

ARTICULACIÓN DE APORTES INTERDISCIPLINARIOS EN LA INVESTIGACIÓN DE UN SINIESTRO DE CAUSAS MECÁNICAS ⁽¹⁾

Lorena Beatriz Morero

Ingeniera Mecánica - Docente de la Facultad Regional Santa Fe UTN

lore6549@hotmail.com

RESUMEN

En el presente trabajo se demuestra la importancia de la articulación de los aportes suministrados por especialistas con conocimientos específicos sobre distintos componentes, y la función de integración que cumple un ingeniero forense, en su rol de generalista, en la detección de fallas en el vehículo automotor, que desemboca en un siniestro de tránsito.

A partir de un siniestro investigado, en el que el estallido de un neumático nuevo, provoca la pérdida de control y desbarrancamiento de un ómnibus de pasajeros, se indagó en la morfología de la falla, y se logró correlacionar con la desalineación del tren de rodaje como causa raíz.

Durante un recorrido de larga distancia colapsaron dos de los neumáticos de un colectivo. En la primera instancia el conductor pudo mantener el control del vehículo, cambiar el neumático y continuar el recorrido pero a consecuencia del segundo estallido el conductor perdió el control del ómnibus, que atravesó los cuatro carriles y el cantero central de una autopista, desbarrancó y cayó desde unos 8 metros de altura, lo que causó que 43 personas resultaran con heridas de diversa gravedad.

Del lugar del hecho el personal policial incautó las cubiertas colapsadas y tomó múltiples fotografías.

Se comenzó el trabajo forense analizando todas las constancias del expediente, y se continuó con el examen de las cubiertas. Durante el mismo se comprobó que eran neumáticos nuevos y que el desgaste de los mismos era totalmente irregular. Se extrajo una muestra, la cual fue medida, fotografiada, y resguardada como prueba, la cual se entregó junto al informe pericial.

Partiendo de la primera hipótesis de que se trataba de un problema de alineación vertical (comba) se consultaron los valores de referencia en fábrica, tanto respecto del chasis como de los neumáticos. A partir de los datos obtenidos y de la consulta con un especialista en neumáticos se concluyó que el problema era la excesiva desalineación del tren delantero.

Esta experiencia sirve como modelo del trabajo conjunto entre diversos especialistas, bajo la coordinación del ingeniero forense, con el objetivo de hallar la causa raíz de un siniestro de tránsito. Permite también sentar las bases sobre las cuales poder analizar los diversos factores concomitantes –por acción u omisión: normativa y controles sobre el transporte público de pasajeros- que derivaron en un siniestro.

⁽¹⁾ El presente es una revisión de la autora de la Ponencia presentada en el CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERIA FORENSE –Buenos Aires, 4-6 de junio de 2014. Reproducido con autorización de la autora.

1- INTRODUCCIÓN

Se presenta un siniestro en que la causa aparente del descontrol que provoca el desbarrancamiento de un colectivo de transporte de pasajeros de larga distancia era el estallido del neumático delantero izquierdo. Previo al suceso –unos 200 km antes- había colapsado la cubierta delantera derecha del mismo móvil.

Se inicia el trabajo forense estudiando los antecedentes del caso: plano del lugar, huellas, testimonios de los pasajeros, fotografías del hecho.

Un primer análisis nos permite afirmar la hipótesis planteada, y se procede a estudiar los neumáticos como base para investigar las causas del desgaste que presentaban.

Obtenida la muestra, se plantean las hipótesis de falla, las cuales se investigan hasta encontrar, con el valioso aporte de especialistas en el tema, la causa raíz.

3 - MATERIALES Y MÉTODOS

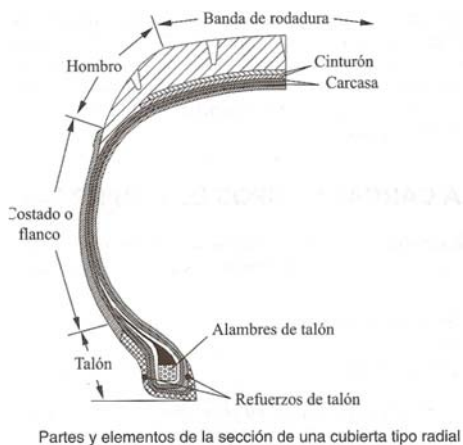
Las fuentes de datos para desarrollar el trabajo fueron, inicialmente, el expediente de la causa y el relevamiento dimensional y fotográfico realizado a las cubiertas.

Seguidamente se obtuvo una muestra de la banda de rodadura, la que fue mensurada, referenciada y preservada como prueba.

Se realizaron consultas con el fabricante del chasis del vehículo, el fabricante de los neumáticos y un experimentado comerciante del rubro. Paralelamente se estudió el material específico provisto por los fabricantes.

El análisis se desarrolló articulando los aportes obtenidos de estas fuentes diversas, lo que permitió descartar lo que a priori parecía la causa del desgaste anormal de los neumáticos, y llegar a la confirmación -por distintas vías- de la verdadera causa de éste y, consecuentemente, del siniestro de tránsito.

Marco teórico- Partes y Datos de un neumático:



MARCAS DOT

COMO LEER LOS NÚMEROS DE SERIE DE LOS NEUMÁTICOS

- 1 : Significa que el neumático atiende o sobrepasa los requisitos de seguridad del Departamento de Transporte (DOT - Department of Transportation)
- 2 : Código del fabricante y establecimiento de producción
- 3 : Código numérico de la medida del neumático
- 4 : Grupo opcional de símbolos del fabricante (ej: para identificar la marca u otras características del neumático)
- 5 : Fecha de fabricación

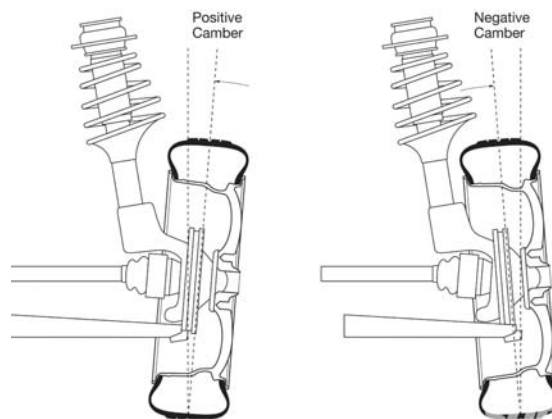


ej: Semana 47, Año 1996 **476** ⇐
Semana 47, Año 2000 **4700**

Ángulo de caída (comba):

También conocida del inglés "camber" es el ángulo formado entre la línea que une el punto medio superior e inferior de la rueda con respecto a aquel de una rueda perfectamente vertical.

La función de la caída es la de distribuir el peso del vehículo sobre la superficie de las ruedas de forma que sea el más uniforme en determinadas condiciones de esfuerzo lateral.

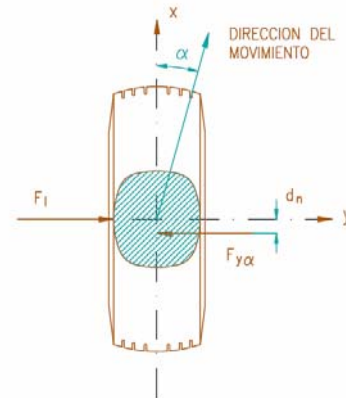
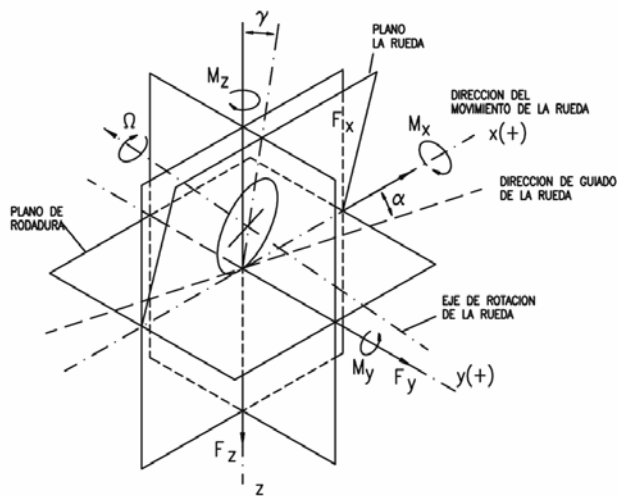


Dicho de otro modo, detenido o a bajas velocidades una caída cero es la que repartirá el peso del vehículo de la forma más uniforme haciendo que la adherencia ruedas/carretera sea máxima y el desgaste de las ruedas el más uniforme.

Sin embargo en una curva a la derecha a mucha velocidad, el apoyo de las ruedas exteriores (las principales responsables de mantener la trayectoria del coche) será mayor si la caída es positiva. En ese caso, las ruedas interiores tendrán un peso apoyado en menor superficie reduciendo la adherencia. La combinación máxima de suma de las fuerzas de adherencia "derecha" e "izquierda" de cada ángulo de caída para cada tren el apoyo, determinará los ángulos de caída ideales para un vehículo y una carretera y tipo de uso. El fabricante prescribe las que sirven para el público general y carreteras promedio.

Es bastante frecuente que los coches utilicen en el tren delantero algo de caída positiva en reposo y sin carga, para compensar la creación de caída negativa que se dará con el peso de los ocupantes y giros en curvas. El objeto es tener en esas condiciones de marcha real, una caída cercana al "cero".

Una caída muy positiva hará que los bordes exteriores de las ruedas se desgasten a mayor ritmo y por su parte una caída muy negativa hará que los bordes interiores se desgasten más. Si la caída entre las ruedas izquierda y derecha de un tren es desigual, se generarán querencias del coche hacia un lado, tendencia de adelantarse las ruedas traseras a las delanteras por la derecha o por la izquierda y frenadas desequilibradas.



Angulo de deriva o de deslizamiento (α):

Es el ángulo que forma la dirección de desplazamiento del centro de la superficie de contacto con la línea de intersección del plano de rotación con la superficie de rodadura (eje x).

Si las ruedas apuntan hacia dentro existe convergencia y lo contrario se conoce como divergencia. Los ajustes del ángulo convergente/divergente usualmente se usan para compensar los bujes de la suspensión y mejorar el desgaste del neumático, a la vez de mejorar la dirección y maniobrabilidad.

Cuando el sistema de suspensión o dirección no operan con los ángulos correctos, lo que sucede usualmente por un sistema de suspensión desgastado o a consecuencia del impacto al caer en un bache, pegar contra una acera, chocar el auto o por cambiar la altura del vehículo (hacia arriba o abajo).

Alinear un auto incorrectamente resultará en un desgaste irregular del neumático. El ángulo convergente/divergente es uno de los elementos más críticos de la alineación relacionado al desgaste del neumático.

4 – RESULTADOS

Al peritar las cubiertas siniestradas se pudo observar que el numero grabado, en ambas cubiertas, era "1011", correspondiente a la semana 10 del año 2011 -mediados del mes de marzo- y dado que el hecho ocurrió a fines de abril del mismo año (27/4) podemos afirmar que la causa del fallo no fue el desgaste excesivo por uso normal de la banda de rodadura de los neumáticos, lo cual se confirma al observar las fotografías del expediente, donde se ven el resto de los neumáticos, con huella más que suficiente para circular dentro de los parámetros de la ley de tránsito y de las normas IRAM.



Paralelamente, al analizar visualmente las cubiertas podemos comprobar que las llantas no presentan irregularidades que pudieran generar roturas.

Sin embargo, si se observa detenidamente la banda de rodadura, o en el caso de la que colapsó en el hecho que nos ocupa, los bordes que quedaron sobre el neumático al desprenderse por completo dicha banda- en ambas cubiertas y en toda la longitud de ambas circunferencias- muestran un desgaste marcadamente anormal de la superficie de rodadura, mucho mayor sobre el hombro del neumático que, colocado en su rueda, quedaba sobre el lado externo del colectivo. Este desgaste supera ampliamente del del borde del hombro interno. Incluso quedan rastros, del lado menos gastado, de un espesor de caucho y profundidad de huella mayor aún al exigible por ley. Todo lo expuesto puede observarse en las fotografías que se anexan a continuación.



Cubierta colapsada a las 6.00 hs



Cubierta colapsada 8.30 (200 km después)

La muestra fue cortada del neumático que colapsara primero, (200 km antes), por ser la única banda de rodamiento disponible, sin embargo, el patrón de desgaste es similar en ambas:



Muestra extraída de la banda de rodadura disponible.

Si bien en el extremo derecho de esta muestra se observan aún dos huellas medibles (la referenciada con 1 tiene una profundidad de 4,48 mm y la referenciada con 2 de 1,84 mm -medidos con calibre digital), no es posible distinguir mas huellas, sino que directamente pueden observarse las mallas de acero de la estructura del neumático.

La primera hipótesis fue adjudicar el desgaste a un excesivo ángulo de caída, pero al consultar con el fabricante del chasis, a partir de su número identificador se pudo saber que la unidad tenía menos de un año de antigüedad y que por exigencia del fabricante, una vez montada la carrocería el chasis debía ser verificado en fábrica, lo que sumado a los valores mínimos de este ángulo por especificación técnica hacían improbable esta causa.

Paralelamente, se llevaron la muestra y las fotos a un experimentado distribuidor de neumáticos, el que inmediatamente reconoció el patrón de desgaste como perteneciente a una excesiva convergencia, lo que se pudo ratificar por doble vía. Por un lado, a través de la información técnica disponible en línea, proveniente de los fabricantes de neumáticos como por la consulta directa con el responsable técnico de la fabrica proveedora de los neumáticos siniestrados. Esto permitió determinar la causa raíz de este siniestro, la que guardaba lógica con la fecha de fabricación de las cubiertas: en el último recambio o bien no se realizó la alineación de las mismas, o bien fue deficiente, por lo que con 800 km de rodadura colapsó la cubierta derecha, con un marcado desgaste en su parte interna y con cerca de 1000 km la izquierda, igualmente desgastada en su parte interna, lo que implica una desalineación convergente del eje delantero.

Simultáneamente, la presencia de cantos redondeados sobre los bordes internos de cada una de las huellas mientras tenemos asperezas sobre los externos de las mismas indican que estas cubiertas –ambas montadas sobre el eje delantero- circularon con

una convergencia excesiva, lo que produjo un muy rápido desgaste de ambas, lo que explica el colapso de éstas con poca diferencia de tiempo.

Diagnóstico

Desgaste en

Los elementos de la banda de rodamiento adoptan un aspecto similar a los dientes de una sierra, gastados y redondeados de un lado y afilados del otro. Esto ocurre cuando no hay una correcta alineación, por lo que el neumático sufre un arrastre contra el suelo y desgasta más un lado que el otro (dependiendo del sentido de la desalineación).

SOLUCIÓN: ALINEACIÓN

Desgaste por convergencia



Desgaste por convergencia o divergencia

El desgaste por convergencia o divergencia ocurre cuando la llanta no está alineada paralelamente a la línea central del vehículo. Básicamente, la rueda puede estar orientada "convergentemente" o "divergentemente". Como la convergencia o divergencia puede causar un desgaste rápido, se considera el ángulo de alineación más importante. Una convergencia o divergencia excesiva causa un patrón de desgaste en forma de "dientes de sierra" en la superficie de la banda de rodamiento.

Ya que el desgaste producido por un ángulo de caída excesivo es lento, y estas cubiertas habían sido fabricadas entre 7 y 8 semanas antes del accidente, se considera que el factor determinante del colapso fue la falta de alineación. Al respecto, se citan las recomendaciones de fabricantes:

“Periódicamente es muy importante efectuar una inspección general en los neumáticos, verificando la uniformidad de desgaste y si no existen averías en los costados o banda de rodamiento que exijan reparaciones o su retirada de uso. La presencia de desgastes irregulares o el surgimiento de vibraciones son factores que determinan la necesidad de una nueva alineación y balanceo de llantas. Por otro lado, los neumáticos montados en un mismo vehículo pueden presentar un desgaste ligeramente irregular en la banda de rodamiento debido a las condiciones mecánicas del vehículo (suspensión, amortiguadores, etc.), distribución de cargas, variaciones de las curvaturas de las carreteras, tipo de recorrido, etc. Estas irregularidades pueden corregirse a través de sustituciones sistemáticas de las posiciones de las llantas del vehículo, denominadas rotaciones”.

“Una alineación es necesaria cuando se cambian los neumáticos, si observa un desgaste prematuro irregular, después de fuertes impactos en obstáculos o baches, cuando el vehículo presenta tendencias a la deriva (“tira” hacia un lado) o inestabilidad, y cada 10.000 kilómetros”.

Cabe señalar, en este punto, que los sistemas hidráulicos utilizados actualmente compensan los efectos de modo que no es evidente para el conductor de un vehículo la desalineación del mismo.

5 - PRINCIPALES CONCLUSIONES

En determinados casos en que se necesita el aporte de especialistas con conocimientos específicos el rol del ingeniero forense, como generalista, consiste en la articulación de los mismos, desde una postura crítica, validando el análisis del siniestro desde los rastros que son explicados por estos aportes.

La obtención de muestras –en la medida de lo posible- que pueden mensurarse, fotografiarse, y resguardarse como prueba, refuerzan y respaldan la labor ejecutada por el ingeniero forense, y consecuentemente su informe pericial.

El trabajo conjunto entre diversos especialistas, bajo la coordinación del ingeniero forense, permite hallar la causa raíz de un siniestro de tránsito aún en casos muy particulares.

El conocimiento de la causa raíz de un siniestro de origen mecánico permite sentar las bases sobre las cuales poder analizar los diversos factores concomitantes que –por acción u omisión- derivaron en un siniestro.

BIBLIOGRAFÍA:

Dixon, J. – *Tyres, suspensión and handling*, SAE International, 1996

F. Aparicio, C. Vera, V. Díaz – *Teoría de vehículos automóviles*

T. Gillespie – *Fundamental vehicle dynamics*

www.pirelli.com.ar

<http://www.superstreetonline.com/>

<http://www.tirerack.com/>

www.fate.com.ar

<http://www.monroe.com>