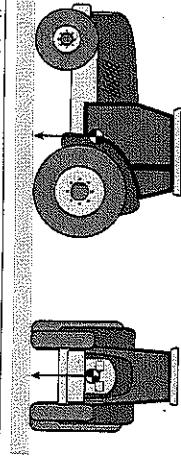


# Conceptos básicos sobre estabilidad

## Centro de gravedad

Sé define como el punto en el que se aplica la resultante vectorial de las fuerzas que actúan sobre el tractor (el peso y otras fuerzas actuantes), y respecto al cual la suma de los momentos de dichas fuerzas es igual a cero.

En los tractores con dos ruedas motrices el centro de gravedad se encuentra situado entre los dos ejes, más próximo al eje trasero, ligeramente por encima de él y contenido en el plano transversal medio del tractor.



## Situación del centro de gravedad.

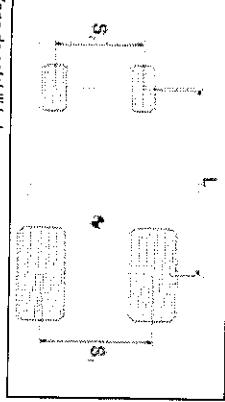
En cambio, en los tractores con tracción en las cuatro ruedas el centro de gravedad se sitúa un poco más adelantado que en los que únicamente tienen tracción en dos ruedas. En ambos casos el centro de gravedad puede desplazarse en determinadas circunstancias (debido a equipos accionados, por ejemplo).

Cuanto más bajo y más adelantado esté situado el centro de gravedad del tractor, más estable será y menor será el riesgo de vuelco.

## Zona de estabilidad

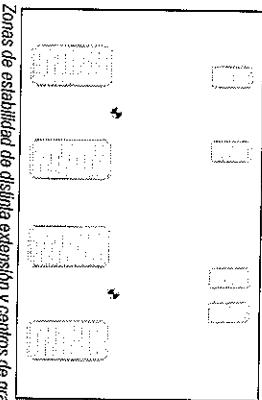
Es la zona delimitada por las líneas imaginarias que unen los puntos de contacto de los neumáticos con la superficie del suelo (base de apoyo del tractor).

La extensión de la zona de estabilidad está dada por los valores de la distancia entre los ejes del tractor ( $L_1$ ) y del ancho de vía de cada eje ( $S_1$  y  $S_2$ ).



Zone de estabilidad.

El tractor será más estable cuanto mayor sea la distancia entre los ejes y el ancho de vía de los mismos, debido a que aumenta la zona de estabilidad y, por tanto, habrá menor riesgo de vuelco.



Zonas de estabilidad de distinta extensión y centros de gravedad.

## Equilibrio estable

La estabilidad del tractor estará definida por la relación entre la resultante vectorial de las fuerzas actuantes sobre el tractor y la zona de estabilidad.

El tractor se encontrará en equilibrio estable cuando la resultante de las fuerzas actuantes en el centro de gravedad quede dentro de la zona de estabilidad.

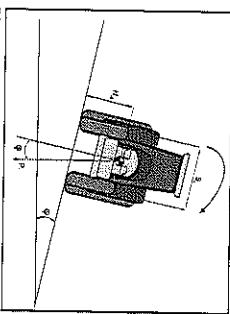
Cuando el tractor se aleja ligeramente de la posición de equilibrio estable aparece un momento de recuperación debido al peso del tractor que le lleva a volver a su posición de equilibrio inicial.

## Vuelco lateral y vuelco hacia atrás

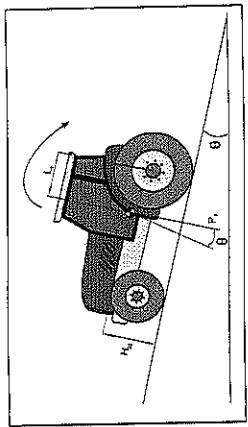
Cuando el tractor circula en dirección perpendicular a la pendiente la proyección del centro de gravedad puede llegar a traspasar las líneas de estabilidad laterales, y se producirá el **vuelco lateral** del tractor (la forma de vuelco más frecuente). Si traspasa la línea de estabilidad trasera se trataría de un **vuelco hacia atrás**.

Los tractores con tracción en las cuatro ruedas son más estables porque su centro de gravedad se encuentra más adelantado que en los tractores de tracción sólo en dos ruedas.

Por otro lado, los tractores estrechos (ancho de vía reducido) son más inestables que los tractores convencionales porque su zona de estabilidad tiene una menor anchura, mientras que los tractores anchos (ancho libre aumentado) también lo son porque la posición de su centro de gravedad es más elevada.



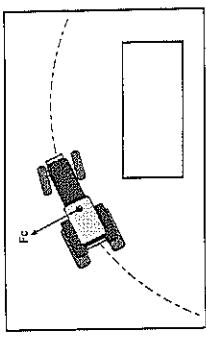
Riesgo de vuelco lateral.



Riesgo de vuelco hacia atrás.

### Fuerza centrífuga

Es la fuerza que tiende a volcar lateralmente el tractor cuando su movimiento describe una trayectoria circular. El valor de la fuerza centrífuga en cada momento es función de la masa, la velocidad del tractor y la curvatura de la trayectoria.

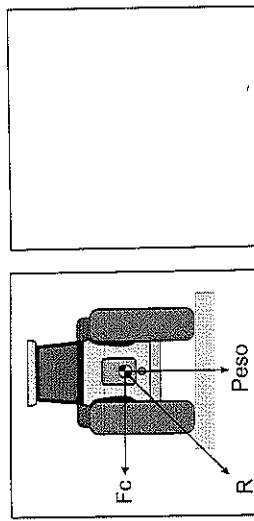


Fuerza centrífuga ejercida sobre un tractor al girar.

La fuerza centrífuga es directamente proporcional a la masa del tractor e inversamente proporcional al radio de curvatura de la trayectoria. Por tanto, será mayor cuanto más pesado sea el tractor y más cerrada sea la curva. Si el radio de curvatura se reduce a la mitad, la fuerza centrífuga se duplica.

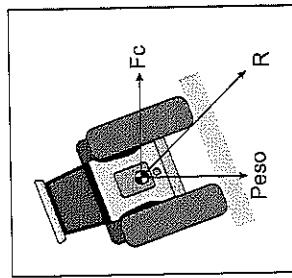
La fuerza centrífuga es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad del tractor. Por ello, si se duplica la velocidad del tractor, el valor de la fuerza centrífuga aumenta cuatro veces. Si se triplica la velocidad del tractor, la fuerza centrífuga aumenta nueve veces.

Si el tractor gira en un terreno horizontal, la fuerza resultante ( $R$ ) de la acción combinada del peso ( $P$ ) y de la fuerza centrífuga ( $F_c$ ) tiende a salirse de la zona de estabilidad, lo que se acentúa al elevarse el centro de gravedad. Al girar hacia arriba en una pendiente, la combinación de ambos factores aumenta el riesgo de vuelco.



Vectores de la fuerza centrífuga ( $F_c$ ), peso del tractor ( $P$ ) y fuerza resultante ( $R$ ) en un tractor sobre un terreno horizontal.

Vectores de la fuerza centrífuga ( $F_c$ ), peso del tractor ( $P$ ) y fuerza resultante ( $R$ ) en un tractor sobre un terreno con pendiente y centro de gravedad más elevado.  
El efecto de la fuerza centrífuga ( $F_c$ ) puede utilizarse para contrarrestar el efecto de la pendiente. Cuando el giro se realiza hacia abajo, la resultante ( $R$ ) tiende a orientarse hacia el centro de la zona de estabilidad.



Efecto de la fuerza centrífuga sobre la estabilidad de un tractor efectuando un giro hacia abajo de la pendiente.

## Situaciones peligrosas y normas de seguridad

De acuerdo con los principios de la acción preventiva, para eliminar totalmente el riesgo de vuelco será necesario suprimir la propia tarea que requiere la utilización del tractor o bien realizarla mediante un procedimiento que no implique el uso de dicho vehículo.

Cuanto esto no sea posible, siempre que no se pueda prescindir de su utilización, y debido a que el peligro de vuelco siempre va a existir, deben adoptarse medidas preventivas que disminuyan la probabilidad de que se produzca el vuelco.

Puede instalarse un dispositivo de aviso de riesgo de vuelco que analice la estabilidad dinámica del tractor y avise al conductor del nivel de riesgo al que está expuesto en cada instante.

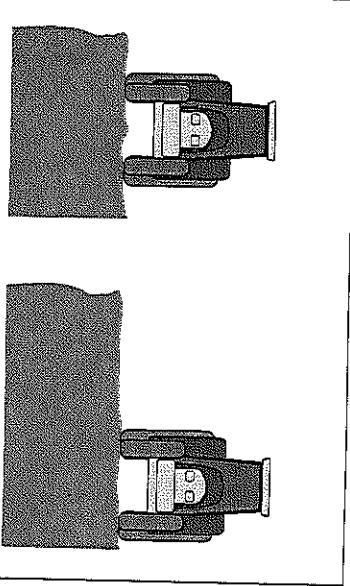
[Añadir foto "aviso de riesgo de vuelco tractor"]

A continuación se incluyen normas de seguridad que todo tractorista debe tener en cuenta, con el objetivo de disminuir el riesgo de vuelco.

### Terrenos con desnivel



- El tractor debe circular siempre respetando una distancia de seguridad que lo separe de aquellas zonas que presenten desniveles (zanjas, canales, acequias, taludes, cunetas, linderos a distintos niveles, etc.).
- Debe preverse un espacio suficientemente amplio en caso de maniobra cerca de un desnivel.



Debe preverse un espacio suficiente en las proximidades de fosos o cunetas, para evitar el riesgo de derrumbe o deslizamiento del terreno.

- Ante la posibilidad de derrumbamiento del terreno, debe mantenerse una distancia de seguridad que depende de la consistencia del suelo y de la altura del desnivel.
- Debe descomponer siempre los bordes cultivos de vegetación.

- La circulación entre parcelas a distintos niveles debe hacerse siempre por accesos adecuados construidos a tal fin, y nunca remontando o descendiendo el talud o pared de desnivel, por pequeño que sea éste.

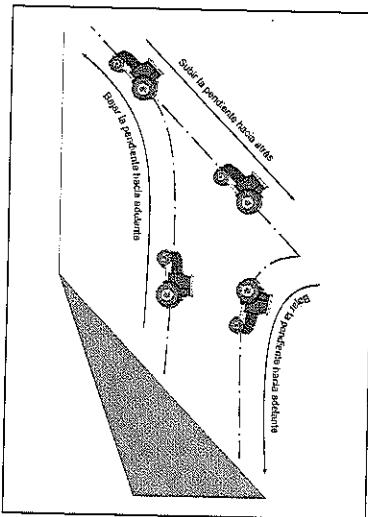
### Giros, cambios de sentido y circulación en pendientes

Y

Cuando el tractor circula demasiado rápido en una curva o se realiza una maniobra brusca para corregir la dirección, la acción de la fuerza centrífuga puede provocar el vuelco, por lo que los giros deben ser amplios y es necesario reducir la velocidad antes de tomar una curva, o cambiar el sentido de la marcha, particularmente sobre una pendiente y/o con equipos acoplados al tractor.

Si el tractor está situado en un plano inclinado, estando por ello su centro de gravedad desplazado hacia la línea de estabilidad lateral, la acción de una fuerza centrífuga pequeña sería suficiente para empujar el tractor y volcarlo.

Al realizar cambios en el sentido de la marcha en una pendiente, habrá de maniobrar lentamente de forma tal que la parte delantera del tractor quede situada siempre en la parte más baja del terreno. Para efectuar el cambio de sentido en un terreno con pendiente debe girar el tractor en sentido descendente, dar marcha atrás según la dirección de máxima pendiente y volver a girar el tractor en sentido descendente para continuar en el sentido opuesto (maniobra en forma de "cola de golondrina").



Maniobra de cambio de sentido en pendiente en forma de "cola de golondrina".

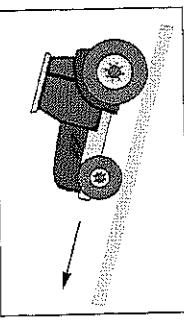
- Se evitara la subida de pendientes acantilladas, sobre todo transportando apéros pesados suspendidos o remolques muy cargados.

[Añadir fotos "Forma correcta de subir una pendiente" y "Forma incorrecta de subir una pendiente", y añadir fotos de foto]

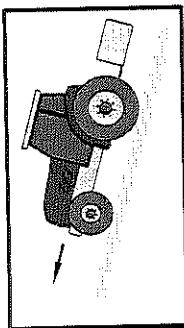
- Emplear el ancho de vía máximo del tractor.
- **Cambiar de rango para emplear el ancho de vía mínimo.**

#### Carga excesiva en una pendiente.

- Antes de iniciar un giro o el descenso por una pendiente, arrastrando un remolque cargado u otro equipo, hay que tener la precaución de poner la marcha más corta para no perder el control de la dirección y evitar los cambios de marcha y los frenados bruscos. [Añadir foto "Giro del tractor con remolque", y añadir pie de foto]  
Un tractor (sólo o con equipo suspendido en la parte trasera) debe subir una pendiente marcha atrás y bajarla marcha atrás. Por el contrario, si el equipo está acoplado en la parte delantera, el tractor debe subir la pendiente marcha adelante y bajarla marcha atrás.



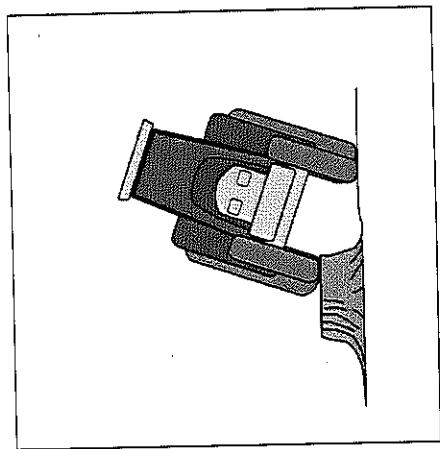
Forma incorrecta de subir una pendiente (marcha adelante).



Forma correcta de subir una pendiente (marcha hacia atrás).

#### Irregularidades del terreno

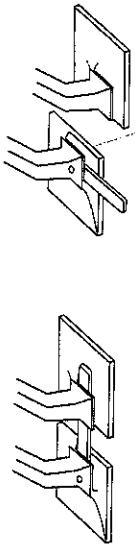
- La presencia de baches, huecos, irregularidades, pedruscos, tocones, amonfamamientos de tierra o forraje, pueden ocasionar el desequilibrio del tractor y provocar un vuelco, especialmente si se circula a velocidad excesiva. La inestabilidad del tractor se incrementará si además se trata de un terreno inclinado. Debe evitarse que las ruedas circulen sobre obstáculos o entran en depresiones del terreno.
- Debe adecuarse la velocidad al estado del terreno (circular a velocidad moderada para evitar que el tractor rebote cuando el terreno es irregular).



Forma adecuada de subir una pendiente (marcha hacia atrás).

Debe evitarse circular por encima de obstáculos con el tractor.

## Sistema de frenado y aceleraciones bruscas



*Los pedales de freno deben estar acoplados mediante un coraje de bloqueo cuando se circule por carretera donde la velocidad es más elevada.*

- En circulación normal durante un desplazamiento (en carretera), los pedales de freno deberán levantarse acoplados mediante el coraje de bloqueo para conseguir que las ruedas traseras frenen a la vez, ya que un frenado descompensado en las ruedas puede provocar el vuelco. El frenado de una sola rueda a gran velocidad equivale, en términos de acción de la fuerza centrífuga, a realizar un giro con un radio de curvatura muy pequeño y con una elevada velocidad angular, pudiendo provocar un vuelco brusco.

## Bloqueo de las ruedas traseras, atascos o resistencia del terreno

- Para los tractores con tracción en dos ruedas, el motor del tractor transfiere energía al eje trasero generándose una fuerza de rotación en ese eje que permite al tractor desplazarse hacia delante. Cuando las ruedas traseras quedan bloqueadas, el eje trasero no puede girar y el chasis del tractor rota rápidamente de dicho eje provocando que la parte delantera del tractor se levante del suelo y que el centro de gravedad llegue a traspasar la línea de estabilidad trasera. Una vez alcanzada esta posición de no retorno, el tractor continuará rotando hacia atrás, por su propio peso hasta que choca contra el suelo. [Añadir foto "Vuelco hacia atrás debido a un atasco"]

- Cuando el tractor sufre un atasco debido al estado del terreno (por ejemplo, terreno embarrado), no intentar sacarlo colocando caídos en las ruedas móviles para mejorar la tracción, tales como tablones, troncos, piedras, etc., ni forzar el tractor acelerando bruscamente, pues si se procede así es fácil que el tractor vuela hacia atrás. Si el tractor está atascado, se debe intentar liberarlo dando marcha atrás. Si esta acción no funciona, se empleará otro tractor de potencia suficiente para tirar marcha atrás del tractor atascado. [Añadir foto "Se utilizará otro tractor para sacar el tractor atascado"]

- Igualmente, cuando en trabajos de laboreo se encuentre una resistencia acusada en el terreno que impida la marcha normal del tractor, no forzarlo acelerando y engangando buscamente. Conviene a este respecto utilizar apoyos con disparo automático.
- En el caso de iniciarse la elevación de la parte delantera del tractor (encabritamiento) se deberá desembagrar inmediatamente para intentar que el tractor vuelva a su posición segura.

## Circulación con equipos acoplados

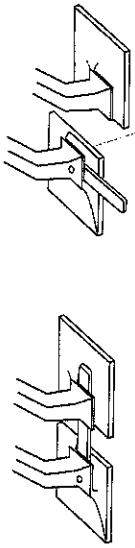
### Influencia del frenado de una sola rueda motriz.

- Los frenos asimétricos únicamente deberían utilizarse sobre terrenos cuando se circule a velocidad muy reducida (no en carretera).
- Deben evitarse las aceleraciones y frenados bruscos, cambiando la velocidad progresivamente. Cuanto el tractor acelera aparece una fuerza de avance. Si el momento de vuelco generado por la fuerza de avance iguala el momento de recuperación debido al paso del tractor, se iniciará el vuelco hacia atrás girando en el punto de apoyo de las ruedas traseras.

## Suelos resbaladizos

- La conducción sobre suelos resbaladizos a velocidad excesiva puede provocar que el tractor se precipite por un desnivel existente en las proximidades y vuelque, por lo que debe reducirse la velocidad al circular sobre terrenos en estas condiciones.

## Sistema de frenado y aceleraciones bruscas



*Los pedales de freno deben estar acoplados mediante un coraje de bloqueo cuando se circule por carretera donde la velocidad es más elevada.*

- En circulación normal durante un desplazamiento (en carretera), los pedales de freno deberán levantarse acoplados mediante el coraje de bloqueo para conseguir que las ruedas traseras frenen a la vez, ya que un frenado descompensado en las ruedas puede provocar el vuelco. El frenado de una sola rueda a gran velocidad equivale, en términos de acción de la fuerza centrífuga, a realizar un giro con un radio de curvatura muy pequeño y con una elevada velocidad angular, pudiendo provocar un vuelco brusco.

## Bloqueo de las ruedas traseras, atascos o resistencia del terreno

- Para los tractores con tracción en dos ruedas, el motor del tractor transfiere energía al eje trasero generándose una fuerza de rotación en ese eje que permite al tractor desplazarse hacia delante. Cuando las ruedas traseras quedan bloqueadas, el eje trasero no puede girar y el chasis del tractor rota rápidamente de dicho eje provocando que la parte delantera del tractor se levante del suelo y que el centro de gravedad llegue a traspasar la línea de estabilidad trasera. Una vez alcanzada esta posición de no retorno, el tractor continuará rotando hacia atrás, por su propio peso hasta que choca contra el suelo. [Añadir foto "Vuelco hacia atrás debido a un atasco"]

- Cuando el tractor sufre un atasco debido al estado del terreno (por ejemplo, terreno embarrado), no intentar sacarlo colocando caídos en las ruedas móviles para mejorar la tracción, tales como tablones, troncos, piedras, etc., ni forzar el tractor acelerando bruscamente, pues si se procede así es fácil que el tractor vuela hacia atrás. Si el tractor está atascado, se debe intentar liberarlo dando marcha atrás. Si esta acción no funciona, se empleará otro tractor de potencia suficiente para tirar marcha atrás del tractor atascado. [Añadir foto "Se utilizará otro tractor para sacar el tractor atascado"]

- Igualmente, cuando en trabajos de laboreo se encuentre una resistencia acusada en el terreno que impida la marcha normal del tractor, no forzarlo acelerando y engangando buscamente. Conviene a este respecto utilizar apoyos con disparo automático.
- En el caso de iniciarse la elevación de la parte delantera del tractor (encabritamiento) se deberá desembagrar inmediatamente para intentar que el tractor vuelva a su posición segura.

## Circulación con equipos acoplados

### Influencia del frenado de una sola rueda motriz.

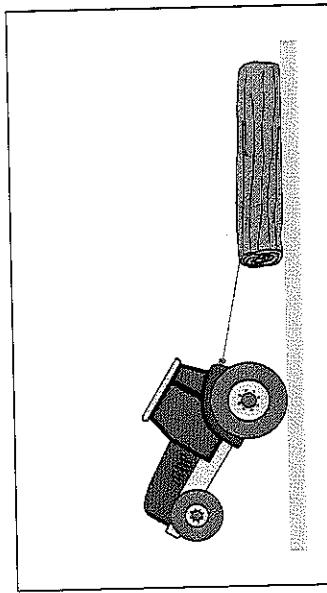
- Los frenos asimétricos únicamente deberían utilizarse sobre terrenos cuando se circule a velocidad muy reducida (no en carretera).
- Deben evitarse las aceleraciones y frenados bruscos, cambiando la velocidad progresivamente. Cuanto el tractor acelera aparece una fuerza de avance. Si el momento de vuelco generado por la fuerza de avance iguala el momento de recuperación debido al paso del tractor, se iniciará el vuelco hacia atrás girando en el punto de apoyo de las ruedas traseras.

## Suelos resbaladizos

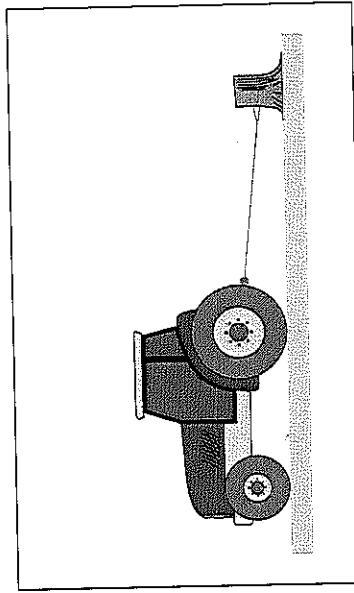
- La conducción sobre suelos resbaladizos a velocidad excesiva puede provocar que el tractor se precipite por un desnivel existente en las proximidades y vuelque, por lo que debe reducirse la velocidad al circular sobre terrenos en estas condiciones.

apalancamiento de la carga, provocando que el centro de gravedad del tractor se aproxime a la línea de estabilidad trasera. Debe utilizarse la barra de fijo.

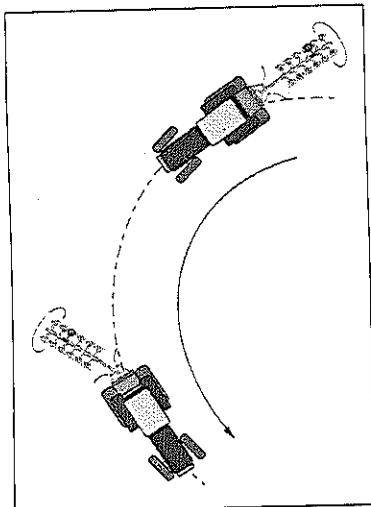
Acoplamiento en un punto de enganche elevado.



Punto de enganche correcto para arrastrar cargas.

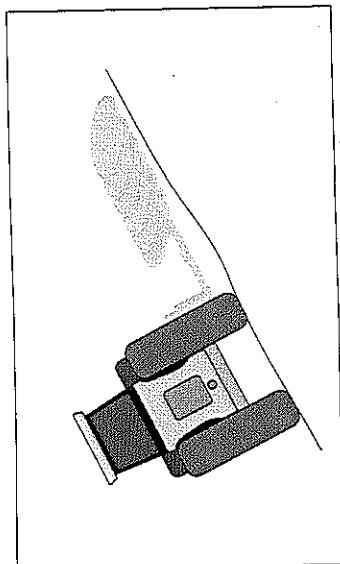


- Cuando el tractor remolca una carga o lleva un equipo suspendido en la parte trasera, se colocarán contrapesos en la parte delantera para mejorar la estabilidad del tractor. Al situar un apoyo suspendido en una cota alta, se eleva y arrasa la posición del centro de gravedad del tractor. Los contrapesos situados en la parte delantera del tractor consiguen bajar la posición del centro de gravedad y desplazan hacia el eje delantero y por tanto mejorar la estabilidad frente al vuelco hacia atrás.



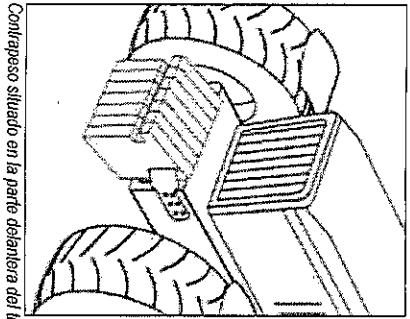
No se debe voltear el apoyo mientras este girando el tractor.

- Cuando el tractor con equipos acoplados lateralmente circula por una pendiente, dichos equipos deben estar orientados hacia la parte superior de la pendiente y situados lo más próximo posible al suelo.

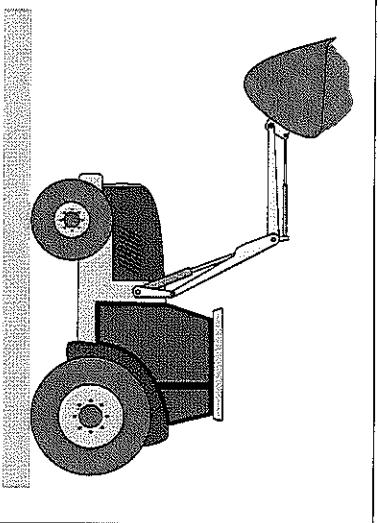


Cuando se circula lateralmente por una pendiente los equipos acoplados lateralmente deben situarse en la parte superior de la pendiente.

- No se debe remolcar una carga acoplada en el punto más alto del enganche tripunktual del tractor, ya que aumentaría el ángulo de fijo y el



Contrapeso situado en la parte delantera del tractor.



Debe colocarse la carga tan cerca del suelo como sea posible antes de iniciar un desplazamiento.

#### Cargador frontal

- La elevación de la pala del cargador frontal desplaza el centro de gravedad hacia adelante y hacia arriba reduciendo la estabilidad y aumentando el riesgo de vuelco. Debe utilizarse el contrapeso recomendado cuando el tractor trabaja con un cargador frontal.
- Debe comprobarse que el asfalto es el adecuado para cada situación de trabajo consultando el manual de instrucciones del equipo acoplado.

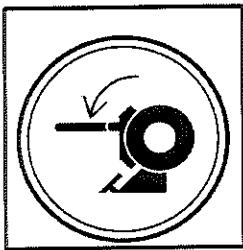
- Verificar la ausencia de obstáculos, depresiones o desniveles en el suelo. Los desplazamientos y giros deben efectuarse a baja velocidad. Antes de efectuar un giro se bajaría la pala cargada.
- Debe evitarse bajar una pendiente con la rueda cargada.

## Estructuras de protección en caso de vuelco (ROPS)

### Definición

La estructura de protección en caso de vuelco (ROPS, acrónimo inglés de Roll Over Protective Structure) se define como "aquella estructura instalada en un tractor con el objetivo esencial de evitar o limitar los riesgos que corre el conductor en caso de que el tractor vuelque durante su utilización normal". Dicha protección absorbe la energía del impacto en el caso de vuelco del tractor, sin invadir la zona de seguridad del conductor.

Cuando se produce el vuelco de un tractor que no dispone de ROPS, el conductor corre el riesgo de quedar aplastado entre el tractor y el suelo, pudiendo fallecer o resultar gravemente herido en el accidente.



[Añadir] La ROPS abatible debe estar desplegada

### Tipos de ROPS

Pueden consistir en una cabina o un bastidor (de dos o cuatro postes). A su vez, los bastidores de dos postes pueden ser delanteros o traseros (según se instalen delante o detrás del asiento), adentras de fijos o abatibles. Para proporcionar una protección eficaz, la ROPS abatible debe estar correctamente desplegada.

### Tractor sin ROPS

### Aplastamiento por vuelco.

### Tipos de ROPS

Pueden consistir en una cabina o un bastidor (de dos o cuatro postes). A su vez, los bastidores de dos postes pueden ser delanteros o traseros (según se instalen delante o detrás del asiento), adentras de fijos o abatibles. Para proporcionar una protección eficaz, la ROPS abatible debe estar correctamente desplegada.

### Procedimiento para la instalación de ROPS

El anexo I del Real Decreto 1013/2009, sobre caracterización y registro de la maquinaria agrícola, indica las fechas de entrada en vigor de la obligatoriedad de que los tractores nuevos estén equipados con una ROPS homologada. Sin embargo, en España todavía existe un elevado porcentaje de tractores sin ROPS, que fueron comercializados con anterioridad a las fechas de entrada en vigor de dicha obligatoriedad, a los que se suman aquellos que están provistos de una ROPS no homologada, lo que en conjunto supone que existe un elevado número de tractores que en la actualidad no disponen de una protección adecuada en caso de vuelco.

La sustitución de un tractor viejo, que no dispone de ROPS, por uno nuevo provisto de una ROPS ensayada y homologada es la forma más eficaz de garantizar la seguridad del conductor, ya que además de incorporar dicha protección, el tractor nuevo dispone de todos los requisitos de seguridad actualmente exigibles de acuerdo con la homologación vigente. Sin embargo, esta solicitud no siempre es asumible debido al coste económico que conlleva.

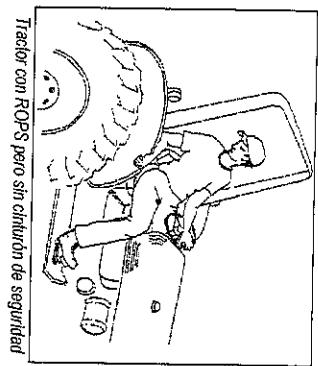
Otra opción es instalar una ROPS ensayada y homologada para un tractor específico ya disponible en el mercado. Para ello se puede comprobar si existe alguna ROPS que haya sido ensayada y está homologada para un modelo específico de tractor, a través de las listas de compatibilidad del fabricante o a través de la base de datos publicada por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. En esta base de datos se puede consultar para cada modelo de tractor las ROPS autorizadas (<https://www.mapama.gob.es/ropa/tractores/FsConsultas>) y, para cada ROPS específica todos los modelos de tractor compatibles (<https://www.mapama.gob.es/ropa/tractores/TracCon.aspx>).

Si para un determinado modelo de tractor no existe ROPS ensayada y homologada disponible en el mercado, pero sin embargo figura alguna ROPS que haya sido ensayada en la base de datos de estructuras para la reforma de vehículos publicada por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (<https://www.mapama.gob.es/estucturas-para-reformas-de-vehiculos-de-producción-maquinaria-agricola/>), se puede optar por instalar esa ROPS conforme a lo establecido en el Manual de Reformas de Vehículos.

De igual forma, para aquellos tractores en los que dispone de una ROPS, dicha estructura ha resultado dañada, puede sagrifícase el mismo procedimiento descrito previamente para instalar una nueva ROPS.

## Cinturón de seguridad

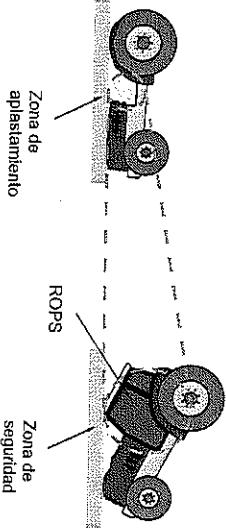
Para garantizar la protección en caso de vuelco, es necesario que el conductor del tractor se abroche el cinturón de seguridad antes de ponerlo en marcha. El cinturón de seguridad le mantendrá retenido en el asiento, dentro de la zona de seguridad que ofrece la ROPS, en caso de vuelco. En caso contrario, puede ser proyectado fuera de la zona de seguridad y quedar aplastado bajo el tractor o recibir un fuerte impacto como resultado del accidente.



Tractor sin ROPS  
ni cinturón de seguridad

Tractor con ROPS  
y cinturón de seguridad

Tractor con ROPS y cinturón de seguridad abrochado



El Reglamento (UE) nº 167/2013 obliga a la inclusión del cinturón de seguridad en la homologación del tractor (con excepción de los tractores de las categorías T3 y C3 cuyas masas en vacío sean inferiores a 400 kg).

El conductor queda retenido dentro de la zona de seguridad que proporciona la ROPS

**Procedimiento para la instalación de cinturón de seguridad.**

En aquellos tractores que no disponen de cinturón de seguridad pero el asiento del tractor está provisto de puntos de anclaje, se procederá a la instalación de un cinturón de seguridad homologado.

Si el asiento del tractor no tiene puntos de anclaje, se sustituirá el asiento por otro que incorpore el anclaje (reforma de vehículos 8.10), o se incorporará un cinturón de seguridad homologado al asiento (reforma de vehículos 8.11).

En todos los casos se actuará de acuerdo con el Real Decreto 865/2010 y el Manual de Reformas de Vehículos.