

El comportamiento de las carrocerías ante una colisión es muy similar

# Teoría de la colisión: análisis de fuerzas



**P**ara fijar los principios y fundamentos de la conformación estructural de carrocerías habrá de tenerse en cuenta la teoría de la colisión, o lo que es lo mismo, de la deformación. El interés que para el taller puede suponer se centrará en el análisis de las fuerzas que concurren en un accidente: por un lado, las que provocan los daños, y por otro no menos importante, las fuerzas correctoras que deberán ser aplicadas en el proceso de reparación.

**E**l interés que puede despertar el acercarse a la **teoría de la colisión** estriba en conocer la relación existente entre las fuerzas involucradas en una colisión y los daños resultantes en el vehículo. Es importante no confundir la teoría de la colisión con los detalles de una colisión concreta: velocidad del vehículo, reacciones del conductor, huellas de frenada, posición final del vehículo, etc. Estos factores tienen una baja utilidad en el proceso de identificación y cuantificación de los daños estructurales en el vehículo, desde el punto de vista de su posterior reparación.

A continuación se realiza un análisis completo, pero a la vez sencillo, de las fuerzas presentes en toda colisión, así como de sus efectos sobre el vehículo. Fuer-

Por Francisco Javier Alfonso Peña

zas éstas, que como se verá, actúan de forma predecible, independientemente del tipo y gravedad de la colisión.

## CONCEPTO DE INERCIA

Toda colisión puede definirse como la interacción resultante de la aproximación

de dos o más cuerpos sucedida en un intervalo de tiempo relativamente corto, durante el cual el movimiento de uno o varios varía bruscamente.

De forma simplificada, cada cuerpo puede ser representado mediante una fuerza, pudiéndose considerar la colisión como un golpe entre ellos. Esta fuerza puede ser estacionaria (árbol contra el que se co-

lisiona), o en movimiento (vehículo circulando).

Para comprender mejor la razón de estas fuerzas, es necesario definir previamente un concepto clave: la inercia. Si recurriésemos a un libro básico sobre física podríamos encontrar una definición similar a la siguiente: la inercia es la resistencia que opone un cuerpo a modificar su estado de movimiento cuando sobre él actúa una fuerza externa. Lo cual, dicho con otras palabras, es la tendencia que tiene un cuerpo en movimiento a continuar con él, y un cuerpo parado a permanecer parado, cuando sobre él actúa una fuerza externa.

La inercia, por lo tanto, es una ley relacionada con los cambios de movimiento, que llega a hacerse presente en forma de fuerza, tanto más grande cuanto más brusco haya sido el cambio de movimiento que la ha motivado a producir un empuje aparente sobre los cuerpos, en sentido contrario al de la aceleración que provocó dicho cambio. Esta apariencia conduce a la idea de "fuerzas de inercia", que pueden considerarse una buena solución para resolver problemas, pero que en realidad no existen.

En conclusión, el resultado de toda colisión sobre cada vehículo involucrado va a ser la aparición de unos daños debido a la acción conjunta de dos fuerzas: una fuerza externa, ejercida por otro vehículo u objeto sobre el que se colisiona, y otra interna, generada por la inercia propia del vehículo en cuestión.

## PRINCIPIO DE INERCIA

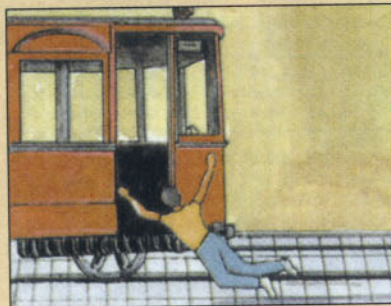
Existen múltiples experiencias, que de forma sencilla permiten demostrar el principio de inercia, provocando efectos que puedan parecer sorprendentes cuando se ignora dicho principio. Para facilitar su comprensión, se indican varios ejemplos sencillos:

1. Cuando un vehículo acelera en un sentido (arrancar o frenar), los cuerpos situados en su interior son empujados en sentido contrario.



2. Al bajar de un vehículo en marcha, los pies son frenados bruscamente al tocar el suelo, pero el resto del cuerpo sigue con la misma velocidad que tenía, produciéndose la caída.

Si se salta hacia atrás con la misma velocidad que tiene el vehículo hacia adelante, la velocidad respecto al suelo es 0, manteniéndose el equilibrio.



3. Si se pone agua en un cubo y se le da vueltas en un plano vertical a suficiente velocidad, durante un breve tiempo el cubo está invertido, pero el agua no cae. Aparentemente existe una fuerza que mantiene el agua contra el fondo del cubo, denominada "centrífuga".



4. Para afianzar un mango a un martillo, se golpea repetitivamente el mango por el lado opuesto a la herramienta.



## TRANSMISIÓN DE FUERZAS

Ahora bien, las fuerzas incolucradas en toda colisión pueden transmitirse en varias direcciones, motivando la aparición de daños de distinta índole, que requieren a su vez de un proceso de reparación más o menos laborioso. Los principales factores causantes de esa transmisión o desviación de las fuerzas son dos: el diseño estructural del vehículo y la dirección del impacto.

El diseño estructural del vehículo, fundamentalmente en lo concerniente a su plata-



Toda colisión lleva involucrada un par de fuerzas.

forma y elementos estructurales, es el responsable de la mayor parte de las desviaciones verticales de la carrocería (hacia arriba o hacia abajo). Por ello, es importante tener presente cuando se vaya a realizar la conformación estructural de un vehículo la inclusión de correcciones verticales de su plataforma en la práctica totalidad de los casos.

La dirección del impacto con relación a la dirección de circulación del vehículo es la causante de la mayor parte de las deformaciones laterales (hacia ambos lados). Esto tiene lugar bien cuando los vehículos involucrados en la colisión circulan en direcciones diferentes, o bien cuando la posición del vehículo no está alineada con su dirección de desplazamiento, por ejemplo, un deslizamiento sobre suelo helado.

### DESALINEAMIENTO DE LAS SECCIONES DEL VEHÍCULO

Las actuales carrocerías autoportantes tienen una serie de aspectos y características comunes, independientemente del modelo en cuestión, lo que hará que este tipo de estructuras presente, en líneas generales, un comportamiento también similar ante una colisión.

Conocer este comportamiento y analizar una serie de indicios que lleva aparejados, resultará de gran importancia, en la medida en que facilitarán la labor de los técnicos en una doble vertiente: en primer lugar, en el momento de plantear y valorar

el proceso de reparación a seguir, y también cuando se ejecute el mismo.

Por todo ello, conviene recordar que las carrocerías autoportantes pueden dividirse en tres secciones principales: frontal, central y trasera. La sección central presenta una zona plana, muy rígida, reforzada y resistente al desalineamiento. Las secciones extremas están pensadas para que se deformen progresivamente. En cualquier caso, la parte inferior de la carrocería o plataforma, siempre será más resistente que su parte superior.

### Existen dos categorías de daños, los daños directos y los indirectos.

Estas características hacen que ante una colisión en la que concurren fuerzas suficientemente grandes, el vehículo involucrado no se comporte durante todo el tiempo como una sola masa, sino que a medida que la colisión va desarrollándose, y esto son décimas de segundo, dichas secciones comienzan a actuar de forma independiente, cada una de ellas con su propia fuerza interna, que será tanto mayor cuanto mayor sea su peso.

Todas estas circunstancias van a tener como resultado un desalineamiento entre las diferentes secciones, lo cual se traduce en la aparición de los daños, que podrían dividirse en dos categorías:

- **Daños directos.** Son los más acusados; están situados en una zona inmediata al área de impacto y ocasionan el



El diseño de la carrocería transmitirá la fuerza del impacto.



nes que no han estado en contacto directo con la fuerza exterior.

Conocer la diferencia entre los dos tipos de daños, así como el modo en que se han producido es muy importante desde el punto de vista de la reparación. Mediante una adecuada combinación de tiros, amarras y contratiros, se podrán corregir ambos daños simultáneamente.



El análisis de daños facilitará la labor del técnico.

doblado y plegado de la estructura en dicha zona, así como otros desalineamientos en la misma sección que ha sufrido la colisión.

- **Daños indirectos.** Son menos visibles y suelen estar localizados relativamente lejos de la zona del impacto. Su causa radica en el desalineamiento entre seccio-

**E**l diseño estructural del vehículo y la dirección del impacto son los causantes de la transmisión de fuerzas.

## ANÁLISIS DE UNA COLISIÓN TIPO

Una vez presentados los fundamentos básicos de toda colisión, ofrecemos a continuación un análisis esquemático, genérico y secuencial de sus efectos sobre el vehículo, así como del comportamiento de este último desde un punto de vista estructural. Para ello, se tomará como ejemplo una hipotética colisión frontal contra un muro, teniendo en cuenta las siguientes premisas:

- El muro es rígido, sólido e inamovible.
- La colisión afecta a la totalidad de la superficie frontal del vehículo.
- El vehículo circula a una velocidad lo suficientemente elevada como para que se produzca una brusca deceleración.
- El impacto se produce de forma perpendicular entre el vehículo y el muro.

Si alguna de estas premisas cambiara, el análisis que se podría hacer del comportamiento del vehículo sería similar, variando únicamente la magnitud y alcance de los daños, en la medida en que varíe el orden de las fuerzas que se van a tener presentes.

1. En el momento de ocurrir el impacto, el área del vehículo en contacto directo con la fuerza externa cambia de velocidad, pudiendo llegar a detenerse por completo si la fuerza externa es lo sufi-

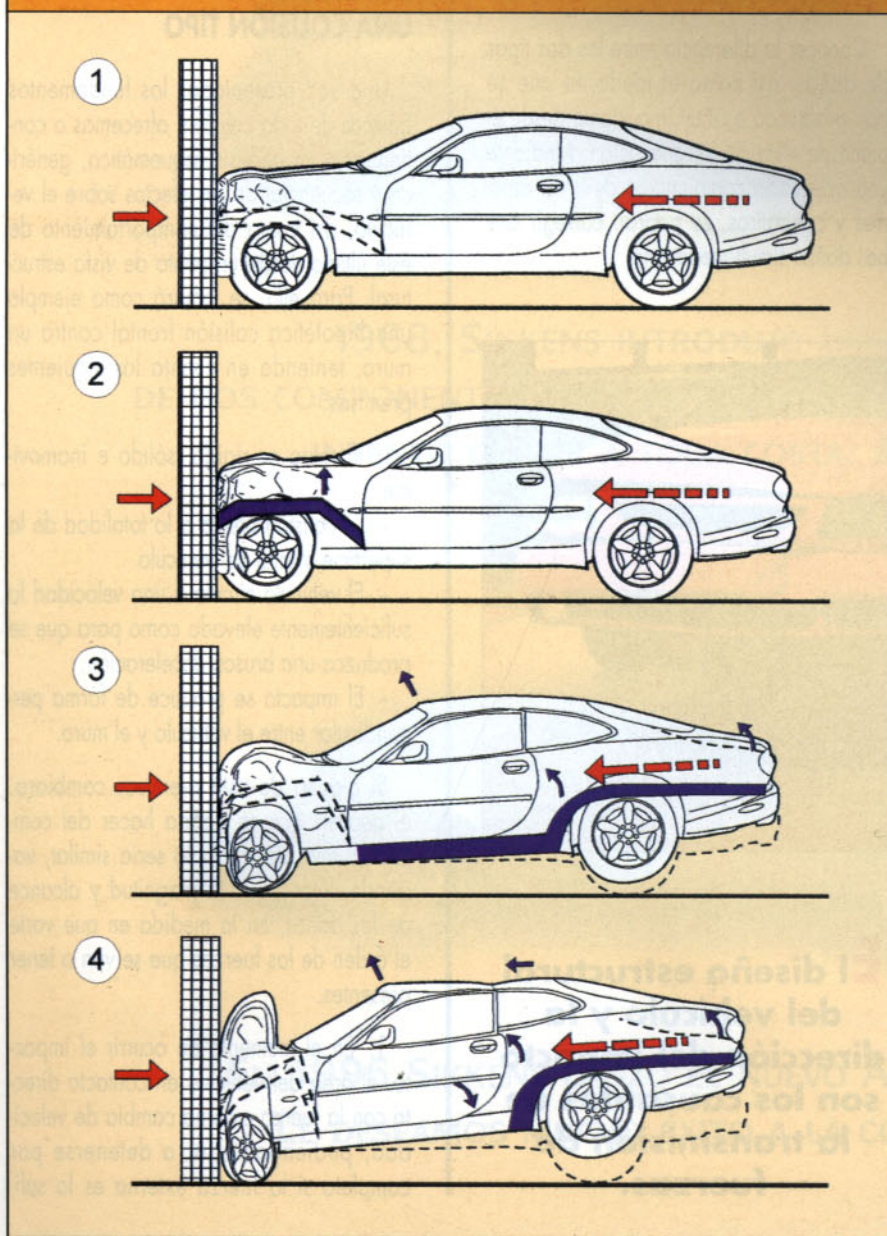
### DAÑOS DIRECTOS



### DAÑOS INDIRECTOS



## ANÁLISIS DE UNA COLISIÓN FRONTAL



cientemente importante. El resto del vehículo continúa hacia adelante debido a su impulso o inercia. Como resultado, tenemos una deformación importante en dicha zona.

2. La sección frontal del vehículo continúa deformándose, y los largueros delanteros comienzan a desviarse. Normalmente, su punta tiene tendencia a desviarse hacia abajo y, por el contrario, la zona circundante al anclaje de la suspensión hacia arriba. Ello se debe al propio diseño del larguero, ya que está pensado para tratar de arrastrar los conjuntos mecánicos deba-

jo del piso del vehículo, y a la fuerza que ejerce el sistema de la suspensión como reacción del suelo. El resto del vehículo aún continúa su movimiento hacia adelante.

3. Posteriormente, llega un momento en que la sección frontal se detiene por completo, oponiéndose al desplazamiento hacia adelante de las secciones central y trasera. La resistencia a la deformación de la parte inferior de la sección central motiva una desviación hacia arriba y adelante tanto de ésta, como de la sección trasera, forzándose, por otro, lado al techo hacia arriba, por efecto del pilar delantero.

Este deslizamiento se pone de manifiesto en las áreas débiles de la carrocería, como son los huecos de puertas, expulsando las mismas hacia afuera y provocando su descolgamiento, por el propio giro del pilar delantero sobre su base.

4. La siguiente sección que se detiene es la central, dando lugar, si el impulso del vehículo es lo suficientemente grande, a una desviación de la sección trasera con respecto a ella.

La sección trasera tratará de continuar su desplazamiento hacia adelante y hacia arriba, y provocando tanto el cierre de los huecos de entrada de las puertas, como arrugas en el techo, y manifestándose sobre todo en las zonas próximas a los pilares centrales.

Asimismo, en aquellos casos en que la sección trasera sea lo suficientemente grande y pesada (por ejemplo, un vehículo con el maletero sobrecargado), su fuerza de inercia será mayor, pudiendo incluso llegar a provocar desviaciones verticales en los largueros traseros.

Como conclusión, puede decirse que siempre que la colisión sea lo suficientemente grande e importante, los daños por ella provocados pueden ser de lo más variados, pudiendo estar localizados incluso en zonas alejadas de la que recibió directamente el impacto. Estos daños indirectos, debido a su relativamente alejada ubicación y reducida magnitud, son los más difíciles de detectar. Por ello, en el momento de realizar una diagnosis de daños, habrá que tener siempre presente la posibilidad de que los mismos puedan aparecer.

En definitiva, conocer el comportamiento general que experimenta una carrocería bajo los efectos de una colisión, así como los daños que la misma puede presentar, ayudará a que el diagnóstico sea lo más exacto y completo antes de proceder a su reparación. Todo ello hará que el trabajo del técnico se simplifique, en la medida en que se facilitará una buena planificación del mismo, reduciendo las incertidumbres e imprevistos que pueden presentarse en el proceso de reparación, sobre todo cuando se trata de golpes serios. ■