

# ***PROCESO DE VUELCO***

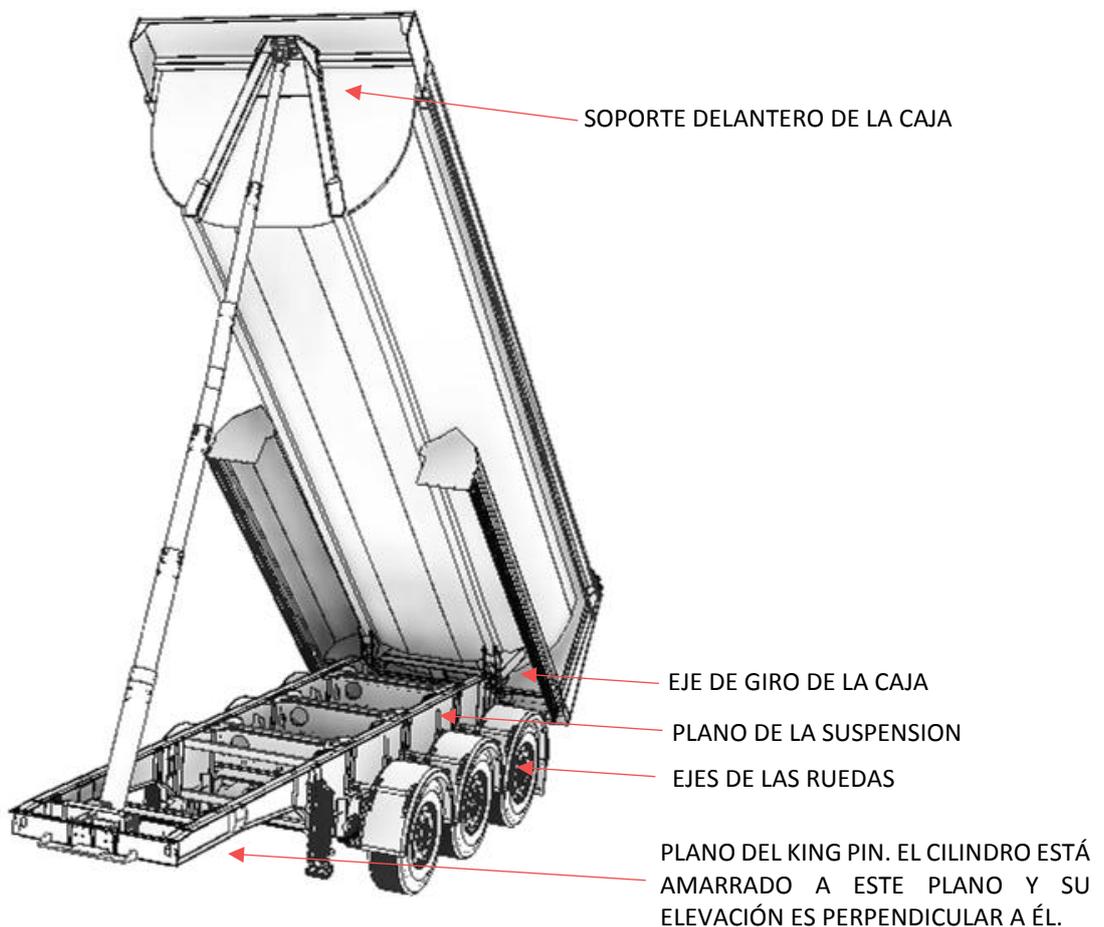
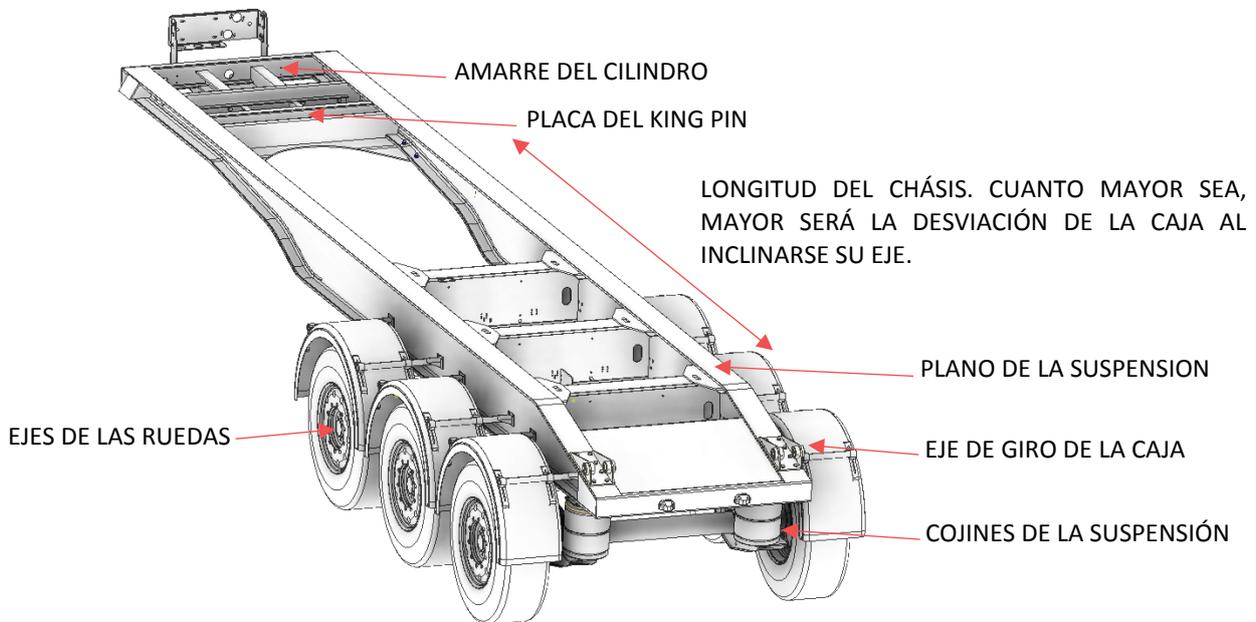
*PROCESO DE VUELCO DE UN BASCULANTE*

## CAUSAS DE VUELCO

Este documento es una descripción simple del proceso de vuelco de un semirremolque con cilindro frontal.

Se recomienda leer previamente el documento ESTABILIDAD DE UN BASCULANTE y PROCESO DE DESCARGA.

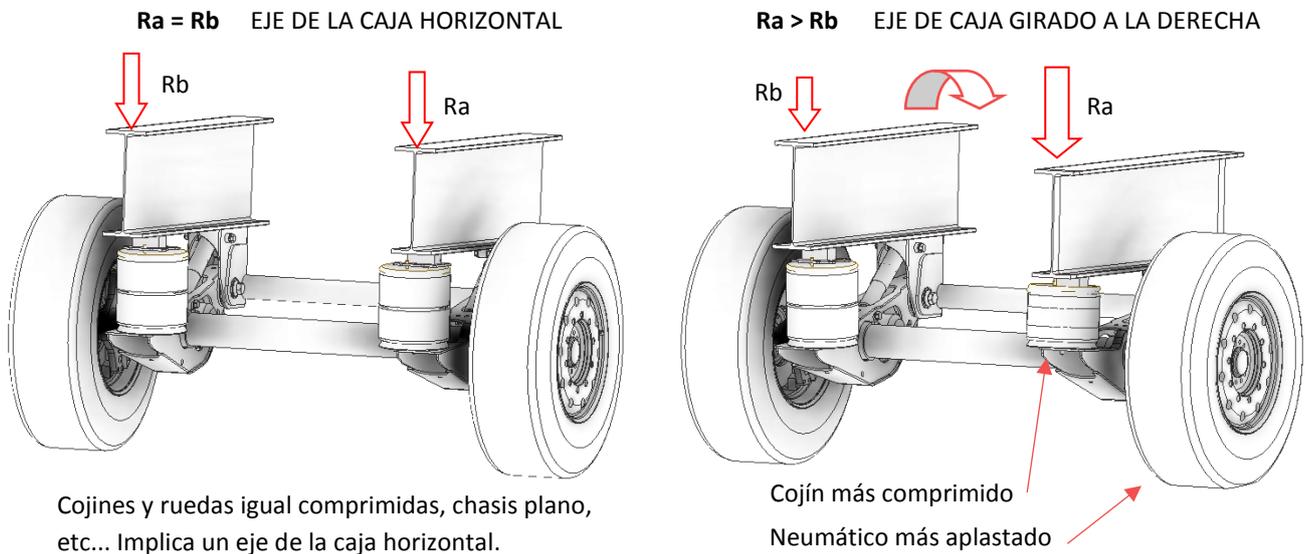
### CONCEPTOS SOBRE LA DEFORMACIÓN



### VARIACIÓN DE ALTURA EN LA SUSPENSIÓN

Toda desviación lateral de las fuerzas  $R_a$  y  $R_b$  provocará una variación en la altura de suspensión ocasionada por la mayor compresión del cojín.

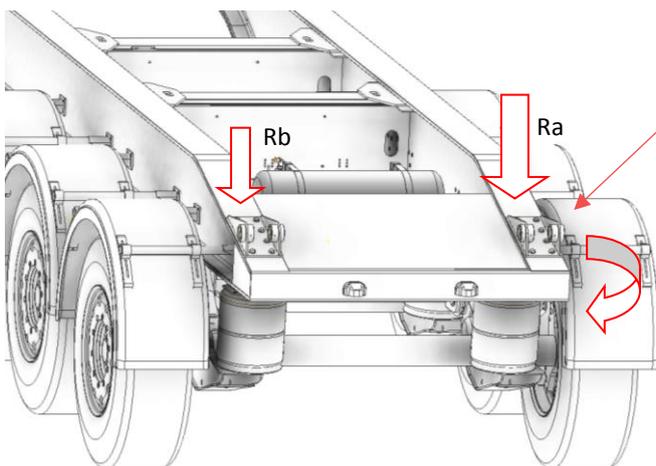
Esta desviación también provocará un mayor aplastamiento en los neumáticos que soportan  $R_a$ , respecto a los que soportan  $R_b$ .



Estas diferencias de carga provocan diferencias de altura, las cuales inclinan el eje de giro de la caja respecto a la horizontal.

### DIFERENCIAS DE FLEXIÓN EN LOS SOPORTES DE GIRO

Si la fuerza  $R_a > R_b$



El peso de la carga se transmite al chasis por medio del eje de giro y sus soportes. Dichos soportes están atornillados o soldados a los largueros del chasis.

El soporte del lado derecho transmite mayor fuerza al larguero provocando una mayor flexión en este lado que en el lado izquierdo. Esta parte posterior del larguero se doblará más hacia el suelo.

Todo ello ocasiona un aumento de la inclinación del eje de giro de la caja.

Todos estos efectos, -la diferencia de altura de la suspensión, el aplastamiento de los neumáticos, la flexión de la parte posterior de los largueros...- son acumulativos y provocan que el eje de giro de la caja se vaya inclinando cada vez más.

### FUERZAS EXTERNAS

Sobre un semirremolque parado no actúa ninguna fuerza externa salvo la fuerza de la gravedad y la carga de viento. Vamos a analizar la primera.

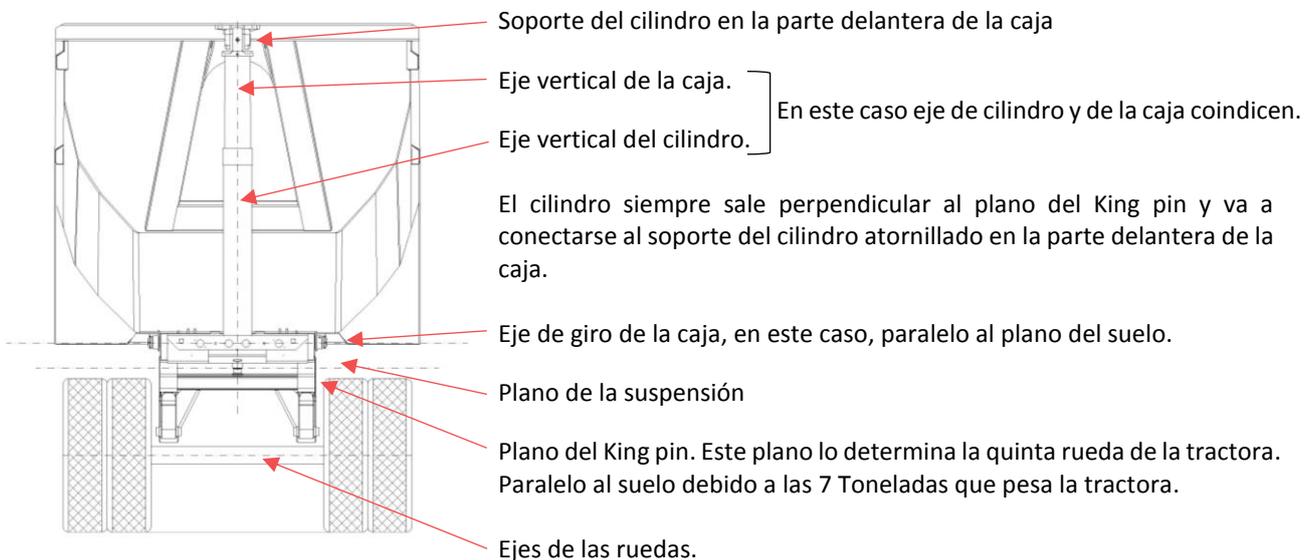
Siendo que la gravedad solo produce fuerzas en sentido vertical, un cilindro estará sometido únicamente a fuerzas de compresión y en ningún caso podrá soportar esfuerzos a tracción.

Estas fuerzas de compresión no pueden romper el enganche o el soporte superior del cilindro. Dichas roturas siempre serán el resultado de un proceso anómalo en la basculación.

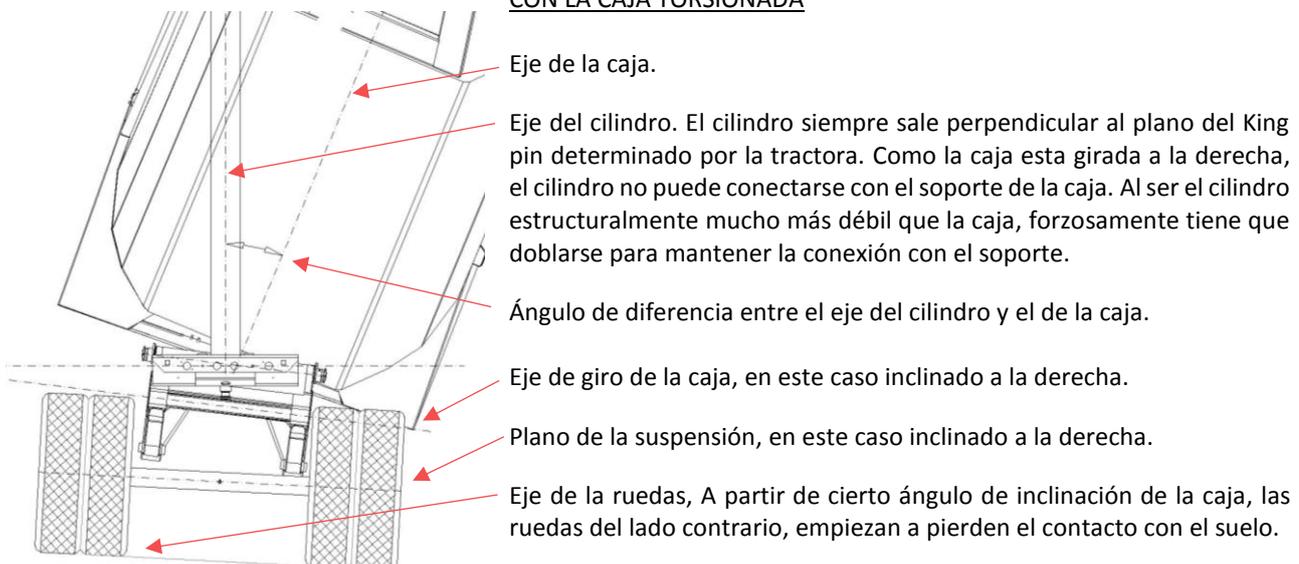
### PROCESO DEL VUELCO

Si por alguna de las causas descritas en el documento ESTABILIDAD DE UN BASCULANTE -una desigualdad en la carga, un suelo inclinado, unas ballestas cedidas, etc.- la caja está un poco desequilibrada a un lado -supongamos el derecho-, tendremos la siguiente situación:

#### CON LA CAJA VERTICAL

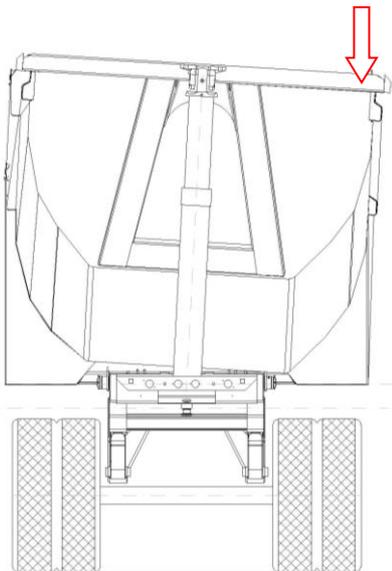


#### CON LA CAJA TORSIONADA



Como acabamos de explicar, cuando una caja se desestabiliza por cualquiera de las causas descritas en el proceso de PERDIDA DE ESTABILIDAD, se produce una inclinación del eje de giro de la caja, desencadenando un desplazamiento de su parte delantera hacia el lado de la inclinación. Este desplazamiento provoca una mayor carga sobre los componentes de ese lado -ruedas, cojines de suspensión, estructura del chasis y torsión de la caja-. Este aumento de carga genera una mayor deformación de todos ellos, inclinando aún más el eje de giro de la caja que, a su vez, produce un mayor desplazamiento delantero de esta. El proceso se realimenta así mismo entrando en un bucle que termina con el vuelco del semirremolque cuando la proyección vertical del centro de gravedad sale de la base de sustentación. Esto es así, si antes no se ha producido la descarga de la mercancía y la consecuente recuperación de la estabilidad.

#### DIAGRAMA TEMPORAL DEL VUELCO EN FUNCIÓN DE LA ELEVACIÓN DEL CILINDRO



El cilindro comienza a elevar la caja.

En el arranque de la primera expansión, la caja está un poco ladeada al lado derecho.

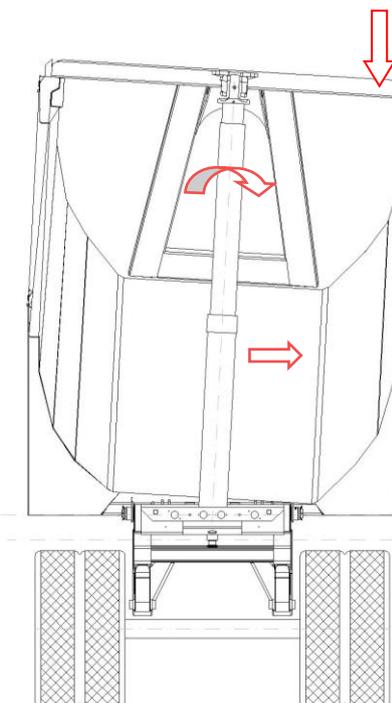
Como consecuencia, el eje de giro trasero de la caja también se encuentra ladeado hacia la derecha.

La tractora está horizontal. El cilindro, que está amarrado a la placa del King pin, mantiene el plano horizontal de la tractora y su elevación es vertical.

Gracias a las holguras del cilindro, este sigue el desplazamiento de la caja, por lo que se inclina, pero no llega a doblarse.

La suspensión se mantiene horizontal.

Los ejes de las ruedas están horizontales.



El cilindro continúa elevando la caja.

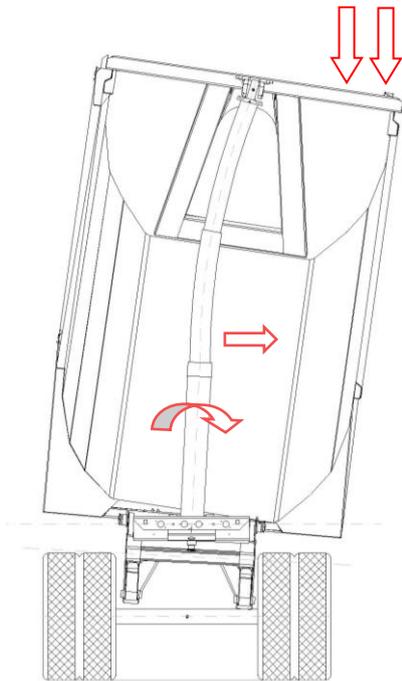
Como el eje de giro de la caja está ladeado a la derecha, a medida que el cilindro se va elevando, la caja se desplaza hacia ese lado.

El cilindro sigue amarrado a la placa del King pin, que se mantiene horizontal por el efecto estabilizador de las 7 toneladas de peso de la tractora.

El cilindro se dobla dentro del límite elástico. Si esta situación se produce con la caja muy elevada y la mercancía cae, la caja dejaría de tirar del cilindro y este recuperaría la rectitud -el material del cilindro estaría dentro del límite elástico-.

Al desplazarse la caja hacia la derecha, la suspensión se inclina ligeramente. Al aumentar el peso en el lado derecho, el cojín neumático de la derecha se comprime e inclina más la suspensión hacia este lado. Esto provoca una mayor carga en el lado derecho y como consecuencia, el cojín se comprime todavía más y aumenta la inclinación de la suspensión, entrando en un bucle e inclinando cada vez más la caja.

Como no hemos pasado de cierto grado de inclinación, la proyección vertical del centro de gravedad está dentro de la base de sustentación y, por lo tanto los ejes permanecen posados sobre el suelo.



El cilindro continúa elevando la caja.

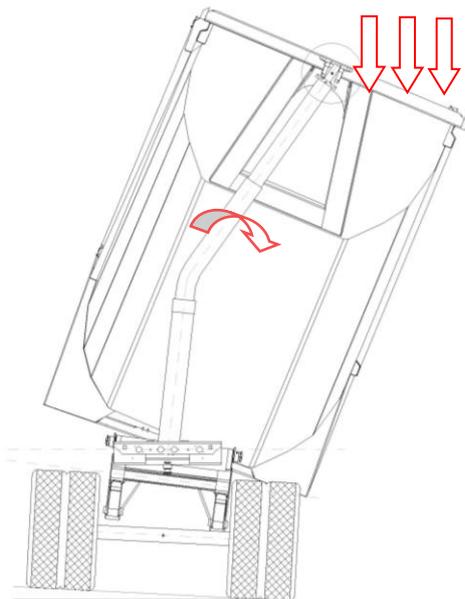
Aumenta la desestabilización.

La caja sigue tirando del cilindro que sigue amarrado a la placa del King pin. Este se mantiene horizontal por el efecto estabilizador de las 7 toneladas de peso de la tractora, forzando al cilindro a mantener la vertical. La caja está muy desplazada a la derecha, y tira hacia este lado del cilindro provocando su doblez. Esta doblez ya es permanente -el material del cilindro ha pasado de la situación elástica a la situación plástica-.

La tractora sigue horizontal.

La suspensión se inclina a la derecha.

Los ejes horizontales.



Si por seguridad no se ha parado previamente la basculación al ver la inclinación de la caja, llegaríamos a esta situación.

La desestabilización es irreversible. El centro de gravedad sale de la base de sustentación y el vuelco es inevitable.

La caja tira del cilindro doblándolo.

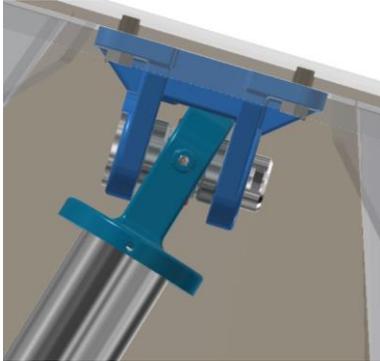
Al estar la parte inferior del cilindro amarrado al plano del King pin y la parte superior a la caja, el cilindro tiene que doblarse para poder seguir su desviación.

Las 7 toneladas de la tractora intentan mantener el plano del King pin horizontal.

La suspensión se colapsa al no poder soportar el momento de vuelco.

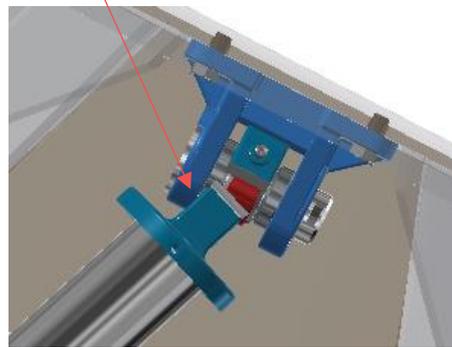
Las ruedas izquierdas pierden el contacto con el suelo.

ROTURA DEL ENGANCHE DEL CILINDRO



Con una inclinación de 15° el enganche no sufre daños. A partir de estos grados, el enganche interfiere con el soporte.

Punto de apoyo para la rotura



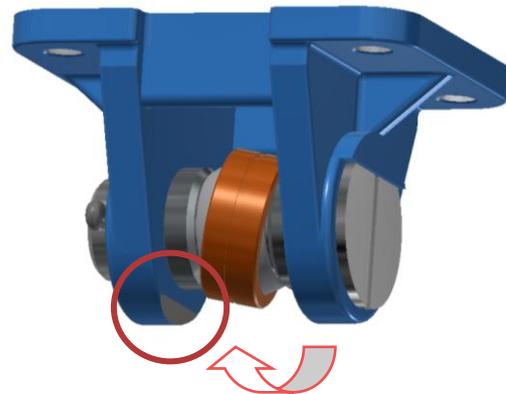
Si la inclinación de la caja respecto al cilindro supera los 15°, la unión se tiene que romper. Al caer la caja se rompe el enganche.

El contacto que se produce entre el enganche y el soporte dejarán deformaciones permanentes en ellos. Estas deformaciones tienen posición y se situarán en el lado contrario al del vuelco. Su presencia confirmara que ha sido la caja en su caída por vuelco la que ha roto el enganche al pasar de los 15° máximos que permite el juego entre ambas piezas.

MARCA QUE PRODUCE EL SOPORTE

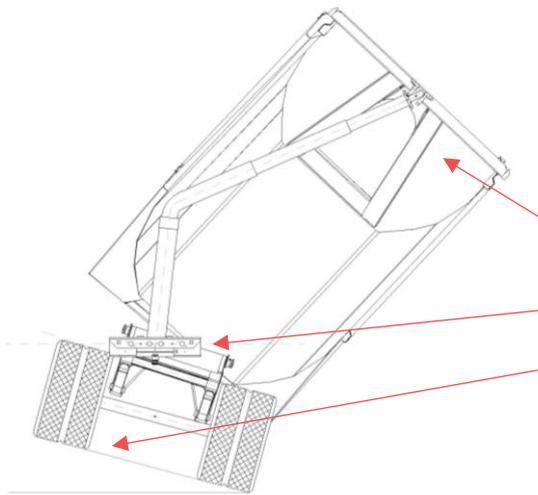


MARCA QUE PRODUCE EL ENGANCHE



La orejeta del soporte puede abrirse lateralmente por las fuerzas necesarias para partir el enganche.

POSICIÓN DE ROTURA DEL ENGANCHE DEL CILINDRO



La posición de rotura del enganche se da con la caja inclinada aproximadamente unos 40 - 45° con el suelo. Este dato puede variar para cada caso en función de la longitud del semirremolque.

La caja cae libremente.

El enganche del cilindro se parte y el cilindro no se dobla más. A partir de este momento el cilindro queda libre de la caja.

La torsión del chasis intenta girar la placa del King pin.

Al caer, la caja levanta las ruedas izquierdas del semirremolque.

Cuando la caja ha caído totalmente, podemos encontrarnos con una situación parecida a la descrita a continuación:

La caja en el suelo.

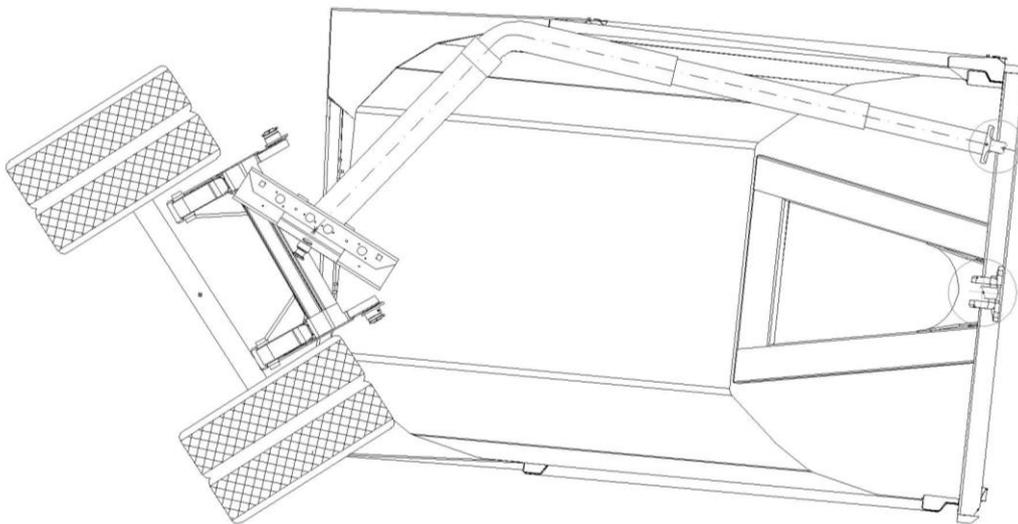
El cilindro está doblado, pero sin llegar al soporte.

Enganche roto (también puede ser el soporte o el comienzo del vástago).

Ruedas del semirremolque elevadas unos 45° (esto depende de la fortaleza y longitud del chasis).

Placa del King pin girada unos 15° (esto depende de la longitud del chasis y su rigidez transversal).

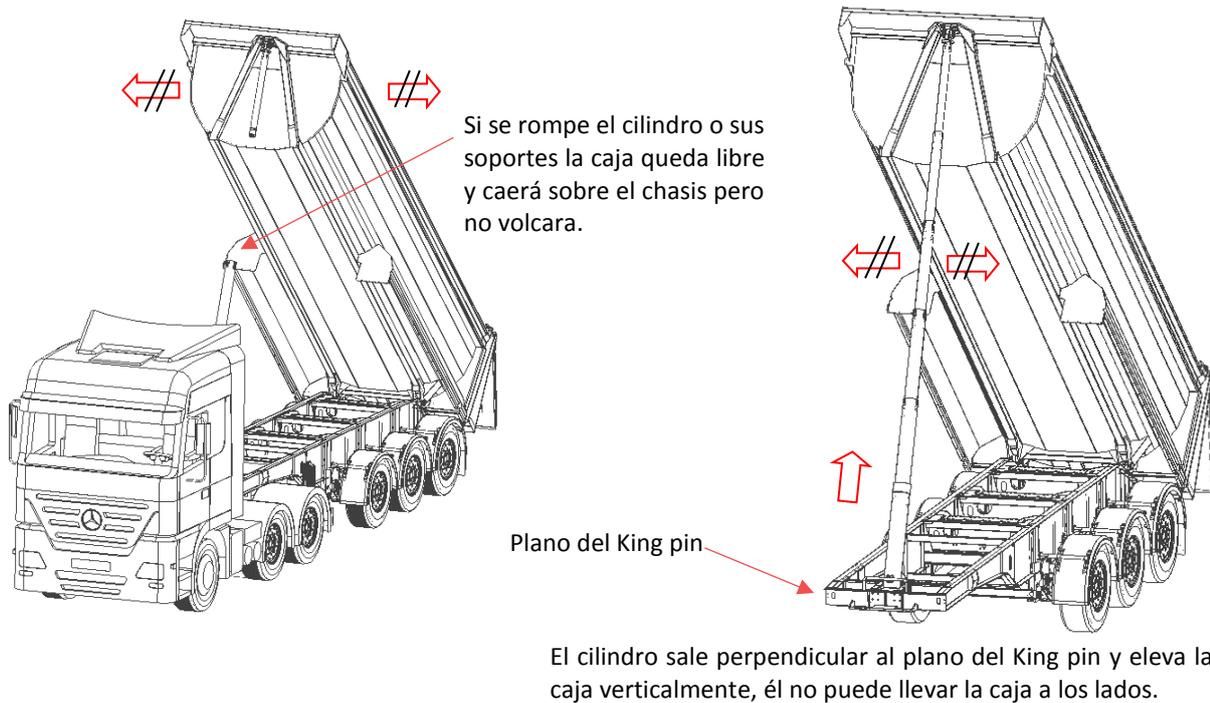
Ruedas izquierdas de la tractora ligeramente elevadas del suelo.



**CONCLUSIONES:**

Un vuelco está siempre producido por una pérdida en la estabilidad. En esta pérdida, el cilindro es solo un elemento pasivo y nunca un elemento causante de la pérdida.

Una supuesta rotura del cilindro durante el proceso de elevación implicaría la pérdida de apoyo de la parte delantera de la caja y la consiguiente caída de ésta sobre el chasis, pero nunca el vuelco del semirremolque. Téngase en cuenta que el cilindro está siempre forzado a salir perpendicular al plano del King pin, y por lo tanto, perpendicular al suelo, por lo que no puede desplazar la caja lateralmente al lado derecho o izquierdo.



El proceso de vuelco de un semirremolque genera grandes tensiones sobre los componentes del cilindro y sus soportes, dejando profundas marcas y deformaciones en casi todos ellos.

El caso más evidente es la rotura del enganche superior, pero también lo son las marcas que deja sobre el soporte antes de romperse, y la deformación en una de sus orejetas.

Tenemos una de las camisas del cilindro doblada unos 80°, pero también lo estarán al menos dos de las restantes. La boca de la camisa exterior estará ovalada -esta es la camisa que se une a la placa del King pin-. Por último, tendremos doblados -cada uno en un sentido contrario al otro- los ejes con los que se une la camisa exterior del cilindro a la placa del King pin, y probablemente las dos piezas de fundición atornilladas a esta placa.

Todas estas deformaciones y marcas tienen una orientación y forma que coinciden con el lado del vuelco y de su proceso temporal. Es decir, las deformaciones se producen en un momento específico y en un punto determinado de la caída, y no antes ni después. De igual manera, podemos asegurar que las magnitudes de todas las deformaciones serán proporcionales a los esfuerzos generados en cada uno de los puntos y momentos del vuelco, así como a la resistencia de los materiales empleados -si se proporcionan los datos del semirremolque podemos proporcionar estudio pormenorizado del proceso-.

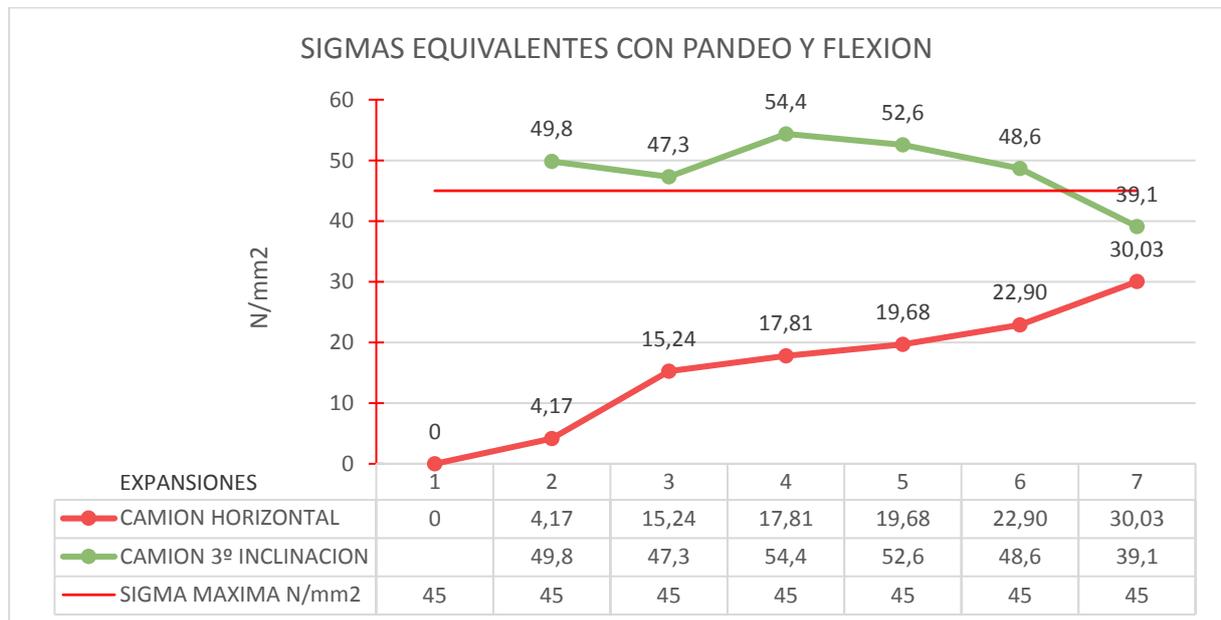
El enganche superior del cilindro que solamente está sometido a fuerzas de compresión nunca puede romperse por su parte superior. -Pero suponiendo que así fuera y que lo primero que se produce es la rotura del enganche, y como también se supone que la caja no está tirando lateralmente del enganche, porque decimos que el vuelco del semirremolque es debido a la rotura del enganche y no a un empuje lateral de la caja, esta caería libre sobre el chasis, pero nunca volcaría. Como esto nunca es así, la hipótesis de que una rotura accidental de alguno de los componentes del grupo -enganche, soporte y vástago- es el causante del vuelco, es falsa.

Todo esto confirma la existencia de una fuerza exterior al cilindro como desencadenante del proceso de vuelco. Una rotura aislada de un componente del cilindro puede producir el descenso brusco de la caja sobre el chasis pero no produce el vuelco de un semirremolque.

**TANTO EL DOBLEZ DE UN CILINDRO COMO LA ROTURA Y LA DEFORMACION DE SUS ENGANCHES NO SON LA CAUSA DEL VUELCO SINO EL EFECTO DEL MISMO.**

A continuación se va a analizar el diagrama de la sigma equivalente de las camisas de un cilindro Ref. 7150/1430-171 5Exp colocado en un semirremolque de 9500 mm de caja y 28000 Kg de carga.

La Sigma equivalente es un valor de referencia de la tensión a la que está sometido un tubo. En nuestro caso la sigma tiene que estar por debajo de 45 N/mm<sup>2</sup>.



En dicho diagrama, podemos observar cómo se comporta cada una de las camisas del cilindro estando este totalmente estirado, en dos situaciones diferentes. La primera y en color rojo con el semirremolque en posición horizontal, y la segunda en color verde con el semirremolque inclinado 3 grados.

Cuando la caja está con casi toda la carga, en la expansión 5ª tenemos (en este caso en concreto) una presión interna de 120 Bar y 147 Bar, generando unas sigmas equivalentes de 22,9 N/mm<sup>2</sup> y 30,03 N/mm<sup>2</sup> respectivamente. Si a esta situación le añadimos el momento flector que produce la carga al inclinarse la caja 3 grados, estos Sigmas sobrepasan los límites de 45 N/mm<sup>2</sup>, llegando en la 4 expansión hasta los 54,4 N/mm<sup>2</sup>.

**La causa determinante para sobrepasar los máximos permitidos en el cilindro es, la inclinación de la caja unida a la permanencia de la carga en la caja por encima de los 40 grados de basculación.**