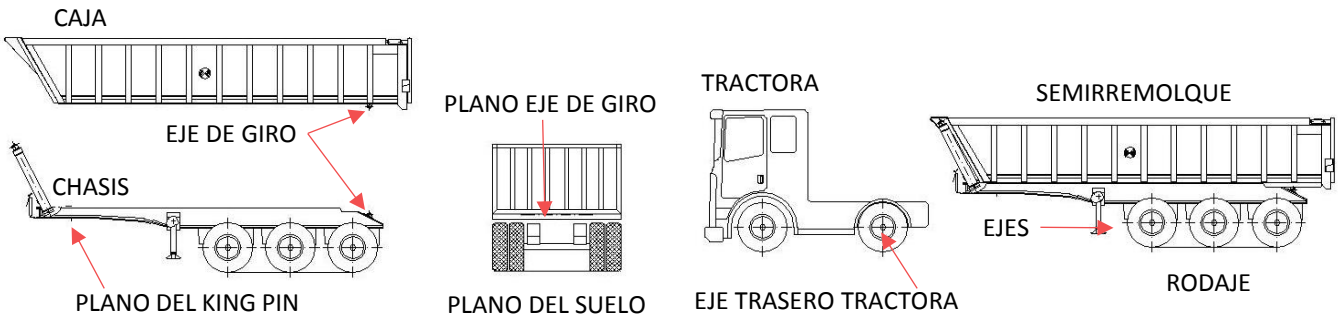
ESTABILIDAD DE UN BASCULANTE

Polígono Malpica-Alfinden Calle G, 34
La Puebla de Alfinden 50171 Zaragoza - Spain
Teléfono: 976 45 50 20
Fax: 976 45 50 23
Email: olesa@olesa.es
Website: www.olesa.es

ESTABILIDAD DE UN BASCULANTE

Este documento no pretende ser un estudio sobre la estabilidad de un basculante, sino una simple descripción del proceso de basculación para comprender y evitar los riesgos inherentes a dicho proceso.

Definición de los términos que usaremos en el siguiente documento:



Un Semirremolque basculante está formado por dos elementos separados que, en su conjunto, tienen un peso máximo de 40 toneladas. Lo componen, por un lado, la cabeza tractora, con un peso aproximado de 7 toneladas. Y por otro, el semirremolque basculante, con un peso de entre 5 y 7 toneladas y con una carga a transportar de 28 toneladas.

Todo el conjunto está compuesto por perfiles metálicos soldados, de acero o aluminio que forman un conjunto rectangular. En su fabricación se contemplan tolerancias y holguras, junto con los desgastes propios del uso, implicando unas diferencias de resistencia y flexibilidad, tanto en sentido longitudinal como en el transversal. Esto quiere decir que cuando apliquemos una fuerza importante sobre la estructura, esta no se comportará igual en el lado derecho que en el izquierdo.

La estructura del chasis más la caja está apoyada sobre suspensiones de ballesta o neumáticas. Ambos elementos son elásticos y modifican su altura en función de la carga que reciben.

Si la carga en el lado derecho del chasis es distinta a la que recibe el lado izquierdo, se producirán reacciones distintas en la suspensión, lo que modificará su altura y generará una inclinación de la caja.

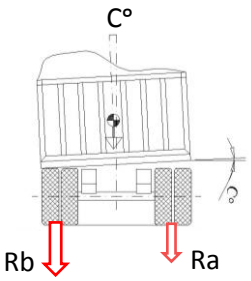
La unión de caja, chasis y suspensión está amarrada a los ejes y todo ello se encuentra soportado por los neumáticos, que mantienen el peso por la presión de aire de su interior. Esta presión no siempre es igual en un lado que en otro. Además, el aplastamiento que sufren los neumáticos varía cuando estos reciben cargas distintas. Por otro lado hay que considerar que los neumáticos habitualmente ruedan sobre un suelo que no es plenamente horizontal.

Por lo tanto, cuando hablamos de un basculante estable debemos tener en cuenta que hablamos de un elemento sobre un suelo que no siempre es horizontal, soportado por unos neumáticos con presiones distintas y con un aplastamiento por carga diferente, sujetando una suspensión elástica que soporta una estructura electro soldada y sin mecanizar, y que transporta una carga que ha sido depositada por medio de una pala cargadora y desde un único lado. En conclusión, es un elemento sujeto y condicionado por un elevado número de variables.

<u>POSIBLES CAUSAS QUE INCIDEN EN LA ESTABILIDAD</u>

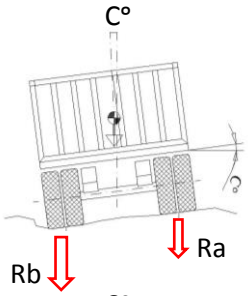
- Una desigualdad en la carga.
- Un suelo inclinado o blando (suelo que se hunde).
- Unas ballestas cedidas.
- Paso de aire de los cojines de suspensión de un lado a otro.
- Neumáticos con presiones y aplastamientos distintos.
- Chasis con distinta flexibilidad en los largueros
- Ejes de giro mal alineados o con holguras.
- Cajas poco resistentes.
- Tractora no alineada con el semirremolque.

- Etc.



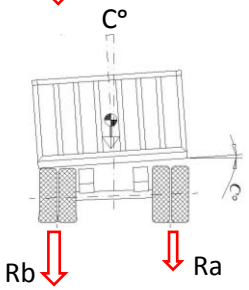
DESIGUALDAD DE LA CARGA

Produce una inclinación del plano de basculación.
Rb > Ra



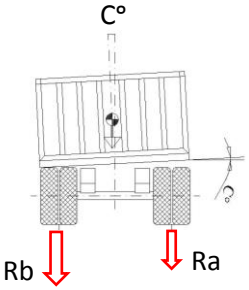
SUELO BLANDO O IRREGULAR

Produce una inclinación del plano de basculación.
Rb > Ra



NEUMATICOS CON BAJA PRESION

Produce una inclinación del plano de basculación.
Rb > Ra



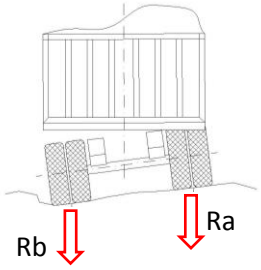
BALLESTAS CEDIDAS / TRACTORA ATRAVESADA
PASO DE AIRE EN COJINES DE SUSPENSION

Produce una inclinación del plano de basculación.
Rb > Ra

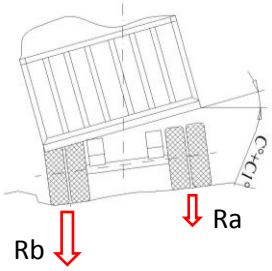
Estos casos y otros no descritos, pueden darse solos o en distintas combinaciones y proporciones, provocando un efecto acumulativo. Estos efectos pueden sumarse o restarse. Supongamos una caja con la carga desplazada al lado izquierdo y con unas ballestas cedidas también al lado izquierdo, que se encuentra sobre un suelo blando y hundido en el lado derecho. Combinando todo ello podemos tener una elevación de la caja perfectamente horizontal. Sirva este ejemplo para comprobar lo aleatorio y complejo del proceso.

Los efectos son acumulativos pudiéndose:

RESTAR



SUMAR



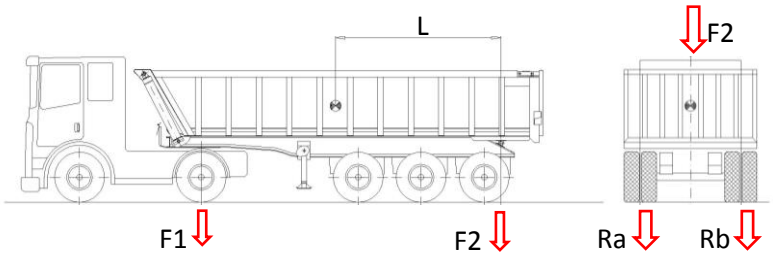
En circulación, estos efectos de inclinación de caja tienen una importancia relativa, y una vez alcanzado el equilibrio entre las fuerzas y las deformaciones que provocan, el conjunto permanece estable y sus efectos no aumentan en el corto plazo.

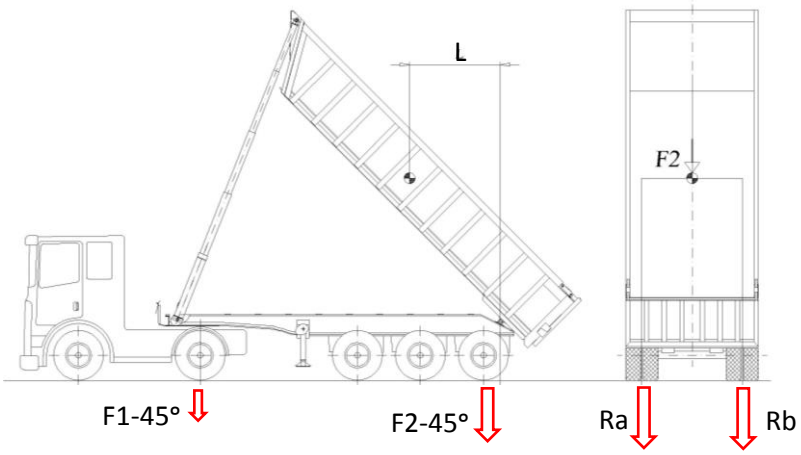
PROCESO DE BASCULACIÓN

La basculación es un proceso dinámico que varía en función del ángulo de giro de la caja, de 0° en posición horizontal a 40° - 45° en máxima elevación.

Reparto de fuerzas en posición horizontal

El peso de la carga se reparte entre el conjunto de rodaje del semirremolque, que llamaremos fuerza F2, y los ejes traseros de la tractora, que llamaremos fuerza F1. Este reparto de fuerzas va cambiando a medida que la caja se eleva, debido al desplazamiento del centro de gravedad de la carga hacia el eje de giro de la caja. Como consecuencia, disminuye la carga F1, que actúa sobre los ejes de la tractora, y aumenta la carga F2, que lo hace sobre el rodaje del semirremolque.





En el proceso de elevación de la caja, las fuerzas más importantes son las que actúan sobre la parte trasera del semirremolque, que es el eje de giro de la caja, el rodaje y la suspensión.

Reparto lateral de la fuerza F2

Con la caja en situación horizontal y en condiciones ideales, la fuerza F2 se repartiría en dos fuerzas idénticas Ra y Rb de valor 1/2 de F2. Si vamos elevando la caja, F2 aumenta de valor y se sigue repartiendo en dos fuerzas iguales. Esto se traduce en que, si las condiciones son ideales:

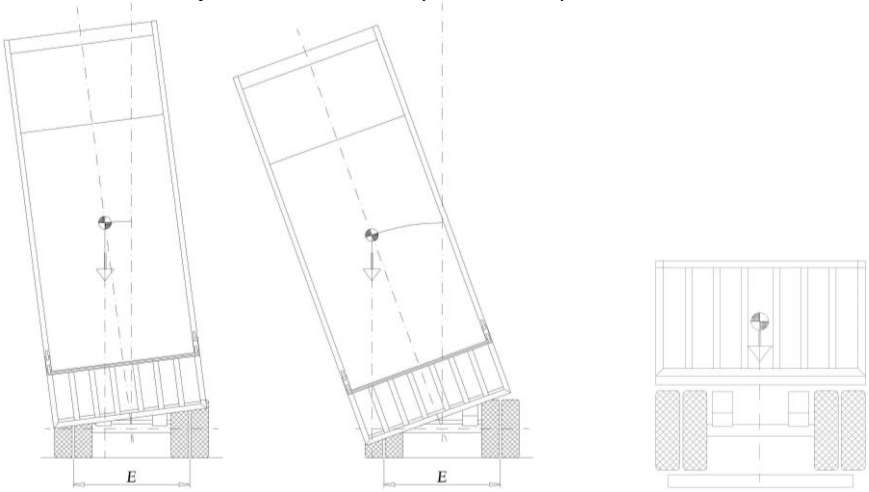
- Cargas igualmente repartidas.
- Suelo horizontal.
- Chasis y cajas simétricas y perfectamente alineadas.
- Ruedas con presiones idénticas.
- Etc.

Las fuerzas Ra a la derecha y Rb a la izquierda son iguales, y por lo tanto, las alturas de suspensión, idénticas, las deformaciones de chasis y caja, también, y la deflexión de los neumáticos, exacta. Todo esto determina que el eje de giro de la caja está en un plano paralelo al suelo, obligando a que la vertical del centro de gravedad de la carga pase por el centro de los ejes, o lo que es lo mismo, la elevación es perfectamente vertical y el semirremolque, estable en toda la basculación.

ESTABILIDAD DEL SEMIRREMOLQUE

En parado, sobre el conjunto tractora + semirremolque, no actúa ninguna fuerza externa salvo la gravedad y la carga de viento. Vamos a centrarnos en la primera.

El conjunto será estable siempre que la proyección vertical del centro de gravedad de la carga esté dentro de la base de sustentación. En esta situación el conjunto es estable y no vuelca. Pero si esta proyección cae fuera de la base de sustentación, el conjunto será inestable y volcará sin poderlo remediar.



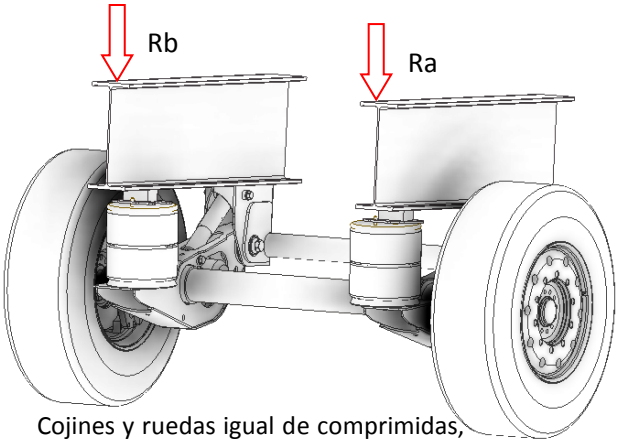
ESTABLE, NO CAE INESTABLE, CAE BASE DE SUSTENTACION

Esto es así independientemente de la situación interna de sus componentes Por ejemplo, si la proyección del C.D.G. se encuentra dentro de la base y el cilindro se parte por la mitad, se agrieta, se desfonda, etc. la caja caerá sobre el chasis con mayor o menor brusquedad, pero el conjunto nunca volcará. Por el contrario, si la proyección de C.D.G. cae fuera de la base, por más fuerte, más grande y resistente que sea el cilindro, el conjunto volcara irremediablemente.

Ahora veamos la elevación pero partiendo de una posición no horizontal.

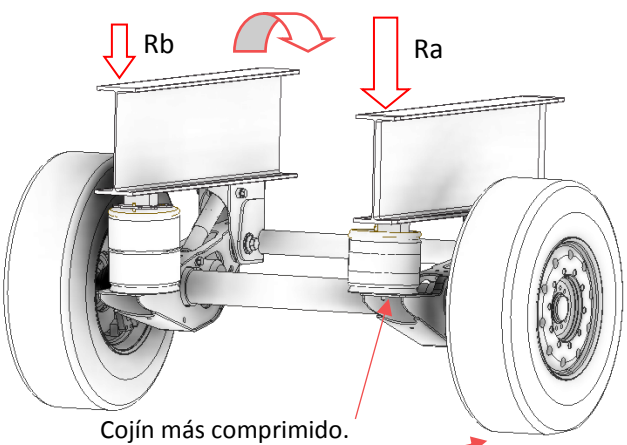
VARIACION DE LA ALTURA DE LA SUSPENSION

Ra = Rb EJE DE LA CAJA HORIZONTAL



Cojines y ruedas igual de comprimidas, chasis plano etc... Implica un eje de la caja horizontal.

Ra > Rb EJE DE CAJA GIRADO A LA DERECHA

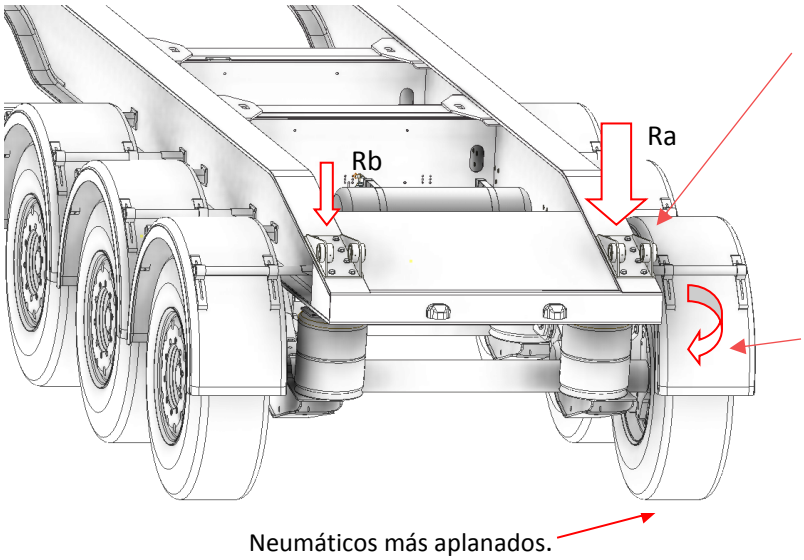


Cojín más comprimido.
Neumático más aplastado

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

DIFERENTE FLEXIÓN DE LOS SOPORTES DE GIRO.

Si la fuerza **Ra > Rb**



La fuerza Ra es mayor que Rb.

El peso de la carga se transmite al chasis a través del eje de giro y sus soportes.

Los soportes están atornillados o soldados a los largueros del chasis.

El soporte del lado derecho transmite mayor fuerza al larguero, flexionando más este lado que el izquierdo.
Esta parte posterior del larguero se dobla más hacia es suelo.

Esto ocasiona un aumento de la inclinación del eje de giro de la caja.

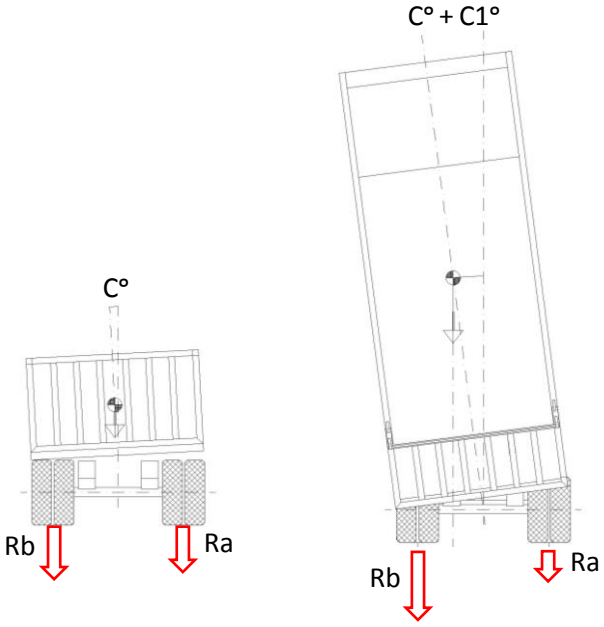
Estos efectos -la diferencia de altura de la suspensión, el aplastamiento de los neumáticos, la flexión de la parte posterior de los largueros- son acumulativos y van inclinando cada vez más el eje de giro de la caja.

Si por alguna de las causas antes mencionadas, la posición de partida está inclinada a la izquierda, tendremos una fuerza Ra mayor que la fuerza Rb, originando una menor distancia en la suspensión izquierda que en la derecha y, consecuentemente, inclinando el eje de giro de la caja a la izquierda. Como la caja no está elevada la situación es estable.

Partiendo de esta posición -caja a 0º- comenzamos a elevarla en pequeños tramos de 1º. Como el eje de giro está inclinado a la izquierda, al elevar el cilindro, la caja, se desplazará un poco a la izquierda, exactamente la distancia desde el eje de giro al C.D.G. por el seno del ángulo entre el eje de giro y la horizontal. Este pequeño movimiento desplaza el C.D.G. a la izquierda y, como reacción a este desplazamiento, aumenta la fuerza Ra y disminuye Rb. Como resultado, se reducirá la altura de suspensión y aumentará la contraria, inclinando más el eje de giro de la caja.

Analizando este punto de elevación de 1º, vemos la caja un poco desplazada a la izquierda y el eje de giro algo más inclinado. Si la vertical del C.D.G. está dentro de la base de sustentación, el punto de elevación de 1º es estable.

Elevamos la caja otro grado más, con el resultado de un aumento de Ra y una disminución de Rb. La caja estará más desplazada a la izquierda y el eje de giro más inclinado. Ya podemos ver el patrón, a medida que la caja se eleva vamos desplazando el C.D.G. a la izquierda, e inclinamos cada vez más el eje de giro. Si en algún momento de la elevación entre 0º y 45º la vertical del C.D.G. cae fuera de la base de sustentación, el vehículo volcará. Si llega a los 45º y la vertical está dentro de la base, habremos efectuado la descarga pero asumiendo un riesgo importante de accidente.



Punto de partida (ángulo 0º)
Rb>Ra

Punto final (ángulo 45º)
Rb>>Ra

Como podemos observar, la inestabilidad de la caja aumenta con los grados de elevación, ya que el centro de gravedad está más alto y el desplazamiento lateral a uno u otro lado mayor. Por ello, es muy importante el ángulo de talud de la mercancía, o lo que es lo mismo, a que grados la carga cae. Si la carga cae a los 37º solo nos preocupará la inclinación de la caja y la proyección del C.D.G. hasta estos 37º, y nos será indiferente lo que pase de los 37º hasta los 45º. Esto es así puesto que una vez desaparecida la carga de la caja, el vehículo por si solo es estable, ya que el chasis es más pesado que la caja vacía.

ACCIONES QUE MEJORAN LA ESTABILIDAD

- Al comienzo de la elevación, el eje de giro tiene que estar horizontal.
- Cuanto menor sea el ángulo de talud de la mercancía, mejor.
- La elevación y la descarga deben ser lo más rápidas posible. Si la caja está mucho tiempo elevada como en el caso de descargas por la trampilla, aumentará la cantidad de aire que puede pasar de un lado de la suspensión a otro, provocando la inclinación del sistema con las consecuencias ya vistas.
- Bascular con la suspensión neumática bajada (sin suspensión, apoyando directamente sobre los ejes) incrementa considerablemente la estabilidad del conjunto.
- La presencia de patas trasera permite evitar las variaciones de la suspensión, así como nivelar el semirremolque aunque el suelo este inclinado.
- La presencia de vibradores que fluidifiquen la carga facilita la descarga.
- Superficies antiadherentes en las cajas que impidan el agarre de los materiales.
- El uso de tijeras o estabilizadores entre caja y chasis, incrementan el uso del efecto estabilizador de las 7 toneladas de la tractora.

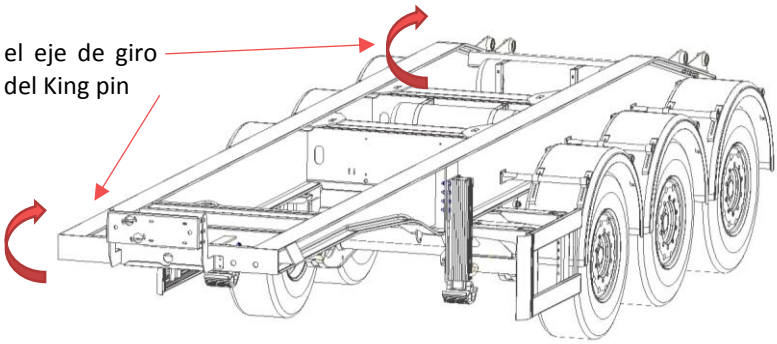
ACCIONES QUE PROVOCAN LA CAIDA DEL SEMIRREMOLQUE

- Caída lateral de la carga. Es decir, si solo cae parte de la carga de uno de los lados de la caja.
- Hundimiento lateral de alguna de las ruedas traseras.
- Cargas pegadas a la caja o cargas con un ángulo de talud superior al ángulo de basculación de la caja. Cabe recordar que estas mercancías nunca se podrían bascularse por si solas ya que se necesitarían para su descarga movimientos bruscos del semirremolque, con los riesgos que estos implican.

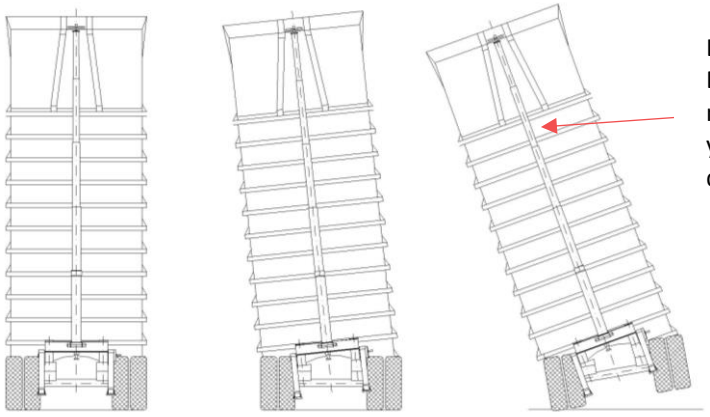
COMENTARIOS SOBRE LA RESISTENCIA LATERAL DEL CHASIS

Para este comentario vamos a suponer un chasis indeformable

Si giramos un grado el eje de giro gira un grado la placa del King pin

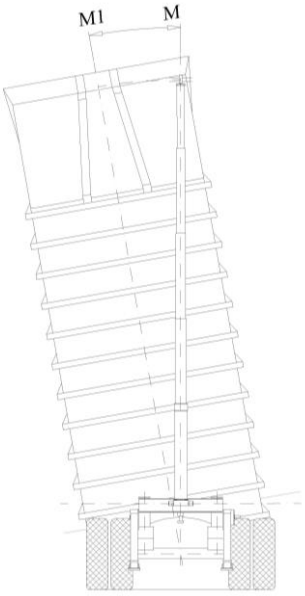


En este supuesto el cilindro que está amarrado a la placa del King pin, no estaría sometido a esfuerzo lateral alguno. Solo estaría sometido a los esfuerzos de compresión generados por el peso de la carga.



La caja y el chasis se inclinan solidariamente. El cilindro no tiene que doblarse para mantener la unión entre el plano del King pin y el soporte atornillado a la parte delantera de la caja

Si se produce una desestabilidad de la carga, el eje de giro de la caja se inclina lateralmente. La inclinación se transmitirá por todo el chasis, inclinándose el mismo ángulo la parte delantera. O lo que es lo mismo, la placa del King pin, y esta transmite la inclinación a la quinta rueda a la tractora. Todo el chasis y la tractora se inclinan solidariamente como un único cuerpo, y el cilindro no tendrá que doblarse para amarrarse al soporte superior, que esta atornillado a la parte delantera de la caja.



La caja y el semirremolque podrían volcar y el cilindro no sufriría el menor daño.

Este supuesto es el de mayor estabilidad posible, dado que, a una inclinación del eje de giro de la caja, la cabeza tractorase inclina el mismo ángulo, y como esta es muy estable -dado su peso de 7 toneladas y su bajo centro de gravedad-, mejorara la resistencia al vuelco de todo el conjunto.

CHASIS CON MENOR RESISTENCIA TRANSVERSAL

A medida que la rigidez transversal del chasis es menor, este no es capaz de transmitir la inclinación del eje de giro a la placa del King pin y se produce una diferencia de inclinación entre la parte trasera del chasis y la parte delantera del mismo.

Como la placa del King pin se mantiene horizontal por el efecto estabilizador de la tractora, y el cilindro sale perpendicular a esta placa, no puede unirse al soporte superior que está sujeto a la caja, puesto que esta se ha desplazado desde punto M al punto M1. Al elevar la caja, el cilindro al se tiene que doblar

para poder acompañarla en la elevación (el cilindro estructuralmente es mucho más débil que la caja).

Como podemos ver, con un chasis indeformable, el vuelco de chasis, caja y tractora se produciría como un único cuerpo, y el cilindro no sufriría daño alguno. Pero a medida que la resistencia transversal del chasis es menor, se produce una diferencia entre la parte trasera del chasis, donde está el eje de giro de la caja y la parte delantera, donde está la placa del King pin. Esta diferencia angular es la que determina la doblez del cilindro.

Cuanto más elástico transversalmente sea el chasis, más diferencia puede haber entre el eje de giro y el plano del King pin.

Cuanto más largo sea el chasis, mayor será esta diferencia.

Como podemos ver, la rigidez transversal del chasis y su longitud, junto con el mantenimiento de la horizontalidad del plano de suspensión, son los elementos fundamentales en la resistencia al vuelco.

El cilindro dada su incapacidad para resistir cargas laterales, no aporta efecto alguno a la estabilidad del semirremolque.