

## PROXIMOS EVENTOS

### XV CONGRESO ARGENTINO DE VIALIDAD Y TRÁNSITO

*Los Desafíos del Sistema del  
Transporte frente al  
Crecimiento*

**Mar del Plata**

### VIII Congreso Brasileño sobre Accidentes y Medicina del Tráfico

Belo Horizonte  
3 al 5 de septiembre

<http://congresso.abramet.com.br>

## Sumario

- ▶ *debate*. El mito del cálculo
- ▶ John BERGER. *El sentido común*
- ▶ Anibal García. *Los errores de las fórmulas*
- ▶ Philip A GOLD. *Cómo ocurren los accidentes ...*
- ▶ Seguridad Vial. *La construcción de la tragedia*
- ▶ Jorge BERMUDEZ. *Las fases del accidente*
- ▶ *novedades en la web*: el movimiento en el plano

## Editorial

### Mitología vs. Ciencia

Los mitos son piedras en el camino de la investigación científica.

Cuando se suple el desconocimiento de la realidad por creencias fantásticas, sobrenaturales, o por un supuesto sentido común, la visión del mundo exterior queda velada.

La ignorancia alimenta el mito. Quienes están privados de las enseñanzas fundamentales, suelen sustituir el espacio de saber vacío por la ingenua aceptación de poderes mágicos.

La ingeniería y la física tienen la capacidad de explicar el mundo que nos rodea planteando modelos de interpretación.

Dentro de estos modelos, los procedimientos de cálculo son accesorios. Apenas una forma auxiliar para completar el proceso de investigación

Asignarle un superpoder al cálculo es uno de los mitos habituales de la investigación forense. Otro mito, hermano con él, es la creencia en el poder de las fórmulas. Quien tenga *la fórmula*, puede *hacer el cálculo*; y así, simplemente, alcanza la *verdad exacta*.

Una reflexión crítica sobre el origen de las fórmulas, conduce a comprender mejor sus limitaciones. Desterrar el mito del cálculo rescata el buen sentido en la investigación forense.

*Buen sentido vs. sentido común; ciencia vs. mitología.*

Hasta el Nº 29

**noticias periciales** y el sitio web [www.perarg.com.ar](http://www.perarg.com.ar) son emprendimientos destinados al soporte de la tarea de los investigadores forenses, de los peritos, de los letrados y de los docentes, relacionados con los temas de la siniestralidad vial.

Editor Responsable:  
Ing. Aníbal O. GARCÍA

Los artículos se publican con expresa autorización de los respectivos autores.

Los mismos son de libre circulación y difusión y no están protegidos por leyes que limiten la difusión y reproducción total o parcial de los mismos.

Se agradece citar la fuente.

El editor no se hace responsable por el uso que se haga del material de libre disponibilidad publicado.

Las opiniones incluidas en los artículos publicados son de exclusiva responsabilidad de los autores.

*Para el que tiene solamente un martillo como instrumento, todo lo que ve se parece a un clavo - Abraham Maslow*

## El mito del cálculo

*El ingeniero forense enriquece el trabajo del Juez y del abogado al proporcionar la visualización de los hechos posibles en los siniestros. Para ello debe conocer, desde un principio, la esencia de la litis y los conflictos involucrados. Se convierte así en un protagonista más del esclarecimiento de la verdad y aporta la necesaria visión fáctica a un trabajo en equipo, con un único objetivo.*

*La sinergia necesaria resulta de la actitud de ambos: del respeto del ingeniero hacia el concepto jurídico, y de una visión del letrado hacia la forma técnica, como parte sustancial de la reconstrucción de los hechos.*

*El modelo matemático es el fruto de un concepto que relaciona los movimientos con el flujo de fuerzas, las velocidades, los lapsos de tiempo y las aceleraciones, con los efectos producidos en forma de rastros, de un modo global y coherente.*

*El modelo es una abstracción matemática que simplifica y vuelve comprensible el complejo comportamiento de los móviles en acción, de sus elementos estructurales y*

*Con el presente artículo iniciamos una serie de visiones míticas acerca de la tarea y los alcances del ingeniero forense. Se trata de un espacio abierto al debate, y por lo tanto a otras opiniones.*

*sus materiales. El cálculo puede acotar un problema pero nunca proporcionará una solución por sí misma.*

*El cálculo, dentro del modelo, aproxima la confirmación –o funda la inviabilidad- de las hipótesis previas. Fuera del modelo, el cálculo es inoperante.*

*Los ingenieros forenses no pueden ser considerados meros calculistas: el aporte de la ingeniería pasa por el conocimiento teórico y la experiencia práctica cuando se concibe la reconstrucción de los hechos, en una visión en común con el Magistrado; luego, unos pocos números estiman la magnitud de las fuerzas, velocidades y aceleraciones, que permiten visualizar el siniestro como una sucesión témporo-espacial de las conductas humanas.*

*En la medida que los profesionales del derecho y de la ingeniería comparten una visión integral del derecho y de la ingeniería, construyen las bases de una mejor Justicia.*

## **XV CONGRESO ARGENTINO DE VIALIDAD Y TRÁNSITO**

### **LOS DESAFÍOS DEL SISTEMA DEL TRANSPORTE FRENTE AL CRECIMIENTO**

**Mar del Plata - 14 al 18 de Setiembre de 2009**

**Informes**

ASOCIACION ARGENTINA DE CARRETERAS

Paseo Colón 827 - 7º Piso – Buenos Aires

0054 11 4362-0898

[www.congresodevialidad.org.ar](http://www.congresodevialidad.org.ar)

*El texto reproducido  
ha sido extractado del  
libro de **John Berger***

**UN HOMBRE  
AFORTUNADO**

Alfaguara, Buenos  
Aires 2008

*Se suele creer que el sentido común es práctico. Pero sólo es práctico a corto plazo. El sentido común te dice que es una locura morder la mano que te alimenta. Pero sólo es una locura hasta el momento en que te das cuenta de que podrías estar mucho mejor alimentado. A largo plazo, el sentido común es pasivo, porque está basado en la aceptación de en una visión periclitada de lo posible. La masa de sentido común se acumula muy despacio. Todas sus proposiciones tienen que ser demostradas muchas veces antes de ser incuestionable, es decir, tradicionales. Y cuando devienen tradicionales adquieren la misteriosa autoridad de los oráculos. De ahí el fuerte elemento de superstición siempre presente en el sentido común práctico.*

*El sentido común constituye la ideología doméstica de aquellos a quienes se ha privado de unas enseñanzas fundamentales, de aquellos a quienes se ha mantenido en la ignorancia. Esta ideología está compuesta de fuentes diversas: supervivencia de la religión y conocimiento empírico, escepticismo protector y ciertos elementos de enseñanza superficiales que se provee. Pero el hecho es que el sentido común no aprende, nunca puede superar sus propios límites, pues en cuanto se corrige la carencia de unas enseñanzas fundamentales, se pone en tela de juicio todas esas fuentes y su función termina por desaparecer. El sentido común sólo puede existir como categoría cuando se lo opone al espíritu de investigación, a la filosofía.*

*El sentido común es estático. Pertenece a la ideología de quienes son socialmente pasivos, de quienes no llegan a comprender jamás qué o quién ha construido o mantenido la situación en la que se encuentran. Pero sólo representa una parte, a menudo una pequeña parte, de su carácter. Estas mismas personas dicen o hacen muchas cosas que suponen una afrenta para su sentido común. Y cuando justifican algo diciendo que "es de sentido común", suele tratarse de una disculpa por negar o traicionar uno de sus sentimientos o instintos más profundos.*

**ABRAMET** - *Asociación Brasileira de Medicina del Tráfego*

**VIII Congreso Brasileiro sobre Accidentes y Medicina del Tráfico**

Belo Horizonte – 3 al 5 de septiembre de 2009

**Destinado a:**

Médicos, Ingenieros, Especialistas en Medicina del Tráfico, Educadores, Legisladores, Psicólogos, Profesionales del Área de Planeamiento Urbano y Tránsito, Seguridad y Medicina.

## Los errores de las fórmulas

Aníbal O. García

En otros números de **noticias periciales** nos hemos ocupado de los errores introducidos por simplificaciones y aproximaciones incluidas en la aplicación de los principios básicos de la física.<sup>(1)</sup>

Vamos a iniciar el abordaje de otra forma de cometer errores conceptuales. Son muy frecuentes, los cometen por igual técnicos e ingenieros, cuando aplican fórmulas de manera mecánica, con escaso o nulo conocimiento conceptual de los principios y modelos físicos que le dieron origen.

Elegimos como ejemplo la mal llamada *fórmula de la velocidad* o *de la frenada*, y que para algunos es la *fórmula universal* de la accidentología. Ella se suele expresar como:

$$v = \sqrt{(2 u g d)}$$

donde  $v$  es la velocidad (no siempre claro **qué** velocidad),  $u$  es un coeficiente de fricción,  $g$  es la aceleración de la gravedad y  $d$  es la longitud de las huellas de frenada.

¿Qué errores son frecuentes?. El más común; si no hay huellas no hay frenada; o no se puede calcular ninguna velocidad.

Otro error habitual es suponer que la velocidad es *siempre* la que resulta de hacer este cálculo. Y que además es un *valor exacto*, con tantos decimales como la calculadora sea capaz de contener.

¿Por qué tantos errores? La respuesta es simple: porque es sólo una fórmula. Y como tal sólo es capaz de expresar una de las infinitas posibilidades que tienen los hechos de ocurrir. Y su resultado tiene mayor probabilidad de estar equivocado, muy equivocado, que ser cierto.

Todo investigador forense debería saber responder con propiedad donde se origina la *fórmula* –aunque esta es una circunstancia poco frecuente-. Veremos cuáles son las hipótesis y supuestos que conducen a esa especial forma de expresión.

El modelo básico se basa en el principio de conservación de la energía en una expresión particular: *la energía mecánica o cinética de un cuerpo en movimiento puede disminuir produciendo trabajo mecánico*.

La energía cinética es una magnitud escalar cuyo valor se expresa como:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Por lo tanto un cuerpo en movimiento que disminuyera su velocidad de  $v_i$  a  $v_f$  *sin modificar su masa*, experimentaría una variación de energía dada por:

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m (v_i^2 - v_f^2)$$

Si la variación se produjera de manera uniforme, con aceleración *constante*, existe una fuerza, también constante, que se opone al movimiento.

Se puede suponer que en cada rueda existe una fuerza *vertical*: el peso descargado en ella. Y además una fuerza horizontal, opuesta al movimiento, que bien puede ser el rozamiento de los neumáticos con el piso. Excepcionalmente sucede que *el rozamiento es el mismo en los cuatro neumáticos*. En ese caso –y solo en ese caso–, en las cuatro ruedas se producen fuerzas horizontales cuya resultante es:

$$f = u m g$$

y el trabajo mecánico que desarrolla esa resultante en la distancia  $d$  será:

$$L_f = f \cdot d = u m g d$$

Ahora sí, **si** la variación de energía cinética se realiza a expensas de producir trabajo mecánico podrá escribirse:

$$\Delta E_c = L_f \text{ y } \frac{1}{2} m (v_i^2 - v_f^2) = f \cdot d = u m g d$$

Y **si**:

- La variación de  $v_i$  a  $v_f$  se produjo *sin alteraciones en la masa*;
- La fuerza *vertical* es *solo* el peso del automóvil, y
- El rozamiento *es el mismo* en los cuatro neumáticos.

resultará.

$$(v_i^2 - v_f^2) = (2 u g d)$$

Que aún no es la *fórmula universal*. Para ello debería suponerse más aún; que *la velocidad final es nula*; es decir que *el movimiento finalizó como consecuencia única del frenado*, entonces  $v_f^2 = 0$ , y:

$$v = \sqrt{(2 u g d)}$$

<sup>(1)</sup> Véase la serie **El error sistemático** en los números **17 a 20** de **noticias periciales** (año 2007)

## **2.1 Un accidente**

Está lloviendo. Un automóvil se aproxima a una curva a 60 km/h. En medio de la curva, el automóvil empieza a derrapar, se sale de pista y choca contra un poste de concreto. Resultado: un pasajero muerto, el conductor y otro pasajero gravemente heridos.

## **2.2 Historia del accidente**

Considérese la siguiente hipotética historia del accidente, que resume algunas características típicas de las causas de los siniestros viales.

### **El Conductor**

Ejecutivo de una gran empresa, en esa época bajo mucha presión y tensión en el trabajo. Después de la jornada laboral, se encontró con dos viejos amigos que lo llevaron hasta el bar de la esquina, donde se distrajo con una conversación sobre los viejos tiempos y bebió más de lo habitual. Al salir, estaba lloviendo. El amigo decidió llevar a sus amigos a sus casas. No conocía el trayecto que incluía la curva, lugar del accidente. Pisó el freno demasiado tarde.

### **El Automóvil**

El automóvil había salido del taller mecánico ese mismo día después de una revisión general, pero los frenos no habían sido bien ajustados, hecho que el conductor desconocía.

### **La Vía y la Señalización**

En la curva, el peralte (sobrelevación) era inferior a los patrones recomendados, el pavimento estaba gastado y liso y había un poste de la red eléctrica a menos de un metro de la pista y sin protección. Justo antes de la curva, había una señal

advirtiendo la curva y otra de reglamentación, indicando un límite de 30 km/h. Ambas se hallaban parcialmente cubiertas por la vegetación que crecía a lo largo de la carretera.

### **Las reglamentaciones y la Policía**

Las señales de reglamentación a lo largo de la pista indicaban un límite de velocidad de 40 km/h. No había policía en el área a la hora del accidente.

## **2.3 ¿Cuál fue la causa?**

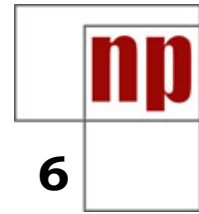
Para los testigos, la causa debía de haber sido el exceso de velocidad. Para los médicos, podría haber sido el hecho de que el conductor se hallara bajo la influencia del alcohol. Para el psicólogo, el bajo rendimiento del conductor se debía a un estado anormal de presión y tensión. Para el perito de automóviles, el mal funcionamiento de los frenos. Un cínico incluso podría culpar a los amigos del motorista por animarlo a que condujese bajo los efectos del alcohol.

Para el técnico de tránsito, podría haber sido la falta de peralte en combinación con el estado derrapante de la pista resultante del pavimento liso y de la lluvia. Además de esto, la presencia del poste en la proximidad de la pista sin protección debió agravar el resultado del accidente. La señalización no advirtió al conductor del peligro debido a la mala visibilidad de las señales.

Philip Anthony GOLD

## Cómo ocurren los accidentes y cómo evitarlos

(Cont.)



Probablemente todas estas interpretaciones sean acertadas. El accidente ocurrió como resultado de la existencia simultánea de todos esos factores contribuyentes. La eliminación de cualquiera de ellos podría haber reducido muy significativamente la probabilidad del accidente. Por ejemplo, en otra ocasión, el conductor del vehículo un hubiera estado tan tenso y nervioso, sus reacciones tal vez hubieran sido mejores si no hubiese bebido tanto. Así, podría haber visto las señales y disminuido la velocidad, o conseguido controlar mejor el vehículo, evitando el choque contra el poste, a pesar de los frenos mal ajustados, del peralte deficiente, de la mala ubicación del poste y de la lluvia.

Por otra parte, con frenos bien ajustados, el automóvil no hubiera ido a colisionar con el poste, incluso con un conductor alcoholizado y en presencia de los demás factores adversos. Con un peralte más adecuado quizás el vehículo no se hubiera salido de la pista.

Si la policía hubiese estado visible a lo largo de la carretera, el conductor quizás no hubiese llevado una velocidad tan alta o tal vez la policía le hubiera dado el alto antes de la curva.

*En los próximos números de **noticias periciales** continuaremos el desarrollo de los factores contribuyentes al accidente y la función de la ingeniería en su prevención*

### Tragedia entre dos bólidos

Al menos cuatro personas murieron, 41 resultaron heridas y 10 se encuentran en gravísimo estado (entre ellos dos niños) al chocar ayer dos colectivos en pleno centro. El impacto fue frontal. Ambos vehículos resultaron ser internos de la misma línea ... Poco antes de las 20, sobre la avenida y a metros de cruzar la calle ..., el interno A, repleto de pasajeros, cruzó al carril contrario e impactó rápidamente y de frente contra otro colectivo de la misma línea. Según testigos, el chofer "para esquivar un auto que estaba parado en la mitad de la calle, cruzó de mano" y chocó al otro colectiva a la altura del conductor. El impacto fue tan fuerte que la zona delantera de ambos vehículos quedó destrozada: parabrisas, chasis, primeros asientos y butaca del conductor formaron un sólo manajo de fierros.

*Estas notas resumen crónicas de los diarios de Buenos Aires del 3 y 4 de febrero de 2009.*

### La construcción de la tragedia

La cabecera de la línea de colectivos no cuenta con un lugar donde los choferes puedan cumplir el descanso reglamentario luego de cada recorrido; la "oficina" funciona en un viejo colectivo estacionado sobre la avenida y en su interior, para que los conductores puedan por lo menos orinar, han puesto un mingitorio que desagota directamente en el pavimento de la avenida. "Cuando sale una agüita por atrás del colectivo, es que alguien está meando", precisaron los choferes que, al sol bajo los 30 grados de la tarde esperaban el momento de empezar a trabajar.

Según testimonios de choferes y usuarios de la línea, el mecanismo que propicia hechos como el ocurrido se resume en:

- a) hay pocos vehículos en servicio, por falta de inversión;
- b) para compensarlo, se exige rapidez en los recorridos;
- c) por la escasez de unidades, hay que cargar muchos pasajeros y el coche se retrasa;
- d) el colectivo llega con retraso, que se recupera con menos descanso del chofer entre viajes;
- e) con poco descanso, el chofer pierde las condiciones psicofísicas necesarias; y para no perder minutos de descanso, circula a alta velocidad. "Cuando un chofer lleva diez minutos de atraso, va 'en el aire'" (a alta velocidad);.

Según los choferes, el estado de las unidades que conducen no es bueno: "No sé cómo los habilita la Verificación Técnica Vehicular ... tienen problemas de frenos, de dirección, no revisan el tren delantero, la suspensión. "Permanentemente se descomponen y la empresa dice que no hay repuestos."

Uno de los colectivos llevaba exceso de pasajeros porque los mismos habían trabado la puerta para entrar todos. La explicación: llevaban 40 minutos esperando.

## Las Fases del Accidente

[...] La consideración del término accidente, como hecho fortuito o azaroso, lleva a pensar en su inevitabilidad y a la aceptación resignada de su ocurrencia, cuando en realidad, en la mayoría de los casos, obedece a factores ligados a la conducta humana, con condiciones del vehículo y su entorno que pueden ser prevenidas y controladas.

El Dr. William Haddon, médico, epidemiólogo e ingeniero, pionero en seguridad vial y prevención de lesiones, cuando se hace cargo de la National Highway Traffic Safety Administration aborda el fenómeno desde la perspectiva de la salud pública. En 1980, propone una matriz bidimensional (Matriz de Haddon) que permite a los profesionales de la salud identificar, considerar y seleccionar las posibles estrategias de control y prevención de los accidentes de tránsito.

[...] Este esquema permite diseñar estrategias de intervención sobre las distintas variables, de forma que se puedan establecer, por ejemplo, antes del choque, medidas de prevención primaria sobre las variables humanas, orientadas a lograr las mejores condiciones de aptitud técnica y psicofísica del conductor para el otorgamiento y renovación de las licencias de conducir; todo esto apuntando, por un lado, a la formación, entrenamiento y experiencia de conductores, escuelas de manejo, técnicas de manejo defensivo, licencia por puntos, etc., y por otro lado, a la correcta evaluación psicofísica, con particular atención a las situaciones donde puedan encontrarse alterados los tiempos de reacción, como puede ocurrir en casos de déficit cognitivo (alteración de la atención, memoria, percepción, ideación), de un conductor anciano, de trastornos oftalmológicos (déficit de agudeza visual, visión monocular, daltonismo), del consumo de alcohol y otras drogas de abuso, de psicofármacos y polifarmacia, de EPOC, asma y otras disneas. [...]

FASES		FACTORES		
		Humano	Vehículos y equipo	Entorno
Antes del choque	Prevención de choques	Formación - Aptitud psicofísica - tiempos de percepción y de reacción	Sistemas de seguridad activa, estado y conservación de los componentes	Diseño y Trazado de la Vía. Límites de velocidad. Señalización
Choque	Prevención de traumatismos durante el choque	Utilización de los dispositivos de seguridad. Patologías (osteoporosis, anticoagulados)	Dispositivos de seguridad pasiva. Diseño protector. Contención de la carga	Elementos protectores (barandas de seguridad, terraplenes, pistas de arena)
Después del choque	Conservación de la vida	Primeros Auxilios. Acceso a atención médica	Facilidad de acceso. Integridad del sistema de combustible	Postes de SOS. Atención prehospitalaria

Jorge Bermúdez es médico especializado en Medicina Legal y Medicina del Trabajo. Es docente asociado de la cátedra de Medicina Legal y Deontología Médica, subdirector de la carrera de especialista en Medicina del Trabajo de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires, y profesor asociado de Criminalística y Medicina Forense de la Universidad Nacional de Lanús. El fragmento precedente ha sido extraído de la sección **Lesionología del trauma por hechos de tránsito** del libro **VIAS HUMANAS. Un enfoque multidisciplinario y humano de la seguridad vial** (Fondo Editorial PUCP, Lima 2008).

## *El Movimiento en el Plano*

El movimiento de un automóvil en el plano de coordenadas **X** e **Y** presenta una dificultad cualitativamente superior al que presenta el estudio del desplazamiento en una dirección. El número de variables se multiplica, y el número de ecuaciones que las relacionan crece en relación geométrica. En esas condiciones, la reconstrucción de movimientos curvos (trompos, derrapes, fuera de pista en curvas, etc.) se vuelve extremadamente compleja, al límite de que la mayoría de los problemas resultan técnicamente irresolubles.

Las metodologías aplicadas para analizar estos casos, tienden a ignorar el movimiento complejo de rotación y traslación e incluso desconocer la naturaleza de la trayectoria curva. Si la curvatura de la trayectoria resulta indiferente, el punto sin inercia no rota, y todo resulta –aparentemente– más sencillo.

La simplicidad incluye la negación de la realidad; y el desconocimiento de la cantidad y complejidad de los fenómenos involucrados, redundando en ignorancia: se ignora que la rotación del vehículo interactúa con la trayectoria curva, que resulta de radio variable. Los métodos basados en esta ignorancia, pasan por alto también los fenómenos que inician el movimiento de descontrol y los fenómenos transitorios asociados a ellos.

En un trabajo recientemente publicado, iniciamos una serie de reflexiones, deducciones e hipótesis, acerca de la complejidad de estos fenómenos, con el objeto central de favorecer su comprensión. Estamos convencidos que quien sabe de *qué se trata*, tiene a su disposición elementos de juicio potentes para decidir racionalmente hasta donde y hasta cuándo, un método de estimación simple es confiable.

El desarrollo examina de manera crítica los métodos clásicos como la estimación de *velocidad crítica* y del *coeficiente aparente* de fricción en el derrape, y expone los fundamentos de un sencillo modelo de estimación de velocidades de circulación en el inicio del derrape, y la magnitud de error que debe esperarse utilizando el mismo, intentando disminuir la brecha entre la herramienta y el concepto.

*El trabajo original* **INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DEL MOVIMIENTO EN EL PLANO**  
*Aplicaciones en la Investigación y Reconstrucción de hechos de Tránsito: el caso del derrape*  
fué presentado en el Consejo Profesional de Ingeniería Mecánica y Electricista de la ciudad de Buenos Aires, y el Colegio de Ingenieros Especialistas de la ciudad de Rosario en los meses de junio y julio de 2008.

Se puede acceder al texto completo en nuestro sitio web [www.perarg.com.ar](http://www.perarg.com.ar)  
dedicado a la difusión libre de las novedades relacionadas con la  
investigación forense y la seguridad vial.