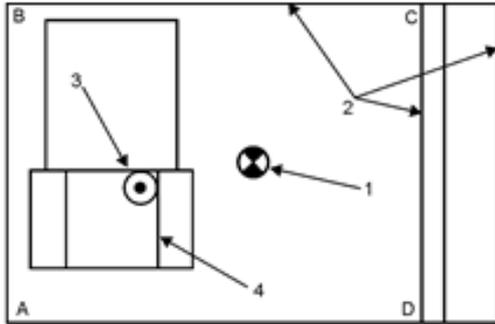


Figura 10.2

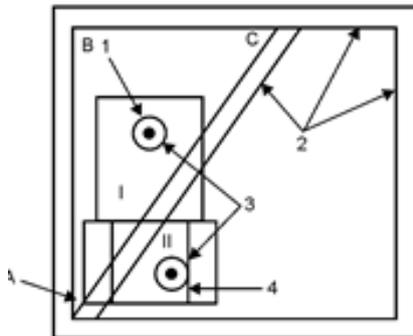
**Puntos de impacto en el ensayo de caída con respecto al VLD**



Caso 1

Clave

1. Centroide de A-B-C-D
2. Elementos principales
3. Objeto que se deja caer
4. Plano superior del VLD



Caso 2

Clave

1. Centroide de A-B-C-D
2. Elementos principales
3. Objeto que se deja caer
4. Plano superior del VLD

Figura 10.3

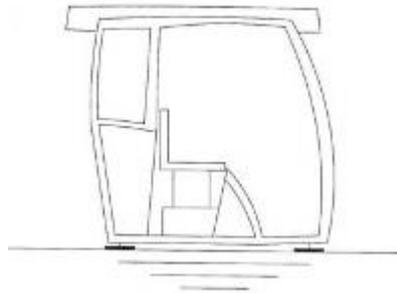
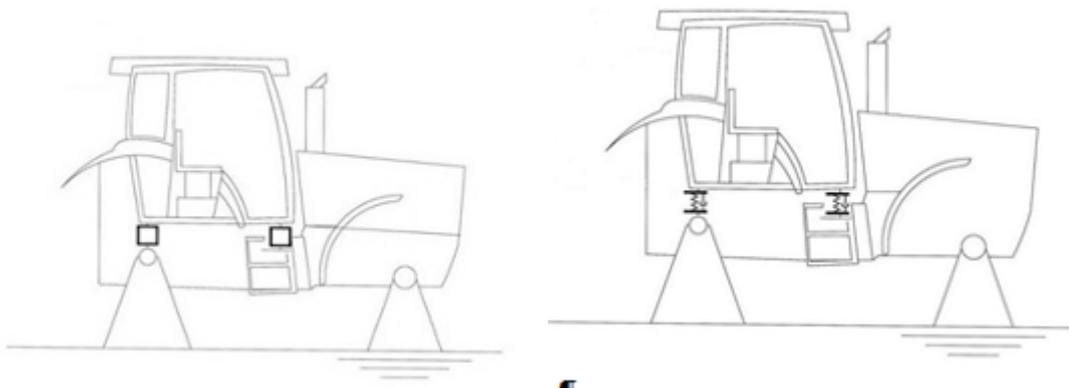


Figura 10.4:

**Configuraciones de ensayo de la FOPS montada en el chasis del vehículo**

**Figura 10.4a (izquierda), con elementos de montaje / fijaciones y figura 10.4b (derecha), con componentes de suspensión**



---

Notas explicativas del anexo XI

(1)

Salvo que se indique otra cosa, el texto de los requisitos y la numeración que figuran en la letra C son idénticos al texto y la numeración del Código normalizado de la OCDE para los ensayos oficiales de las estructuras de protección contra la caída de objetos en los tractores agrícolas y forestales, Código 10 de la OCDE, edición 2015 de julio de 2014.

**ANEXO XII**  
**Requisitos aplicables a los asientos de pasajeros**

**1. Requisitos**

- 1.1. Los asientos de pasajeros, en caso de que los haya, serán conformes con los requisitos establecidos en la norma EN 15694:2009 y con los requisitos establecidos en el punto 2.4 del anexo XIV.
- 1.2. Los vehículos equipados con un asiento para sentarse a horcajadas y un manillar, cuya masa sin carga y en orden de marcha, excluida la masa del conductor, sea inferior a 400 kg y que estén diseñados para transportar un pasajero deberán cumplir los requisitos técnicos aplicables a los asientos de pasajeros de los vehículos ATV, tipo II, de la norma EN 15997:2011, como alternativa a la norma EN 15694:2009.

## ANEXO XIII

### **Requisitos aplicables a la exposición del conductor al nivel de ruido**

#### **1. Requisitos generales**

##### 1.1. Unidad de medida

El nivel de ruido LA se medirá en decibelios con una ponderación A, y se expresará en dB(A).

##### 1.2. Límites del nivel de ruido

Los conductores de los tractores agrícolas y forestales de ruedas y de orugas tendrán un nivel de exposición al ruido dentro de los límites siguientes:

90 dB(A), de acuerdo con el método de ensayo 1 establecido en la sección 2,

u

86 dB(A), de acuerdo con el método de ensayo 2 establecido en la sección 3.

##### 1.3. Aparato de medición

Las mediciones del nivel de ruido percibido por el conductor se efectuarán por medio de un sonómetro conforme con el tipo descrito en la primera edición de la publicación nº 179/1965 de la Comisión Electrotécnica Internacional.

En caso de indicaciones variables, se tomará la media de los valores máximos.

#### **2. Método de ensayo 1**

##### 2.1. Condiciones de medición

Las mediciones se efectuarán en las condiciones siguientes:

2.1.1. El tractor deberá estar descargado, es decir, sin accesorios opcionales, pero con refrigerante, lubricantes, el depósito lleno de carburante, herramientas y el conductor. Este último no deberá llevar prendas anormalmente gruesas, bufanda o sombrero. No deberá haber sobre el tractor ningún objeto que pudiera distorsionar el nivel de ruido.

2.1.2. Los neumáticos deberán estar inflados a la presión recomendada por el fabricante del tractor; el motor, la transmisión y los ejes motrices deberán estar a la temperatura normal de funcionamiento; y, si el radiador tiene rejillas de ventilación, deberán permanecer abiertas durante la medición.

2.1.3. Si fuera susceptible de influir en el nivel de ruido, el equipo adicional accionado por el motor o autoaccionado, como los limpiaparabrisas, el ventilador de aire caliente o la toma de fuerza, no deberá funcionar durante las mediciones. Las partes que normalmente funcionan al mismo tiempo que el motor, como el ventilador de refrigeración del motor, sí deberán funcionar durante las mediciones.

2.1.4. El lugar de ensayo deberá ser abierto y suficientemente silencioso. Podrá consistir, por ejemplo, en un espacio abierto de 50 m de radio cuya parte central sea prácticamente horizontal en un radio de 20 m como mínimo, o una sección horizontal que tenga una

pista resistente de superficie lo más plana y con el menor número de surcos posible. La pista deberá estar lo más limpia y seca posible (por ejemplo, sin gravilla, hojarasca, nieve, etc.). Las pendientes e irregularidades serán aceptables únicamente si causan unas variaciones del nivel de ruido que se encuentren dentro de las tolerancias de error de los aparatos de medición.

2.1.5. La pista tendrá una superficie en la que los neumáticos no produzcan un ruido excesivo.

2.1.6. Hará buen tiempo, seco y con poco o nada de viento.

El nivel de ruido ambiente, debido al viento o a otras fuentes de ruido, percibido por el conductor, deberá ser, como mínimo, 10 dB(A) inferior al nivel de ruido del tractor.

2.1.7. Si se utiliza un vehículo para efectuar las mediciones, deberá remolcarse o conducirse a una distancia suficiente del tractor para evitar toda interferencia. Durante las mediciones, no podrá haber ningún objeto que interfiera en las mediciones, ni superficies reflectantes en una distancia de 20 m a ambos lados de la pista o a menos de 20 m de la parte delantera o trasera del tractor. Se considerará que se cumple esta condición si las variaciones del nivel de ruido causadas en estas condiciones se encuentran dentro de las tolerancias de error. De lo contrario, la medición deberá interrumpirse durante el tiempo que dure la interferencia.

2.1.8. Todas las mediciones de una misma serie deberán efectuarse en la misma pista.

2.1.9. Los vehículos de categoría C con orugas de acero se someterán a ensayo sobre una capa de arena húmeda según lo especificado en el apartado 5.3.2 de la norma ISO 6395:2008.

2.2. Método de medición

2.2.1. El micrófono se colocará a 250 mm del plano mediano del asiento, del lado en el que se registre el nivel de ruido más elevado.

El diafragma del micrófono se dirigirá hacia delante y el centro del micrófono se colocará 790 mm por encima y 150 mm por delante del punto de referencia del asiento (S) descrito en el anexo III. Se evitará una vibración excesiva del micrófono.

2.2.2. El nivel de ruido máximo, en dB(A), se determinará del modo siguiente:

2.2.2.1. En los tractores con una estructura de cabina cerrada producida en serie, se cerrarán todas las aberturas (puertas, ventanas, etc.) durante la serie de mediciones inicial.

2.2.2.1.1. Durante la segunda serie de mediciones se dejarán abiertas, siempre que ello no ponga en peligro la seguridad vial, pero los parabrisas abatibles deberán permanecer cerrados.

2.2.2.2. El ruido deberá medirse utilizando una respuesta lenta del sonómetro a la carga correspondiente al ruido máximo en la marcha que permita obtener la velocidad hacia delante más próxima a 7,5 km/h, o 5 km/h en el caso de tractores con orugas de acero.

El mando del regulador deberá mantenerse totalmente abierto. La carga será nula al principio y se aumentará hasta obtener el nivel de ruido máximo. Después de cada aumento de carga, se esperará a que se estabilice el nivel de ruido para hacer la medición.

2.2.2.3. El ruido se medirá utilizando la respuesta lenta del sonómetro a la carga correspondiente al ruido máximo con cualquier marcha que no sea la mencionada en el punto 2.2.2.2 y en la que el nivel de ruido registrado sea al menos 1 dB(A) superior al registrado en la

marcha mencionada en el punto 2.2.2.2.

El mando del regulador deberá mantenerse totalmente abierto. La carga será nula al principio y se aumentará hasta obtener el nivel de ruido máximo. Después de cada aumento de carga, se esperará a que se estabilice el nivel de ruido para hacer la medición.

2.2.2.4. El ruido deberá medirse a la velocidad máxima por construcción del tractor sin carga.

2.3 Contenido del informe de ensayo

2.3.1. En el caso de los tractores de categoría T y los tractores de categoría C con orugas de caucho, el informe de ensayo incluirá mediciones del nivel de ruido efectuadas en las condiciones siguientes:

2.3.1.1. en la marcha que permita obtener la velocidad más próxima a 7,5 km/h;

2.3.1.2. en cualquier otra marcha, siempre que se cumplan las condiciones indicadas en el número 2.2.2.3;

2.3.1.3. a la velocidad máxima por construcción.

2.3.2. En el caso de los tractores de categoría C con orugas de acero, el informe de ensayo incluirá mediciones del nivel de ruido efectuadas en las condiciones siguientes:

2.3.2.1. en la marcha que permita obtener la velocidad más próxima a 5 km/h;

2.3.2.2. con el tractor parado.

2.4. Criterios de evaluación

2.4.1. En el caso de los tractores de categoría T y los tractores de categoría C con orugas de caucho, las mediciones descritas en los puntos 2.2.2.1, 2.2.2.2, 2.2.2.3 y 2.2.2.4 no podrán superar los valores establecidos en el punto 1.2.

2.4.2. En el caso de los tractores de categoría C con orugas de acero, las mediciones descritas en el punto 2.3.2.2 no podrán superar los valores establecidos en el punto 1.2. Las mediciones descritas en los puntos 2.3.2.1 y 2.3.2.2 se incluirán en el informe de ensayo.

### **3. Método de ensayo 2**

3.1. Condiciones de medición

Las mediciones se efectuarán en las condiciones siguientes:

3.1.1. El tractor deberá estar descargado, es decir, sin accesorios opcionales, pero con líquido de refrigeración, lubricantes, el depósito lleno de carburante, herramientas y el conductor. Este último no deberá llevar prendas anormalmente gruesas, bufanda o sombrero. No deberá haber sobre el tractor ningún objeto que pudiera distorsionar el nivel de ruido.

3.1.2. Los neumáticos deberán estar inflados a la presión recomendada por el fabricante del tractor; el motor, la transmisión y los ejes motrices deberán estar a la temperatura normal de funcionamiento; y, si el motor tiene rejillas de ventilación, deberán estar totalmente abiertas.

- 3.1.3. Si fuera susceptible de influir en el nivel de ruido, el equipo adicional accionado por el motor o autoaccionado, como los limpiaparabrisas, el ventilador de aire caliente o la toma de fuerza, no deberá funcionar durante las mediciones. Las partes que normalmente funcionan al mismo tiempo que el motor, como el ventilador de refrigeración del motor, sí deberán funcionar durante las mediciones.
- 3.1.4. El lugar de ensayo deberá ser abierto y suficientemente silencioso. Podrá consistir, por ejemplo, en un espacio abierto de 50 m de radio cuya parte central sea prácticamente horizontal en un radio de 20 m como mínimo, o una sección horizontal que tenga una pista resistente de superficie lo más plana posible y con el menor número de surcos posible. La pista deberá estar lo más limpia y seca posible (por ejemplo, sin gravilla, hojarasca, nieve, etc.). Las pendientes e irregularidades serán aceptables únicamente si causan unas variaciones del nivel de ruido que se encuentren dentro de las tolerancias de error de los aparatos de medición.
- 3.1.5. La pista tendrá una superficie en la que los neumáticos no produzcan un ruido excesivo.
- 3.1.6. Hará buen tiempo, seco y con poco o nada de viento.
- El nivel de ruido ambiente, debido al viento o a otras fuentes de ruido, percibido por el conductor, deberá ser, como mínimo, 10 dB(A) inferior al nivel de ruido del tractor.
- 3.1.7. Si se utiliza un vehículo para efectuar las mediciones, deberá remolcarse o conducirse a una distancia suficiente del tractor para evitar toda interferencia. Durante las mediciones, no podrá haber ningún objeto que interfiera en las mediciones, ni superficies reflectantes en una distancia de 20 m a ambos lados de la pista o a menos de 20 m de la parte delantera o trasera del tractor. Se considerará que se cumple esta condición si las variaciones del nivel de ruido causadas en estas condiciones se encuentran dentro de las tolerancias de error. De lo contrario, la medición deberá interrumpirse durante el tiempo que dure la interferencia.
- 3.1.8. Todas las mediciones de una misma serie deberán efectuarse en la misma pista.
- 3.1.9. Los vehículos de categoría C con orugas de acero se someterán a ensayo sobre una capa de arena húmeda según lo especificado en el punto 5.3.2 de la norma ISO 6395:2008.
- 3.2. Método de medición
- 3.2.1. El micrófono se colocará a 250 mm del plano central del asiento, del lado en el que se registre el nivel de ruido más elevado.
- El diafragma del micrófono se dirigirá hacia delante y el centro del micrófono se colocará 790 mm por encima y 150 mm por delante del punto de referencia del asiento (S) descrito en el anexo III. Se evitará una vibración excesiva del micrófono.
- 3.2.2. El nivel de ruido se determinará del modo siguiente:
- 3.2.2.1. El tractor deberá hacer el mismo recorrido, a la misma velocidad de ensayo, al menos tres veces durante un mínimo de diez segundos.
- 3.2.2.2. En los tractores con una estructura de cabina cerrada producida en serie, se cerrarán todas las aberturas (puertas, ventanas, etc.) durante la serie de mediciones inicial.
- 3.2.2.2.1. Durante la segunda serie de mediciones se dejarán abiertas, siempre que ello no ponga en peligro la seguridad vial, pero los parabrisas que puedan abatirse o levantarse deberán

permanecer cerrados.

- 3.2.2.3. El ruido deberá medirse al régimen máximo del motor, utilizando la respuesta lenta del sonómetro, es decir, en la marcha que permita obtener la velocidad más próxima a 7,5 km/h al régimen nominal del motor. Durante la medición, el tractor deberá estar descargado.

### 3.3 Contenido del informe de ensayo

En el caso de los tractores de categoría C con orugas de acero, el informe de ensayo incluirá mediciones del nivel de ruido efectuadas en las condiciones siguientes:

- 3.3.1. en la marcha que permita obtener la velocidad más próxima a 5 km/h;

- 3.3.2. con el tractor parado.

### 3.4 Criterios de evaluación

- 3.4.1. En el caso de los tractores de categoría T y los tractores de categoría C con orugas de caucho, las mediciones descritas en los puntos 3.2.2.2 y 3.2.2.3 no podrán superar los valores establecidos en el punto 1.2.

- 3.4.2. En el caso de los tractores de categoría C con orugas de acero, las mediciones descritas en el punto 3.3.2 no podrán superar los valores establecidos en el punto 1.2. Las mediciones descritas en los puntos 3.3.1 y 3.3.2 se incluirán en el informe de ensayo.