

*Juan Carlos Dextre  
Martín Diego Pirota  
Carlos Tabasso  
Jorge Bermúdez  
Aníbal O. García*

# VÍAS HUMANAS

*Un enfoque multidisciplinario  
y humano de la seguridad vial*



**FONDO  
EDITORIAL**

PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ



# VÍAS HUMANAS

*Un enfoque multidisciplinario  
y humano de la seguridad vial*

Juan Carlos Dextre (Coordinador)  
Martín Diego Pirota  
Carlos Tabasso  
Jorge Bermúdez  
Aníbal O. García



**FONDO  
EDITORIAL**

PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

*Vías humanas. Un enfoque multidisciplinario y humano de la seguridad vial*  
Primera edición: setiembre de 2008

De esta edición:

© Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2008

Av. Universitaria 1801, Lima 32, Perú

Teléfono: (51 1) 626-2650

Fax: (51 1) 626-2913

[feditor@pucp.edu.pe](mailto:feditor@pucp.edu.pe)

[www.pucp.edu.pe/publicaciones](http://www.pucp.edu.pe/publicaciones)

Diseño y Diagramación: Wilbert Arturo Sierra Rivero

Caricaturas: Dennis Mark Torres Escuadra

Prohibida la reproducción parcial o total del texto y las características gráficas de este libro. Ningún párrafo de esta edición puede ser reproducido, copiado o transmitido sin autorización expresa de los editores.

Cualquier acto ilícito cometido contra los derechos de propiedad intelectual que corresponden a esta publicación será denunciado de acuerdo a D.L. 822 (Ley sobre el Derecho del Autor) y las leyes internacionales que protegen la propiedad intelectual.

Este libro es vendido bajo la condición de que por ningún motivo, sin mediar expresa autorización de los editores, será objeto de utilización económica alguna, como ser alquilado o revendido.

ISBN: 978-9972-42-865-4

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2008-12134

Impreso en el Perú – Printed in Peru



<b>1</b>	<b>Auditorías de seguridad vial</b>	
	Juan Carlos Dextre.....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Derecho Vial, responsabilidad civil y penal de los sujetos, y seguro de responsabilidad civil</b>	
	Martín Diego Pirota.....	<b>41</b>
<b>3</b>	<b>Alcohol y volante: alianza trágica</b>	
	Carlos Tabasso.....	<b>71</b>
<b>4</b>	<b>Lesionología del trauma por hechos de tránsito</b>	
	Jorge Bermúdez.....	<b>109</b>
<b>5</b>	<b>Investigación y reconstrucción de los siniestros en el tránsito</b>	
	Aníbal O. García.....	<b>149</b>

## INTRODUCCIÓN



Las lesiones y muertes causadas por el tránsito constituyen un problema de salud pública, una pandemia mundial que causa, cada año, la muerte de 1,2 millones de personas y deja hasta 50 millones de heridos (Organización Mundial de la Salud, 2004). Según Murray (1996), en el año 1990, los traumatismos causados por el tránsito constituían la novena causa de morbilidad y las proyecciones indican que, para el año 2020, ocuparán el tercer lugar. El costo mundial se estima en 518,000 millones de dólares anuales, lo cual representa aproximadamente para cada país el 1,5% del PBI.

El impacto social de los siniestros de tránsito no afecta a toda la población por igual, sino que son justamente los más pobres los que padecen sus consecuencias en mayor proporción. En el caso de que fallezcan las personas que sustentan la familia, los deudos quedan en la pobreza, los hijos dejan de estudiar, etc. También son los más pobres los que, luego de un accidente, no pueden asumir un largo proceso de rehabilitación y, en general, tienen menor acceso a la atención médica. Por otro lado, son los usuarios más vulnerables los que están más expuestos a perder la vida o a quedar con discapacidades (especialmente en las ciudades). Este grupo está compuesto por los peatones que, en su mayoría, son los que no tienen la posibilidad de comprarse un automóvil.

En el caso peruano, en el año 2006, fallecieron 3.481 personas, mientras que otras 46.832 resultaron heridas (Ministerio del Interior, 2007). La cifra de muertos puede ser mayor, teniendo en cuenta que internacionalmente se contabilizan a todas aquellas personas que mueren —producto de un accidente de tránsito— durante los 30 días después de ocurrido el mismo. Según la World Road Association (2003), se recomienda utilizar un factor de ajuste de 1,15 para aquellos países que no utilizan los 30 días, con lo cual en el año 2006 la cantidad de muertos por accidentes de tránsito en el Perú ascendería a la cifra de 4.003 personas.

En el caso argentino, en el año 2006, fallecieron 3.842 personas, en tanto que otras 108.548 resultaron heridas Registro Nacional de Antecedentes de Tránsito (ReNAT). Sin embargo, el ReNAT considera —siguiendo una recomendación de la Organización Mundial de la Salud— que el 33% de los heridos graves (de un total de 12.174) fallecen en el lapso de 30 días, con lo cual la cantidad de fallecidos para el año 2006 se eleva a la cifra de 7.859.

Cada año se repite el problema y, a pesar de la cantidad de muertos, de personas que quedan con alguna discapacidad y del costo económico, la sensibilidad de las autoridades y del público en general solo se manifiesta en los momentos en que se produce una racha de accidentes, que es percibida por todos como fuera de lo normal. Esto significa que, mientras no exista una cantidad excesiva de accidentes y muertos, las personas perciben que los accidentes de tránsito les ocurren a terceros.

Los países necesitan desarrollar estrategias y soluciones que sean las más convenientes para su realidad; sin embargo, también es importante reconocer los programas que

han desarrollado los países que han tenido éxito en la reducción de accidentes, como Suecia y Holanda, por ejemplo.

En el caso de Suecia, el trabajo sobre seguridad de tráfico se basa en la visión cero, lo cual significa que es inaceptable que cualquier persona muera o resulte afectada de por vida por un accidente de tráfico. Para lograr esto, se han establecido los siguientes principios:

- El sistema de tráfico se debe adaptar de la mejor manera a las necesidades, errores y vulnerabilidad de todos los usuarios.
- El diseño del sistema de transporte considera como principal parámetro el nivel de violencia que puede tolerar una persona para que no muera o quede seriamente herida.
- La velocidad vehicular es el factor de regulación más importante para tener vías seguras.
- Se debe determinar de manera técnica los estándares de las vías y los vehículos para no exceder el nivel de violencia que el cuerpo humano puede tolerar.

Holanda maneja el concepto de seguridad sostenible, mediante la cual todo el tráfico y el sistema de transporte debe ajustarse a las limitaciones y posibilidades de los usuarios de las vías. Su filosofía se resume en la expresión “prevenir es mejor que curar” y todo está dirigido a prevenir los accidentes. Además, si un accidente ocurriera, las consecuencias deberían mantenerse a un mínimo absoluto. La seguridad sostenible se basa en cinco principios básicos:

- **Funcionalidad**

Una red vial sostenible y segura tiene una funcionalidad basada en tres tipos de vías. En un extremo, están las vías principales caracterizadas por un importante volumen de circulación y por garantizar la conectividad entre varias zonas de la ciudad; en el otro extremo, están las vías locales o de acceso a las propiedades, donde es necesario priorizar la circulación peatonal y la de los ciclistas, y limitar la presencia de vehículos (pacificación del tráfico). El tercer tipo de vías sirve para dar un buen acoplamiento entre los dos tipos extremos.

- **Homogeneidad**

La seguridad sostenible tiene como objetivo la homogeneidad en masa, velocidad y dirección. Esto significa que los vehículos con diferencias significativas en masa, velocidad y sentido de circulación se deben separar físicamente uno de otro. Por ejemplo, los coches y los usuarios vulnerables que comparten una misma vía son incompatibles, así como también lo son los camiones con otros vehículos, o los vehículos a motor que conducen en sentidos opuestos. Los conflictos entre estos tipos del vehículo tendrán —casi de modo inevitable— consecuencias severas. Esta clase de conflictos se pueden evitar teniendo infraestructuras o carreteras de doble calzada separadas. Cuando la separación física no es posible, por ejemplo en las intersecciones a nivel, la velocidad debe ser reducida. Debe ser tan baja que todos los conflictos posibles terminen con seguridad, es decir, sin ninguna consecuencia severa.

- **Previsibilidad**

Los usuarios deben saber qué comportamiento de manejo se espera de ellos y qué pueden esperar ellos de los demás. Además, los usuarios deben reconocer el tipo de vía y ajustar su manejo (velocidad, nivel de atención, etc.) a estas características.

- **Indulgencia**

El diseño de las vías debe ser tal que cualquier choque debe terminar lo mejor posible. Un vehículo que se sale del camino no debe golpear ningún obstáculo u objeto fijo, porque esto ocasionaría una lesión severa. El vehículo por sí mismo debe proporcionar protección a sus ocupantes y al vehículo o persona con la que colisiona. También tiene un sentido social; es decir, los conductores más experimentados deben anticiparse al error de los menos experimentados. Esto previene errores cometidos por un inexperto “que es castigado” con una colisión.

- **Autoconocimiento**

El autoconocimiento se refiere a la capacidad o posibilidad del conductor para estimar correctamente su propia aptitud para conducir. Esto significa que él debe saber qué habilidades posee y si son suficientes para conducir con seguridad. También debe saber si está, temporalmente, imposibilitado para conducir debido al alcohol, la tensión o la fatiga.

Algunos países sudamericanos están tratando, sin éxito, de disminuir los siniestros de tránsito y, por lo general, esto se debe a que falta alguno de los seis componentes que son necesarios, según la World Road Association, los cuales son:

- o Una estructura organizacional para coordinar y optimizar los esfuerzos dirigidos a mejorar la seguridad vial (consejo nacional de seguridad vial, comités regionales, provinciales y locales, policía de tránsito, sector privado y grupos interesados en la seguridad vial).

- o Un sistema integrado de datos que permita responder las siguientes preguntas: ¿dónde ocurren los accidentes?, ¿cuándo?, ¿quiénes están involucrados?, ¿cuáles son las consecuencias? Este componente es uno de los más débiles en algunos países, entre los cuales está el Perú, y requiere de una decisión política para superarlo.

- o Un soporte político y social que garantice que la seguridad vial se convierta en una política de Estado.

- o Financiamiento, es decir, el gobierno debe invertir una cantidad importante de dinero en la implementación de iniciativas de seguridad vial. Este es uno de los principales obstáculos, dado que invertir en prevención no da resultados tangibles, pues el beneficio es “la persona que no murió”, “la persona que no quedó inválida”, “la familia que no quedó en la pobreza”, etc.

- o Especialización técnica e investigación, lo que significa que las personas que definen las políticas de seguridad vial a nivel nacional deben conocer si es que hay suficientes especialistas en el tema (ingenieros, médicos, abogados, técnicos,

policías, instructores, etc.). Adicionalmente, es necesario apoyar la investigación en temas de seguridad vial, debido a que es la única manera de conocer los problemas locales y lo que permitiría adaptar las soluciones (de los países más avanzados) a nuestro entorno.

o Monitoreo y evaluación, lo que implica que, para poder conocer la efectividad de las medidas implementadas, es necesario establecer indicadores que puedan ser medidos a lo largo del tiempo. Esto permite ajustar aquellas medidas que no están dando resultados positivos y reproducir, en otros lugares, aquellas que están teniendo éxito.

Considerando, por un lado, que la mejor manera de obtener resultados positivos en materia preventiva es una intervención multidisciplinaria y, por otro lado, que los países sudamericanos tienen —en mayor o menor medida— problemas similares, un grupo de profesionales nos hemos animado a escribir esta publicación: *Vías Humanas. Un enfoque multidisciplinario y humano de la seguridad vial*, que está dirigida a un grupo amplio de personas y entidades, razón por la cual se ha tratado —en la medida de lo posible— de manejar un lenguaje asequible a cualquier persona.

El ingeniero Juan Carlos Dextre desarrolla el tema de las auditorías de seguridad vial como herramienta para la prevención de siniestros utilizada con éxito en muchos países.

El doctor Martín Pirota desarrolla los temas de derecho vial, responsabilidad civil y penal, así como el tema del seguro de responsabilidad civil. Con estos contenidos, se pretende mejorar las normativas, de tal manera que los involucrados en un siniestro puedan ser atendidos oportunamente y, al mismo tiempo, puedan reclamar —de ser pertinente— una reparación por los daños causados.

El doctor Carlos Tabasso es autor del artículo “Alcohol y volante: una alianza trágica”, que permite entender este problema que, en muchos países, es la causa de muchos siniestros de tránsito.

El doctor Jorge Bermúdez, autor de “Lesionología del trauma por hechos de tránsito”, pone énfasis en la necesidad de capacitar a los médicos para que realicen una tarea de prevención, en lugar de intervenir únicamente en la etapa de post colisión.

El ingeniero Aníbal García se ocupa de la investigación y reconstrucción de los siniestros en el tránsito, tarea en la que se interrelaciona la labor a la que se dedican los ingenieros forenses que asisten a los jueces en calidad de peritos expertos, con la división de investigación de accidentes de tránsito de la policía (en algunos países), que interviene en el caso de accidentes severos (donde muere o resulta severamente lesionado, al menos, uno de los involucrados).

Esperamos que esta publicación sea un estímulo para que más profesionales de las distintas disciplinas (psicólogos, estadísticos, médicos, ingenieros, abogados, sociólogos, etc.) trabajen en temas de seguridad vial, reconociendo, de esta manera, que la seguridad vial es una tarea de todos.

**Juan Carlos Dextre**

*Coordinador de la publicación*

## Referencias:

Ministerio del Interior, División de Estadística de la Policía Nacional del Perú (2007). Lima.

Murray (1996). *The global burden of disease: a comprehensive assessment of mortality from diseases, injuries, and risk factors in 1990 to 2020*. Boston.

Organización Mundial de la Salud (2004). *Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito*. Ginebra.

World Road Association (2003). *Road Safety Manual*. París.

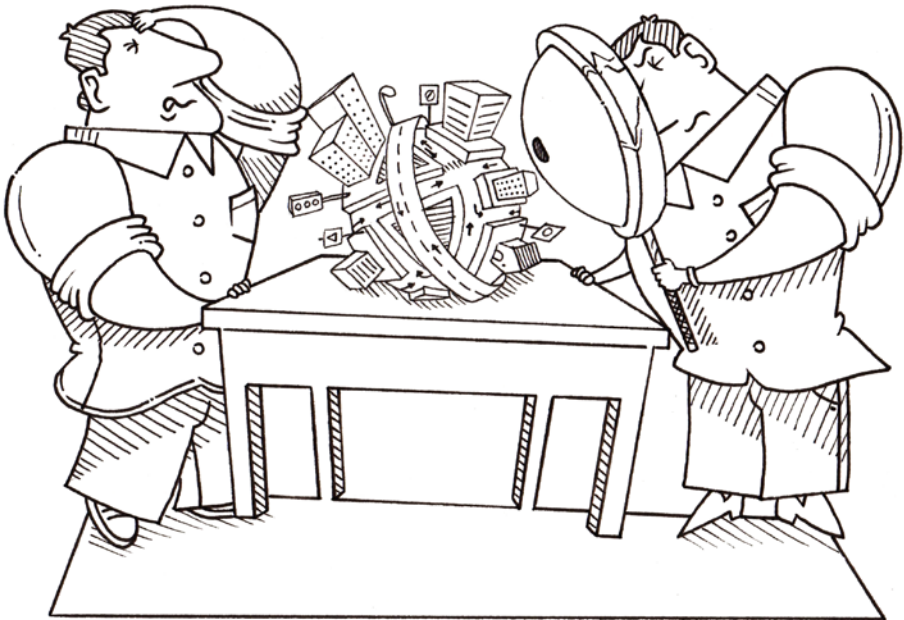




1

# Auditorías de seguridad vial

Juan Carlos Dextre Quijandría



## JUAN CARLOS DEXTRE QUIJANDRÍA



Peruano. Estudió Ingeniería Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú y realizó una maestría en Transporte en la Universidad de Londres (Inglaterra). Además, ha realizado estudios de posgrado en Urbanismo, Infraestructura y Gestión de la Movilidad en la Universidad Oberta de Cataluña y actualmente se encuentra realizando un doctorado en Geografía en la Universidad Autónoma de Barcelona (España).

Es profesor asociado del Departamento de Ingeniería, coordinador de la sección de Ingeniería Civil, coordinador de área de Transporte y editor de Boletín de Seguridad Vial en la Pontificia Universidad Católica del Perú. En el año 2007 publicó *El lenguaje vial, el lenguaje de la vida* (coautor) y en el 2003, *Facilidades para peatones*, ambas publicaciones del Fondo Editorial de la PUCP, con el auspicio del British Council. Ha dado conferencias en congresos internacionales en el Perú, Colombia, Bolivia, Ecuador, Chile, Argentina, Cuba, Costa Rica, México, España y Dinamarca. Además, ha impulsado, dentro y fuera del país, la adecuación urbanística a favor de las personas con discapacidad.

Ha sido asesor del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú en la Dirección de Normatividad Vial, es miembro de la International Road Safety (PRI), del Institute of Transportation Engineers (ITE), presidente de ITS Perú, becario de la Fundación Carolina y ex becario del British Council.

[jdextre@pucp.edu.pe](mailto:jdextre@pucp.edu.pe) – <http://blog.pucp.edu.pe/transportes>

+ Definición de las auditorías de seguridad vial (ASV)	16
+ Breve historia y desarrollo de las auditorías de seguridad vial	19
+ Ventajas de realizar una auditoría de seguridad vial	20
+ El equipo auditor	22
+ Etapas de una auditoría de seguridad vial	26
+ Procedimiento para realizar una auditoría de seguridad vial	30
+ Rentabilidad de las auditorías de seguridad vial	31
+ Listas de chequeo	32

## DEFINICIÓN DE LAS AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL (ASV)

AUSTROADS (Road Safety Audit, 2002) define una **Auditoría de Seguridad Vial** como: “un proceso **formal** de evaluación de un proyecto vial, o de tránsito, existente o futuro, o de cualquier proyecto que tenga influencia sobre una vía, en donde un **equipo de profesionales calificado** e independiente informa sobre el riesgo de ocurrencia de accidentes y del comportamiento del proyecto desde la perspectiva de la seguridad vial”.

Se le denomina proceso **formal** debido a que es solicitado por la autoridad competente. En algunos casos, puede ser el Ministerio de Transportes, si la vía es parte de la red nacional; en otros, puede ser el gobierno regional o el gobierno local según corresponda. Si el proceso no es solicitado por la autoridad competente, podría ser denominada **inspección de seguridad vial**; sin embargo, por no ser un proceso formal, no debe ser considerada como una auditoría de seguridad vial.

La auditoría de seguridad vial debe ser realizada por un equipo de profesionales **independientes** que no deben estar involucrados en el diseño y planificación del proyecto; en caso contrario, podrían estar influidos por intereses particulares. Los profesionales que integran el equipo deben tener formación y experiencia en diseño vial, seguridad vial y gestión de tránsito; también es importante que algún miembro del equipo esté familiarizado con el diseño de facilidades para usuarios vulnerables (peatones, ciclistas, niños, ancianos y personas con discapacidad).

16



La auditoría de seguridad vial **no pretende** verificar que los diseñadores hayan cumplido con las normas de diseño; sin embargo, se espera que estos hayan realizado este proceso de manera independiente. Es importante tener en cuenta lo anterior, dado que el cumplimiento de las normas de diseño no garantiza la seguridad. A continuación, se presentan dos ejemplos que ilustran cómo es que la seguridad no se garantiza con el cumplimiento de los reglamentos.

Las normas obligan a considerar un radio mínimo para las curvas horizontales de una carretera, cuyo valor está en función de la velocidad de diseño de la vía y relacionado por la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V^2}{127 (p + f)}$$

Donde: R es el radio mínimo de la curva para circular con seguridad a la velocidad de diseño (V)  
V es la velocidad de diseño de la vía  
p es el peralte de la vía  
f es la fricción entre los neumáticos y el pavimento

Por lo tanto, si la norma indica que el radio debe tener como mínimo 250 metros, los diseñadores pueden utilizar 300, 500 ó 700 metros (en la práctica, cualquier radio mayor de 250 metros). Si a lo largo de la vía se han diseñado tres curvas horizontales consecutivas con radios de 700 metros y la cuarta curva (por problemas del relieve del terreno) solo tiene 250 metros, se estaría cumpliendo con la norma, pero, abriendo la posibilidad de que ocurran lamentables accidentes.

Un conductor no habitual de esta ruta podría circular con exceso de velocidad en las tres primeras curvas y, al entrar confiado a la cuarta curva, podría terminar saliéndose de la vía; es decir, se produciría un siniestro. En este ejemplo, también se puede observar que la señalización no indicará curva peligrosa, dado que este mensaje se coloca cuando el radio de la curva impide circular a la velocidad de diseño y, por lo tanto, es necesario disminuir la velocidad, lo que no ocurre en este caso, pues el radio es el adecuado para circular a la velocidad de diseño de la vía.

En el ejemplo anterior, la seguridad de la carretera está relacionada con la posibilidad de contar con una curva horizontal que tenga un radio suficiente para poder circular a la velocidad de diseño y se mantenga cierta coherencia a lo largo de la vía, lo cual evita la sorpresa del conductor. Sin embargo, en las zonas urbanas, podría ser necesario restringir al máximo la velocidad de los vehículos, con lo cual la fórmula anterior deja de tener utilidad y hay que diseñar pensando en el radio de giro que necesitan los vehículos para girar a baja velocidad y hacer compatible el espacio con la circulación de peatones y ciclistas.



**Figura 1:** Ejemplo de cómo se puede reducir el radio de giro para disminuir la velocidad de los conductores y mejorar la circulación de peatones y ciclistas.



**Figura 2:** Reducción del radio de giro en una vía del centro de Londres (Trafalgar Square) para disminuir la velocidad de los vehículos y proteger la circulación de peatones y ciclistas.

Una auditoría de seguridad vial **tampoco es** una metodología para comparar distintos proyectos o para seleccionar entre proyectos alternativos. Es decir, la auditoría se realiza sobre una alternativa que ya ha sido seleccionada y que puede estar en cualquiera de sus etapas (factibilidad, diseño preliminar, diseño de detalle, construcción, pre-apertura o post-apertura).

Existe **otra metodología complementaria** a las auditorías de seguridad vial, a las cuales se les denomina *traffic impact assessment* o evaluación del impacto del tráfico (European Transport Safety Council, 1997). En este caso, la metodología permite comparar varios escenarios o proyectos para determinar la influencia que tendrían sobre la red vial y su relación con la seguridad vial. Por ejemplo, se sabe que, al aumentar la infraestructura para autos, se estimula la aparición de más autos. En algunas ciudades, donde se apostó por el modelo basado en el auto particular, y se construyeron muchas autopistas y viaductos sin conseguir una mejora sostenible de la movilidad de las personas en la ciudad, ahora están apostando por recuperar la ciudad y combatir la congestión, contaminación y accidentes mediante la demolición de la infraestructura destinada para los vehículos particulares. Este es el caso de Seúl, en donde durante la década de los setentas, consideraron un símbolo de progreso la construcción de una autopista encima del río Cheonggyecheon; paradójicamente, en el año 2000, se consideraba a esta zona la parte más congestionada y ruidosa de Seúl (Preservation Institute, 2007).

18



**Figura 3:** A la izquierda el viaducto encima del Río Chenoggye en el centro de Seúl; a la derecha el Río Cheonggyecheon recuperado.

Fuente: Preservation Institute [<http://www.preservenet.com/freeways/FreewaysCheonggye.html>]

En la campaña para la alcaldía del año 2001, el candidato Lee Myung-bak prometió —de ser electo— demoler la autopista y recuperar el río Cheonggyecheon, cosa que cumplió, por lo cual se le puso el sobrenombre de “Mr. Bulldozer”. Existe infinidad de ejemplos que muestran que, al aumentar la infraestructura vial, aparecen más coches; sin embargo, el caso de Seúl es uno de los pocos que muestran que, al disminuir la infraestructura vial, desaparecen los coches, lo que algunos autores denominan *traffic evaporation* (European Commission, 2004).

En resumen, podemos concluir que una auditoría permite que un proyecto (que ya ha sido seleccionado) funcione de la manera más segura y que todos los usuarios sean considerados en el diseño; sin embargo, es posible que el proyecto seleccionado no sea lo mejor para la ciudad.

## BREVE HISTORIA Y DESARROLLO DE LAS AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL

Las auditorías de seguridad vial nacen como una herramienta para la prevención de los accidentes, porque se reconoce que “prevenir es mejor que remediar”. Es decir, en lugar de investigar y evaluar los puntos negros (zonas o puntos con concentración de siniestros) para luego proponer medidas que permitan reducir su cantidad o severidad, la ASV se utiliza para identificar y corregir las deficiencias de los proyectos antes de que ocurran los siniestros.

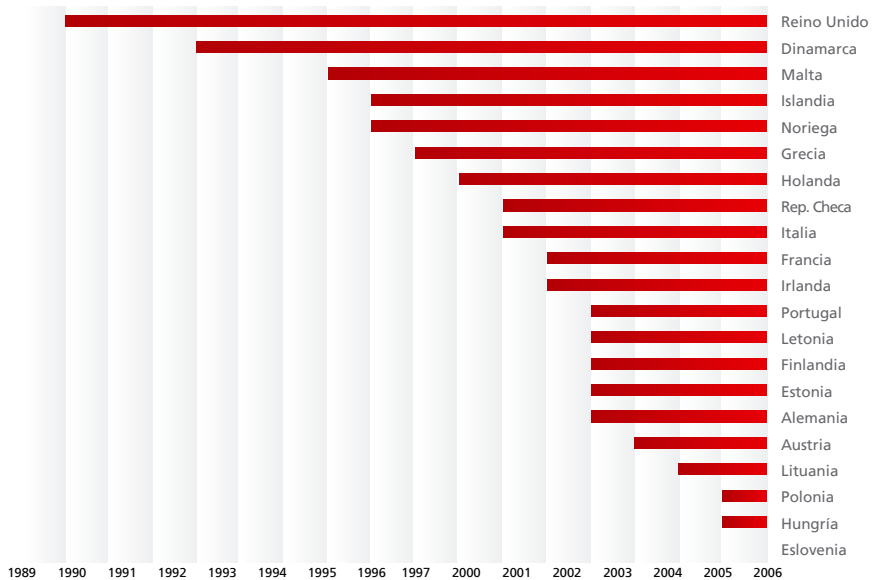
Según Steve Proctor (2003), las auditorías de seguridad vial fueron desarrolladas en los inicios de los ochenta, por ingenieros de tráfico británicos, con la idea de verificar la seguridad de nuevas carreteras. Sin embargo, este concepto ha existido en Gran Bretaña desde 1830 y era utilizado para verificar la seguridad de su red ferroviaria.

El desarrollo de las auditorías en el Reino Unido se inicia con el Road Traffic Act 1988, que constituye la legislación base para implementar las auditorías de seguridad vial. Es en 1990 que se incluyen a las auditorías de seguridad vial en el Manual de diseño de caminos y puentes, donde se indica la obligatoriedad de realizar una ASV a los caminos principales y autopistas desde 1991 para adelante.

Procedimientos y políticas similares se fueron introduciendo en otros países. En el caso de Australia y Nueva Zelanda, se inician en 1990, con la ayuda de ingenieros de seguridad vial del Reino Unido. Se redactaron las primeras directrices en 1993, en el caso de Nueva Zelanda, y en 1994, en Australia, por Austroads, que luego han sido revisadas y publicadas en una segunda edición en el año 2002.

En 1996, Estados Unidos se interesa por el tema de las auditorías y la FHWA patrocina un viaje del personal del Departamento de Transporte (DOTs) a Nueva Zelanda y Australia, con la finalidad de realizar un proyecto piloto, el cual se realiza en 1997 con la asistencia de trece estados y dos administraciones locales. Según el estudio realizado por Wilson y Lipinski (2004), los estados que han implementado las auditorías de seguridad vial son Pennsylvania, South Dakota, Michigan, New York, South Carolina, Alabama, Massachussets, Kentucky, Lousiana y Iowa.

Muchos otros países han iniciado el proceso de implementar las auditorías de seguridad vial; en algunos, ya se han elaborado guías para realizar una auditoría de seguridad vial, como es el caso de Chile, en el 2002. En la Gráfico N° 01 (Pardillo, 2006) se muestran los países europeos (y los años) que iniciaron el proceso de implementación de la ASV.



**Gráfico 01:** Países europeos y años en que han iniciado su proceso de auditorías de seguridad vial (Pardillo, 2006).

## VENTAJAS DE REALIZAR UNA AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL

Las auditorías de seguridad vial constituyen una herramienta para la prevención de accidentes o para reducir la severidad cuando estos ocurren. Por lo tanto, las ventajas de realizar una auditoría de seguridad vial son múltiples, como se verá a continuación:

✓ Reduce la probabilidad de siniestros en las vías auditadas; es decir, se reduce la frecuencia con que estos ocurren (Fig. 04).

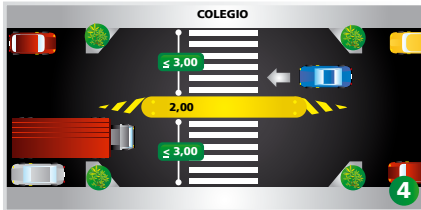
✓ Reduce la severidad de los siniestros. Teniendo en cuenta que es posible reducir la frecuencia de los siniestros, pero no eliminarlos del todo, se busca que, cuando estos ocurran, no causen la muerte o la invalidez permanente (Fig. 05).

✓ Se tiene en cuenta la seguridad de cada tipo de usuario: automovilistas, peatones, ciclistas, niños, ancianos y personas con discapacidad (Fig. 06).

✓ Se reduce el costo total —durante la vida útil del proyecto— para la comunidad, incluyendo el costo de los siniestros, las interrupciones del tráfico, los daños materiales y, lo más importante, se reduce la pérdida de vidas humanas o la gravedad de sus lesiones (Fig. 07).

✓ Se reduce la necesidad de realizar trabajos correctivos, lo cual es más importante en el caso de infraestructura que, por su naturaleza, es casi imposible de corregir o resulta muy costoso para la comunidad (Fig. 08).

✓ Desarrolla entre los ingenieros —involucrados en la planificación, diseño, construcción y operación del proyecto— el principio de prevención, antes que el de corrección (Fig. 09).



**Figura 4:** La reducción de la calzada y el diseño de un refugio peatonal pueden mejorar la seguridad de los escolares.

**Figura 5:** El terminal de un guardavía puede causar más daño o disminuir el mismo, lo cual dependerá de su diseño.

Fuente: Diario "La Nación", 26 de octubre del 2005 - Costa Rica (tomado de Picado J. y Rodríguez M.).

**Figura 6:** El diseño considera a los autos, ciclistas, peatones y personas con discapacidad.

**Figura 7:** Se pueden reducir los costos por daños materiales y humanos. Fuente: Norvial

**Figura 8:** La corrección de la "curva de la muerte" en la vía expresa de Javier Prado (Lima - Perú) fue muy costosa para la ciudad.

**Figura 9:** Ingenieros discutiendo las facilidades que deben tener todos los usuarios de la vía, especialmente los más vulnerables.

## EL EQUIPO AUDITOR

El equipo auditor puede estar conformado por un número variable, dependiendo de la complejidad y magnitud del proyecto, entre 2 y 5 personas. Estos profesionales deberán tener formación y experiencia en el diseño de vías urbanas y rurales, en seguridad vial, en investigación y prevención de accidentes y en ingeniería de tránsito. Es importante, además, que uno de los profesionales esté familiarizado con el diseño de facilidades para usuarios vulnerables (peatones, ciclistas, niños, ancianos y personas con discapacidad).

Los auditores no deben haber estado involucrados en la planificación, diseño y construcción del proyecto, debido a que es necesario que mantengan su independencia y, de esta manera, asegurar su objetividad.

El tipo de experiencia que debe tener el equipo auditor varía dependiendo del tipo, complejidad y etapa del proyecto. Por ejemplo, en el caso de la ciudad de Mala (un pequeño pueblo al sur de la ciudad de Lima), la carretera Panamericana Sur atravesaba el centro del poblado, por lo cual las autoridades decidieron diseñar una variante, que, al evitar el tráfico de paso, reduce la probabilidad de un siniestro. En la figura 10, se muestra una variante que pasa por las afueras del poblado, que es muy similar al caso de la ciudad de Mala.



**Figura 10:** Variante para evitar el flujo de paso por la ciudad.

Fuente: ROSEBUD, 2006

En este tipo de proyectos es importante la participación de un especialista en planificación territorial que pueda evaluar el efecto socio-económico y su relación con la nueva vía que se está proyectando. Por ejemplo, en el caso de Mala, se trata de un pueblo que se dedica fundamentalmente a la agricultura (cultivan naranjas, plátanos, manzanas, higos) y a la cría de cerdos. La antigua carretera que pasaba por el pueblo tenía una gran afluencia de autos y buses interprovinciales. El pueblo era una parada natural para consumir alimentos (chicharrones y tamales) y comprar fruta; adicionalmente, mu-

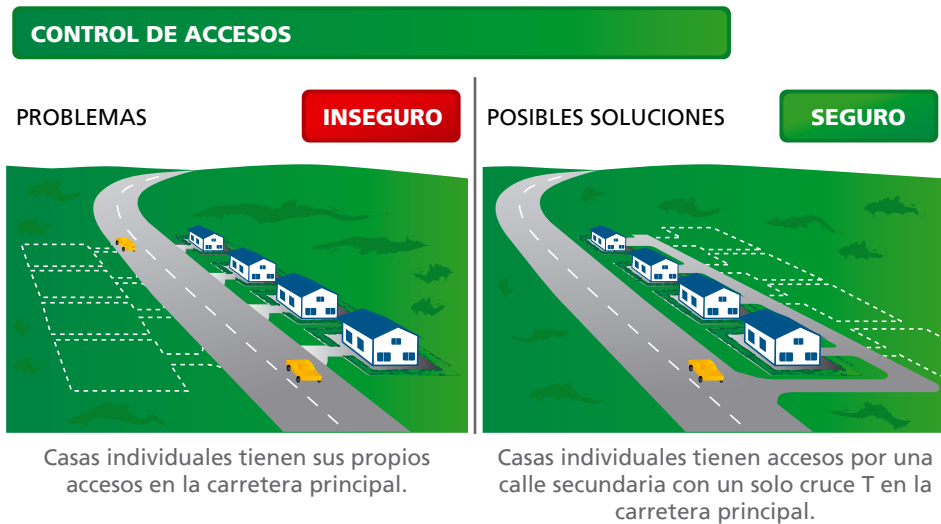
chas personas vendían golosinas, gaseosas, helados. Todas estas actividades desaparecieron del pueblo al construir la variante, por lo cual era de esperarse que estas actividades se trasladarían a la nueva vía, de manera desordenada, en caso de que el diseño no tenga en cuenta estas actividades, o de manera organizada, si es que el proyecto las ha tenido en cuenta.

Lamentablemente, el proyecto no las consideró y en uno de los extremo de la variante (el lado más cercano al pueblo) han surgido rápidamente una serie de negocios de venta de comida, de frutas y de artesanía, que, por falta de planificación, se ubican frente a la autopista, tal como se muestra en las figuras 11 y 12, lo cual aumenta el riesgo de ocurrencia de un siniestro.



**Figuras 11 y 12:** Negocios que estaban en la ciudad se mudaron a lo largo de la autopista (variante).

Si se hubiera auditado esta variante, el especialista en planificación territorial hubiera considerado la necesidad de organizar la zona de comercio, creando un carril de deceleración y una vía de ingreso que conecte con otra vía auxiliar con frente a los negocios, eliminando de esta manera la conexión directa de estos con la autopista, tal como lo recomienda el TRL (1991) en la figura 13.



**Figura13:** Las viviendas tienen frente a una vía auxiliar (en el caso del ejemplo, además sería necesario un carril de deceleración, teniendo en cuenta que se trata de una autopista de 100 km/h de velocidad máxima). Fuente: *Modificada a partir de TRL 1991. Towards Safer Roads in Developing Countries. A Guide for Planners and Engineers.*

Si la auditoría se realiza sobre una vía urbana en funcionamiento, es necesario que el equipo auditor tenga experiencia en la gestión de la movilidad del peatón, del ciclista, del transporte público, de las personas con discapacidad, así como en señalización, semáforos, iluminación, etc. Por ejemplo, en la intersección entre la Av. Bolívar y la Av. Universitaria (en la ciudad de Lima) se pueden identificar una serie de problemas de seguridad en las que están involucrados peatones, ciclistas, personas con discapacidad, usuarios del transporte público y también automovilistas.

Los problemas son los siguientes:

La ubicación y cantidad de semáforos que regulan la intersección no es la adecuada: para el acceso de la Av. Universitaria (de norte a sur), solo existe un semáforo ubicado en la mediana de la avenida. Cuando este semáforo está en rojo, los conductores (también la policía de tránsito) creen que solo es válido para detener a los vehículos que necesitan girar a la izquierda hacia la Av. Bolívar; por lo tanto, los vehículos continúan circulando y los **peatones** nunca pueden cruzar por el paso de cebra que se muestra en la figura 14. Por otro lado, al no detenerse antes del cruce peatonal, los vehículos que necesitan girar a la izquierda lo hacen encima del paso para **ciclistas**, obligándolos a invadir la calzada, si es que quieren continuar, tal como se muestra en la figura 15. También se puede observar que las rampas para **personas con discapacidad** no tienen continuidad, están mal orientadas o simplemente no existen, con lo cual la movilidad de las personas en silla de ruedas o el de personas ancianas es limitada o nula. En la figura 16, se muestra la falta de rampas y de una superficie adecuada para la circulación peatonal. La visibilidad de la mediana en las noches es bastante baja, razón por la cual el sardinel es constantemente reparado (luego de que un vehículo pasa por encima) y nuevamente es destruido por los **vehículos** que montan sobre el mismo; en la figura 17, se muestra el problema. Otro inconveniente es la mala ubicación de publicidad, que disminuye la visibilidad de los peatones y conductores, lo que aumenta el riesgo de siniestros, tal como se muestra en la figura 18.

24



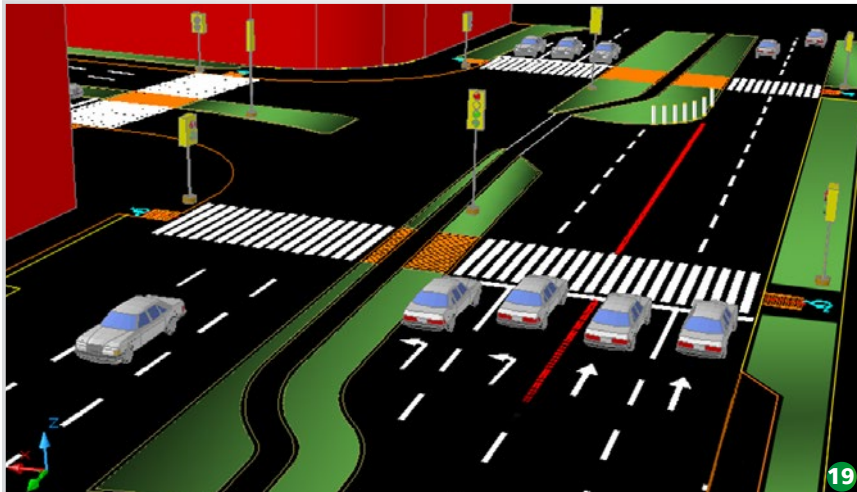
14



15

**Figura 14:** Ubicación de semáforo confunde a los usuarios y termina perjudicando a los más vulnerables.

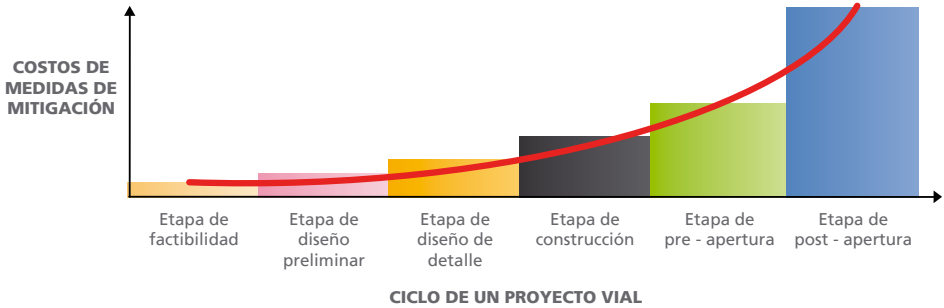
**Figura 15:** Mala ubicación del semáforo origina que los conductores esperen el verde encima del paso para ciclistas.



**Figura 16:** Rampa solo en uno de los extremos; el cruce por el jardín es inadecuado.  
**Figura 17:** La escasa visibilidad nocturna origina que los vehículos pasen por encima del sardinel, comprometiendo la seguridad de los peatones y de los mismos conductores.  
**Figura 18:** El cartel publicitario reduce el ancho del cruce peatonal y restringe la visibilidad de los peatones y conductores.  
**Figura 19:** Propuesta de rediseño en intersección Av. Universitaria con Av. Bolívar (Distrito de San Miguel, Lima - Perú) Fuente: Cáceres et. al (2008)

## ETAPAS DE UNA AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL

Las auditorías de seguridad vial se pueden realizar en cualquiera de las etapas de un proyecto: factibilidad, diseño preliminar, diseño de detalle, construcción, pre-apertura y post-apertura. El costo necesario para ejecutar las medidas de mitigación aumenta rápidamente en la medida en que más tarde se realice la ASV, tal como se muestra esquemáticamente en la figura 19.

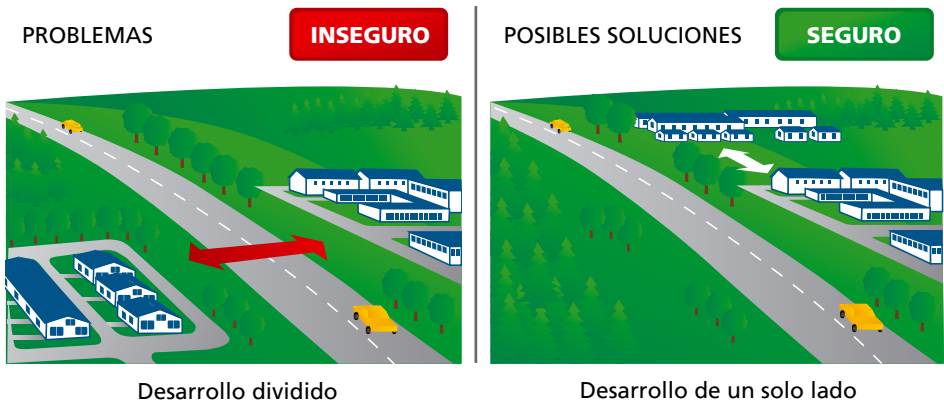


**Figura 19:** Costos de las medidas de mitigación según la etapa del proyecto.

26

**a) Etapa de factibilidad.-** Para el caso de vías nuevas o el diseño de variantes (como el caso de la ciudad de Mala), la ASV puede ser de mucha utilidad para determinar la mejor ruta y para planificar el uso del suelo en los alrededores de la nueva vía. Considerando que la construcción de infraestructura vial incentiva el desarrollo urbano, es importante tener en cuenta que la falta de planificación puede originar que, en la nueva vía, se construyan viviendas o negocios con acceso directo a la misma, lo cual significaría la aparición del mismo problema de seguridad que se ha tratado de eliminar con

### USO DE TIERRAS PLANIFICADAS Y URBANIZADAS



**Figura 20:** El desarrollo urbano a un solo lado de la vía reduce la necesidad de cruzar de un lado a otro.

la construcción de la variante. También es importante señalar que, de preferencia, el desarrollo se planifique a un solo lado; de esta manera, se minimiza el flujo peatonal y vehicular que necesita cruzar la vía.

**b) Etapa de diseño preliminar.-** Teniendo en cuenta que en esta etapa ya se cuenta con la información del proyecto, se puede evaluar, desde el punto de vista de la seguridad, el alineamiento horizontal, vertical, las intersecciones, accesos, etc. En algunos casos, como el alineamiento horizontal, vertical y accesos, el usuario que está más implicado es el conductor de un automotor, debido a que cualquiera de los elementos mencionados influye directamente en su seguridad mientras circula a lo largo de una carretera.

En el caso de una intersección urbana, será necesario tener mucho cuidado con las facilidades que debe tener el peatón, el ciclista, las personas con discapacidad y los usuarios del transporte público; el conductor de un vehículo privado es tomado en cuenta, pero sin que constituya el factor fundamental.

En la figura 21 se muestra un alineamiento vertical peligroso; en la figura 22 se aprecia este tipo de alineamiento en la carretera Panamericana Sur en la ciudad de Ica; en la figura 23 se muestra la poca importancia que tiene el peatón y, en especial, las personas con discapacidad, en el diseño de los cruces peatonales.

**c) Etapa de diseño de detalle.-** Se trabaja con los planos del proyecto y es el momento en el cual se puede examinar la señalización horizontal y vertical, las facilidades para peatones, ciclistas y personas con discapacidad, así como la iluminación y otros detalles del proyecto que tengan relevancia con la seguridad. En la figura 24 se muestra el diseño de “orejas” que reducen el ancho que deben cruzar los peatones, así como un cruce peatonal elevado con una textura diferente para indicarle al conductor que está ingresando a una zona 30 (velocidad máxima 30 km/h). En la figura 25 se puede observar que es posible segregar el cruce de los ciclistas con el de los peatones, pero estos pueden compartir la señal del semáforo.

**d) Etapa de construcción.-** Por lo general, en esta fase, será necesario contar con un plan de desvíos que tenga en cuenta no solo a los automotores, sino que deberá contemplar las rutas peatonales y la de los ciclistas, de tal manera que se minimice el riesgo de accidentes. Es importante la colocación de las señales transitorias que permitan alertar a los usuarios sobre las obras que se están realizando y también para guiarlos por las rutas alternas. En la figura 26, se muestra la ampliación de la Av. Arenales, en Lima, donde se aprecia que no se ha considerado la circulación de los peatones.

**e) Etapa de pre-apertura.-** Antes de poner en servicio el proyecto es necesario que el equipo auditor realice una inspección de la obra concluida y verifique que las necesidades de seguridad de todos los usuarios (peatones, ciclistas, personas con discapacidad, usuarios del transporte público y automotores) son satisfactorias. Dependiendo del tipo de proyecto, el equipo auditor deberá recorrer la vía a pie, en bicicleta o en automóvil, tanto de día como de noche, de tal manera que se identifique los riesgos que hubieran podido pasar desapercibidos o que han surgido por la modificación del proyecto en la etapa constructiva.

f) **Etapa de post-apertura.**- Una vez que el proyecto está funcionando, se debe realizar una evaluación de su operación con la finalidad de identificar posibles problemas de seguridad para, de ser necesario, tomar las medidas correctivas.



**Figura 21:** Alineamiento vertical inadecuado.

**Figura 22:** Alineamiento vertical inadecuado en la Panamericana Sur, Ica.

**Figura 23:** Cruce peatonal sin rampas, poste en medio del cruce y bancas que disminuyen el ancho efectivo del cruce.

**Figura 24:** Diseño urbano para reducir la velocidad de los vehículos y mejorar la seguridad de peatones y ciclistas.



**Figura 25:** Segregación del cruce de ciclistas y el de peatones.  
**Figura 26:** Las obras de ampliación de la Av. Arenales no consideraron las necesidades de circulación peatonal.  
**Figura 27:** Inspección del proyecto.  
**Figura 28:** Inspección del proyecto durante la operación.

## PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UNA AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL

Dependiendo del tipo de proyecto que será auditado, los involucrados en el proceso pueden ser distintos: el cliente o mandante, el proyectista o diseñador, el constructor, el responsable del mantenimiento y el equipo auditor. El cliente es el responsable de fijar los alcances de la ASV, así como la determinación de roles y responsabilidades de todas las partes involucradas.

El procedimiento para realizar una auditoría es el siguiente:

ACTIVIDAD	RESPONSABLE
a) Selección del equipo auditor	Cliente
b) Entrega de la información	Diseñador
c) Reunión inicial	Cliente, diseñador y auditor
d) Revisión de la información y trabajo de campo	Auditor
e) Reporte de la auditoría	Auditor
f) Reunión final	Cliente, diseñador y auditor
g) Respuesta al informe del auditor	Cliente

30 a) Primero, el **cliente** debe seleccionar al **equipo auditor**, que deberá ser independiente; además, debe estar, de preferencia, acreditado y debe tener las habilidades necesarias para percibir los problemas de seguridad desde el punto de vista de los diferentes usuarios.

b) Segundo, una vez seleccionado el **equipo auditor**, el **diseñador** deberá proporcionarle la información necesaria del proyecto para que pueda evaluar la seguridad del mismo.

c) Tercero, debe organizarse una reunión inicial entre las partes involucradas, de tal manera que el **diseñador** pueda familiarizar al **equipo auditor** con el proyecto. También es el momento en el cual el equipo auditor puede aclarar, tanto al **cliente** como al diseñador, el proceso, propósito y alcance de la auditoría (Mayoral, 2001).

d) Cuarto, el **equipo auditor** debe revisar toda la documentación del proyecto y luego proceder con el trabajo de campo que le permita identificar todos los problemas que tengan relación directa con la seguridad del proyecto.

e) Quinto, el **equipo auditor** debe redactar el reporte de la auditoría de seguridad vial, en el que se deben presentar todos los aspectos que pueden influir negativamente en la seguridad de los diferentes tipos de usuarios. A pesar de que el cliente y el diseñador no están obligados a aceptar todas las observaciones realizadas por el equipo auditor, es recomendable utilizar un formato con todas las deficiencias encontradas (ordenadas en orden de importancia, según el peligro), en la cual se considere una columna para que el cliente responda si acepta o no cada una de las observaciones.

f) Sexto, deberá organizarse la **reunión final** entre todos los involucrados para presentar los resultados de la ASV y para que el equipo auditor pueda responder a cualquier duda. Además, en esta reunión se puede discutir posibles medidas de mitigación a los problemas encontrados, así como fijar el tiempo que necesitará el cliente para contestar si acepta o no cada una de las observaciones realizadas por el equipo auditor.

g) Séptimo, el **cliente** responde, por escrito, al informe de la ASV. En este informe, el cliente debe justificar las razones por las cuales no se han aceptado algunas observaciones del informe del equipo auditor, así como las medidas de mitigación que deberá adoptar el diseñador para cada observación que ha sido aceptada.

## RENTABILIDAD DE LAS AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL

En un estudio realizado por AUSTROADS (Macaulay y McInerney, 2002), en nueve casos en donde la ASV se ejecutó en la etapa de diseño, los resultados fueron los siguientes:

- La relación beneficio/costo cuando las recomendaciones de la ASV se pusieron en práctica variaron entre 3:1 a 242:1.
- Aproximadamente, el 75% de todos los casos en donde se aplicaron las recomendaciones el beneficio/costo fue superior a 10.
- En la mayoría de las auditorías realizadas en la etapa de diseño los resultados se lograron con costos bastante bajos (65% de las recomendaciones tuvieron un costo menor de US\$ 1.000).

Este estudio también evaluó las recomendaciones de las Auditorías de Seguridad Vial realizadas en vías existentes, siendo las conclusiones las siguientes:

- La relación beneficio/costo oscilaron entre 2,4:1 a 84:1.
- En más del 78% de todas las recomendaciones la relación beneficio/costo fue mayor a 1,0
- Aproximadamente en el 47% de todas las acciones propuestas se lograron relaciones beneficio/costo mayores a 5,0
- Aproximadamente en el 95% de todas las recomendaciones, con un costo inferior a US\$ 1.000, había relación beneficio/costo mayor a 1,0.

Por otro lado, la Federal Highway Administration (2006) reporta que para el caso del Departamento de Transporte de Carolina del Sur, el programa de ASV también ha tenido un impacto positivo sobre la seguridad. Los primeros resultados, de cuatro auditorías de seguridad vial luego de un año de ejecutadas, son los siguientes:

- En un lugar donde se implementaron 4 de las 8 medidas sugeridas se tuvo una reducción de los accidentes del 12,5%, lo cual significó un ahorro de 40.000 dólares.

- En el segundo caso, los accidentes aumentaron un 15,8%, sin embargo, en este lugar solo se implementaron 2 de las 13 medidas sugeridas.
- En el tercer caso, luego de implementar las 9 medidas propuestas, se logró una reducción del 60% de los accidentes fatales, significando un ahorro de 3,66 millones de dólares.
- Finalmente, en el cuarto caso, se implementaron 25 de las 37 medidas propuestas, obteniéndose una reducción del 23,4% de los accidentes y un ahorro de 147.000 dólares.

## LISTAS DE CHEQUEO

Las listas de chequeo o verificación son una herramienta que le permite al equipo auditor revisar el proyecto, desde el punto de vista de la seguridad, de manera ordenada y sistemática. En los países o ciudades en los que recién se implementan las auditorías de seguridad vial, las listas de chequeo pueden ser utilizadas para que los auditores con experiencia (normalmente de otro país, donde las ASV ya tienen varios años de haberse implementado) puedan formar a los nuevos auditores del país que inicia el proceso de ASV. También es importante resaltar que las listas de chequeo no pretenden reemplazar la experiencia que debe tener el auditor.

32

Considerando que el proyecto puede estar en cualquiera de sus etapas (factibilidad, diseño preliminar, diseño de detalle, construcción, pre-apertura o post-apertura) y que, adicionalmente, se puede tratar de un proyecto en zona urbana o en zona rural, es necesario adecuar las listas de chequeo a estas dos condiciones. En este caso, es fundamental la experiencia del auditor para preparar las listas de chequeo que correspondan a la etapa y tipo de proyecto que será auditado.

Cuando un país o una ciudad implementa las ASV, la forma de realizar este trabajo es normada por una guía o manual de Auditorías de Seguridad Vial, que contiene las listas de chequeo; luego, para un trabajo específico, los auditores pueden utilizarlas como punto de partida y adaptarlas según las necesidades del proyecto. Estas listas de chequeo también son útiles para los diseñadores, dado que pueden consultarlas en la etapa de diseño e incorporar el principio de prevención de siniestros.

Por lo general, hay dos tipos de listas de chequeo según el detalle de las mismas: listas de chequeo maestras o generales y listas de chequeo detalladas. Mientras que las primeras sirven para tener una visión general de los temas que se deben tener en cuenta en la ASV, las segundas detallan cada uno de los ítems considerados en la lista maestra.

En algunos casos, es posible que las listas de chequeo estén orientadas o tengan énfasis en usuarios vulnerables. Por ejemplo, en el 2007, el U.S. Department of Transportation de la Federal Highway Administration publicó la Pedestrian Road Safety audit Guidelines and Prompt Lists, que es una ayuda para los que realizan ASV a la hora de verificar que las necesidades de los peatones hayan sido consideradas desde el punto de vista de la seguridad. Esta guía contiene tanto la lista maestra como las listas específicas. En la tabla 1 se muestra la lista maestra; en las tablas 2, 3 y 4 se muestran las listas detalladas.

**Tabla N° 1:** Lista de chequeo maestra

Consideraciones universales (para todo lugar de la ASV)	TEMA	SUBTEMA	ZONAS DE AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL			
			A. CALLES	B. CRUCEROS PEATONALES	C. ÁREAS DE ESTACIONAMIENTO / DESARROLLO ADYACENTE	D. ÁREAS DE TRÁNSITO
I. Las necesidades de los peatones: ¿Las facilidades para los peatones satisfacen las necesidades de todos los peatones?  II. Conectividad y conveniencia de las facilidades para los peatones: ¿Son los caminos seguros, continuos y proveídos a lo largo de las rutas de los peatones, para toda la zona investigada?  III. Tráfico: ¿Las velocidades diseñadas, límites y operativas son compatibles con la seguridad peatonal?	Facilidades para los peatones	1. Presencia, diseño y ubicación	Aceras, caminos, rampas y separadores	Manejo de los cruceros, intersecciones	Aceras y caminos	Asientos, marquesina, zona de espera, zona de carga y descarga
		2. Calidad, condición y obstrucciones	Aceras, caminos, rampas y separadores	Manejo de los cruceros (vea chequeo en A)	Aceras y caminos (vea chequeo en A)	Asientos, marquesina, zona de espera, zona de carga y descarga (vea chequeo en A)
		3. Continuidad y conectividad	Continuidad y conectividad con otras calles y cruceros	Continuidad y conectividad de cruceros con otras redes de peatones, canalización de peatones hacia puntos apropiados de cruce	Continuidad y conectividad de facilidades para los peatones a través de áreas de estacionamiento/ desarrollo adyacente	Conectividad de redes de peatones con los paraderos de transporte colectivo
		4. Iluminación	Iluminación para los peatones a lo largo de las calles	Iluminación de los cruceros peatonales	Iluminación al nivel del peatón en los estacionamientos/desarrollos adyacentes (vea chequeo en A y B)	Iluminación en y cerca de los paraderos de transporte colectivo
		5. Visibilidad	Visibilidad de todos los usuarios de caminos	Visibilidad en los cruceros / peatones que esperan y tráfico que se aproxima	Visibilidad de los peatones y vehículos que retroceden y voltean, visibilidad de caminos peatonales	Visibilidad de los peatones, pasajeros que esperan, vehículos y buses
IV. Conducta: ¿Los peatones o automovilistas hacen uso incorrecto o ignoran con regularidad las facilidades para los peatones?	Tráfico	6. Manejo de accesos	Ubicación de los caminos de entradas para coches y diseño a lo largo de las calles	Ubicación de caminos de entrada para coches junto a las intersecciones	Ubicación de entradas para los coches y uso en relación a caminos peatonales	No aplicable
V. Construcción: ¿Han sido tratados adecuadamente los efectos de las construcciones en los peatones?	Tráfico	7. Tráfico	Volumen y velocidad de tráfico adyacente, condiciones conflictivas	Volumen y velocidad de tráfico acercándose al crucero, movimientos conflictivos	Volumen de tráfico y velocidad en áreas de estacionamiento y desarrollos, condiciones conflictivas	Volumen y velocidad de tráfico adyacente, y tráfico en los cruceros que conducen a paraderos de buses, condiciones conflictivas
	Aparatos de control del tráfico	8. Señalización y marcas en el pavimento	Uso y estado de señales, marcas en pavimento, indicadores de ruta	Uso y estado de señales, marcas en pavimento, indicadores de cruceros	Uso y estado de señales, marcas en pavimento para caminos y cruceros	Uso y estado de señales y marcas en pavimento relacionados al transporte colectivo
		9. Semáforos	No aplicable	Presencia, condición, coordinación y las fases de los semáforos	No aplicable	Vea chequeo en B

Fuente: U.S. Department of Transportation (2007)

Tabla N° 2: Lista de chequeo detallada – A. Las calles

CHEQUEO MAESTRO	CHEQUEO DETALLADO		ETAPAS DE LA AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL			
			planificación	diseño	construcción	post construcción
A.1 Presencia, diseño y colocación	A.1.1	¿Hay caminos provistos a lo largo de las calles?	•	•	•	•
	A.1.2	Si no hay caminos, ¿hay otras condiciones para caminar (como berma para los peatones, bastante ancha para acomodar los ciclistas y los peatones) en la calle u otro sendero cerca?	•	•	•	•
	A.1.3	¿Hay bermas/caminos proporcionados en ambos lados de los puentes?	•	•	•	•
	A.1.4	¿Es el ancho de los caminos el adecuado para los volúmenes de peatones?	•	•	•	•
	A.1.5	¿Hay distancia de separación adecuada entre el tráfico vehicular y los peatones?	•	•	•	•
	A.1.6	¿Son los caminos / límites de las calles apropiados y detectables por las personas con deficiencia visual?		•	•	•
	A.1.7	¿Hay rampas proporcionadas como una alternativa a las escaleras?	•	•	•	•
A.2 Calidad, condición y obstrucciones	A.2.1	¿Molestarán los depósitos de nieve al acceso peatonal o visibilidad?	•	•	•	•
	A.2.2	¿Está el camino libre de obstrucciones provisionales o permanentes?	•	•	•	•
	A.2.3	¿Está la superficie del camino demasiado empinada?	•	•	•	•
	A.2.4	¿Está la superficie del camino adecuada y bien mantenida?		•	•	•
A.3 Continuidad y conectividad	A.3.1	¿Son los caminos y bermas continuos y ubicados en ambos lados de la calle?	•	•	•	•
	A.3.2	¿Existen las medidas necesarias para dirigir a los peatones a cruces seguros y caminos de acceso?		•	•	•
A.4 Iluminación	A.4.1	¿Está la acera adecuadamente iluminada?	•	•	•	•
	A.4.2	¿La iluminación en las calles mejora la visibilidad de los peatones durante la noche?	•	•	•	•
A.5 Visibilidad	A.5.1	¿Es la visibilidad de los peatones caminando a lo largo del camino / berma la adecuada?	•	•	•	•
A.6 Entradas para los coches	A.6.1	¿Ponen en peligro a los peatones los caminos de entradas para los coches al cruzar los caminos peatonales?		•	•	•
	A.6.2	¿Es el número de caminos de acceso para coches indeseable para el viaje peatonal?	•	•	•	•
A.7 Característica del tráfico	A.7.1	¿Hay conflictos entre los ciclistas y peatones en los caminos?				•
A.8 Señales y marcas en pavimento	A.8.1	¿Están las zonas de viajes peatonales claramente separadas de otros modos de tráfico mediante el uso de rayas, pavimentos texturizados y/o coloreados, señalización u otros métodos?		•	•	
	A.8.2	¿Es la visibilidad de las señales y marcas en el pavimento adecuadas durante el día y la noche?		•	•	•

Fuente: U.S. Department of Transportation (2007)

**Tabla N° 3:** Lista de chequeo detallada – B. Las intersecciones

CHEQUEO MAESTRO	CHEQUEO DETALLADO		ETAPAS DE LA AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL			
			planificación	diseño	construcción	post construcción
B.1 Presencia, diseño y colocación	B.1.1	¿Son los radios de giro tan amplios que alargan las distancias de los cruceiros peatonales e incentivan las velocidades altas en los giros a la derecha?		•	•	•
	B.1.2	¿Los carrillos canalizados de giros a la derecha minimizan los conflictos con los peatones?		•	•	•
	B.1.3	¿La intersección en “Y” distrae la atención de los conductores y estos no ven a los peatones cruzando?	•	•	•	•
	B.1.4	¿Están los cruceiros peatonales localizados en áreas donde la distancia de visibilidad puede ser un problema?	•	•	•	•
	B.1.5	¿Las islas de refugios proveen una zona segura de espera para los peatones?	•	•	•	•
	B.1.6	¿Son los cruceiros supervisados adecuadamente y proveídos de personal profesional que ayude a cruzar a los peatones?				•
	B.1.7	¿Los cruceiros marcados son lo suficientemente anchos?		•	•	•
	B.1.8	¿Las intersecciones a nivel con vía férrea acomodan a los peatones en forma segura?		•	•	•
	B.1.9	¿Están los cruceiros peatonales situados a lo largo de las rutas deseadas?	•	•	•	•
	B.1.10	¿Están las esquinas y rampas de aceras apropiadamente planeadas y diseñadas en cada acercamiento al cruceiro?		•	•	•
	Vea lista de chequeo en Sección A para asuntos relacionados con las obstrucciones y objetos sobresalientes en los cruceiros					
B.2 Calidad, condición y obstrucciones	B.2.1	¿Es el pavimento del cruceiro adecuado y está bien mantenido?				•
	B.2.2	¿Está el pavimento del cruceiro al mismo nivel que la superficie de la calle?			•	•
B.3 Continuidad y conectividad	B.3.1	¿Continúa la conectividad de la red de los peatones a través del cruceiro mediante medidas adecuadas como: áreas de espera en las esquinas, rampas de bordillos, y cruceiros demarcados?	•	•	•	•
	B.3.2	¿Son los peatones claramente dirigidos a los cruceiros y rutas de acceso para peatones?		•	•	•
B.4 Iluminación	B.4.1	¿Está el cruceiro adecuadamente iluminado?	•	•	•	•
B.5 Visibilidad	B.5.1	¿Pueden los peatones ver los vehículos acercándose en todos los accesos de la intersección/cruceiro y viceversa?	•	•	•	•
	B.5.2	¿Es la distancia desde la línea de parada (o ceda el paso) hasta el cruceiro suficiente para que los conductores puedan ver a los peatones?		•	•	•
	B.5.3	¿Existen otras condiciones donde los vehículos detenidos puedan obstruir la visibilidad de los peatones?		•	•	•

CHEQUEO MAESTRO	CHEQUEO DETALLADO		ETAPAS DE LA AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL			
			planificación	diseño	construcción	post construcción
B.6 Manejo de accesos	B.6.1	¿Están las entradas de coches ubicadas cerca a los crucesos?	•	•	•	•
B.7 Característica del tráfico	B.7.1	¿Los vehículos que giran ponen en riesgo a los peatones?				•
	B.7.2	¿Hay brechas suficientes entre los vehículos para permitir a los peatones cruzar la calle?	•	•	•	•
	B.7.3	¿Las operaciones del tráfico (especialmente durante horas picos) crean una preocupación por la seguridad peatonal?				•
B.8 Señales y marcas en pavimento	B.8.1	¿Está la pintura de las líneas de parada y crucesos gastada, o las señales están gastadas, faltantes o dañadas?			•	•
	B.8.2	¿Están los crucesos peatonales correctamente señalados y/o marcados?		•	•	•
B.9 Semáforos	B.9.1	¿Hay semáforos para peatones y son adecuados?		•	•	•
	B.9.2	¿Están regulados los semáforos para el tráfico y peatones para que el tiempo de espera y tiempo de cruce sea razonable?		•	•	•
	B.9.3	¿Existe algún problema a causa de la inconsistencia en los tipos de botones pulsadores u otros tipos de detección de peatones?	•	•	•	•
	B.9.4	¿Funcionan todas las señales para los peatones y botones pulsadores en forma correcta y segura?			•	•
	B.9.5	¿Son los botones pulsadores accesibles y ubicados correctamente para la gente con discapacidad?		•	•	•

Fuente: U.S. Department of Transportation (2007)

**Tabla N° 4:** Lista de chequeo detallada – C. Zonas de estacionamiento/ Adyacente

CHEQUEO MAESTRO	CHEQUEO DETALLADO		ETAPAS DE LA AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL			
			planificación	diseño	construcción	post construcción
C.1 Presencia, diseño y colocación	C.1.1	¿Las aceras/caminos conectan la calle y los usos del suelo adyacentes?	•	•	•	•
	C.1.2	¿Se diseñan adecuadamente las aceras /caminos?		•	•	•
	C.1.3	¿Las entradas a los edificios son localizadas y diseñadas de manera obvia y accesible para los peatones?	•	•	•	•
C.2 Calidad, condición y obstrucciones	Vea la lista de chequeo en Sección A para asuntos relacionados con las obstrucciones y objetos sobresaliendo en las aceras y pasillos en las zonas de estacionamientos/ desarrollos adyacentes					
	Vea la lista de chequeo en Sección A para asuntos relacionados con las condiciones de la superficie de aceras y pasillos en las zonas de estacionamientos/ desarrollos adyacentes					
	C.2.1	¿Los vehículos aparcados obstruyen los caminos peatonales?				•
C.3 Continuidad y conectividad	C.3.1	¿Las facilidades para los peatones son continuas? ¿Proveen conexiones adecuadas para el tráfico peatonal?	•	•	•	•
	C.3.2	¿Las transiciones de las facilidades para los peatones entre los desarrollos/proyectos son adecuados?		•	•	•
C.4 Iluminación	Vea la lista de chequeo en Sección A y B para asuntos relacionados con la iluminación de las aceras y pasillos en las zonas de estacionamientos/ desarrollos adyacentes					
C.5 Visibilidad	C.5.1	¿Son la visibilidad y la distancia de visibilidad adecuada?	•	•	•	•
C.6 Manejo de accesos	C.6.1	¿Son los caminos para los peatones y otros modos vehiculares claramente delineados desde el comienzo de los accesos?	•	•	•	•
	C.6.2	¿Los conductores esperan y ceden el paso a los peatones cuando entran y salen de la entrada para coches?			•	•
C.7 Característica del tráfico	C.7.1	¿Aumenta la conducta de los peatones o conductores el riesgo de las colisiones peatonales?				•
	C.7.2	¿Están los buses, automóviles, bicicletas y peatones separados y proveídos con sus propias áreas designadas para viajar?	•	•	•	•
C.8 Señales y marcas en pavimento	C.8.1	¿Están los senderos y cruceros para los peatones correctamente señalados y/o marcados?		•	•	•
Fuente: U.S. Department of Transportation (2007)						

Tabla N° 5: Lista de chequeo detallada – D. Áreas del tránsito (Transporte Público)

CHEQUEO MAESTRO	CHEQUEO DETALLADO		ETAPAS DE LA AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL			
			planificación	diseño	construcción	post construcción
D.1 Presencia, diseño y colocación	D.1.1	¿Están los paraderos de autobuses situados apropiadamente?	•	•	•	•
	D.1.2	¿Son convenientes los cruceos seguros para el tránsito y usuarios de los buses escolares?	•	•	•	•
	D.1.3	¿Es la distancia de visibilidad a los paraderos adecuada?	•	•	•	•
	D.1.4	¿Están las marquesinas apropiadamente diseñadas y situadas para la seguridad y conveniencia de los peatones?		•	•	•
D.2 Calidad, condición y obstrucciones	D.2.1	¿Está el área de asientos ubicada a una distancia segura y confortable de los carriles de vehículos y ciclovías?		•	•	•
	D.2.2	¿Los asientos (o personas sentadas) obstruyen la acera o reducen su ancho utilizable?		•	•	•
	D.2.3	¿Hay espacio suficiente para acomodar a los pasajeros esperando, embarcando/bajando y para el tráfico peatonal que pasa y circula durante horas pico?		•	•	•
	D.2.4	¿Está el área de desembarco pavimentada y libre de problemas como superficies accidentadas, agua estancada y pendientes empinadas?		•	•	•
	D.2.5	¿Está la acera libre de obstrucciones temporales/permanentes que restringen su ancho o bloquean el acceso a la parada del autobús?	•	•	•	•
D.3 Continuidad y conectividad	D.3.1	¿La oportunidad más cercana para cruzar está libre de peligros potenciales para los peatones?	•	•	•	•
	D.3.2	¿Las paradas de diferentes modos de transporte son parte de la red continua de las facilidades para los peatones?	•	•	•	•
	D.3.3	¿Los paraderos de diferentes modos de transporte son mantenidos durante los periodos de tiempo inclemente?		•	•	•
D.4 Iluminación	D.4.1	¿Las vías de acceso a las facilidades del transporte colectivo están bien iluminadas para satisfacer las condiciones de las primeras horas de la mañana, fin de la tarde, y atardecer?	•	•	•	•
D.5 Visibilidad	D.5.1	¿Están las líneas de visibilidad mantenidas entre los autobuses acercándose y las zonas de espera de los pasajeros?		•	•	•
D.6 Característica del tráfico	D.6.1	¿Están en conflicto los peatones entrando y bajando de los autobuses con los autos, bicicletas y otros peatones?		•	•	•
D.7 Señales y marcas en pavimento	D.7.1	¿Hay señales apropiadas y marcas en el pavimento proveídas para los autobuses escolares y los paraderos?		•	•	•
Fuente: U.S. Department of Transportation (2007)						

## BIBLIOGRAFÍA



**Arias W. (2007).** *Metodología para realizar auditorías en seguridad vial en Puerto Rico*. Tesis para obtener el grado de maestría en Ciencias en Ingeniería Civil. Universidad de Puerto Rico.

**Austroroads (2002).** *Road Safety Audit*, second edition. Sydney. Australia.

**Belcher M., Cook P. y Proctor S.(2001).** *Practical Road Safety Auditing*. Thomas Telford, Londres, Inglaterra.

**Cáceres R., Meza P., Bravo B., Salas M., Carrasco L., Gonzáles G., Madge B. y Fiestas S. (2008).** “Trabajo final del curso de Transporte Sostenible”. Fonam – Banco Mundial. Dictado por Juan Carlos Dextre. Lima. Perú.

**Conaset (2003).** *Guía para realizar una auditoría de seguridad vial*. Santiago. Chile.

**Dextre J. C. (2004).** “Auditorías de Seguridad Vial”. Boletín de seguridad vial N° 5 del Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Área de Transporte. Lima. Perú.

**European Comision (2004).** *Reclaming city streets for people. Chaos or quality of life?* Office for Official Publications of the European Communities. Luxemburgo.

**European Transport Safety Council (1997), Allsop R. (WP Chairman).** *Road Safety Audit and Safety Impact Assessment*.

**Federal Highway Administration (2006).** *Road Safety Audits: Case Studies*. Washington D.C. Estados Unidos.

**Federal Highway Administration (2007).** *Pedestrian Road Safety audit Guidelines and Prompt Lists*. U.S. Department of Transportation. Washington D.C. Estados Unidos.

**Macaulay J. and McInerney R. (2002).** *Evaluation of the proposed actions emanating from road safety audits*. Austroroads. Sydney. Australia.

**Mayoral E. et al (2001).** *Auditorías en seguridad carretera. Procedimientos y prácticas*. Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transporte. Sanfandila. México.

**Navin F., Zein S. y Gibbs P. (2005).** *Road Safety: North American Experience*. ITE International 2005. Melbourne. Australia.

**Pardillo J. (2006).** *Planteamiento y requisitos de las Auditorías de Seguridad Vial: Proceso de introducción en Europa*. VI Jornadas Nacionales de Seguridad Vial. Sevilla. España.

**Picado J. y Rodríguez M. (2005).** *Informe de Auditoría Técnica Externa de Seguridad Vial. Análisis de la seguridad vial de los guardavías en carreteras nacionales.* Lanamme, Costa Rica.

**Preservation Institute (2007).** *Removing freeways – Restoring cities.* Seoul, South Korea Cheonggye Freeway.

<http://www.preservenet.com/freeways/FreewaysCheonggye.html>

[Consultado el 08 de marzo de 2008]

**Rosebud (2006).** *Road Safety and Environmental Benefit-cost and Cost-Effectiveness Analysis for Use in Decision-Making. Examples of assessed road safety measures—a short handbook—.* European Commission.

**TRL (1991).** *Towards Safer Roads in Developing Countries. A Guide for Planners and Engineers.*

**Wilson E., Lipinski M. (2004).** *Road Safety Audits a Synthesis of Highway Practice.* Transportation Research Board. Washington D.C. Estados Unidos.

## 2

# Derecho Vial, responsabilidad civil y penal de los sujetos y seguro de responsabilidad civil

Martín Diego Pirota



## MARTÍN DIEGO PIROTA



Argentino. Estudió Derecho en la Facultad de Derecho, Ciencias Sociales y Políticas en la Universidad de Nacional del Noreste (Argentina). Se especializó en Derecho de Daños en la Universidad de Belgrano y en Derecho de la Información y Derecho de daños en la Universidad de Salamanca (España).

Es autor de *Responsabilidad por daños derivados del peaje* (1999), *Peaje y la responsabilidad civil* (2000) y *Compendio jurisprudencial sobre accidentes de tránsito en carreteras y autopistas* (2003).

<http://www.martindiegopirola.com.ar/>

**+** Derecho Vial

**44**

**+** Responsabilidad civil y penal de los sujetos

**52**

**+** Seguro de responsabilidad civil

**61**

## DERECHO VIAL EL TRÁNSITO Y SUS CIENCIAS AUXILIARES

El fenómeno del tránsito y sus accidentes es una materia que requiere un estudio multidisciplinario más abarcativo y omnicomprensivo de todos los factores que lo integran y condicionan. La misma naturaleza dinámica del tránsito y sus componentes hacen que el legislador no pueda prever y plasmar en la legislación viaria —en tiempo real— todas las cuestiones y circunstancias fácticas que lo rodean, por lo que podemos decir, sin temor a equivocarnos, que, en esta materia como en otras ramas del derecho, las leyes marchan detrás de los hechos que tienen que regular. Este es el primer quiebre o falla del sistema de tránsito terrestre que queremos destacar.

Por otro lado, el tránsito se nutre de otras ciencias auxiliares, que las podemos reunir en dos grupos:

FUERA DEL DERECHO	DENTRO DEL DERECHO
Ingeniería Vial	Derecho Constitucional
Ingeniería Mecánica	Derecho del Transporte
Seguridad Vial	Derecho Administrativo
Educación Vial	Derecho Penal
Medicina Forense	Derecho Civil
Psicología y Sociología Vial	Derecho de Seguros

Esta nueva rama del Derecho recibe el nombre de Derecho Vial, Viario, de Tránsito o, como la llaman en España, Derecho de Tráfico o Derecho de Circulación. Es una rama que actualmente tiene autonomía e independencia didáctica, funcional y un objeto de estudio bien definido. Sus impulsores en Iberoamérica fueron el catedrático chileno Leonardo Aravena Arredondo, el jurista uruguayo Carlos Tabasso,<sup>2</sup> y, en España, los profesores Miguel López-Muñiz Goñi<sup>3</sup> y Federico Puig Peña, entre otros.

### La seguridad vial en los países del primer mundo

Hace tiempo que venimos preguntándonos si la seguridad vial en Latinoamérica es una utopía. Y, en ese sentido, las estadísticas nos muestran que la mayor cantidad de accidentes se producen por errores de los conductores o peatones, y/o fallas o desperfectos de las calles y carreteras.

Dentro de la trilogía conductor-vehículo-vía, el elemento que más se ha modernizado y avanzado tecnológicamente en aras de la seguridad vial es sin lugar a dudas la industria automotriz; así, actualmente, bien vale la expresión automóviles inteligentes.

Respecto de los otros dos elementos (conductor y camino), la verdad es que no podemos decir que los mismos hayan acompañado el vertiginoso avance de la industria automotriz;

<sup>2</sup> Recomendamos la lectura de su obra *Derecho del Tránsito – Los principios*, Ed. B de F (Julio César Faira – Editor), Buenos Aires, 1997.

<sup>3</sup> Autor de libro *Accidentes de Tráfico; Problemática e Investigación*, Ed. Colex, Madrid, España, 1995.

todo lo contrario. El parque automotor ha aumentado y, en consecuencia, el índice de motorización social se ha incrementado; además, los vehículos son cada vez más veloces. En contraste con ello, tanto los conductores (por su falta de educación y conciencia vial —y esta es la segunda falla del sistema de tránsito terrestre—), como las carreteras (por sus defectos de diseño y/o mantenimiento) no están adaptados ni preparados para hacer uso y contener, respectivamente, en condiciones de seguridad vial dicha potencia.

Así, en relación con el sistema carretero, podemos decir que en Latinoamérica hace tiempo se rompió lo que se denomina el binomio del transporte, es decir, aquella necesaria relación de coherencia que debe existir entre el avión y el aeropuerto, entre el barco y puerto, entre el tren y la vía férrea y, también, por supuesto, entre el automóvil y la carretera. En ese sentido, basta indicar que hay una notable correlación entre el sistema carretero y el grado de desarrollo socio-cultural y económico de un país. Y aquí radica el tercer quiebre del sistema de tránsito terrestre que queremos hacer notar.

Si se observa lo que ocurre en otras naciones, donde la seguridad vial es una verdadera política de Estado, como en los Estados Unidos de América donde desde hace un tiempo ya se habla del diseño de carreteras indulgentes, es decir, autovías que perdonen más al automovilista, que le permitan equivocarse sin que ello signifique una consecuencia fatal o lesiva para él o para terceros, pues llegaron a la conclusión de que el automovilista en algún momento se va a equivocar. Como esto es inevitable (errar es humano), se pusieron a trabajar en atenuar las consecuencias que esa equivocación pudiera traer aparejada (aplicación del concepto de seguridad pasiva). En el mismo sentido, en la Unión Europea se aplica el concepto de vía autoexplicable, es decir, calles y rutas dotadas de los componentes de seguridad y señalización adecuados y suficientes para informar y advertir al usuario las contingencias del tránsito vehicular.

En Europa, ya en el año 2000, el Parlamento Europeo emitió un dictamen con una conclusión categórica y ejemplar: “Ningún accidente mortal en carreteras puede estar justificado”. A su vez, el Consejo Europeo de Ministros afirmó que: “Cada país tiene el número de muertos en accidentes de tránsito que está dispuesto a tolerar”.

En el mundo, según la Organización Mundial de la Salud, las muertes causadas por accidentes de tránsito ascienden a un 10% de la mortalidad global, que equivale a 1.200.000 muertes anuales.

El 11 de septiembre de 2001, el mundo se estremeció ante el terrible atentado a las Torres Gemelas de Nueva York, que dejó un saldo de 3.000 víctimas fatales. Pues bien, comparativamente y teniendo en cuenta la estadística de mortalidad por accidentes de tránsito, tomemos conciencia que en todo el planeta se producen 400 caídas de las Torres Gemelas por año.

### Los principios del derecho de tránsito: obligaciones y responsabilidad de los sujetos involucrados

Haremos solo una enumeración de los mismos siguiendo la clasificación propuesta por Carlos Tabasso.<sup>4</sup> De dichos principios, surgen obligaciones legales que tienen a su

---

<sup>4</sup> TABASSO, Carlos, op. cit., p. 148-149.

cargo cada uno de los sujetos de tránsito (llámese autoridad competente, conductores de automotores o motocicletas, peatones o pasajeros transportados, según el caso). Y, en virtud de ello, las leyes de tránsito contienen presunciones a favor y en contra de los sujetos de tránsito, sea que estos cumplan o no con dichos deberes; luego, las citadas presunciones pueden ser utilizadas por el juez (de Faltas o Contravencional, Civil o Penal) para determinar la responsabilidad del sujeto, teniendo en cuenta la gravedad de su conducta y aplicar la correspondiente sanción.

### A.- Principios provenientes de sus ramas jurídicas jerárquicamente superiores

a) Principios de orden constitucional (están referidos a las garantías y valores supremos en juego, es decir, al carácter antropológico del derecho de tránsito):

- 1.- Defensa de la vida e integridad de la persona humana.
- 2.- Libertad de locomoción y estancia (libertad de tránsito y permanencia).
- 3.- Libertad de uso y goce de las vías públicas.
- 4.- Legalidad y exclusión analógica.
- 5.- Defensa ante la administración activa y debido proceso (garantías constitucionales del debido proceso y defensa en juicio del administrado).

b) Principios del Derecho de Tránsito provenientes del Derecho Administrativo (que tienen que ver con el procedimiento administrativo a seguir en los casos de faltas e infracciones de tránsito).

- 1.- Principios de ejecutividad y ejecutoriedad (presunción de legitimidad del acto administrativo y presunción de culpabilidad del infractor).
- 2.- Principio de oficialidad (dirección e impulso del procedimiento que incumbe a la autoridad administrativa).
- 3.- Principio de informalismo en favor del administrado (procedimiento que puede ser ágil, sumario y expeditivo).

### B.- Principios propios y exclusivos del derecho de tránsito (no son absolutos; en situaciones fácticas pueden ser restringidos)

a) Super-normas sustanciales del Derecho de Tránsito:

- 1.- Principio de seguridad vial (relación de paternidad respecto de los demás principios, que constituyen derivaciones de este principio).
- 2.- Principio de funcionalidad vial (tiene que ver con la comodidad o fluidez de la circulación).
- 3.- Principio de libertad de la vía pública (se refiere a la cuestión material y objetiva, que consiste en el mantenimiento de la superficie vial despejada y liberada de todo obstáculo o elemento susceptible de dificultar, limitar o poner en riesgo el tránsito de peatones o vehículos).

4.- Principio de preservación de la normalidad de la corriente.

5.- Principio de conducción dirigida (el conductor debe prestar total atención al acto conductivo).

6.- Principio de segregación y especialización (la vía pública se encuentra complejamente estructurada espacial y cronológicamente).

b) Principios instrumentales:

1.- Principios relativos al factor humano.

1.1.- Principio de capacidad o aptitud psicofísica (todo conductor debe tener capacidad general de derecho exigida por los códigos civiles y capacidad especial de tránsito exigida por las leyes de tránsito para obtener la licencia de conducir).

1.2.- Principio de pericia conductiva o idoneidad técnica (se refiere a la destreza o habilidad que debe reunir todo conductor, habiendo pasado el examen psicofísico, prueba de manejo y conocimiento de las leyes de tránsito, previo a la obtención de la licencia de conducir).

1.3.- Principio de conocimiento de la normativa vial (la ley se presume conocida por todos).

2.- Principios operativo-asegurativos del acto de circulación.

2.1.- Principio de regularidad técnica del vehículo (revisión o inspección técnica obligatoria y periódica del vehículo en los talleres previamente habilitados por la autoridad competente).

2.2.- Principio de ostensibilidad (los sujetos de tránsito —conductores o peatones— y los objetos fijos o móviles deben ser mostrados o patentizados en forma recíproca para, de esa manera, disminuir el riesgo de accidentes).

2.3.- Principio de confianza (deriva del concepto objetivo de la buena fe como fenómeno psicológico recogido por el derecho, que está presente en todos los ordenamientos legales latinoamericanos. Por nuestra parte, creemos que se trata de un principio plausible, que refleja el deber ser de la conducta, pero que, en la práctica en el tránsito diario actual latinoamericano, se encuentra desvirtuado, o quizá su aplicación resulte inversa, debiendo hablarse de un contraprinipio de desconfianza. A propósito, aquí vemos nosotros el cuarto defecto importante del sistema de tránsito terrestre.

2.4.- Principio de defensa.

2.5.- Principio de cooperación (cada sujeto de tránsito debe interactuar con los demás protagonistas, colaborando recíprocamente para que el flujo de tránsito sea seguro y funcional).

2.6.- Principio de autorización de la conducción y circulación de vehículos (solo pueden conducir vehículos y circular los conductores y automotores que se encuentren previamente autorizados por la autoridad competente).

### C.- Principios secundarios referentes a bienes jurídicos vinculados al tránsito (dirigidos tanto a los sujetos de tránsito como a la autoridad competente, por lo que todos están obligados a su cumplimiento)

- 1.- Principio de conservación ambiental (defensa del medioambiente).
- 2.- Principio de conservación del patrimonio público (pago de impuestos, contribuciones especiales o peaje).
- 3.- Principio de tranquilidad ciudadana (evitar la contaminación acústica o sonora).
- 4.- Principio de ahorro energético (promoción de políticas de ahorro de combustible).

### La señalización vial y su impacto actual sobre el principio de confianza en la normalidad o seguridad del tránsito

Resaltaremos en forma sintética los puntos de interés que pueden servir de ideas disparadoras que nos ayuden a comprender la magnitud, alcance y efectos de la problemática de la señalización en sus fases de diseño, regulación y aplicación práctica a la realidad viaria. A saber:

- ensayando un concepto de señalización, podemos decir que es el conjunto de elementos y dispositivos destinados a advertir, regular o informar el tránsito;
- con las señales viales, se genera un diálogo mudo entre la autoridad competente y el automovilista o peatón. Aquella pueda utilizarlas para dirigirse al usuario y este puede actuar obediéndolas o ignorándolas;
- regulación normativa de la señalización: estatismo de la legislación viaria vs. puesta en práctica de la señalización (dinámica del tránsito);
- exceso de señales = distracción / ausencia de señales = relajación;
- según Puig Peña, las formas de incumplimiento de la obligación de señalizar se agrupan en dos categorías: ausencia total de señalización y defectuosidad de la misma; y esta última, a su vez, puede asumir las siguientes formas: señalización errónea o equivocada; señalización desplazada; señalización débil; y señalización descompuesta o desarticulada;
- abundancia, falta, insuficiente o incorrecta colocación de las señales viales = quiebre en el binomio del transporte = puntos negros;
- en Latinoamérica, existe una peligrosa y perversa tendencia de las autoridades competentes en materia vial a pretender solucionar o corregir defectos estructurales o de mantenimiento de las vías de circulación a través de la señalización vial transitoria = transferencia de responsabilidad de la autoridad vial hacia los usuarios;
- señales informativas con lenguaje imperativo = deslindar o limitar responsabilidad del ente concesionario vial;
- señalización vial vs. confianza del usuario en las señales (debemos repensar si, en la actualidad, las políticas de aplicación de la normativa de señalización están contribuyendo

a acrecentar la fe del usuario en el sistema vial o, por el contrario, debemos hablar de un contraprinipio de desconfianza);

- señalización vial = elemento de seguridad activa (contribuye a evitar o disuadir accidentes);
- falta o defecto de señalización + causalidad física y jurídica = accidente = responsabilidad de la autoridad vial;
- señalización vial = mensaje claro, preciso, sencillo, completo y oportuno al usuario, e;
- identificar en el proyecto las zonas inseguras = tomar medidas preventivas.

### Intersecciones: reglas de preferencia y prioridad de paso

Se trata de pautas o patrones de conducta que sirven para el ordenamiento del tránsito y que también son de gran utilidad para el juez al momento de determinar la responsabilidad de los sujetos participantes en una colisión de tránsito. Aquí es donde se ve con mayor claridad la llamada disputa del espacio, pues es sabido que la mayoría de los accidentes ocurridos en las ciudades se producen en las intersecciones, bocacalles o confluencia de arterias que, como mencionamos, favorecen las colisiones laterales por no brindar al automovilista un buen ángulo de visibilidad y perspectivas de cruce, convirtiéndose así en puntos críticos o de conflicto.

Ahora bien, cuando en una determinada intersección existe señalización, semaforización o agentes de tránsito (intersección reglada), no hay inconvenientes porque los conductores y peatones deben acatar dichas prerrogativas viales.

El inconveniente surge cuando se trata de una intersección abierta en la que no existe ningún tipo de señalización vial. Y aquí, a su vez, debemos distinguir si se trata de vía de igual o de distinta jerarquía o importancia.

Si se trata de una vía de igual jerarquía, la mayoría de las leyes de tránsito otorgan prioridad de paso en el cruce al vehículo que se presenta circulando por la derecha, frente al que lo hace por la izquierda (prioridad de paso estática o legal). Pero dicha prioridad de paso no es absoluta. Esta regla solo es válida cuando ambos vehículos llegan o confluyen en la intersección o encrucijada en forma simultánea o casi simultánea, y a velocidad reglamentaria o reducida.

La prioridad de paso estática se pierde, además, por las causas que taxativamente establecen los ordenamientos de tránsito; por ejemplo (mencionaremos las situaciones que consideramos revisten mayor importancia práctica u operativa):

- señalización específica en contrario (por ejemplo, algún cartel de Pare o de Ceda el paso);
- vehículos ferroviarios o tranvías. Se le da preferencia de paso a las formaciones ferroviarias, debido a las mayores complicaciones que tienen estas para el frenado y detención, y sus mayores implicancias de daño en caso de un accidente, frente a las facilidades de maniobrabilidad de los automotores;

- vehículos de urgencia (ambulancias, bomberos, policía, etc.) al momento de cumplimiento de su misión (esto, sin duda, por una razón humanitaria). Es importante que sea al momento del cumplimiento de su misión para el análisis y determinación de la responsabilidad que hará el juez al momento de dictar sentencia;
- frente al vehículo que ha arribado primero a la intersección y se encuentra traspasando la misma. En esta situación, la regla de la prioridad de paso estática se rompe o neutraliza, convirtiéndose en dinámica, debido a que ese automotor que está en movimiento tiene prioridad de paso dinámica, y todo automóvil que se presente circulando ya sea por su derecha o por su izquierda está obligado a respetar esa prioridad dinámica ganada por su preferente avance, por aplicación del principio de preservación de la normalidad de la corriente;
- peatones que cruzan lícitamente la calzada por la senda peatonal o por las esquinas (si no estuviera marcada la senda peatonal). Esta es la preferencia de paso del peatón frente al automotor en zona urbana, que en zona rural se da a la inversa, es decir, la prioridad de paso allí la tienen los rodados frente a los peatones;
- las reglas especiales para rotondas, ya que tiene prioridad el vehículo que circula por la rotonda por la mayor dificultad de la maniobra frente al que lo hace por una recta;
- los vehículos que circulan por vía pavimentada frente al que aparece por una de tierra y los vehículos que circulan por grandes vías, como por ejemplo, carreteras de larga distancia, semiautopistas, autovías multicarriles, avenidas, bulevares, ramblas, cuya conformación geométrica y constructiva, densidad y velocidad media del flujo constituyen signos objetivos de su importancia. Esta es la regla de la prioridad de la vía de mayor jerarquía, que según Carlos Tabasso, es un dispositivo eficaz para la organización y seguridad vial. No obstante, se encuentra omitido y/u olvidado en algunas las legislaciones de tránsito. Esta regla tiene su fundamento en el principio de funcionalidad de la vía, ya que a mayor tamaño en el diseño geométrico de la vía, mayor es la capacidad para dar cabida al tránsito y, por supuesto, mayores las velocidades que pueden desplegarse, y atento a ello y a fin de asegurar la fluidez del tránsito, resulta lógico otorgar la prioridad de paso a aquellos vehículos que circulan en mayor cantidad y velocidad.

El problema se plantea cuando no se establecen señales o pautas a seguir en las intersecciones abiertas con vías de distinta jerarquía (por ejemplo, cuando no hay signos objetivos que le permitan al usuario determinar cuál es la vía de mayor jerarquía o importancia que otorga prioridad de paso). A propósito, existen dos posturas: a) responsabilidad del particular (tesis de la cultura de tráfico, sostenida por Federico Puig Peña, que afirma que la responsabilidad es imputable al conductor de la vía secundaria por no ejercer la debida prudencia ante el ostensible cambio de condiciones que supone el cruce de otra vía de jerarquía notoriamente superior); y b) responsabilidad del Estado, que es quien debe establecer pautas claras a través de la legislación vial, por aplicación del principio de legalidad y exclusión analógica que *ut supra* mencionamos, por lo que al particular no se lo puede sancionar si la conducta a seguir no está previamente reglamentada (igual que en el derecho penal, no hay sanción o condena sin una pena establecida previamente por ley).

Coincidimos con Tabasso en el sentido de que la determinación de la responsabilidad atribuible a los sujetos intervinientes en un siniestro ocurrido por alguna de las situaciones analizadas es relativamente sencilla, ya que el que tiene la prioridad de paso goza de la presunción de inocencia correlativa a la de culpabilidad del impreferente, es decir, del que no tenía la prioridad. Ahora bien, dicha presunción es relativa, ya que puede ser desvirtuada si hay pruebas de lo contrario. Hay que recordar que, como en toda cuestión de tránsito, el juez deberá analizar cada caso concreto en particular a la luz de todo el material probatorio colectado en el expediente (por aplicación de la regla de la sana crítica racional).

### Peatón: principios generales. Reglas de prioridad y presunciones. Consecuencias jurídicas

Cuando hablamos de peatón, las disposiciones de tránsito establecen que quedan asimilados a dicho concepto las sillas de lisiados y coches de bebés, además, por supuesto, de las personas que los empujan.

Para analizar y atribuir las responsabilidades consecuentes en todo accidente de tránsito ocurrido en carreteras (concesionadas o libres de peaje) o arterias urbanas, en el que hayan intervenido un peatón y un vehículo a motor, debemos necesariamente recurrir en forma preliminar a ciertas pautas o principios (prioridades y presunciones) de origen legal y/o de creación doctrinaria o pretoriana. A saber:

#### 1.- Regla de prioridad de paso

- Zona urbana: el peatón goza de prioridad de paso respecto del automóvil siempre que cruce lícitamente la calzada por los lugares autorizados para hacerlo (senda peatonal o esquinas).
- Zona rural (ruta, autopista<sup>5</sup> y semiautopista<sup>6</sup>): el automotor tiene prioridad de paso respecto del peatón. Ello se debe a que resulta más frecuente la presencia de peatones en los pueblos y ciudades, en donde, por lógica, se le exige al conductor un mayor grado de atención que en las zonas rurales, en las que los peatones no suelen abundar, por lo que se constituyen en obstáculos móviles cuasi imprevistos para los automovilistas.

#### 2.- Regla *in dubio pro peatón* (en caso de duda, hay que estar a favor del peatón)

- Zona urbana y rural: el peatón goza del beneficio de la duda y presunciones (*iuris tantum*, o sea, que se admite prueba de lo contrario por parte del conductor) en su favor, en tanto no incurra en graves violaciones a las reglas del tránsito (inversión de la carga de la prueba).

#### 3.- Regla del favor *debilis o peditis*

- Zona urbana y rural: en el tránsito vehicular, el peatón es el que padece mayor grado de indefensión frente a los automotores (un vehículo en movimiento crea un “consumo de seguridad social”). El peatón es paciente del riesgo creado por terceros en una actividad que estos desarrollan para su beneficio personal.

<sup>5</sup> Via multicarril sin cruces a nivel con otra calle o ferrocarril, con calzadas separadas físicamente y con limitación de ingreso directo desde los predios frentistas lindantes.

<sup>6</sup> Un camino similar a la autopista pero con cruces a nivel con otra calle o ferrocarril.

#### 4.- Regla de marcha y cruce de calzada

- Zona urbana: el peatón debe transitar únicamente por la acera o vereda u otros espacios habilitados para ese fin y cruzar en las intersecciones por la senda peatonal o prolongación longitudinal imaginaria de esta si no está delimitada.
- Zona rural (carretera de doble mano de circulación): el peatón debe caminar por la banquina, lo más alejado posible de la carretera en sentido contrario al tránsito del carril adyacente y cruzar la calzada en forma perpendicular a la misma, respetando la prioridad de los vehículos. Durante la noche, portará brazaletes u otros elementos retro-reflectivos para facilitar su detección.
- Zona urbana y rural (calle, avenida, ruta, autopista y semiautopista): si existen puentes peatonales o cruces subterráneos a distinto nivel de la calle o ruta, su uso es obligatorio para atravesar la calzada.

#### 5.- Regla de prohibición de circulación

- Zona rural (autopista y semiautopista): En autopistas y semiautopistas, en principio, no pueden circular peatones ni ciclistas.

Resumiendo, en las ciudades, el peatón goza de prioridad de paso respecto de los vehículos y únicamente puede cruzar la calle por los lugares habilitados (senda peatonal o en las esquinas), mientras que, en carreteras, el peatón está habilitado para transitar únicamente por la banquina contraria al tránsito del carril adyacente de las vías de doble circulación y lo más alejado posible de la calzada. Luego, si desea cruzar la vía, deberá hacerlo en forma perpendicular a la misma, pero siempre respetando la prioridad o preferencia de los vehículos; de este modo, se le exige al peatón suma prudencia y diligencia en su conducta. Esta es una disposición prevista por todas las legislaciones de tránsito. Por otro lado, está terminantemente prohibido el tránsito de peatones en las autopistas y semiautopistas, donde la velocidad que desarrollan los automóviles es mayor que la que pueden alcanzar en las vías de doble mano y, en consecuencia, el tiempo que tiene el peatón para atravesar la cinta asfáltica es escaso o reducido, sobre todo en autopistas con vías multicarriles. En el caso de que una persona pretenda cruzar la calzada, deberá necesariamente hacerlo por las sendas peatonales (puentes para peatones o cruces subterráneos) que cruzan a distinto nivel la autovía, si estos existieran, por lo que, en caso de que no existan dichos pasajes peatonales aéreos, debemos inferir que el peatón puede hacerlo de la misma forma que le está permitido para las vías de doble circulación, pero esta vez asumiendo un riesgo mucho mayor, por lo que su conducta deberá ser más cuidadosa.

## RESPONSABILIDAD CIVIL Y PENAL DE LOS SUJETOS, EVOLUCIÓN DE LA RESPONSABILIDAD CIVIL: DE LA ETAPA AGRÍCOLA-GANADERA A LA ETAPA INDUSTRIAL O TECNOLÓGICA

La evolución la podemos dividir, para fines didácticos, en dos etapas:

a) **AGRÍCOLA-GANADERA o MANUFACTURERA:** época en que las actividades eran manuales y, en consecuencia, los daños eran causados por la mano del hombre o por animales que manejaba el hombre. Por ello, el único responsable de esos daños era

el hombre, ya sea a título de dolo o de culpa (ambos factores de atribución subjetivos, porque tienen en cuenta la voluntad del hombre-autor del daño). Luego, el mundo fue evolucionando y fue pasando paulatinamente a una etapa **INDUSTRIAL O TECNOLÓGICA**, como consecuencia de la Revolución Industrial, y la irrupción del maquinismo y la era tecnológica. En esta época, podemos decir que la mano del hombre es reemplazada por la máquina y es allí, precisamente, donde comienzan a ocasionarse los grandes daños por la intervención de cosas riesgosas y aparecen los factores de atribución objetivos, que prescinden de la voluntad del hombre-autor del daño. Uno de los más conocidos es el riesgo, es decir, la contingencia o proximidad de un daño, en sus dos vertientes: el riesgo creado (todo el que introduce una cosa riesgosa en la sociedad debe responder cuando cause daños a terceros) y el riesgo provecho (todo el que obtiene un beneficio o lucro por una cosa está obligado a reparar los daños causados a terceras personas).

**Diferentes sistemas de reparación de daños: la reparación plena o integral. La limitación de la responsabilidad: tablas o baremos**

Las características generales de los distintos sistemas de responsabilidad civil podemos graficarlas de la siguiente forma:

<b>TRADICIONAL DE REPARACIÓN INTEGRAL</b>	<b>SEGURO SOCIAL</b>	<b>RESPONSABILIDAD CIVIL CON TABLAS O BAREMOS</b>
No se establecen topes o límite máximo para las indemnizaciones	No se establecen topes o límite máximo para las indemnizaciones	La indemnización está tarifada mediante tablas vinculantes para el juez
Actividad jurisdiccional discrecional	Tramita por la vía administrativa de la seguridad social	Actividad jurisdiccional acotada al baremo, pero con índices de corrección variables para casos particulares
Rige en Latinoamérica	Rige en Nueva Zelanda, Canadá, Suecia, Dinamarca	Rige en España y Francia

**Cambio de terminología y de óptica: de la responsabilidad civil al llamado derecho de daños**

<b>RESPONSABILIDAD CIVIL</b>	<b>DERECHO DE DAÑOS</b>
Mira al autor del daño	Mira a la víctima del daño
Tiene en cuenta el daño causado	Tiene en cuenta el daño injustamente sufrido
Se habla de una deuda de responsabilidad del victimario para con la víctima	Se habla de un crédito de indemnización que tiene la víctima
Tienen más relevancia los factores de atribución subjetivos	El lugar preponderante lo ocupan los factores de atribución objetivos (se aplican en el 90% de los casos)
"Castigo" del responsable	Resarcimiento del daño

## Presupuestos o elementos de la responsabilidad civil y penal

Para que surja la responsabilidad civil o el deber de responder se necesita la concurrencia de cuatro presupuestos:

**1.- Antijuridicidad o ilicitud:** es decir, una conducta contraria al ordenamiento jurídico visto en su integralidad (ley, decreto, reglamento, moral, buenas costumbres, principios generales del derecho).

**2.- Daño:** es decir, una lesión o detrimento a un bien o a un interés jurídico patrimonial o espiritual, individual o colectivo. Es el elemento principal de la responsabilidad civil; por ello, que desde hace unos años se habla de “derecho de daños”, en reemplazo de la antigua expresión “responsabilidad civil”. Ahora bien, para que el daño sea resarcible, deben darse los siguientes requisitos: a) existente o cierto (constatado o susceptible de constatación por el juez al momento de dictar sentencia); b) subsistente (reviste ese carácter mientras no sea reparado por el responsable civil); c) propio (personal del reclamante); d) afección de un derecho subjetivo o un simple interés de hecho protegido por la ley.

**3.- Relación de causalidad:** es decir, el nexo de causalidad adecuado que debe existir entre la conducta antijurídica y el daño. La causalidad puede ser física o material y jurídica o formal. La primera estudia la relación de los hechos con otros hechos antecedentes o consecuentes y establece si un daño fue empíricamente ocasionado por un hecho; y la segunda, se interesa por la relación de los hechos con los sujetos y así determina si un daño fue jurídicamente producido por un hecho humano.

54

En el caso del accidente de tránsito, vemos que pueden concurrir varias condiciones, pero solo una de ellas reviste la calidad de causa generadora. Esta se establece aplicando el método de la supresión mental hipotética, que consiste en analizar cada condición en forma independiente, hasta clarificar en cuál de ellas, al suprimirla, el hecho (accidente) no se produce.

**4.- Factor de imputabilidad o atribución legal de responsabilidad:** es decir, cuál es el fundamento que da el legislador para imputar responsabilidad a un sujeto que ha causado un daño (o, dicho de otro modo, el por qué la ley hace responsable a una persona del daño que ha ocasionado). Los factores de atribución pueden ser subjetivos u objetivos. Los primeros tienen en cuenta la voluntad del sujeto: culpa-omisión de las diligencias que exigiera la naturaleza de la obligación, en sus versiones de imprudencia-hacer más de lo debido, negligencia-hacer menos de lo debido o impericia-desconocimiento o no cumplimiento de las reglas y métodos propios de la actividad o profesión (ejemplo: aquel que sale a circular con un vehículo que no reúne las condiciones de seguridad necesarias exigidas por la ley, además lo hace a exceso de velocidad y, por si fuera poco, se trata de un chofer profesional; otro caso es el dolo, es decir, el hecho ejecutado a sabiendas y con intención de dañar a otro en su persona o bienes). Los segundos, es decir los objetivos, suponen la supresión de la culpa, es decir, que no es imputable moralmente el sujeto autor del daño (riesgo-contingencia o proximidad de un daño o vicio-defecto o detrimento de la cosa que la hace impropia para su destino final).

A su vez, para que surja la responsabilidad penal, se requiere la comisión de un hecho que, por acción u omisión (dolosa o culposa), pueda ser imputable penalmente al autor. La conducta debe ser típica (contenida previamente como figura delictiva en el Código Penal), antijurídica (contraria a la normativa penal) y culpable (que pueda ser imputable subjetivamente al autor). También es necesaria la acreditación del nexo de causalidad adecuado entre la conducta antijurídica y el resultado.

### Diferencias sustanciales entre la responsabilidad civil y penal

RESPONSABILIDAD CIVIL	RESPONSABILIDAD PENAL
Derecho Privado	Derecho Público
Interés particular: resarcimiento del daño	Interés social: represión del delincuente
En caso de duda en la aplicación del derecho o en la interpretación de los hechos: rige el principio <i>in dubio pro victimae</i>	En caso de duda en la aplicación del derecho o en la interpretación de los hechos: rige el principio <i>in dubio pro reo</i>
Responden tanto el autor material del hecho como el civilmente responsable (persona física o jurídica)	Responden únicamente el autor material y partícipes del hecho a título personal (persona física)
Se aplican factores de atribución subjetivos (culpa o dolo) y objetivos (riesgo o vicio de la cosa, garantía legal, etc.)	Se aplican únicamente factores de atribución subjetivos (culpa o dolo)
Se indemniza el daño consumado	Se pena el delito consumado y también la tentativa

### Obligaciones y responsabilidad del Estado, direcciones de vialidad, tránsito y transporte, o concesionarios viales con relación a la seguridad vial

Haremos una enumeración meramente orientativa de las obligaciones relevantes que tiene la autoridad con competencia en materia vial y que correlativamente son nuestros derechos como usuarios viales —seamos conductores o peatones—, y que, ante su incumplimiento total o parcial, o cumplimiento defectuoso o tardío, generan la responsabilidad penal y/o civil de la autoridad, siempre que, luego de analizar la mecánica del accidente en el plano de la relación causal, se determine que esa falta fue la causa adecuada del daño (accidente) padecido por el usuario y, asimismo, luego de verificar si a este último le cabe algún grado de responsabilidad en el evento.

#### a.- Estado (nacional, provincial o municipal, direcciones de vialidad, tránsito y transporte)

- Es autoridad jurisdiccional en materia de tránsito y tiene siempre un deber primario para con la sociedad, en una materia de importancia vital y colectiva como el tránsito vehicular. Debe garantizar la circulación en perfectas condiciones de seguridad vial ejercitando sus funciones inherentes de policía de tránsito (reglamentación, control y ordenamiento del tránsito vehicular, como prohibir la circulación de aquellos automotores que no reúnan las condiciones de seguridad reglamentarias y necesarias para poder circular sin riesgos para terceros) y policía de seguridad (prevención y represión de delitos sufridos por automovilistas al momento de la conducción de rodados).

- Confecciona el Sistema de Señalamiento Vial con todos los requisitos de uniformidad de forma, tipología de letra del mensaje, etc, que deben reunir las señales viales.
- Entrega al concesionario vial (empresa de capital público, privado o de economía mixta) el terreno o la obra en concesión, cuando se celebren contratos de concesión de obra pública mediante el cobro de tarifa o peaje, para la construcción, reparación, mantenimiento o conservación de carreteras.
- Fiscaliza el fiel cumplimiento de las obligaciones del concesionario.

#### **b.- Concesionario vial**

- Construye la obra (camino y demás instalaciones) o la reconstruye, cuando se trate de una vía ya trazada al momento de la concesión.
- Mantiene y conserva la obra (pavimento, banquetas, alcantarillas, desagües, iluminación y semaforización, corte de pastos y malezas, señalamiento, barandas de defensa, etc.) en todo lo que se denomina la zona del camino, que comprende no solo la carretera, sino todas las instalaciones anexas y comprensivas de la concesión hasta el límite geográfico de los terrenos linderos; es decir, suprime de la autovía cualquier defecto inherente a la misma (roturas, montículos, baches, ondulaciones) u obstáculo inerte extraño a ella, ya sea que se encuentre en estado sólido, líquido o gaseoso (piedras, restos de siniestros viales, manchas de aceite o combustible, arena, barro, etc.).
- Está provisto de todas las instalaciones, equipos y personal necesarios para las tareas de construcción y mantenimiento de la obra.
- Presta los servicios en forma ininterrumpida durante las 24 horas y con un alto nivel de eficiencia.
- Ejerce el poder de policía de tránsito y seguridad en forma supletoria ante la ausencia de autoridad pública.
- Coloca señalizaciones de emergencia en los casos de suspensión total o parcial del tránsito vehicular (señalización preventiva y transitoria).
- Instala y mantiene las señales de tránsito permanentes: las horizontales, verticales y aéreas, y también la iluminación en determinados lugares estratégicos de la carretera que así lo requieran.
- Auxilia a personas y vehículos involucrados en casos de accidentes (auxilio médico —primeros auxilios— y/o mecánico, extinción de incendios, sistemas de telefonía o postes parlantes SOS).
- Recibe, registra, tramita y contesta denuncias y reclamos (administrativos y judiciales) de los usuarios, en los libros de quejas debidamente visados por la autoridad de control que se encuentran a disposición en las estaciones de peaje y en los tribunales.
- Suspende total o parcialmente la circulación vehicular cuando circunstancias climáticas extraordinarias puedan ocasionar daños a los usuarios (tornados, vientos huracanados, abundante nieve, neblinas espesas y cerradas que reducen notablemente la visibilidad).

- Instala y mantiene dispositivos que mitigan la contaminación sonora en determinados lugares estratégicos de la carretera que así lo requieran (instalación de pantallas acústicas).
- Abona al Estado concedente el canon mensual correspondiente.
- Entrega la obra (camino y demás instalaciones) al Estado en perfectas condiciones de uso y conservación una vez finalizada la concesión.

### Distintos supuestos: análisis de casos prácticos. Jurisprudencia

Resulta pertinente hacer una enumeración sumaria de los fallos paradigmáticos de la justicia argentina y española que marcan nuevos rumbos en materia de prevención y seguridad vial, y que todo aquel interesado en leerlos en extenso los podrá consultar ingresando al sitio web [www.martindiegopirola.com.ar](http://www.martindiegopirola.com.ar) / Solapa de Apéndice legislativo / Artículos varios, información general y jurisprudencia / Fallos importantes:

**1.- AMPARO: un fallo ejemplar en materia de amparo en el ámbito de las concesiones viales.** El juez federal de Junín hizo lugar a la acción de amparo promovida por un vecino, condenando a Nuevas Rutas S.A. a adoptar las medidas de seguridad vial necesarias (señalización, iluminación, colocación de semáforos de corte, construcción de dársenas, etc.) que terminen con los innumerables accidentes de tránsito ocurridos en los cinco cruces peligrosos que presenta la Ruta Nacional N° 7 al atravesar la citada ciudad bonaerense. (JFed., Junín-Buenos Aires, Argentina, 19-11-98, “Meza, Jorge A. c. Nuevas Rutas S.A. s. acción de amparo”).

**2.- AMPARO:** la Cámara en lo Contencioso Administrativo y Tributario de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en un fallo unánime, confirmó la sentencia dictada por el juez Fabio Treacy (a cargo del Juzgado Contencioso Administrativo y Tributario N° 3), en marzo de este año, en la que se hizo lugar a una acción de amparo promovida por un vecino de la autopista 25 de Mayo, condenando a Autopistas Urbanas SA. (AUSA) y al gobierno de la ciudad de Buenos Aires a que adopten las medidas necesarias para lograr una sustancial reducción de la contaminación sonora proveniente de la autopista 25 de Mayo. (CCAyT, Sala I, Buenos Aires, Argentina, Octubre de 2003, “Barragán, José Pedro c. GCBA y otros s. amparo (art. 14 CCABA)”).

**3.- DAÑOS Y PERJUICIOS:** la Cámara Nacional Civil de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires ratifica la responsabilidad de la empresa concesionaria vial por los daños materiales causados por la existencia de un derrame de combustible en la carretera que provocó la salida del automóvil de la banda asfáltica y/o su posterior vuelco. (CNCiv., Sala F, Argentina, 08-08-03, “Ceí, Iris Beatriz c. Camino del Atlántico S.A.C.V. s. daños y perjuicios”).

**4.- DAÑOS Y PERJUICIOS:** la Cámara Civil y Comercial de San Isidro resolvió extender solidariamente la condena de más de medio millón de pesos (US\$ 166.000) a la empresa Autopistas del Sol S.A. por el mal diseño (falta de banquina) de uno de los tramos de la autopista Panamericana, en circunstancias en que el automóvil del actor sufrió un desperfecto mecánico y, a falta de un lugar mejor, tuvo que detenerse en el primer carril de circulación de la derecha, momento en que otro automovilista que avanzaba en el

mismo sentido no lo vio y se lo llevó por delante, causándole al accionante la pérdida de sus dos piernas. (CCiv. y Com., Sala I, San Isidro-Buenos Aires, Argentina, 18-06-02, “R., S. c. Di Carlos y otros s. daños y perjuicios”).

**5.- DAÑOS Y PERJUICIOS:** la Cámara Nacional Civil de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires condenó a la empresa concesionaria vial por los daños materiales y lesiones causados por la deficiente prestación de un servicio de remolque a un automovilista cuyo vehículo había experimentado desperfectos mecánicos (CNCiv., Sala B, Argentina, 09-05-02, “Arin de Juárez, Gladys Elisabet y otro c. Camino del Atlántico S.A.C.V. y otro s. daños y perjuicios”).

**6.- DAÑOS Y PERJUICIOS:** la Cámara Nacional Civil de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires resolvió extender solidariamente la condena a la empresa concesionaria vial por los daños materiales y lesiones sufridas por los actores, las que fueron causadas por el ingreso antirreglamentario a la autopista de un vehículo en contramano (CNCiv., Sala D, Argentina, 18-08-03, “Macchi, Horacio Martín y otro c. Gómez, Pablo Daniel s. daños y perjuicios”).

**7.- DAÑOS Y PERJUICIOS:** la Cámara Nacional Civil de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires atribuyó al conductor del vehículo siniestrado un porcentual de responsabilidad por la omisión del uso del cinturón de seguridad por parte del acompañante accidentado (CNCiv., Sala B, Argentina, Marzo de 2004, “Hermansson, María Silvina c. Brucco, Fernando Gustavo s. daños y perjuicios”).

58

**8.- DAÑOS Y PERJUICIOS:** la Cámara Nacional Comercial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires extendió al Estado Nacional (Secretaría de Transporte) una condena de \$ 475.000 (U\$S 158.333) a favor de un peatón que sufrió la amputación de sus piernas al ser embestido por un colectivo. Debido a la deficiente aplicación del poder de policía y como el transporte circulaba sin seguro, ahora el Estado debe pagar hasta el límite de la cobertura que hubiera correspondido asumir a la aseguradora. (CNCom., Sala D, Argentina, 30-09-04, “Cots, Libia Elda c. Estado Nacional Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos s. daños y perjuicios”).

**9.- DAÑOS Y PERJUICIOS:** la Cámara Nacional Civil de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires condenó a la concesionaria de la ruta 9 a pagar más de 500 mil pesos a la familia de un hombre que murió tras chocar contra dos caballos que yacían muertos en el medio del camino. Pero desligó de toda responsabilidad al Estado Nacional. (CNCiv., Sala D, Argentina, 20-04-05, “Toranzos, Marta Yolanda y otros c. Concanor Sociedad Concesionaria Vial y otro s. daños y perjuicios”).

**10.- HOMICIDIO CULPOSO:** el Juzgado Correccional N° 1 de la Ciudad de San Juan dictó el procesamiento de un importante funcionario que mandó construir lomos de burro en determinadas calles y con especiales características que ocasionaron la muerte de la víctima (que, guiando su motocicleta, se topó con un lomo de burro, cayendo de la moto y perdiendo la vida días después), por la presunta comisión del delito de homicidio culposo (art. 84, Código Penal). El juzgado entendió probada la acción típica, así como la culpabilidad del imputado, ya que los reductores de velocidad utilizados generaron un peligro mayor, no estando debidamente señalizados. También hizo mención

al art. 902 del Código Civil (1° Juzgado Correccional, San Juan, Argentina, Expte. N° 27.277/01, 04/2005. “Con motivo del fallecimiento de Chirino Silvia Noemí - Actuaciones por fallecimiento”).

**11.- DAÑOS Y PERJUICIOS:** la Cámara Nacional Civil de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires condenó a la empresa concesionaria vial por las lesiones sufridas por el actor como consecuencia del impacto de una piedra arrojada desde un asentamiento habitacional hacia el vehículo en el que se trasladaba como pasajero transportado en forma benévola. (CNCiv., Sala L, Argentina, Setiembre de 2006, “Goitía, Martín Damián c. Covimet S.A. y otros s. daños y perjuicios (Accidente de Tránsito con Lesiones o Muerte)”).

**12.- DAÑOS Y PERJUICIOS:** la Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Buenos Aires confirmó el pronunciamiento que condenó a la Municipalidad de Ensenada a resarcir los daños ocasionados por un carro tirado por caballos que colisionó a un automotor. El máximo tribunal provincial consideró que el municipio omitió su deber de policía y custodia al no impedir la circulación de vehículos de tracción a sangre y que esta omisión tuvo relación de causalidad adecuada con los daños. (SCJBA, Argentina, 13-12-06, “Lencina, Rosana Silvia y otro c. Silva, Jorge Omar s. daños y perjuicios”).

**13.- DAÑOS Y PERJUICIOS:** la Cámara Nacional Civil de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires imputó responsabilidad concurrente a la Dirección Nacional de Vialidad por la omisión en la colocación de iluminación adecuada en el nuevo puente Pueyrredón, lo que contribuyó concausalmente a que un automóvil colisionara con una motocicleta produciéndole la muerte al conductor del vehículo de menor porte (CNCiv., Sala A, Argentina, 07-08-07, “R., F. y otro c. Dirección Nacional de Vialidad y otro s. daños y perjuicios”).

**14.- DAÑOS Y PERJUICIOS:** El Tribunal Supremo de España ratifica la responsabilidad del Estado en los puntos negros de las carreteras. (STS de España (Sala de lo Contencioso-Administrativo, Sección 6ª), 23-12-02).

### Colisiones con animales sueltos en carreteras: ¿quién es el responsable?

En las carreteras argentinas que atraviesan grandes extensiones de tierras, dedicadas normalmente a explotaciones agrícolas-ganaderas, la colisión con semovientes (preferentemente animales vacunos y equinos) es un hecho corriente en la circulación automotor y ha ocasionado —y lo sigue causando— numerosos accidentes fatales, en su gran mayoría.

El Código Civil argentino establece la responsabilidad extracontractual y objetiva (riesgo creado por el animal) inexcusable del dueño o guardián (para eximirse de responsabilidad, hay que acreditar la culpa de la víctima o de un tercero, por quien no se debe responder, o bien el caso fortuito). Entonces, cuando el animal tiene marca o señal, no hay inconveniente.

El problema se plantea cuando el animal no tiene dueño o cuando se trata de un animal salvaje. Primeramente, los tribunales argentinos dejaban en estos casos a la víctima sin indemnización, ya que decían que el concesionario no tenía la facultad (poder de policía)

para encargarse de retirar los animales del camino. Pero, a partir del año pasado y en virtud de un precedente de la Corte Suprema de Justicia de la Nación, este criterio cambió y se comenzó a hacer responsable al concesionario de peaje.<sup>7</sup> En definitiva, ahora el concesionario de peaje está obligado a patrullar la ruta (en acción conjunta con la autoridad policial) para evitar el ingreso de animales a la zona del camino y, si es el caso, llegar lo más pronto posible al lugar y retirarlos inmediatamente de la carretera.

### Evolución de la jurisprudencia Iberoamericana en la temática

Llegamos a la conclusión de que, en los llamados países del primer mundo, los jueces son mucho más rigurosos en sus fallos a la hora de imponer responsabilidad al Estado y/o al concesionario de peaje, a través de decisiones disuasorias y ejemplificadoras que marcan pautas a seguir con un fuerte contenido en materia de prevención y seguridad vial. Ricardo Lorenzetti acierta cuando dice que la responsabilidad objetiva —que facilita la tarea probatoria a la víctima y le traslada al mismo tiempo la carga de la prueba al dañador, que en nuestro caso es el Estado o una empresa privada— fue pensada precisamente para ser aplicada para las grandes empresas, que son las que abundan en los países del primer mundo, donde hay un régimen adecuado de seguros obligatorios que cubren los riesgos del desarrollo y donde, además, los tribunales gozan de la suficiente independencia política y funcional necesarias para impartir justicia con imparcialidad, circunstancia que no se da necesariamente en todos los países América Latina.

60

A propósito, debemos señalar que, en España, rige el principio de confianza en la normalidad o seguridad del tránsito, sobre todo en autopistas y semiautopistas, que se traduce en que el conductor confía en que, durante la circulación, no va a encontrarse con molestias, inconvenientes u obstáculos, en virtud del deber de vigilancia que tiene el concesionario de peaje y que se extiende a lo largo de todo el corredor que le fuera concesionado. Por la aplicación de dicho principio, se invierte la carga de la prueba y es el demandado quien debe probar que, en el caso concreto, adoptó y agotó todas las diligencias necesarias en cuanto a mantenimiento y seguridad de la vía en cuestión, pero igualmente se produjo el accidente.

Después de todo, y con respecto a la confianza, pensamos que en el tema que nos convoca, las carreteras latinoamericanas están lejos de provocar en el automovilista esa sensación de confianza real en la seguridad de la circulación.

---

<sup>7</sup> ACSJN, Argentina, 21-03-06, "Ferreira, Víctor Daniel y Ferreira, Ramón c. VICOV S.A. s. daños y perjuicios". En el mismo sentido, se pronunció la CSJN, Argentina, 07-11-06, "Bianchi, Isabel del Carmen Pereyra de c. Buenos Aires, Provincia de y Camino del Atlántico S.A. y/o quien pueda resultar dueño y/o guardián de los animales causantes del accidente s. daños y perjuicios" y "Martínez Lamas, Manuel c. Buenos Aires, Provincia de y otros s. daños y perjuicios". Para consultar en extenso dichos fallos, se puede ingresar al sitio web [www.martindiegopirola.com.ar](http://www.martindiegopirola.com.ar) / Solapa de Apéndice legislativo / Artículos varios, información general y jurisprudencia / Fallos importantes. También recomendamos la lectura de nuestro artículo: *Animales sueltos en rutas concesionadas. Un esperado y trascendente fallo de la Corte Suprema Nacional que modifica su anterior doctrina en beneficio de la seguridad vial de los usuarios de rutas con peaje, ingresando al sitio referido / Solapa de Publicaciones / Artículos / Responsabilidad civil (accidentes de tránsito en carreteras y autopistas)*.

## **SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL**

### **EL SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL: FUNDAMENTOS, FUNCIÓN, CARACTERÍSTICAS GENERALES, ACTIVIDADES CUBIERTAS, FONDO DE GARANTÍA**

El seguro de responsabilidad civil se instituye con el fin de acompañar y cubrir adecuadamente los, a veces, inevitables riesgos del desarrollo humano, permitiéndole a un sujeto trasladar las consecuencias dañosas de un evento económicamente desfavorable a otro que es el asegurador, a cambio del pago de un precio (que se llama prima en el Derecho de Seguros). Lo dicho se traduce en la práctica en la celebración del contrato de seguro. Entonces, mediante el seguro de responsabilidad civil, se cubren todos los daños que una persona (llamada asegurado) ocasiona a terceros.

El seguro de responsabilidad civil es hoy el más usual dentro de los seguros de daños patrimoniales y representa grandes ganancias para las compañías aseguradoras. A su vez, dentro de las coberturas de responsabilidad civil, la más importante es el seguro obligatorio del automotor. En algunos países, como Ecuador, Perú y Bolivia, recibe el nombre de Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito (SOAT), que comprende todo vehículo autopropulsado, es decir, automóviles, camiones, acoplados, colectivos, motocicletas, por lo que todo lo referido al seguro de responsabilidad civil en general es directamente aplicable al régimen del seguro obligatorio del automotor.

Mediante el seguro de responsabilidad civil, el asegurador se obliga a mantener indemne al asegurado, por cuanto deba a un tercero, en razón de la responsabilidad prevista en el contrato, como consecuencia de un hecho acaecido en el plazo convenido, a cambio del pago de una prima que debe pagar el asegurado al asegurador.

Atento a ello, podemos decir que el seguro de responsabilidad civil cumple una función económica (mantener indemne, es decir, sin daño, el patrimonio del asegurado) y también una función social, que en ciertas ramas (por ejemplo, automotores), por el riesgo y masividad de la actividad asegurada y el interés social comprometido, ha llevado a convertirlo en obligatorio, para que todas las víctimas eventuales de la circulación vehicular obtengan una reparación, como derivación del principio de socialización del daño que va a ser abonado a la víctima por esa comunidad de primas que pagan todos los asegurados.

Algunos autores, creemos que de modo exagerado, consideran que esta protección económica del seguro genera en el sujeto asegurado una actitud psicológica contraproducente, pues despierta un sentimiento de impunidad que desemboca en la siniestralidad vial. No obstante, esto es contrarrestado en las leyes de seguros con la reglamentación sobre el dolo o culpa grave del asegurado, como causales de exclusión de cobertura por parte del asegurador, que analizaremos más adelante.

Así, debemos decir que el parque automotor ha aumentado y, en consecuencia, el índice de motorización social se incrementó; además, los vehículos son cada vez más veloces, y todo ello hace que la conducción vehicular se convierta en una actividad riesgosa potencialmente generadora de daños. Como dice el prestigioso jurista argentino

Ricardo Lorenzetti, parece que el automóvil, de ser un bien para satisfacer las necesidades del hombre, no en pocas circunstancias se transforma en un mal por las consecuencias fatales y desastrosas de su utilización irresponsable.

La cobertura de responsabilidad civil la podemos aplicar a las siguientes actividades (en algunos casos, es obligatoria la contratación del seguro y en otras facultativo):

- automotores;
- riesgos derivados de la mala *praxis* en el ejercicio profesional (lo que se conoce como responsabilidad civil profesional; la más usada es la cobertura de mala *praxis* médica —que, en Argentina, es obligatoria para los médicos que trabajan en hospitales públicos—, aunque se ha ido ampliando a las demás actividades profesionales);
- por los daños ocasionados por administradores y representantes de sociedades comerciales;
- responsabilidad por productos elaborados;
- responsabilidad por contaminación ambiental (lo que se conoce como daño ambiental), ya sea del aire, de las aguas o los perjuicios ocasionados por el ruido (en Argentina, la Ley General del Ambiente obliga a las empresas que operan con residuos tóxicos o contaminantes a contratar un seguro de responsabilidad civil que cubra los posibles daños ambientales);
- transporte terrestre;
- seguro marítimo, aeronáutico y espacial;
- por daños ocasionados mediante el comercio electrónico;
- por daños ocasionados por titulares de concesión de servicios públicos;
- por los daños ocasionados por los funcionarios del Estado en el ejercicio de sus funciones, y;
- responsabilidades por espectáculos deportivos (a propósito, en Argentina, existe una ley que obliga al organizador de un espectáculo deportivo a la contratación de un seguro de responsabilidad civil que cubra los eventuales daños que puedan sufrir los espectadores dentro del estadio y al momento de desarrollo de la competencia).

En definitiva, se puede asegurar cualquier actividad lícita que represente riesgos para terceros.

Ahora, analizaremos paso a paso la definición que dimos del seguro de responsabilidad civil:

**a) Mantener indemne al asegurado:** esta es la obligación principal que tiene el asegurador y comprende: el pago de la indemnización debida al tercero damnificado; el pago de los gastos, y costas judiciales y extrajudiciales devengados para resistir la pretensión del tercero (honorarios de peritos y abogados y cualquier impuesto de sellos o tasa de justicia que deba abonarse); el pago de las costas de la defensa en el proceso penal

cuando el asegurador la asuma; y el pago inmediato al tercero de los gastos de sanatorio o velatorio.

**b) Pago al tercero reclamante:** se llama tercero, porque las partes sustanciales del contrato de seguro son el asegurador y el asegurado, y es la víctima que reclama un tercero ajeno o extraño a dicho contrato. A su vez, este tercero puede ser un conductor, peatón o pasajero transportado. Si bien muchas legislaciones (por ejemplo, Francia, España y Brasil, que lo establece en el art. 788 del nuevo Código Civil que entró en vigencia a partir del año 2003) prevén la acción directa del tercero damnificado en una acción judicial contra el asegurador del responsable, en los ordenamientos latinoamericanos, el tercero no tiene acción directa contra el asegurador del responsable, sino que debe demandar conjuntamente al asegurado y citar en garantía al asegurador (por eso, algunos dicen que se trata de una acción directa no autónoma).

**c) Responsabilidad prevista en el contrato de seguro:** esto se refiere a la extensión y límites de la cobertura asegurativa que debe brindar el asegurador. Es lo que se denomina riesgo cubierto.

**d) Hecho ocurrido en el plazo convenido:** es lo que se denomina siniestro (hecho imprevisto o incierto), es decir, el accidente de tránsito. Usualmente, el seguro de responsabilidad civil automotor es anual.

**e) Pago de la prima que debe pagar el asegurado al asegurador.**

También el seguro obligatorio automotor debe complementarse con la implementación de un fondo de garantía, que indemnice en forma supletoria o subsidiaria al tercero damnificado en los siguientes casos:

- reparar los daños causados por un autor desconocido, o aunque conocido, sea insolvente, que no se halle asegurado o lo esté en forma insuficiente (a propósito, comenta Tabasso que, en el Reino Unido, constituye una falta considerablemente más grave circular sin seguro que hacerlo sin licencia), y;
- reparar los daños en aquellos supuestos en que el asegurador se encuentre en insolvencia patrimonial.

Este fondo está formado básicamente por una contribución que hacen todas las compañías de seguros autorizadas a comercializar seguros de responsabilidad civil (por ejemplo, seguro automotor) y por un porcentaje del fondo de primas que pagan todos los asegurados. Se trata de una norma que se halla asentada sobre la base de principios, tales como la solidaridad y socialización del daño, y la justicia distributiva de las pérdidas.

Debemos decir que ese fondo de garantía funciona con éxito en Francia, donde está previsto por la ley del 5 de julio de 1985, vigente, llamada “ley Badinter”, sobre accidentes de la circulación, que estatuye el seguro obligatorio de automotores y el fondo de garantía. También en España, el régimen de la Ley sobre Responsabilidad Civil y Seguro en la Circulación de Vehículos a Motor (Ley N° 30/95) crea el seguro obligatorio del automóvil y el consorcio de compensación de seguros, que funciona en los casos de falta de aseguramiento, identificación o insolvencia del sujeto responsable, teniendo

la víctima acción directa contra dicho consorcio. Pero, no ocurre lo mismo en América Latina, donde no se encuentran reglamentados o, en caso de estarlo, no tienen aplicación práctica.

### Seguro obligatorio de responsabilidad civil del automotor: situaciones incluidas y excluidas de la cobertura. Dolo o culpa grave del asegurado. Fallas del sistema. La realidad latinoamericana

Ahora bien, existen casos en los que la compañía aseguradora no está obligada a indemnizar al tercero damnificado, debido a que se encuentra acreditado que el siniestro (accidente de tránsito) fue causado con dolo o culpa grave del propio asegurado (esta es una disposición establecida por la totalidad de las normativas latinoamericanas en la materia).<sup>8</sup>

Con respecto a los conceptos de dolo y culpa grave en materia de seguros, el primero no requiere mayor explicación, ya que se da cuando el asegurado actúa con intención de provocar el siniestro (se asemeja mucho a la concepción penal del “dolo eventual”, es decir, cuando el asegurado se representa como probable el resultado dañoso —accidente—, pero le es indiferente y actúa igualmente). El autor quiere la acción e indirectamente también quiere el resultado. En cuanto al segundo, no basta para excluir la cobertura la imputación de simples culpas o meras negligencias del asegurado, ya que estas están amparadas por la cobertura del seguro; tiene que tratarse de una conducta extrema, grosera, gravísima, sumamente acentuada del asegurado, que constituya una infracción a la debida diligencia o a los deberes objetivos de cuidado, lindante con el dolo, una manifiesta despreocupación en la que no hubiera incurrido el asegurado de no existir el seguro, es decir, que el asegurado provoca el siniestro en forma conciente a sabiendas de que está asegurado, pretendiendo de esa manera que el asegurador lo indemnice a él (por ejemplo, el caso de auto-robo o facilitación del hurto del vehículo) o bien al tercero damnificado (el caso del accidente de tránsito con daños a bienes o integridad física de terceros).

64

Algunos autores entienden que el concepto de culpa grave de la ley de seguros se identifica con la noción criminal de “culpa con representación”, es decir, cuando el asegurado representa el riesgo (posibilidad de ocurrencia del resultado dañoso) como más o menos probable, aunque sin quererlo, pero le es indiferente y actúa igualmente. En otras palabras, el asegurado lleva adelante la acción (sin intención, es decir, con negligencia, imprudencia o impericia), y sin querer causar el resultado (siniestro).

Y para distinguir ambos conceptos, hay que analizarlos a través de un ejemplo: si yo (asegurado) conduzco mi automóvil por una ciudad a 100 km/h y veo un peatón que está cruzando la calle por lugar habilitado, pero confiando en mi pericia conductiva no disminuyo la velocidad creyendo que voy a poder evitar el impacto y lo atropello, cometo una conducta dolosa con dolo eventual, porque yo me representé el resultado como probable, pero me fue indiferente y no depuse mi actitud. Ahora bien, en el mismo

---

<sup>8</sup> Para una análisis más completo de la cuestión, recomendamos la lectura de nuestro trabajo “El dolo y la culpa grave como causales de exclusión de cobertura en el seguro contra la responsabilidad civil”, ingresando al sitio web [www.martindiegopirota.com.ar](http://www.martindiegopirota.com.ar) / Solapa de Publicaciones / Artículos / Temas de responsabilidad civil y seguros.

ejemplo, habrá culpa grave (imprudencia) si yo veo al peatón cruzar la calzada, pero me parece improbable que lo puedo atropellar, cosa que finalmente sucede; pero, si yo hubiera sabido que lo iba a atropellar hubiera depuesto enseguida mi actitud (en este caso, disminuido la velocidad). El tema pasa por la conciencia de evitar el resultado.

Las pautas a tener en cuenta necesariamente para que el dolo y la culpa grave sean causales de exclusión de cobertura por parte del asegurador en el seguro contra la responsabilidad civil son las siguientes:

- propio o personal del asegurado o tomador;
- debe haber sido la causa adecuada del siniestro (anterior o concomitante);
- su configuración es de interpretación restrictiva (en caso de duda sobre el alcance de la cobertura asegurativa, hay que optar por la subsistencia de la obligación del asegurador), y;
- oponible al tercero damnificado.

La jurisprudencia argentina ha considerado que es culpa grave: conducir en estado de ebriedad (alto grado de alcoholemia o superior al límite máximo legal permitido); circular a exceso de velocidad (pérdida del dominio del automotor); y exceso de ocupantes respecto de la capacidad del vehículo. Por otro lado, afirma que no se configura la culpa grave (porque no ha sido causa adecuada del siniestro): cruzar el semáforo con luz roja; circular a exceso de velocidad (superior al límite máximo legal permitido); circular en contramano; conducir en estado de ebriedad (bajo grado de alcoholemia).

En España, el régimen de la Ley sobre Responsabilidad Civil y Seguro en la Circulación de Vehículos a Motor (Ley N° 30/95), que fue impulsada por el sector asegurador, establece un sistema de responsabilidad civil con tablas o baremos vinculantes para el juez, pero con índices de corrección variables para casos concretos y, además, no se excluye la cobertura asegurativa cuando el siniestro es causado por culpa grave (no está incluido el dolo) del asegurado, dándole luego la posibilidad al asegurador de repetir contra el asegurado lo que abonó en concepto de indemnización al tercero damnificado. Este es el sistema al que tienden los países del primer mundo, que, por alcanzar su población un cierto grado de maduración sociocultural, les permite incluir a la culpa grave del asegurado dentro de la cobertura que debe brindar el asegurador.

Pero, no podemos decir que ocurra lo mismo con los países latinoamericanos; así, por ejemplo, el legislador argentino, por razones de política y técnica legislativa (y cuestiones que se detallan en la exposición de motivos de la citada ley, como las dificultades de probar el dolo, la deficiente organización policial en el interior del país, las dificultades prácticas de una intervención rápida del asegurador para investigar las circunstancias en que se produjo el hecho, las reiteradas situaciones de fraude en el seguro que son los casos de armado o simulación de accidentes), decidió excluir o declinar la cobertura asegurativa cuando el siniestro fue causado por dolo o culpa grave personal del asegurado.

*A priori*, parece injusto que a la víctima, que es ajena al vínculo contractual entre asegurado y asegurador, le sean oponibles el dolo o culpa grave del asegurado, quedando

liberado el asegurador (con lo que parece que se desvirtúa la función social de la que hablamos), que obliga al tercero damnificado a perseguir el cobro de su indemnización contra el asegurado (que, advertido que su compañía de seguros no le cubrirá el siniestro, rápidamente se insolventará para así evitar que ejecuten su patrimonio). Debemos tener en cuenta que aquí tenemos un régimen normativo específico (Ley de seguros) que así lo establece y que debe aplicarse primariamente, sin perjuicio de la aplicación supletoria y complementaria de los códigos (civil, comercial, penal, etc.) en las situaciones no reglamentadas por la ley de seguros.

Por otra parte, lo que resulta contradictorio es que, si bien el dolo o la culpa grave del asegurado debe ser probada por el asegurador, en el juicio, el tercero damnificado se empeñará en resaltar y acreditar la gravedad de la conducta del asegurado demandado; a la postre, dicha actividad probatoria, amén de beneficiarlo, puede resultar perjudicial a sus intereses al haber contribuido a patentizar aun más la acción temeraria o imprudente desplegada por este último en la producción del siniestro.

Por nuestra parte, pensamos que razones de justicia distributiva del daño reclaman una reforma legislativa en la cuestión analizada, para estar en sintonía con la moderna tendencia mundial en el derecho de seguros.

En cuanto a las fallas del sistema del seguro obligatorio de responsabilidad civil del automotor, podemos señalar las siguientes:

- deficiente control en su cumplimiento = alto porcentaje del parque automotor circula sin seguro;
- alta siniestralidad y litigiosidad = aumento de primas;
- culpa grave del asegurado oponible a la víctima + insolvencia del asegurado = víctima sin indemnización;
- actividad probatoria de la víctima en juicio para acreditar la gravedad de conducta del asegurado = puede resultarle perjudicial al propio actor, y;
- doctrina y jurisprudencia no se ponen de acuerdo en quién es el verdadero beneficiario del seguro.

En cuanto a la realidad latinoamericana, nos parece que el seguro obligatorio del automotor es una norma con enormes beneficios para la sociedad toda y que, mal o bien, se encuentra regulado en América Latina, pero para que cumpla con la función económica y social para el cual fue diseñado, deben extremarse los controles para exigir su cumplimiento, ya que en esta materia, como quizá en otras, tenemos leyes que en la práctica no se cumplen, quizá sea por esa mala costumbre que tenemos los latinoamericanos de copiar en bloque aquellas normas de los países del primer mundo, sin previamente analizar si la realidad socioeconómica y cultural de nuestros países nos permitirá su aplicación lisa y llana.

Así, por ejemplo, en Argentina se estima que alrededor del 40% del parque automotor circula sin seguro. Entonces, nos preguntamos, de qué sirve la obligatoriedad. Nos parece

oportuno rescatar lo dispuesto por el párrafo final del art. 140 de la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre del Ecuador que establece que ningún vehículo podrá ser matriculado si su propietario no presenta el original del correspondiente contrato de seguro vigente.

Por otra parte, no podemos negar el considerable aumento de los accidentes de tránsito y, como consecuencia de ello, ocurre lo propio con los juicios por daños y perjuicios. Entonces, este aumento en la siniestralidad vial y en la litigiosidad, repercute directamente en el incremento de las primas de seguro que todos debemos abonar como asegurados, ya que las compañías de seguros, al aumentar el riesgo de accidentes y de juicios en su contra (y en el de sus asegurados), se ven obligadas a trasladar dicho aumento al costo del seguro, por el tema de las reservas técnicas que están obligadas a hacer.

Debemos repensar la norma en cuestión y analizar qué tipo de seguro de responsabilidad civil automotor queremos para nuestros países: si un seguro de los llamados “con culpa” (por ejemplo, como rige en Argentina), en los que el asegurador no indemniza al tercero damnificado inmediatamente de ocurrido el accidente, sino que primeramente investiga la mecánica de ocurrencia del siniestro y la consecuente responsabilidad del asegurado; o, por el contrario, optamos por los “seguros *non-fault* o sin culpa” (responsabilidad por riesgo creado por el uso del vehículo automotor, como rige en España o Francia), en los que la compañía aseguradora paga a la víctima y luego ve la conveniencia de repetir lo abonado contra el autor del daño.

Por último, es imprescindible que examinemos a qué función del seguro de responsabilidad civil le damos prioridad o preeminencia, si a la económica (mantener indemne, es decir, sin daño, el patrimonio del asegurado) o a la social (evitar que la víctima quede sin indemnización). Pareciera que en los “seguros con culpa”, la preferencia está puesta en la función económica, mientras que en los “seguros sin culpa”, se le da mayor importancia a la función social.

### El sistema español: análisis de la Ley sobre Responsabilidad Civil y Seguro en la Circulación de Vehículos de Motor (Ley 30/1995)

Como adelantamos en el punto anterior, la normativa analizada fue impulsada por el sector asegurador para remediar una disparidad de criterios judiciales en orden a la determinación de cuantías indemnizatorias, no corregida por el sistema procesal de recursos, lo que era causa de inseguridad jurídica y de agravios comparativos en una materia de incidencia colectiva y especialmente sensible para la ciudadanía, como son los accidentes de la circulación. Con anterioridad a la aprobación de la ley, el problema se intentó solucionar mediante la aprobación de un sistema tabular de cuantificación de los daños personales meramente orientativo que, sin embargo, no consiguió el efecto perseguido, lo que motivó que, finalmente, el legislador optase por imponerlo de modo vinculante.

Si bien, en un principio fue cuestionada por la jurisprudencia de los tribunales inferiores y por calificada doctrina, luego fue ratificada su constitucionalidad por el Tribunal Constitucional en sentencia 181/2000, de 29 de junio.

### **Razones para justificar su dictado**

- alta siniestralidad vial y litigiosidad consecuente;
- naturaleza de los daños ocasionados y su relativa homogeneidad;
- aseguramiento obligatorio del riesgo;
- creación de fondos de garantía (Consortio de Compensación de Seguros - CCS), y;
- tendencia a la unidad normativa en la UE.

### **Pilares fundamentales del sistema**

- objetivación de la responsabilidad (responsabilidad por riesgo creado por el uso del vehículo automotor);
- socialización del daño;
- obligatoriedad del seguro para todos los propietarios de vehículos a motor (límites, € 350.000 por daños a las personas y € 100.000 por daños a los bienes).

### **Doble régimen de responsabilidad**

- daños a las personas = responsabilidad objetiva (riesgo creado)
- daños a los bienes = responsabilidad subjetiva (conf. arts. 1902, Código Civil, y 109 y ss. Código Penal) FUERA DEL SISTEMA.

68

### **Causas de exoneración de responsabilidad**

- culpa exclusiva de la víctima;
- fuerza mayor extraña a la conducción, y;
- hecho de un tercero externo al ámbito de la circulación.

### **Síntesis del sistema**

- se aplica a la valoración de todos los daños a las personas (patrimoniales y espirituales) en accidentes de la circulación;
- se aplica a los accidentes de la circulación causados por el riesgo del automóvil o conducta culposa (penal o civil) del conductor, excluido el dolo;
- darán lugar a indemnización: la muerte, las lesiones permanentes, invalidantes o no, y las incapacidades temporales;
- se establecen seis tablas de valoración vinculantes para el juez, con factores de corrección variables que tienen en cuenta circunstancias particulares de la víctima;
- la culpa de la víctima opera como elemento corrector de disminución de la indemnización;
- la víctima tiene acción directa contra la aseguradora del responsable y contra el Consorcio de Compensación de Seguros.

## BIBLIOGRAFÍA



**ARAVENA ARREDONDO, Leonardo (1994).** *Régimen del Tránsito. Leyes vigentes*, Ed. Jurídica de Chile, Santiago. Chile.

**LÓPEZ-MUÑIZ GOÑI, Miguel (1995).** *Accidentes de Tráfico; Problemática e Investigación*, Ed. Colex, Madrid. España.

**PIROTA, Martín Diego (1999).** *Responsabilidad por daños derivados del peaje. La responsabilidad del concesionario y del Estado. Exégesis-legislación-doctrina-jurisprudencia. Análisis de casos prácticos*, Ed. de Belgrano, Buenos Aires. Argentina.

**(2000)**

*Peaje y Responsabilidad Civil. Los accidentes de tránsito en rutas concesionadas. La responsabilidad del concesionario y del Estado. Enfoque teórico-práctico. Análisis de casos relevantes*, Ed. Lumiere, Buenos Aires. Argentina.

**(2003)**

*Compendio jurisprudencial sobre accidentes de tránsito en carreteras y autopistas. La responsabilidad del Estado y del ente concesionario vial. Análisis dogmático y jurisprudencial. Modelos de demanda por daños y perjuicios derivados de accidentes de la circulación*, Ed. Rubinzal-Culzoni, Santa Fe. Argentina.

**(2004)**

“Derecho Vial: Un enfoque diferente sobre la responsabilidad del Estado y de los concesionarios viales por accidentes de tránsito en carreteras y autopistas”, Revista Novel Iuris, Resistencia-Chaco, Año 1 N° 2, Febrero/Marzo de 2004; Lexis-Nexis, fascículo N° 1, 07-04-04, sección doctrina, págs. 16/24; Revista Ibero-Latinoamericana de Seguros, Colombia, N° 21, mayo; y elDial.Express, Edición on line, Buenos Aires, 10 de junio, [www.eldial.com.ar](http://www.eldial.com.ar) - Titulares de la primera plana–Doctrina

Internet: [http://www.eldial.com.ar/bases/notas\\_ea.asp?040610-a.asp](http://www.eldial.com.ar/bases/notas_ea.asp?040610-a.asp)

**(2007)**

“Animales sueltos en rutas concesionadas. Un esperado y trascendente fallo de la Corte Suprema Nacional que modifica su anterior doctrina en beneficio de la seguridad vial de los usuarios de rutas con peaje”, [www.martindiegopirota.com.ar](http://www.martindiegopirota.com.ar) - Solapa de Publicaciones – Artículos – Responsabilidad civil (accidentes de tránsito en carreteras y autopistas).

“La señalización vial y su impacto actual sobre el principio de confianza en la normalidad o seguridad del tráfico”, Revista Carreteras, España, 4ª época, N° 151, enero/febrero, pp. 100/102.

“El dolo y la culpa grave como causales de exclusión de cobertura en el seguro contra la responsabilidad civil”, [www.martindiegopirota.com.ar](http://www.martindiegopirota.com.ar) - Solapa de Publicaciones – Artículos – Temas de responsabilidad civil y seguros.

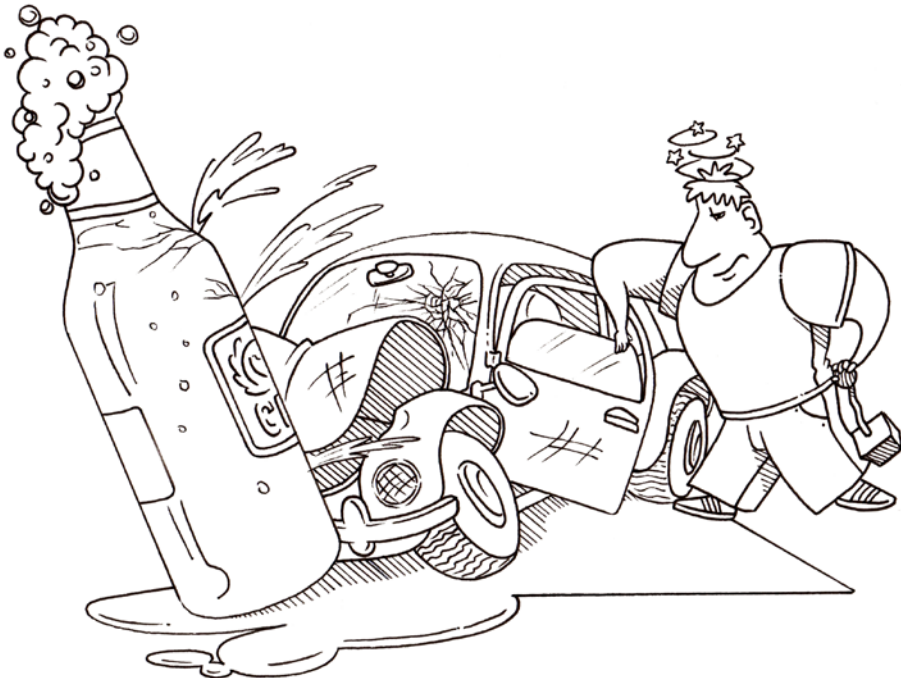
**PUIG PEÑA, Federico (1997).** *La defectuosa señalización y sus consecuencias*, V Curso Internacional de Derecho de la Circulación; Conferencias y Comunicaciones – Jefatura Central de Tráfico-Centro Internazionale di Studi Giuridici sulla Circolazione Stradale, Madrid, 1963, págs. 239 y ss.

**TABASSO, Carlos (1997).** *Derecho del Tránsito – Los principios*, Ed. B de F (Julio César Faira – Editor), Buenos Aires. Argentina.

3

## Alcohol y volante: alianza trágica

Carlos Tabasso Cammi



## CARLOS TABASSO CAMMI



Uruguayo. Jurisconsulto especializado en Derecho del Tránsito. Ha publicado, en Argentina, *Fundamentos del Tránsito* (2005) y *Derecho del Tránsito: Los principios* (1997) y *El lenguaje de la vía* (2000) en España. Además, de 35 ponencias y artículos temáticos editados en publicaciones especializadas en España, Argentina, Brasil y Uruguay.

Es profesor y coordinador de Ciencias Jurídicas y Sociales del Tránsito del Centro de Altos Estudios del Tránsito de la Universidad Tecnológica Nacional y profesor externo en la Universidad de Belgrano, ambas en Argentina; profesor de la materia «Fundamentos del Tránsito» en la Dirección Nacional de Policía Caminera de Uruguay y profesor de Seguridad Vial en el curso para maestros de escuelas primarias que desarrolla el Instituto de Formación Vial del Uruguay (INFORVIAL), por convenio con el Consejo de Educación Primaria de Uruguay.

Ha sido presidente del Comité de Seguridad Vial del Distrito 4980 del *Rotary Club Internacional* durante cuatro períodos (2000 – 2004) y miembro del Consejo Asesor del Foro Nacional – Uruguay del *International Forum of Rural Transport and Development* (IFRTD). En octubre del año 2002 recibió el premio Hilário Veiga de Carvalho otorgado por la Associação Brasileira de Medicina de Tráfego. Actualmente es el presidente de INFORVIAL y representante en Uruguay del Grupo de Seguridad Vial y Accidentes de Tráfico de la Universidad de Zaragoza (España).

<b>+</b> Un antiguo e interminable problema	<b>74</b>
<b>+</b> Características del acto de conducción de automotores	<b>75</b>
<b>+</b> Evidencias sobre la interferencia alcohólica en las habilidades básicas para conducir	<b>80</b>
<b>+</b> Comprobaciones científicas recientes sobre la influencia de las tasas de alcoholemia en la conducción de vehículos	<b>94</b>
<b>+</b> Consecuencias de la asociación alcohol-volante en la realidad empírica de la vía pública	<b>97</b>

## UN ANTIGUO E INTERMINABLE PROBLEMA

Es un hecho universalmente comprobable que el ciudadano medio tiene clara conciencia del radical antagonismo que existe entre la ingesta alcohólica y la conducción de vehículos u otras actividades de riesgo, pero, paradójicamente, ese mismo ciudadano también está totalmente convencido de que, por razones inexplicables, constituye la excepción a la regla.

Pero, la regla inevitablemente se cumple y en gran medida, dado que, mundialmente, en la franja de entre el 35 y el 50% de los accidentes viales mortales se registra la siniestra presencia del alcohol. Pero, esto no es nuevo: el *Quarterly Journal of Inebriety* hace más de un siglo manifestaba su alarma al comprobarse que, de los 25 choferes protagonistas de siniestros automovilísticos fatales ocurridos en 1904, 19 de ellos habían ingerido alcohol dentro de la hora previa a la tragedia.

A partir de 1910, el fenómeno de la motorización y su inevitable carga de siniestralidad impulsó a los científicos a penetrar en la nebulosa región del deterioro alcohólico con el objeto de explorar posibles soluciones a tanta muerte y dolor. El conocimiento acumulado durante el siglo transcurrido se resume en que la única solución es de asombrosa sencillez, pero extremadamente difícil de alcanzar, pues se trata de **la abstinencia total del tóxico si se sostiene un volante entre las manos, se trabaja suspendido a 30 ó 40 metros de altura o se pilotea un avión cargado de pasajeros.**

74

Los instrumentos empleados en las investigaciones científicas fueron paralelos a las tecnologías disponibles en cada época: desde los primitivos métodos de química húmeda y los modelos animales de experimentación —cuya validez se mantiene— hasta la cromatografía de fase gaseosa y las neuroimágenes funcionales de resonancia nuclear magnética que, en tiempo real, permiten ver, literalmente, la actividad cerebral que se lleva a cabo bajo los efectos del tóxico. Al arsenal de instrumentos, se ha agregado el simulador que, sin riesgo, reproduce en forma virtual las condiciones de vuelo o de la vía de tránsito y las infinitas situaciones que pueden darse, mientras mide las respuestas humanas con precisión poco menos que absoluta.

Respecto de las líneas de investigación, se puede observar una clara división entre los estudios realizados con el objeto de determinar los mecanismos fisiológicos, neurológicos y psicológicos específicos sobre los cuales el alcohol produce el efecto de deterioro y su magnitud, y aquellos que se enfocaron a los efectos empíricos finales de la interferencia del mismo, es decir, a los resultados que causa en términos de incidentes reales. En este trabajo, se efectuará una reseña sintética de los descubrimientos logrados en ambos campos, para cuya comprensión es ineludible entender previamente la complejidad que encierra el banalizado acto de conducir automotores, lo cual se hará en el siguiente párrafo.

El invaluable cúmulo de conocimientos obtenidos está muy lejos de ser inútil, ya que su difusión constituye un elemento clave para disipar la gigantesca cortina de ignorancia que oculta el tema a las grandes mayorías de las sociedades contemporáneas y, con ello, disolver la falsa y trágica idea de que los efectos del alcohol pueden ser controlados, escondidos o minimizados.

## CARACTERÍSTICAS DEL ACTO DE CONDUCCIÓN DE AUTOMOTORES

La dinámica, la proliferación y el carácter extremadamente crítico y riesgoso del tránsito actual implican que, cuando el individuo es involucrado —sea como peatón o conductor— queda sometido a **altísimas demandas físicas, emocionales e intelectuales**, que raramente se suscitan en las actividades ordinarias de la vida cotidiana, salvo en los deportes competitivos y en ciertas tareas de alto riesgo, como pilotear aeronaves, operar en líneas de alta tensión y a grandes alturas, o intervenir quirúrgicamente el cerebro de un semejante. En la participación del hombre en el tránsito, tal como hoy, existen dos problemas subyacentes cuya solución es virtualmente imposible:

El primero radica en que **las prestaciones del vehículo automotor actual no están en escala humana**. Valiéndose de su aparato locomotor natural, la velocidad máxima de marcha que un adulto normal puede alcanzar en grandes extensiones es de no más de 3 km/h. Esto ha determinado que, como resultado de 5 millones de años de evolución de la especie, **los mecanismos perceptuales, cognitivos, emocionales y motrices de los individuos se encuentren genéticamente ajustados a dicho límite**. Es obvio que los 130 años transcurridos desde que Daimler y Benz pusieron en el mercado los primeros vehículos a motor “comerciales”, no han sido suficientes para que la selección natural adaptara los sistemas humanos al ultradinámico, ultracomplejo y ultrapeligroso ambiente de la motorización moderna. La inadecuación de un cuerpo y una psiquis programados naturalmente para 3 km/h aplicados al control de la masa, potencia y velocidad de cualquier automóvil ordinario de hoy, **convierte a la conducción en una de las tareas más complejas, exigentes y agotadoras de la vida de los seres humanos contemporáneos**. Sin embargo, este hecho innegable es ocultado debido a que más de la mitad de la población mundial se moviliza mediada por algún tipo de vehículo automotor.

El segundo problema es la **falta de perspectiva de los actores del fenómeno y su banalización**. Desde el comienzo de la motorización mundial (1920, aproximadamente), han transcurrido unas 6 o 7 generaciones durante las cuales prácticamente todos los seres humanos nacieron, vivieron y murieron interactuando como elementos componentes del sistema. Las madres gestantes de una generación fueron trasladadas por automotores a los nosocomios donde parieron y, pasados 60 o 70 años, otros automotores condujeron a sus hijos al descanso de los cementerios, luego de haber transitado durante sus vidas infinitas veces también mediados por automotores como pasajeros o conductores. **Es la primera vez, en la historia de la humanidad, que las personas conviven cotidianamente con máquinas en una relación numérica que hoy alcanza a 1 de estas por 2 de aquellas**, lo cual ha llegado a conformar una especie de segunda naturaleza. Este fenómeno ha hecho que los involucrados perciban el universo del tránsito como algo ultraconocido, simple, manejable y, por ende, banal debido a su omnipresencia, cuando en realidad es lo radicalmente opuesto, como se verá más abajo.

El conocimiento científico objetivo de la capacidad de interferencia de un tóxico tan banalizado como la misma actividad en la que interfiere es esencial para contener sus deplorables consecuencias. Para comprender esto claramente es necesario analizar previamente la actividad de conducir vehículos en su sorprendente complejidad y en sus propiedades características, que son las siguientes:

## RIESGOSA - CRÍTICA - TÉCNICA - INTERACTIVA - COMPLEJA

Conducir un automotor es un actividad **riesgosa** porque implica, connaturalmente, una probabilidad inexorable de causar y causarse daño, la cual es, comparativamente, muy elevada con relación a otras actividades personales y sociales. La experiencia reunida en el tiempo transcurrido desde el comienzo de la motorización mundial indica que, aun bajo condiciones óptimas y aplicando las mejores medidas de seguridad, **“participar en el tránsito sin aceptar cierto riesgo es algo completamente imposible”** (Kaiser, 1978).

El cuadro adjunto muestra en forma muy general la participación relativa de los factores causales del tránsito (persona, vía, vehículo, ambiente) involucrados en los siniestros viales; destaca el desproporcionado aporte del elemento humano, a través del cual el alcohol ejerce su funesta acción.

PARTICIPACIÓN CAUSAL RELATIVA DE LOS FACTORES DEL TRÁNSITO EN LOS SINIESTROS VIALES			
FACTOR	FACTOR ÚNICO	FACTOR DOBLE	TOTAL
Vía y entorno	2,5 %	24,25 %	28,00 %
Usuario	65,0 %	28,50 %	94,75 %
Vehículo	2,5 %	4,75 %	8,5 %
Fuente: Transport and Road Research Laboratory, UK, 1999			

En segundo término, conducir automotores es una **actividad crítica**, es decir, aquella en la que la acción individual debe desarrollarse, necesariamente, **en tiempos y espacios extremadamente breves**, lo que impone tomar decisiones muy rápidas en forma acertada y ejecutarlas inmediatamente con una exactitud prácticamente absoluta, pues las condiciones no toleran errores, omisiones, lapsus, ni vacilaciones, porque no existe ninguna oportunidad de rectificación. En el ámbito del tránsito, por el juego de las leyes universales de la física, **el espacio y el tiempo son, literalmente, comprimidos proporcionalmente al incremento de la velocidad en tanto que, en forma concomitante, la masa y la energía se elevan al cuadrado.**

En los hechos, la criticidad se manifiesta incluso en las unidades de medida, pues para cuantificar los fenómenos físicos, técnicos o accidentes específicos del tránsito, en lugar de los kilómetros-hora de uso común, es necesario emplear la escala de metros-segundos, e incluso menos (por ejemplo, el lapso de duración de los procesos de colisión se mide en milisegundos).

En este universo crítico, los sucesos de apariencia más nimia adquieren una significación vital; una comparación pedagógica ilustrativa para comprender esto es imaginar la consecuencia que podría tener el estornudo de un piloto de Fórmula 1 mientras está entrando en una curva cerrada a 250 km/h.

Conducir es, asimismo, una **actividad técnica**, porque su desarrollo funcional, armónico y seguro depende de que los protagonistas aprendan previamente, practiquen,

internalicen y cumplan ciertas **reglas técnicas, jurídicas y experienciales**, que prescriben el empleo de ciertos medios para obtener determinados fines, el principal de los cuales se denomina “seguridad vial”. El incumplimiento de estas reglas por incapacidad psicofísica, ignorancia, impericia, imprudencia o negligencia, equivale fatalmente a crear las condiciones objetivas para que el siniestro tenga lugar o se produzca en forma efectiva.

La conducción es, también, una actividad **interactiva**, debido a que el desempeño de cada unidad individual participante, sea peatón o automotor, influye y determina el desempeño de las demás, tanto como estas influyen y determinan el comportamiento de aquella. Esta característica puede enunciarse con la expresión: “Nunca se conduce solo”. Un ejemplo real lo brinda una gigantesca colisión en cadena de casi 200 vehículos causante de más de 30 muertos ocurrido en una autopista de Estados Unidos en la década de los 80, cuyo origen fue la irracional frenada súbita de una conductora anciana. La interactividad explica que el tránsito más ordenado y seguro imaginable pueda ser distorsionado hasta llegar al caos, por una sola unidad conducida erráticamente por un sujeto intoxicado con alcohol u otra droga.

Finalmente, la conducción automotriz es una actividad increíblemente **compleja** desde el punto de vista físico, intelectual y técnico según lo demuestran los siguientes datos:

- Entre simples y combinadas, existen alrededor de 50.000 maniobras conductivas posibles; aprendiendo una por día, se tardarían casi 137 años en aprenderlas todas, lo que significa que el tiempo normal de la existencia humana no alcanza para conocer y resolver todas las posibilidades que se puedan presentar en la realidad; en otras palabras: **es imposible completar el aprendizaje de la conducción automotriz.**
- Investigaciones recientes han establecido que, en cada kilómetro que recorre, el conductor medio observa una media de **125 situaciones diferentes** y toma **12 decisiones**; además, cada 10 kilómetros comete **3 errores** y cada 800 kilómetros arriesga **sufrir un incidente serio.**
- Para circular con un margen de seguridad razonable, el conductor debe aprender y recordar el significado de unas **150 señales viales** de naturaleza diversa, percibir las cuando está conduciendo, interpretarlas y ejecutar o abstenerse de lo que cada una le advierte, le ordena o le prohíbe.
- El conductor debe monitorear y “leer” constantemente el ambiente de la circulación para **adaptar su conducta a las condiciones cambiantes de su evolución**; se ha demostrado repetidamente que la falta de adaptación constituye una de las causas de siniestralidad de mayor incidencia; por ejemplo, no reducir la velocidad cuando comienza a llover.
- A diferencia de la mayoría de las actividades usuales de la vida cotidiana, salvo en algunos deportes de alta competencia, la conducción de automotores requiere necesariamente satisfacer las siguientes condiciones acumulativas:

√ Coordinar exactamente los movimientos simultáneos de la cabeza y de las cuatro extremidades corporales.

- ✓ Percibir un campo visual de 360°, o sea, ver hacia adelante, hacia ambos lados y hacia atrás (mediante los espejos retrovisores).
- ✓ Mantener sostenidamente una actitud de vigilancia (o alerta) total.
- ✓ Dividir la atención entre los múltiples sucesos que se suscitan en el itinerario y solución de continuidad, enfocarla para resolver cada situación concreta.
- ✓ Anticipar, percibir y evaluar el riesgo actual y potencial que comporta cada uno de dichos sucesos.
- ✓ Tomar decisiones racionalmente adecuadas a cada situación y ejecutarlas en forma inmediata.
- ✓ Dar continuas respuestas reflejas innatas y adquiridas.
- ✓ Realizar continuamente series simultáneas de cálculos de tiempo y espacio.
- ✓ Predecir las acciones de los demás usuarios para decidir las suyas.
- ✓ Comunicar a los terceros las intenciones operativas propias.
- ✓ Recordar y cumplir la normativa del tránsito conforme a las particularidades de cada situación puntual que se enfrenta.
- ✓ Soportar altos niveles de estrés y tensión emocional.

La inagotable complejidad y riqueza de la conducción automotriz se resume y organiza en la **Matriz Jerárquica GDE** (acrónimo de Goals Driver Education, que significa **educación del conductor por metas**), la cual permite visualizar los diversos planos e interacciones que implica la actividad. La matriz ha sido adoptada oficialmente por los órganos competentes de la Unión Europea para sus grandes proyectos DAN, ADVANCED y MERIT, en carácter de modelo teórico y práctico para la formación de los conductores y monitores de conducción de todos los países miembros.

El nivel más bajo de la jerarquía, la **operación del vehículo**, se refiere a las competencias psicofísicas y a las habilidades técnicas necesarias para dominar físicamente el movimiento, la velocidad, la dirección y la detención de la unidad automotriz, es decir, aceleración, frenado, cambios de velocidad, giros, etc.

El segundo nivel, la **táctica**, es el manejo y resolución de las situaciones de circulación concretas que se presentan sucesivamente en el itinerario, o sea la adaptación del comportamiento vial del conductor al comportamiento de los otros conductores y al ambiente general de la circulación, lo que implica percibir y prever las conductas de los demás, así como hacer que el comportamiento propio sea previsible para los terceros. El conocimiento de las normas legales de la circulación y su cumplimiento (como el empleo del cinturón de seguridad, las reglas de preferencia, el desarrollo de las maniobras de acuerdo con los modelos normativos y el respeto de los límites de velocidad) constituyen una parte clave de las competencias involucradas en este escalón jerárquico.

MATRIZ JERÁRQUICA GDE* (sintetizada)			
NIVELES JERÁRQUICOS DE COMPORTAMIENTO (grado de generalidad)	CONOCIMIENTOS Y COMPETENCIAS	FACTORES DE AUMENTO DEL RIESGO	AUTOEVALUACIÓN
IV - Nivel general Proyectos de vida y habilidades fundamentales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estilo de vida, edad, grupo, cultura, posición social, etc, con relación a las competencias para conducir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Búsqueda de sensaciones</li> <li>• Aceptación del riesgo</li> <li>• Normas de grupo</li> <li>• Presión de los pares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencia intros-pectiva</li> <li>• Condiciones pre-vias propias</li> <li>• Dominio de los impulsos</li> </ul>
III - Nivel estratégico Objetivos y contexto de la conducción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elección de modo</li> <li>• Elección de tiempo</li> <li>• Rol de los motivos</li> <li>• Planificación del itinerario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingesta de alcohol, fatiga, estrés, estados anímicos, horas pico</li> <li>• Pasajeros jóvenes</li> <li>• Pavimento deslizando</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivos propios y su influencia en las elecciones</li> <li>• Reflexión</li> <li>• Autocrítica</li> </ul>
II - Nivel táctico Dominio de las situaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley de tránsito</li> <li>• Cooperación</li> <li>• Percepción del peligro</li> <li>• Automatización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incumplimiento de las reglas acompañado por pavimentos deslizantes</li> <li>• Presencia de usuarios vulnerables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Juicio de las competencias de conducción</li> <li>• Estilo propio de conducción</li> </ul>
I - Nivel operativo Dominio del vehículo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funcionamiento del vehículo</li> <li>• Sistemas de protección</li> <li>• Dominio del vehículo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No uso del cinturón de seguridad</li> <li>• Fallo de los sistemas mecánicos</li> <li>• Neumáticos desgastados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Juicio de las competencias acerca del dominio del vehículo</li> </ul>
* NOTA: varios de los ítems se enuncian solo por vía de ejemplo, como los factores de riesgo. Fuente (resumida): Hatakka, Keskinen <i>et al</i> , 2002			

El tercer nivel, la **estrategia**, concierne a los objetivos finales y al contexto de la conducción. Este grado refiere a la decisión de por qué, para qué, dónde, con quién, con qué, en qué forma y en qué momento se conduce, lo cual se concreta en la programación y la elección de los itinerarios, la situación de conducción y la presencia de pasajeros en el vehículo.

El nivel más alto de la jerarquía, los **proyectos y aptitudes de vida**, es el de las motivaciones y los objetivos del individuo en sentido existencial (Keskinen, 1996); comprende las competencias individuales para el manejo y resolución de las diferentes situaciones de la vida en sentido amplio. Aunque pueda parecer que este concepto es demasiado general, tiene trascendentes consecuencias sobre el tránsito; por ejemplo, si el sujeto educado en valores de respeto a los demás y en la observancia de la ley se comportará

en la vía pública de un modo muy diferente al de un individuo autodestructivo que vive en un ambiente sociofamiliar de anomia y conflicto.

En la matriz GDE, los efectos de la ingesta alcohólica se categorizan como un **factor de riesgo incidente en el nivel estratégico del acto conductivo**, lo que significa que **también afecta a los niveles jerárquicamente inferiores de la operación mecánica y del manejo táctico de las situaciones y alternativas que se presentan y cambian en el tránsito a cada instante.**

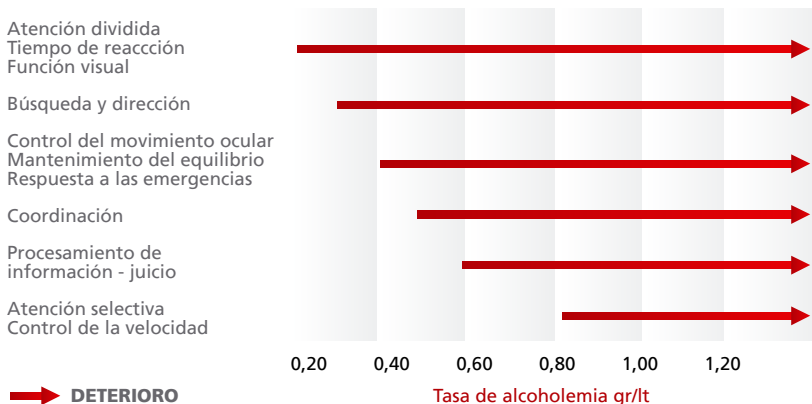
Los fenómenos farmacodinámicos provocados por el alcohol causan una potente interferencia sobre el sujeto abocado a una tarea tan compleja y exigente, lo que los transforma en un factor de riesgo vial indiscutible, según lo han demostrado las evidencias científicas y las grandes investigaciones epidemiológicas como el estudio Grand Rapids, que se analizará más adelante. A continuación, se efectuará el análisis puntual de la incidencia alcohólica sobre las capacidades y habilidades fundamentales requeridas para conducir.

## EVIDENCIAS SOBRE LA INTERFERENCIA ALCOHÓLICA EN LAS HABILIDADES BÁSICAS PARA CONDUCIR

Aunque todavía parece haber mucho por descubrir, varios centenares de investigaciones científicas desarrolladas desde principios del siglo XX han revelado paulatinamente las consecuencias de la interferencia del alcohol en las capacidades y habilidades involucradas en la conducción de vehículos, cuyo resumen se muestra en el cuadro adjunto (siguiente página):

80

### RESUMEN DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA DEL DETERIORO ALCOHÓLICO EN LAS HABILIDADES CONDUCTIVAS



Fuente (adaptada) Geeneral Accounting Office, GAQ, 1999

A continuación, se analizarán las consecuencias producidas por el alcohol en cada una de las funciones asociadas al acto conductivo.

### 3.1 - Función visual

La función visual proporciona al conductor entre el 80 y el 90% de la información necesaria para conducir, pero, al mismo tiempo, es afectada con tasas de alcoholemia tan bajas como 0,20 gr/lt. La causa principal del deterioro funcional radica en el efecto relajante (depresor) del alcohol sobre los músculos responsables del control fino del ojo y del enfoque de los lentes oculares.

Específicamente, la relajación muscular causada por tasas comprendidas entre 0,20 y 0,50 gr/lt interfiere en el control del movimiento voluntario de los globos oculares y de la forma de los lentes, lo que reduce la habilidad para buscar rápidamente, enfocar y seguir objetos en movimiento. Abstrayendo otros factores, la disminución de la crucial habilidad de búsqueda y seguimiento de objetos móviles para relacionarlos con la posición propia, explica por sí sola el riesgo que crea un sujeto alcoholizado en el flujo de tránsito.



Con dichas alcoholemias, los ojos se mueven con menor frecuencia, lo cual reduce el patrón de búsqueda de riesgos en la escena, porque se fijan en áreas determinadas por tiempos más extensos de lo normal dejando de percibir lo que está ocurriendo en el resto del campo visual. Esta reducción de la visión periférica causa dificultades para percibir y reconocer objetos, personas, vehículos y señales ubicados en las partes cercanas a los bordes del campo. Las investigaciones hallaron que, con tasas de alcoholemia de 0,20 gr/lt, el déficit de visión periférica es de 6%, y de 20% con tasas de entre 0,50 y 0,80 gr/lt.

REDUCCIÓN NORMAL DEL CAMPO VISUAL PROVOCADA POR LA VELOCIDAD	
Velocidad km/h	Amplitud del campo visual
0	180°
35	104°
65	70°
100	42°
130	30°

La reducción de la amplitud del campo visual causada por el alcohol se superpone a la reducción progresiva de la amplitud del mismo provocada por el rango de velocidad mantenido, un fenómeno conocido como “**visión en túnel**”, pero, lamentablemente, son pocos los estudios sobre la interacción que se produce cuando ambos fenómenos se verifican conjuntamente. Para hacerse una idea, se adjunta el siguiente cuadro correspondiente a la reducción normal del “túnel” visual a distintas velocidades.

Concomitantemente, la alcoholemia altera la **acuidad o agudeza visual**, consistente en la facultad del ojo para percibir y discriminar los límites precisos y los detalles pequeños de los objetos. El alcohol reduce esta habilidad por dos vías: por la relajación de los músculos que controlan el enfoque y, simultáneamente, por la reducción de la cantidad de oxígeno en el torrente sanguíneo, debido a la alteración de la membrana de los glóbulos rojos, lo que vuelve la visión borrosa e imprecisa. La tabla adjunta muestra la disminución progresiva de la acuidad visual normal provocada por el aumento de la velocidad, la cual es incrementada por la alcoholemia, aunque no se sabe en qué grado, porque también en este caso los estudios sobre la superposición de ambos fenómenos son prácticamente inexistentes.

A partir de una concentración de 0,30 gr/lit, comienza a manifestarse la **visión doble** (diplopia), también debida a la relajación de los músculos oculares, la cual mengua la habilidad de los ojos para operar en forma coordinada a fin de lograr la fusión binocular y la convergencia. Consecuentemente, se anula la visión estereoscópica (en tres dimensiones), comprometiendo la vital capacidad de evaluar las distancias por la pérdida de la sensación de profundidad del campo, que se acentúa en forma correlativa a la concentración de alcohol en la sangre. Como resultado de la visión reducida a dos dimensiones —sin profundidad—, el conductor experimenta grandes dificultades para evaluar y mantener las distancias longitudinales y laterales de seguridad con los otros vehículos, cambiar de vía, adelantar a otros usuarios y determinar si los demás automotores están alejándose o acercándose. Abstrayendo otros aspectos, la pérdida de esta información clave representa un peligro incalculable, sobre todo cuando el individuo afectado conduce en vías angostas o pretende adelantar a otras unidades.

REDUCCIÓN NORMAL DEL ACUIDAD VISUAL PROVOCADA POR LA VELOCIDAD		
Velocidad km/h	Disminución de la acuidad	Reducción porcentual (%)
0	1,2 (normal)	0
10	1,0	5
30	0,8	20
54	0,7	30
72	0,6	40

En el rango de alcoholemias superiores a 0,40 gr/lit, en proporción al nivel efectivo, se altera el **sentido cromático** de la visión por la disminución de la sensibilidad de los conos que transmiten la imagen desde la retina hasta el cerebro a través del nervio óptico. Particularmente, decae la sensibilidad a los colores verde y rojo, lo cual desdibuja la señalización vial más crítica, es decir, las luces de los semáforos de detención y

avance, los símbolos de “Pare”, “Ceda el Paso” y las señales simbólicas prescriptivas y preventivas.

El alcohol también afecta de modo importante la **visión nocturna**, alterándola en distintos aspectos. En primer término, disminuye la velocidad del reflejo innato de cierre del iris para ajustarse a los cambios de intensidad lumínica, lo que vuelve más dificultosa la visión cuando se produce un exceso de radiaciones que impactan el ojo directamente. Este fenómeno aumenta los efectos del deslumbramiento, debido a que la retina queda expuesta por más tiempo a los haces de luz recibidos directamente.

En segundo lugar, en proporción a la tasa alcoholémica, disminuye la sensibilidad de las células fotorreceptoras retinales (conos y bastoncillos), con lo que se dificulta la tarea de búsqueda y seguimiento visual bajo luz tenue, así como decae la habilidad para detectar objetos dentro del campo visual oscurecido. Esto es de particular importancia, debido a que la mayoría de las personas tiende a beber en las últimas horas de la tarde y primeras de la noche luego de la jornada laboral.

Por último, influye decisivamente sobre los efectos del deslumbramiento, debido a que aumenta el tiempo de recuperación del mismo, pues, como consecuencia de la ingesta de alcohol, aquel es más intenso y prolongado, porque el iris está completamente abierto por la relajación de los músculos oculares, lo que hace que se reciba el impacto lumínico de los faros del vehículo contrario en toda su potencia.

La siguiente tabla corresponde a una escala de deslumbramiento normal, sin considerar el factor alcohol, pero permite hacerse una idea de lo que puede ocurrir cuando este se adiciona.

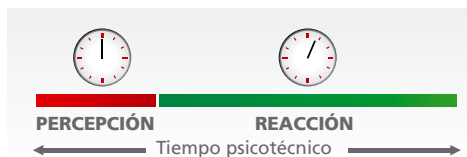
EFECTOS Y TIEMPOS DEL DESLUMBRAMIENTO (con alcoholemia nula)				
Grado	Pérdida de visión	Tiempo de ceguera	Tiempo de recuperación	Porcentaje de recuperación
Absoluto	+ 80 %	+ 8 seg	+ 8 seg	80 %
Grave	50/80 %	+ 3 seg	+ 6 seg	80 %
Medio	30/50 %	+ 2 seg	+ 4 seg	80 %
Leve	15/30 %	1 seg	+ 2 seg	90 %
Fuente: Olano Valderrama, 1994				

Numerosos estudios han demostrado que, al deteriorarse la performance visual, también se afecta el procesamiento de información y el aspecto atencional del funcionamiento cognitivo, lo cual significa que **la cognición es afectada por la baja performance visual**. Por ejemplo, se demostró que el alcohol no afecta la detección de objetos en el campo visual periférico cuando no hay demandas de atención en la visión central; sin embargo, cuando hay solicitaciones de atención en ambos campos, como ocurre continuamente en la conducción, el alcohol también deteriora la detección en el campo periférico.

### 3.2 - Tiempo psicotécnico

El tiempo psicotécnico o tiempo percepto-reactivo (en inglés: *time lag*) es el lapso que transcurre entre el instante en que el conductor percibe un estímulo sensorial significativo (por ejemplo, un niño cruzando súbitamente la calzada) y el momento en que comienza la ejecución de la acción decidida (por ejemplo, frenar); se descompone en dos momentos:

**Tiempo de percepción:** es el lapso que tardan los diversos sentidos en impresionarse por el o los estímulos externos, e integrarse y hacerse conciente la percepción propiamente dicha; en un individuo normal, joven y sano oscila aproximadamente entre 60 y 200 milisegundos.



**Tiempo de reacción:** es el lapso que transcurre entre la percepción y el comienzo de la reacción motriz, o sea, mientras el sujeto elabora la respuesta en base a la percepción y que concluye cuando la orden cerebral resultante del proceso psíquico activa el grupo de músculos específicos que ejecutará la acción (maniobra) elegida.

84

La Psicología del Tránsito ha estudiado las etapas del proceso desarrollado entre la percepción del estímulo y la reacción. Se han formulado varios modelos, uno de los cuales propone los siguientes momentos: **interpretación del estímulo, asignación de nivel de riesgo, comparación con experiencias anteriores, elección entre las opciones posibles y decisión**, según se ilustra en el esquema adjunto.



La cantidad y complejidad de los estímulos a los que el sujeto debe responder determinan la extensión del tiempo de reacción, lo que lleva a distinguir entre el tiempo de reacción simple, que es el transcurrido entre la detección de un estímulo único y la respuesta al mismo, y el tiempo de reacción compleja, cuando el sujeto debe discriminar entre diversos estímulos simultáneos y darles la respuesta apropiada.

A partir del punto en que el individuo reacciona y ejecuta la acción decidida, como accionar el pedal del freno o girar el volante, tiene lugar la respuesta mecánica de la unidad automotriz, durante la cual el movimiento de la misma pasa a depender íntegramente de varios factores físicos ajenos al control humano, especialmente la velocidad instantánea, el peso de la masa, la eficiencia del sistema de frenos, el estado de los neumáticos y las condiciones de la superficie de rodamiento, lo cual también tarda un cierto tiempo. La respuesta mecánica efectiva de un automóvil utilitario común demora entre 0,25 y 0,60 segundos; por lo tanto, la detención total de un automotor —o “parada técnica”— se desarrolla en los momentos y tiempos que se ilustran en el siguiente diagrama:



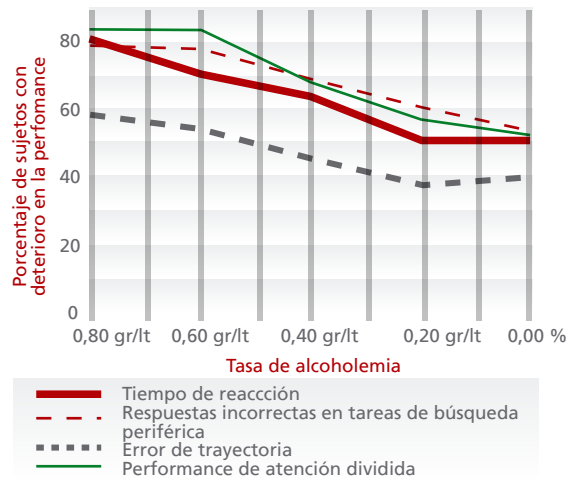
Puede verse que el tiempo psicotécnico es un parámetro clave de seguridad en cuanto constituye una **función de la distancia recorrida por el vehículo** durante el proceso suscitado por un estímulo significativo. Por ende, **una maniobra es segura solo si su duración es menor que el tiempo que tomaría evitar la colisión**, lo cual, asimismo, depende del grado de atención del conductor y del rango de velocidad mantenido por la unidad, según se puede visualizar en el siguiente cuadro:

GRADO DE ATENCIÓN Y DISTANCIAS RECORRIDAS DURANTE DIVERSOS TIEMPOS PSICOTÉCNICOS (en metros)				
GRADO DE ATENCIÓN DEL CONDUCTOR (sin alcoholemia)	TIEMPO seg	50 km/h	80 km/h	120 km/h
Intuye un obstáculo y se encuentra en estado de alerta total para maniobrar (por ejemplo, desviar o frenar).	0,6 a 0,8	8,32 a 11,04	13,33 a 17,7	19,99 a 26,64
Atento durante una marcha rápida en condiciones normales.	0,7 a 0,9	9,71 a 12,49	15,55 a 19,99	23,33 a 29,99
Concentrado en tareas específicas de conducción como introducir cambios de velocidad, adelantar, apartarse, observar cruces, etc.	1,0 a 1,1	13,88 a 15,62	22,22 a 24,44	33,33 a 36,66
Distraído por causas ajenas a la conducción como mirar el paisaje o una chica bonita, o con la capacidad visual disminuida como consecuencia de un deslumbramiento.	1,4 a 1,8	19,43 a 24,90	31,10 a 39,99	46,66 a 59,99

Se estima que alrededor del 80% de los actos conductivos desarrollados por un conductor de automotores técnicamente maduro y con experiencia acumulada son **automatismos**, por lo que no están precedidos por una evaluación racional ni por una toma de decisión conciente. Estos son de dos tipos: los **innatos**, consistentes en respuestas involuntarias y automáticas del cerebro a determinados estímulos, como la contracción del iris al ser impactado por la luz y el salto de la pierna por la percusión en la rodilla, y los **adquiridos**, consistentes en reacciones aprendidas intencionalmente e internalizadas a través de una práctica reiterada, que también se activan ante un estímulo específico sin deliberación previa, como los ataques y defensas de la esgrima y el boxeo y la frenada de emergencia del automovilista.

Los tiempos psicotécnicos de los automatismos adquiridos se extienden por la acción del alcohol sobre los neurotransmisores cerebrales, especialmente sobre el GABA, el biodepresor mayor, cuya liberación retrasa la transmisión de los impulsos nerviosos y, por ende, retarda los reflejos debido a su acción inhibitoria. Se ha demostrado que, con alcoholemias de entre 0,20 y 0,40 gr/lt, los tiempos de los reflejos más sencillos aumentan en forma homogénea: con una tasa de alrededor de 0,80 gr/lt, el tiempo normal se duplica y con 1,00 gr/lt se cuadruplica, así como aumenta la descoordinación muscular y la probabilidad de respuestas incorrectas, si bien el tiempo de reacción simple es menos afectado que el de reacción compleja. Con una alcoholemia de 0,50 gr/lt, el tiempo de reacción aumenta de 8 a 10% y se incrementa el número de errores: las omisiones en 200% y las falsas alertas en 50%. La tabla adjunta muestra el aumento progresivo del tiempo y la distancia correlativo al nivel de alcoholemia, y el consecuente aumento del nivel de riesgo.

**DETERIORO DE LAS HABILIDADES BÁSICAS DE CONDUCCIÓN A DIVERSAS TASAS DE ALCOHOLEMIA**



Fuente: Moskowitz et al. 2000

**EXTENSIÓN DEL TIEMPO DE REACCIÓN SIMPLE Y DISTANCIA, A DISTINTAS TASAS DE ALCOHOLEMIA, Y RIESGO SUBSECUENTE (vehículo a 60 km/h)**

Tasa de alcoholemia	Distancia recorrida en la percepción-reacción	Aumento de la distancia	Aumento del riesgo
0,00 gr/lt	21 m	-	-
0,50 gr/lt	33 m	57 %	X 2
0,80 gr/lt	42 m	100 %	X 9,5
2,00 gr/lt	63 m	300 %	X 80

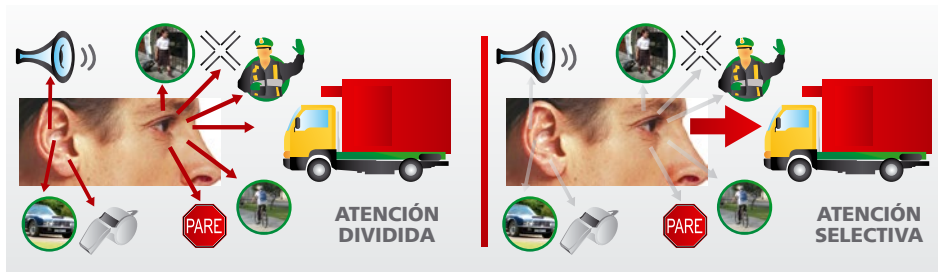
Pasado el límite de los 0,20 gr/lt, la precisión de los movimientos automáticos habituales, como caminar, comer, etc, se reduce sensiblemente y aumentan los errores hasta el 40%. Algunos experimentos realizados reportaron que, incluso con niveles de 0,10 gr/lt, se producen errores de coordinación y memoria. Por lo tanto, **no existe una magnitud de “trago seguro”**, dado que una alcoholemia de 0,50 gr/lt, tasa legal en la mayor parte de los países del mundo, es suficiente para duplicar las probabilidades de un desastre.

### 3.3 – Atención

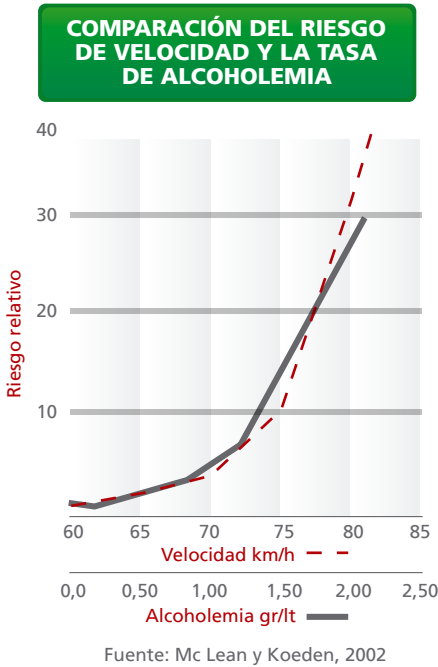
La función de la atención es orientar la actividad conciente recolectando información del ambiente, de acuerdo con un objetivo específico. Como lo señaló el científico español Mira y López, en los años 20, no es una facultad simple, sino que comprende varios aspectos: **vigilancia, búsqueda, detección de señales, selección (atención selectiva), distribución atencional (atención dividida) y sostenimiento (atención sostenida)**, todos los cuales resultan fundamentales para la conducción automotriz.

El sistema atencional cumple las funciones clave de **exploración perceptual y búsqueda de información en el ambiente y sus estrategias**; asimismo, es una parte importante del **control de las acciones**, especialmente de las que no dependen de un proceso automático adquirido a través de la práctica, sino que deben ser elaboradas y ejecutadas como respuesta a situaciones nuevas sobre las que el conductor carece de experiencia anterior.

No todo lo que estimula los receptores sensoriales es transformado en representaciones mentales; la atención es el proceso intermedio que proporciona al sujeto los datos relevantes y descarta los que no lo son. La operación de vehículos automotores es una compleja tarea multidimensional en la que el operador debe **dividir la atención** entre el mantenimiento de la propia posición en el carril mientras monitorea la velocidad, el ambiente, los movimientos de los otros vehículos y las señales de tránsito.



Cuando la atención se divide, el tiempo de reacción afectado por la tasa de alcoholemia aumenta y se retrasa el procesamiento central de información visual; los ojos del operador se fijan por periodos más largos en la medida en que la tasa crece y se reducen los estímulos percibidos por unidad de tiempo. Esto desemboca en el **“efecto de fijación de la mirada”**, característico de las altas tasas de alcoholemia, contribuyendo radicalmente a la degradación de la performance.



Además, mediando ingesta alcohólica, las exigencias referidas suelen alterarse o distorsionarse adicionalmente en alguna medida por otros factores de naturaleza diversa: fatiga, estados de ánimo, fenómenos climáticos, enfermedades, actos interferentes (como fumar, cambiar la emisora de la radio), efecto de medicamentos, estado de la vía de circulación, etc.

Dado que la atención controla los tres aspectos fundamentales de la conducción, cada déficit atencional puede tener repercusiones sobre cada uno de los mismos, es decir, afectar la **percepción**, el **procesamiento de información** y las **acciones** del conductor. Parece que los déficits de los dos primeros aspectos pueden ser las causas de siniestros más relevantes, pero, dado que la ejecución de las acciones de conducción es ampliamente automática

—y, por lo tanto, no influida por el control atencional— en este nivel podrían no ser potencialmente tan peligrosos.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta la velocidad, porque esta y la alcoholemia comparten un importante elemento común: **ambas disminuyen la capacidad de control de la unidad automotriz en función de su entidad** y, por consiguiente, multiplican proporcionalmente el riesgo, como puede verse en el gráfico y la tabla adjuntos.

**COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO DE LA VELOCIDAD CON LOS DE LA ALCOHOLEMIA**

Velocidad km/h	Velocidad (riesgo relativo)*	Alcoholemia gr/lt	Alcoholemia (riesgo relativo)**
60	1,0	0,00	1,0
65	2,0	0,50	1,8
70	4,2	0,80	3,2
75	10,6	1,20	7,1
80	31,8	2,10	30,4

\* Referido a un conductor sobrio que se desplaza a 60 km/h  
 \*\* Referido a un conductor con alcoholemia nula  
 Fuente: Mc Lean y Kloeden, 2002

Los guarismos permiten ver que el riesgo derivado de la velocidad es ligeramente mayor que el causado por la alcoholemia. Por lo mismo, **hay que preguntarse cuál es el nivel de riesgo real si se suman ambos factores.**

La crítica facultad de dividir la atención es una de las primeras víctimas del alcohol, dado que cantidades mínimas producen enormes efectos sobre esta habilidad, habiéndose constatado que el deterioro comienza con tasas incluso inferiores a 0,10 gr/lit. Algunos estudios han demostrado que el deterioro correspondiente a una tasa de alcoholemia de 0,20 gr/lit es mensurable no solo en tests de laboratorio, sino también en la investigación de campo de siniestros reales. Esa tasa puede ser alcanzada por un individuo promedio bebiendo en una hora aproximadamente 2 UBE (20 gr. de alcohol puro), lo que depende de diversos factores biológicos y constitucionales.

Incluso, con niveles de intoxicación relativamente bajos, prestar atención simultánea a la propia posición en la vía, curvas, intersecciones, dispositivos de control de tránsito, usuarios vulnerables, presencia de otros vehículos, etc, se vuelve particularmente difícil. Con tasas inferiores a 0,80 gr/lit, aumentan sensiblemente las variaciones de la posición en el carril y el uso del freno, disminuye la precisión de la manipulación del volante, empeora la introducción a tiempo de los cambios de velocidad y se cometen errores importantes que constituyen otras tantas oportunidades objetivas de sufrir o causar un siniestro.

### 3.4 - Procesamiento de información

Para explicar el procesamiento de información del que resulta la toma de decisiones del conductor, es útil emplear el modelo simplificado de cuatro fases, que combina habilidades perceptuales, cognitivas y motrices, elaborado por la Oficina de Investigaciones del Transporte de Estados Unidos (United States Transportation Research Board), que se ilustra en el cuadro adjunto.

#### ETAPAS DEL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

1. El conductor percibe la situación
2. La reconoce
3. Decide cómo responder
4. Ejecuta las tareas físicas requeridas

**ATENCIÓN**

**La atención es mayor conforme a la intensidad y el significado de los estímulos.**

Fuente: United States Transportation Research Board

Los tiempos normales aproximados de respuesta de los subsistemas que intervienen en el comportamiento global son los que se indican en la tabla adjunta.

Varias investigaciones han demostrado que las primeras tres fases del modelo son directamente afectadas en forma adversa por bajas tasas de alcoholemia en términos de velocidad y de exactitud de la respuesta.

Aunque la velocidad de respuesta de la fase final no es mensurablemente afectada por pequeñas cantidades de alcohol, se comprobó que resulta **comprometida por la falta**

**de exactitud de la ejecución**, o sea que el sujeto responde rápidamente, pero en forma descuidada. Este riesgo de respuesta inapropiada o inexacta aparece con tasas tan bajas como 0,20 gr/lt; por lo tanto, los conductores que consumieron incluso cantidades mínimas de alcohol no responden rápida o apropiadamente cuando están confrontados a un peligro que requiere una decisión crítica (veloz, acertada y ejecutada exactamente), como sucede, por ejemplo, al encontrarse abruptamente con un ciclista circulando en sentido opuesto dentro de la propia trayectoria o con un peatón que emerge en la calzada saliendo entre vehículos estacionados.

VELOCIDADES DE REACION NORMALES DE LAS SUBSISTEMAS DE PERFORMANCES (en milisegundos)		
SUBSISTEMA	PROMEDIO	RANGO
Perceptual	100 ms	50 - 200 ms
Cognitivo	70 ms	25 - 170 ms
Motriz	70 ms	30 - 100 ms

La intoxicación alcohólica restringe la cantidad, el rango y la complejidad de las señales internas y externas que el individuo debe procesar en una situación dada, por lo que, consecuentemente, se reduce la habilidad de extraer la información básica necesaria para guiar la acción apropiada. La interferencia alcohólica en los procesos atencionales y perceptuales superiores conduce a la interpretación equivocada de señales benignas y a la subestimación o simplificación de señales relevantes sin percibir las señales sutiles o periféricas que podrían modificar el significado, la atribución y otros procesos cognitivos que inciden en la regulación de la conducta.

90

Por un lado, la intoxicación restringe consistentemente el rango de las señales a través de las cuales se percibe una situación, o sea que se atienden y codifican menos señales externas e internas. Por el otro, se reduce la habilidad para procesar y extraer significados de las señales de información que se perciben, o sea que se es menos capaz de elaborar información entrante, relacionarla con el conocimiento disponible y, por lo tanto, para extraer significados de la misma.

Los efectos adversos causados por el alcohol en la habilidad del cerebro para procesar información determina que los conductores que bebieron tomen largos tiempos para responder a estímulos importantes, como las señales viales y la presencia de usuarios vulnerables (niños, ancianos, peatones, ciclistas, etc.) y tiendan a enterarse de menos fuentes de información que los conductores sobrios. Asimismo, como el alcohol afecta la habilidad de razonar y tomar decisiones, resulta que los conductores bebidos toman más tiempo para responder ante los riesgos. Tomados juntos, estos factores sugieren que, los que consumieron incluso cantidades pequeñas o moderadas de alcohol, tomarán tiempos de respuesta considerablemente mayores para responder con exactitud a las situaciones de tránsito.

Además, el alcohol interfiere e interrumpe los procesos cognitivos superiores como la abstracción, la conceptualización, la planificación y la resolución de problemas, volviendo sumamente dificultosa la evaluación de los estímulos complejos. Los efectos

farmacológicos causan un deterioro cognitivo que aumenta la confianza en el pensamiento simplista, los estereotipos y los atajos mentales, lo que puede conducir a las peores decisiones conductivas, como acelerar en lugar de frenar o intentar evadir a un peatón pasándole por delante en lugar de hacerlo por la espalda. Estos deterioros selectivos producidos por la intoxicación alcohólica en los procesos cognitivos son el resultado de un aumento del énfasis sobre estímulos conductores salientes, lo que constituye el fenómeno llamado **miopía alcohólica**. En una perspectiva más amplia, los efectos cognitivos del abuso crónico de alcohol (por ejemplo, déficit de la memoria de corto plazo, aprendizaje, resolución de problemas y categorización de tareas) podrían constituir una miopía alcohólica aguda que, por consiguiente, aumenta la confianza en la información simplificada y acentúa la tendencia hacia la agresividad.

### 3.5 - Habilidades psicomotrices

Las bajas dosis de alcohol afectan adversamente las habilidades psicomotrices finas relacionadas con la conducción, especialmente manipular el volante para mantener la trayectoria recta y para girar, introducir los cambios de velocidad y modular apropiadamente el freno para detenerse en tiempos y distancias convenientes, lo que se explica, en parte, por el deterioro de la respuesta muscular causado por el efecto depresor del tóxico.

DETERIORO DE LAS TAREAS DE CONDUCCIÓN CON DIFERENTES TASAS DE ALCOHOLEMIA		
Alcoholemia promedio en gr/lt	Deterioro promedio en tareas complejas	Deterioro promedio en tareas sencillas
0,40	13 %	2 %
0,70	17 %	3 %
1,00	24 %	8 %
Fuente: Dennis, M., 2002		

Varios estudios han indicado que el deterioro significativo en la operación del volante empieza con una tasa de 0,35 gr/lt. Este resultado ha sido corroborado por un estudio canadiense que determinó que, en promedio, una tasa de menos de 0,60 gr/lt disminuye significativamente la exactitud de la performance en los giros. En otro estudio, un grupo de conductores con una alcoholemia promedio de 0,42 gr/lt derribó una cantidad sustancial de conos en una simulación de maniobra evasiva a 50 km/h y mostró una importante declinación de la habilidad de frenar a tiempo y distancia suficiente de un obstáculo. Finalmente, en un experimento en un circuito cerrado realizado en Estados Unidos, midiendo los deterioros producidos por diversas tasas alcohólicas, se halló que la crítica habilidad de frenar decrece aproximadamente en un 30% con tasas tan bajas como 0,30 gr/lt.

Abstrayendo el deterioro de la capacidad de respuesta producido por los factores analizados anteriormente, al incidir objetivamente sobre la precisión de las maniobras conductivas, la pérdida de la habilidad psicomotriz por sí misma representa un factor de siniestralidad de incalculable relevancia por la ejecución incorrecta de las maniobras,

como lo demuestra el análisis de accidentes, mostrando que, más del 50%, se iniciaron con una maniobra imprecisa, incorrecta o vacilante de algún conductor.

### 3.6 - Percepción y juicio

En el rango total de las dimensiones del campo sensorial, las alcoholemias comprendidas entre 0,50 y 0,80 gr/lt (legales en la mayor parte de los países del mundo), elevan el umbral de la percepción en 50%, lo que significa que los estímulos deben ser por lo menos 50% más brillantes, más ruidosos, más duros o más fuertes, para que el sujeto los pueda percibir y discriminar.

Pero el estrechamiento sensorial no solo cambia el nivel, sino que también altera el procesamiento de la información; las situaciones que podrían parecer neutras o perjudiciales estando sobrio pueden ser percibidas como amenazantes, desafiantes u hostiles, así como decae la precisión del juicio determinando que el sujeto tome decisiones inapropiadas, lo cual es el resultado del mencionado fenómeno de la **miopía alcohólica**, consistente en que el sujeto alcoholizado responde solamente a los estímulos de mayor intensidad sin hacer conciencia de los demás.

El deterioro de las habilidades de procesamiento de la información por bajas tasas de alcoholemia es uno de los peligros más graves de la conducción, debido a que, mientras deteriora sensiblemente la toma de decisiones, el individuo cree estar en condiciones de perfecta normalidad, porque no siente ningún síntoma de intoxicación (“efecto de engaño”).

92

### 3.7 – Asociación del alcohol con fatiga y somnolencia

Además de incidir en forma directa sobre las facultades psicofísicas y las habilidades, el alcohol desarrolla efectos sinérgicos cuando el conductor se encuentra bajo estados de fatiga y somnolencia. Expresado de otro modo: dichas condiciones, consideradas aisladamente, constituyen un importantísimo factor de riesgo en la conducción, pero, al asociarse con el alcohol, el resultado es mayor que la hipotética suma de ambas. Pedagógicamente, podría decirse que la sumatoria equivale a echar gasolina a la hoguera.

Las bajas dosis de alcohol tienen un claro efecto sobre la vigilancia y la somnolencia. En el meta-análisis del 2000, que se analizará más abajo, Moskowitz y Fiorentino revisaron 9 estudios que comprendían los resultados de 80 tests separados y todos comprobaron que, con tasas de 0,30 gr/lt y menos, se produce un gran deterioro en dicha facultad. Por ejemplo, en más del 50% de los tests con una alcoholemia de entre 0,10 y 0,20 gr/lt, se deterioró la vigilancia y se indujo somnolencia en los conductores. Adicionalmente, se encontró que, por causa del declive natural que se verifica en el estado de alerta durante las últimas horas de la tarde previas al sueño nocturno, una ingesta de alcohol modesta próxima a la hora de la cena, que podría pasar desapercibida en un control policial, supone un peligro potencial muy importante en la conducción (Centro de Investigación del Sueño de la Universidad de Loughborough, 2002).

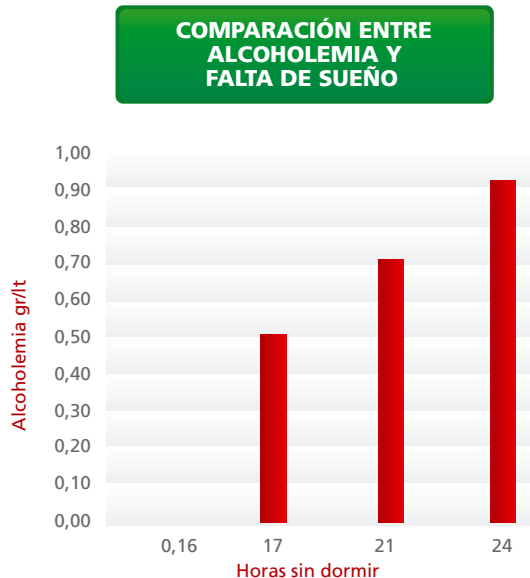
NIVELES DE VIGILANCIA
Alerta total
Alerta moderada
Somnolencia
Somonolencia severa
Fuente: Moscovitch, 2001

Curiosamente, se halló que los resultados de los tests son similares con una alcoholemia de 0,50 gr/lt y con una fatiga acumulada en una jornada de 17 a 19 horas de vigilia. Si la jornada comienza a las 6 de la mañana, tomar el volante a las 23 horas equivale, en términos de riesgo de accidente, a una alcoholemia de 0,50 gr/lt. Pasada una vigilia de 19 horas, las performances disminuyen todavía más, volviéndose equivalentes a una alcoholemia de 1,00 gr/lt.

<b>IMPACTOS DE LA FATIGA POR SÍ MISMA SIN OTRO FACTOR ADICIONAL</b>
1. Lapsos de desatención
2. Deterioro del pensamiento lógico y de la toma de decisiones
3. Baja motivación y dificultad creciente para actuar
4. Pérdida de habilidades para evaluar el riesgo y las consecuencias de la acción
5. Inhabilidad para percibir la dirección de fuentes de información múltiples y evitar distracciones
6. Declinación de las interacciones sociales
7. Deterioro de la actitud y el humor
Fuente: Federal Railroad Administration, 2006

Los mismo tests han sido efectuados con fatiga creciente y los resultados fueron normales hasta la mitad de la jornada, mientras que, desde el fin del medio día, todas las performances comenzaron a decaer (atención, tiempo de reacción, coordinación, memoria espacial) y, entre las 19 y las 5 de la mañana, la velocidad de reacción bajó un 57%.

Varios estudios encontraron que, tasas bajas como 0,10 gr/lt, son suficientes para adormecer al conductor más rápidamente que si se encontrara sobrio. Esto es particularmente importante porque los estudios recientes indicaron que los conductores somnolientos constituyen un riesgo notable para la seguridad. Por ejemplo, la Oficina Federal de Seguridad Vial de Australia estimó que la fatiga del conductor está involucrada en el 25% al 35% de los siniestros fatales. La autoridades de tránsito de Nueva Zelandia encontraron que la fatiga aparece en el 5% de los choques con heridos y en el 8% de



Fuente: USA Federal Railroad Administration, 2006

los fatales. Sin embargo, notaron que estas cifras posiblemente sean mayores en virtud de la dificultad para reconocer la fatiga como factor contribuyente. En un estudio neozelandés, se halló que aproximadamente en un tercio de los siniestros fatales por fatiga también estaba involucrada la ingesta previa del conductor y un patrón similar se determinó en un estudio hecho en Nueva York, donde más de 1 de cada 3 conductores controlados después de producir un choque por somnolencia admitieron que habían consumido alcohol.

En síntesis, cada incremento de la cantidad de alcohol **aumenta la somnolencia y los patrones de riesgo superpuestos**. Así como los siniestros relacionados con el alcohol, los vinculados con la fatiga suelen ocurrir durante las horas de la noche o los fines de semana, involucrando a un vehículo singular y causando serios daños o la muerte.

## COMPROBACIONES CIENTÍFICAS RECIENTES SOBRE LA INFLUENCIA DE LAS TASAS DE ALCOHOLEMIA EN LA CONDUCCIÓN DE VEHÍCULOS

En el año 2000, se dieron a conocer dos estudios contratados por la Administración Nacional de Seguridad de Carreteras de los Estados Unidos —National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA—, cuyos enfoques y rigor metódico permiten considerar que, vistos en conjunto, **representan la respuesta final y definitiva al problema clásico de la asociación del alcohol con la conducción de automotores**.

94

El primer estudio, realizado por Herbert Moskowitz y Dary Fiorentino, se titula “**Una revisión de la literatura sobre los efectos de dosis bajas de alcohol en las habilidades relacionadas con la conducción**” (*A review of the literature on the effects of low doses of alcohol on driving-related skills*, abril del 2000). A pesar de este nombre, no es una simple revisión de la literatura especializada sobre el tema (*overview*), sino un meta-análisis de varios trabajos científicos (en idioma inglés) relativos a los efectos del alcohol sobre las habilidades psicofísicas involucradas en la conducción de automotores y en el pilotaje de aeronaves, que incluyó 112 investigaciones de diversos autores publicadas entre 1981 y 1997. El método para unificar el gran cúmulo de información consistió en indexar los hallazgos de los diversos estudios puntuales por tasa de alcoholemia y por área de conducta afectada, e ingresar la data en una base para su procesamiento, con el fin de extraer las respectivas conclusiones.

El segundo estudio, titulado “**Características del conductor y deterioro a varias tasas de alcoholemia**” (*Driver characteristics and impairment at various BACs*, agosto del 2000), lo desarrolló un equipo formado por Moskowitz, Burns, Fiorentino, Smiley y Zador. Esta investigación trata de modelo experimental con un doble objeto: 1) Establecer la magnitud del deterioro producido por el alcohol en las habilidades de conducción a tasas diversas, desde 0,00 hasta 1,00 gr/lit, y 2) De qué modo la edad, el género y la experiencia con la bebida inciden diferencialmente sobre el deterioro alcohólico en una muestra ampliamente representativa de la población general de conductores.

En este caso, el método consistió en la observación y medición de los parámetros de las reacciones y del comportamiento de 168 sujetos, que bebieron dosis de alcohol controladas hasta alcanzar alcoholemias de 1,00 gr/lt (un grupo de bebedores “fuertes” y “moderados”) y de 0,80 gr/lt (otro grupo formado por bebedores “ligeros”), los cuales fueron sometidos, en estas condiciones, a dos tareas: una de atención dividida y otra de conducción virtual en el simulador de alta tecnología NADS (National Advanced Driving Simulator) de propiedad de la NHTSA, institución que también contrató la investigación.

Es importante señalar que el principal objetivo de este estudio implicó explorar una franja de alcoholemias que siempre se había considerado “baja” y, por tanto, compatible con la seguridad vial, como lo prueba que las tasas legales de 0,50 y 0,80 gr/lt sean las mundialmente dominantes. Empero, según se verá más abajo, los hallazgos obtenidos han demostrado que se trata de un mito, lo cual eventualmente debería conducir a revisar las políticas y las legislaciones nacionales.

Parece claro que la contemporaneidad de ambos estudios sugiere que el segundo de ellos —netamente experimental— tuvo por finalidad su confrontación con el meta-análisis de las investigaciones anteriores, lo que lleva a considerar que **se trata de una unidad conceptual, cuyo gran valor reside en que unificó, ratificó y revalidó el saber científico adquirido sobre la materia durante 20 años**. Sintetizadas, las dramáticas conclusiones de ambas investigaciones son las siguientes:

**1) El alcohol deteriora varias habilidades fundamentales para la conducción de automotores a partir de cualquier tasa de alcoholemia desde 0,00 gr/lt.** Mientras que a 0,20 gr/lt hubo evidencia parcial de deterioro, con 0,40 gr/lt, todas las mediciones estadísticamente relevantes apuntaron a un deterioro de la performance; a 0,50 gr/lt, se registró un deterioro significativo y con 0,80 g/lt, este se volvió muy importante y, por ende, muy peligroso.

**2) Las performances específicas de las diversas habilidades conductivas fueron afectadas por el alcohol en forma diferente;** algunas se deterioraron marcadamente con una tasa de solo 0,10 gr/lt, mientras que otras no mostraron deterioros significativos hasta alcanzarse alcoholemias de 0,60 gr/lt. Adicionalmente, se demostró que las habilidades psicomotrices son más resistentes al alcohol que las cognitivas, haciéndose presente el deterioro de aquellas con tasas relativamente más altas. Por esta causa, la autoconciencia del deterioro psicomotor es relativamente más tardía que la del deterioro cognitivo.

**3) Con tasas de 0,80 gr/lt o menos, todos los conductores, sin excepción, sufren deterioros significativos en las habilidades relacionadas con la conducción de automotores.**

**4) Los efectos aparecen al alcanzarse una tasa dada, independientemente del género y de la edad,** pero, debido a la compensación conductual causada por la tolerancia, en el deterioro de las tareas psicomotrices realizadas por bebedores con experiencia se verifica una gran variabilidad intersubjetiva con respecto a los bebedores con menor experiencia anterior con la bebida.

El resumen del deterioro de las habilidades conductivas puntuales puede verse en la tabla adjunta:

TASAS DE ALCOHOLEMIA Y DETERIOROS POR ÁREA CONDUCTUAL		
TASA (gr/lr)	Tasa más baja con la cual se encontró deterioro	Primera tasa con la cual el 50% o más de los tests conductuales mostraron deterioros consistentes
1,00	Movimientos del ojo	Movimientos del ojo Tiempo de reacción simple
0,90 - 0,99		
0,80 - 0,89		
0,70 - 0,79		
0,60 - 0,69		Tareas cognitivas Habilidades psicomotoras Tiempo de reacción
0,50 - 0,59		Mantenimiento de la trayectoria
0,40 - 0,49	Tiempo de reacción simple	Percepción Funciones visuales
0,30 - 0,39	Vigilancia Percepción	Vigilancia
0,20 - 0,29	Tiempo de reacción Funciones visuales	
0,10 - 0,19	Somnolencia Habilidades psicomotoras Tareas cognitivas Mantenimiento de la trayectoria	Somnolencia
0,09 - 0,10	Conducción, vuelo, Atención dividida	Conducción, vuelo, Atención dividida
Fuente: Moskowitz y Fiorentino, 2000		

Los investigadores señalaron que la lógica indica que el deterioro encontrado con tasas bajas debería ser paralelo a las cifras de siniestros viales ocurridos; empero, la relación se desdibuja en las cifras reales por variables incontrolables de la vía de tránsito, pero que pueden ser controladas en un experimento. Por lo tanto, los datos obtenidos en el laboratorio permitieron llegar a conclusiones sobre relaciones causales que frecuentemente no pueden ser detectadas a través de los datos epidemiológicos.

A título de colofón de sus trabajos, los investigadores afirmaron lo siguiente: **“La mayor conclusión (...) es que la mayoría de la población que conduce empeora en importante medida con tasas de alcoholemia tan bajas como 0,20 gr/lt”**. La propia trágica realidad de lo que sucede en las calles y carreteras cuando el alcohol está presente, confirma este categórico juicio de la ciencia.

## CONSECUENCIAS DE LA ASOCIACIÓN ALCOHOL-VOLANTE EN LA REALIDAD EMPÍRICA DE LA VÍA PÚBLICA

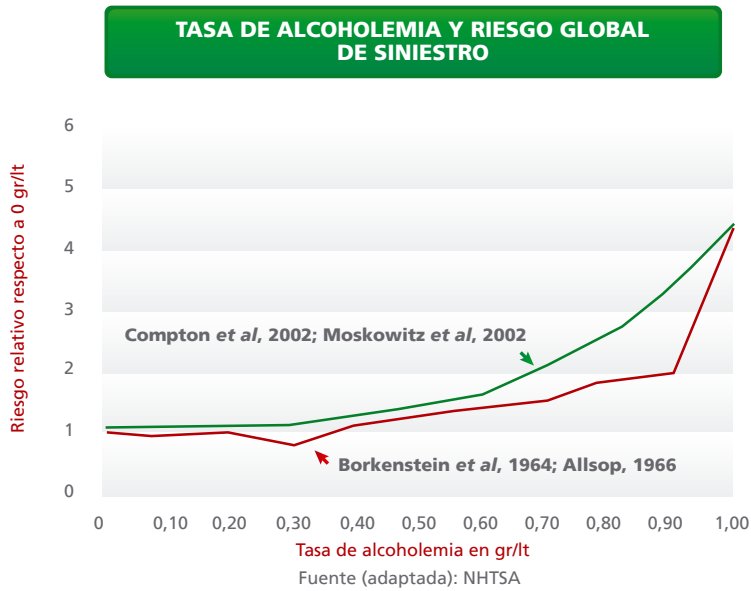
No deja de ser paradójico que, con anterioridad a la obtención de una gran parte de la evidencia científica referida anteriormente, las sangrientas consecuencias de la interferencia alcohólica en las facultades y habilidades involucradas en la conducción de vehículos ya habían sido demostradas y cuantificadas partiendo desde otro ángulo: **lo que ocurre en la realidad de la vía de circulación cuando los individuos conducen “con alcohol”**.

Desde el comienzo del proceso histórico de la motorización mundial, resultó evidente que mediaba una notoria **relación de proporcionalidad directa entre la cantidad de alcohol presente en la sangre del conductor y el riesgo de ocasionar o sufrir un siniestro vial**, es decir, a mayor tasa de alcoholemia, mayor probabilidad de que este se produzca, pero nadie sabía cuál era la magnitud exacta de la proporción. Algunos investigadores, como Holcomb, en 1938, realizaron investigaciones para descubrirla, pero no lo lograron, porque en esa época no se contaba con un dispositivo confiable para medir la alcoholemia en el mismo lugar de los hechos, un instrumento que resultaba vital para este tipo de investigaciones.

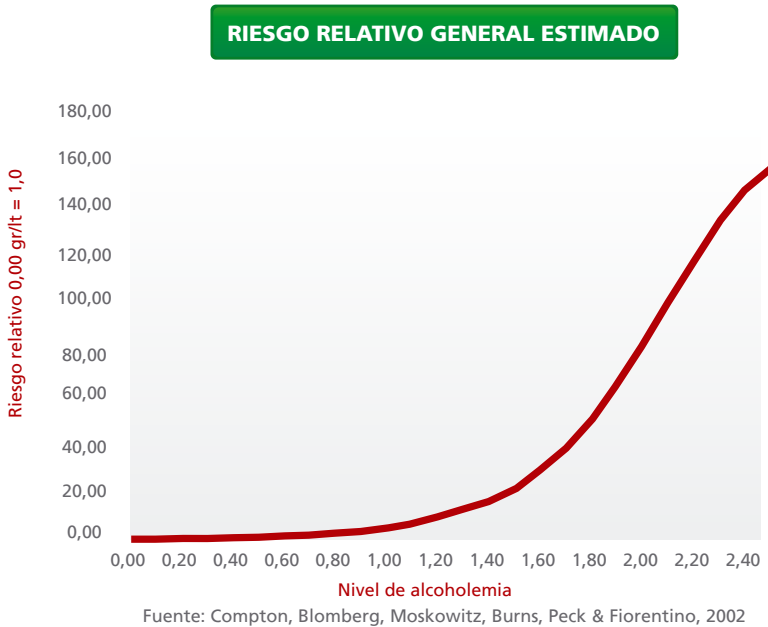
En 1964, dicha relación, denominada **“función de riesgo”**, pudo ser finalmente demostrada y cuantificada a través de un gran estudio epidemiológico de dos años de duración, llevado a cabo en Estados Unidos entre 1962 y 1963, bajo la dirección del profesor Robert Borkenstein, el cual fue posible porque este mismo científico, en 1954, había inventado el Breathalyzer, un dispositivo portátil capaz de medir fiablemente la alcoholemia de los conductores en la misma vía pública. Empero, la verdadera finalidad de la investigación no era teórica, sino **determinar el nivel máximo de alcoholemia compatible con la conducción de automotores en condiciones de seguridad para convertirlo en el límite legal**, debido a que, por ese entonces, no se sabía si los guarismos de tolerancia fijados por las leyes eran o no los apropiados.

La recolección de información se efectuó mediante la detención aleatoria de vehículos en bloqueos policiales (método del azar o *random*) procediendo a la medición de la concentración de alcohol en sangre de sus conductores mediante el Breathalyzer, con objeto de conformar una muestra estadística de más de 17.000 exámenes, la cual fue comparada con otra muestra de mediciones de alcoholemias halladas a más de 3.300 automovilistas, que habían protagonizado efectivamente siniestros viales de diversa entidad.

La trascendente investigación fue conocida como **“Estudio Grand Rapids”** por el condado del Estado de Michigan, donde tuvo lugar, y pasó a la historia por probar científicamente que, **en tanto la tasa de alcoholemia aumenta, el riesgo de siniestro vial crece aritméticamente entre 0 y 0,50 gr/lt, y luego tiende a ser geométrico entre 0,60 y 1,00 gr/lt**, como puede verse en la gráfica adjunta:



Los inquietantes resultados fueron ratificados posteriormente varias veces: primero, por Allsop (1966) y por Perrine y Coll (1970); luego, por un equipo de la Universidad de Wurzburg, que replicó el Grand Rapids en Alemania, en 1994, con mayor rigor metodológico y mejor tecnología de medición de la tasa. Más recientemente, en forma casi simultánea, Compton (2002) y Moskowitz *et al* (2002), obtuvieron prácticamente los mismos resultados, difiriendo solo en el ritmo más gradual del incremento del riesgo, si bien este era mayor todavía que el hallado por Borkenstein y otros investigadores.



Estudios posteriores al de Grand Rapids, que se detenía en el límite de 1,00 gr/lt, descubrieron que en la franja de las altas alcoholemias —más de 1,00 gr/lt— la curva de riesgo crece en forma exponencial, como lo permite visualizar la gráfica adjunta, obtenida de un estudio realizado sobre una muestra de 14.985 conductores.

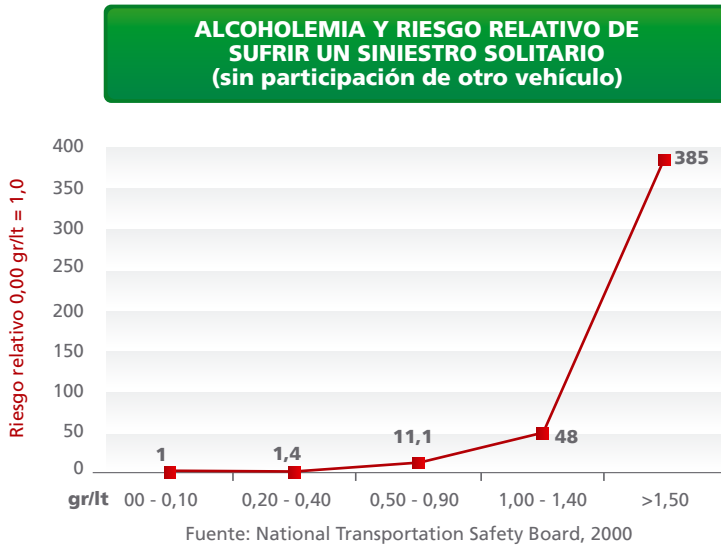
Los índices de las gráficas anteriores corresponden al riesgo global, lo que significa que, si se realiza un análisis que incluya ciertas variables puntuales, como edad de los conductores, género, tiempo, lugar, presencia de pasajeros u otras posibles, la función de riesgo puede variar notablemente. Por ejemplo, un varón joven de 16 a 20 años, con una alcoholemia de entre 1,00 y 1,49 gr/lt, sufre un riesgo relativo de siniestro mortal de **50 a 1.200 veces mayor que no estando intoxicado** (Moskowitz y Fiorentino, 2000). Concordando con estos resultados, un estudio del Analysis Reporting System, FARS (2002), de Estados Unidos, sobre la cantidad de automovilistas fallecidos en siniestros viales, determinó que el 70% presentaba tasas de alcoholemia *post mortem* significativas.

Coincidiendo con dichas investigaciones, en el 2004, la Organización Mundial de la Salud, en su **Informe Mundial sobre la Prevención de los Traumatismos debidos los Accidentes de Circulación**, llegó a las siguientes conclusiones:

- Los conductores de automóviles y los motociclistas con alcoholemia positiva tienen más riesgos de sufrir un accidente que aquellos cuya alcoholemia es nula.
- Para el total de los conductores, el riesgo comienza a aumentar sensiblemente cuando la alcoholemia alcanza 0,04 g/dl (0,40 gr/lt).
- Los jóvenes adultos sin experiencia, que conducen con una alcoholemia de 0,05 g/dl (0,50 gr/lt), corren un riesgo 2 1/2 veces mayor de sufrir un accidente que los conductores más experimentados.
- Los conductores adolescentes arriesgan 5 veces más a tener un accidente que los conductores de 30 años o más, cualquiera sea su alcoholemia. El riesgo para los conductores del grupo de edades de los 20 a los 29 años es 3 veces superior al de los conductores de 30 años o más, cualquiera fuera su alcoholemia.
- Los conductores adolescentes, cuya alcoholemia alcanza 0,03 g/dl (0,30 gr/lt), que transportan 2 pasajeros o más, tienen 34 veces más riesgo de sufrir un accidente que los conductores de 30 años o más con alcoholemia nula y un pasajero a bordo de su vehículo.
- Si el límite de alcoholemia está fijado legalmente en 0,10 g/dl (1,00 gr/lt), el riesgo de accidente será 3 veces superior al establecido como más corriente, es decir 0,05 g/dl (0,50 gr/lt). Pero, si el límite legal es de 0,08 g/dl (0,80 gr/lt), el riesgo será 2 veces superior que si se hubiera fijado un límite de 0,05 g/dl (0,50 gr/lt).
- Los conductores que consumen alcohol ponen en peligro a los peatones y a los pasajeros de vehículos de dos ruedas motorizados.

También en el caso de los peatones, el riesgo de muerte aumenta sensiblemente al pasar de una alcoholemia de 0 a 1,00 gr/lt (Clayton *et al.*, 2000), cuya traducción empírica es que, por ejemplo, según un estudio reciente realizado en el Reino Unido, el 48% de los peatones que fueron víctimas mortales de tránsito habían consumido alcohol y, en el 39% de los casos, su alcoholemia era superior al límite legal vigente en ese país (0,80 gr/lt).

En un estudio realizado por Zador, en los Estados Unidos, en 1991 —revisado en 1996—, sobre el riesgo relativo de sufrir un incidente mortal, se halló que **cada aumento de 0,20 gr/lt en el nivel de alcoholemia, duplica aproximadamente el nivel de riesgo**. Lo mismo sucede con las probabilidades de sufrir un siniestro solitario, es decir, sin participación de un tercer vehículo, lo que ocurre usualmente por la pérdida del control de la unidad causada por los disturbios de la intoxicación etílica.



Bajo tasas superiores a 0,50 gr/lt, las probabilidades objetivas son de tal magnitud que puede decirse que lo excepcional es que el desastre no ocurra, como lo confirma la tabla adjunta elaborada de acuerdo con las variables de la alcoholemia y la responsabilidad jurídica del conductor alcoholizado en siniestros realmente ocurridos.

TASA DE ALCOHOLEMIA EN GR/LT	CONDUCTORES INTOXICADOS RESPONSABLES
0,10 – 0,50	64 %
0,50 – 0,79	88 %
0,80 – 1,49	92 %
1,50 y más	96 %

Fuente: ADTSA Conference, 2003

Otras investigaciones demostraron que también media una clara relación de proporcionalidad directa entre el nivel de alcoholemia y los resultados destructivos del siniestro, sobre lo cual, por ejemplo, en un documento oficial del Observatorio de Drogas y Toxicomanías de Francia (1998), se afirma categóricamente: **“El alcohol es un factor indisputable de la seriedad del accidente (...). A mayor gravedad de las heridas de la víctima, más alta es la probabilidad de que ella o él hubieran sobrepasado el límite legal y más alto sea su nivel de alcoholemia”**. En este sentido, es un hecho universalmente comprobado que, bajo intoxicación etílica aguda, el riesgo de sufrir traumatismo craneoencefálico y hematoma subdural es más del doble que en condiciones de sobriedad.

Por lo tanto, los diversos trabajos científicos de campo elaborados durante casi medio siglo han probado y medido indisputablemente las consecuencias reales que las investigaciones de laboratorio ya permitían presuponer.

La demostración científica de la magnitud de la mortífera función de riesgo generada por la interferencia alcohólica en la conducción vehicular conduce a cuatro reflexiones inevitables:

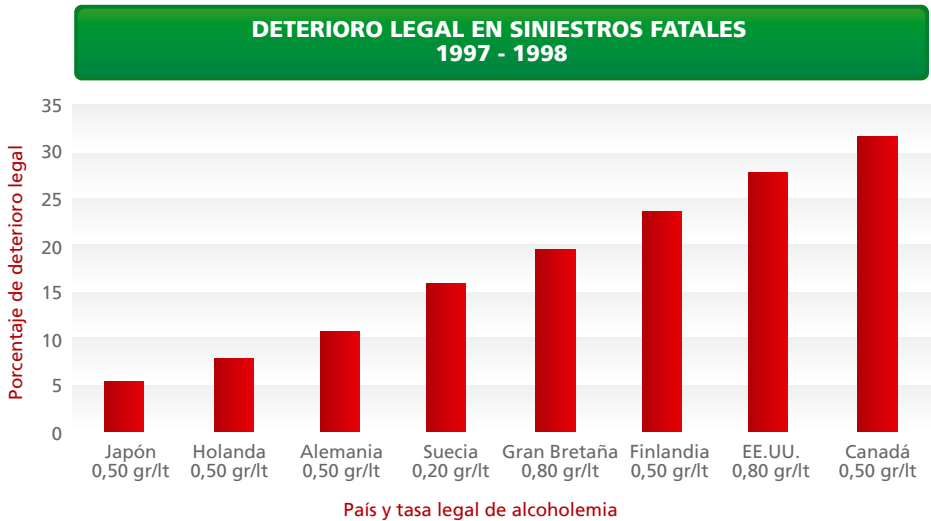
**Primera:** Si cualquier nivel de alcoholemia implica riesgo, **la única tasa compatible con la seguridad vial es “Cero”** (con ciertas reservas que no es el caso explicar aquí), como lo ponen de manifiesto las trascendentales investigaciones realizadas a partir de Borkenstein. La tabla anexa demuestra que no existe ninguna tasa inocua.

RIESGO DE SINIESTRO MORTAL SEGÚN EDAD Y TASAS LEGALES DE ALCOHOLEMIA VIGENTES EN VARIOS PAÍSES		
Alcoholemia y edad	Siniestros solitarios fatales	Todos los siniestros fatales
0,20 a 0,49 gr/lt 16 a 20 años	4,64	3,44
0,50 a 0,79 gr/lt 21 a 34 años	6,53	3,76
0,50 a 0,79gr/lt 35 + años	5,79	3,70
Nota: La base de riesgo relativo es 1,00 correspondiente a una alcoholemia nula Fuente: Zador, Krawchuk y Voas, 2000		

**Segunda:** Toda tasa legal que no sea “Cero” (con las salvedades referidas) es, en los hechos, **una concesión a la naturaleza sociocultural del fenómeno alcohólico y/o una transacción con diversos intereses sociales y económicos**, lo que implica el sacrificio de una porción sustantiva de la seguridad vial proporcional a la tasa que la ley fije para conducir en condiciones de licitud. La gráfica adjunta ilustra claramente este punto (ver gráfica en página 98).

**Tercera:** Conociéndose la probabilidad matemática indisputable del riesgo que suscita cada grado de tasa de alcoholemia, de la elección política del guarismo **dependerá la**

cantidad de siniestros, muertos, heridos, discapacitados y daños materiales que, por tal causa, deberá soportar —necesariamente— la sociedad.



**NOTA:** En la época de este trabajo 15 estados de EE.UU. tenían una tasa legal de 0,80 gr/lit y 33 una tasa legal de 1,00 gr/lit

Fuente: Chamberlain y Solomon, 2002

**Cuarta:** En virtud de lo anterior, la elección de las tasas legales implica una **responsabilidad ética, social y política incalculable para las autoridades competentes**, desde que equivale a decidir de antemano cuántas personas morirán, resultarán heridas o quedarán discapacitadas, así como sufrirán las dolorosas secuelas socioeconómicas consiguientes.

## BIBLIOGRAFÍA



**Allsop R. (2005)** - *How much is too much?, Lowering the legal drink-drive limit*. University College London - Centre for Transport Studies. Brake Conference on Drink and Drug Driving. Londres. Inglaterra.

**Beirness D.J. y Simpson H.M. (2002)**. *The safety impact of lowering the BAC limit for drivers in Canada*. Traffic Injury Research Foundation. Ottawa. Canadá.

**Biecheler-Fretel M.B., Peytavin J.F. y Gourlet Y. (2003)**. *Investigation of alcohol levels in road accidents with personal injury, and alcoholisation indicators* - Observatoire Français des Drogues et des Toxicomanies – Trends No. 33 – Diciembre.

**Borkenstein, R.F. et al (1974)**. *The role of the drinking driver in traffic accidents (the Grand Rapids Study)* - 2nd edition - Blutalkohol Vol. 11.

**Buela-Casal G. (1992)**. “Factores humanos implicados en la conducción” – En: Aportaciones al tema de conducta y seguridad vial - Fundación MAPFRE. Madrid. España.

**Campón Domínguez J.A. (2003)**. *Manual de alcoholemia* – Inédito - Mérida. México.

**Canada Department of Justice (2003)**. *Drug-impaired driving: Consultation document* - October.

**Chamberlain E. y Solomon R. (2002)**. *The case for a 0.05 % criminal law blood-alcohol concentration limit for driving* - Faculty of Law University of Western Ontario. Canadá.

**Clayton A.B., Colgan, M.A. y Tunbridge R.J. (2000)**. *The role of the drinking pedestrian in traffic accidents* - Proceedings of 15th International Conference on Alcohol, Drugs and Traffic Safety, Stockholm, 22–26 mayo. Administración Nacional de Carreteras de Suecia, Estocolmo.

Internet: [www.vv.se/traf\\_sakIt2000/553.pdf](http://www.vv.se/traf_sakIt2000/553.pdf)

**Colzato L. S., Erasmus V. y Hommel B. (2004)**. *Moderate alcohol consumption in humans impairs feature binding in visual perception but not across perception and action* - Department of Psychology, Cognitive Psychology Unit, Leiden University - Neuroscience Letters 360 - 2004.

**Comisión Europea (2001)**. “Recomendación de 17 de enero de 2001 sobre la tasa máxima de alcoholemia permitida para los conductores de vehículos de motor” - 2001/C 48/02 - Diario Oficial de las Comunidades Europeas 14 febrero.

**Consejo Superior de Tráfico y Seguridad de la Circulación Vial, Grupo de Trabajo 36 (1998)**. *Estudio sobre la reducción de los límites de alcoholemia*. Madrid. España.

**Curtin J.J. y Fairchild B.A. (2003)**. “Alcohol and cognitive control: implications for regulation of behavior during response conflict - American Psychological Association” - Journal of Abnormal Psychology Vol. 112, No. 3, DOI: 10.1037/0021-843X.112.3.424.

**Dennis M. E. (2002).** "Analysis and evaluation of the effects of varying blood alcohol concentration on driving abilities" - The Chronicle of the American Driver and Traffic Safety Education Association, Vol. 50 No. 4.

**Donohue K. (2003).** *Alcohol and emotions: potential dose effects and mechanisms of neuromuscular control* - Florida State University, College of Arts and Sciences - Department of Psychology.

**Eisenberg D. (2001).** "Evaluating the effectiveness of a 0.08 % BAC limit and other policies related to drunk driving" - Stanford University, Stanford Institute for Economic Policy Research - SIEPR Discussion Paper No. 00-23, Enero.

**Engströme I. et al (2003).** "Jeunes conducteurs novices"; Éducation & formation – Rapport VTI 491A.2003 - ISSN 0347-6030.

**Esterle-Hedibel, M. (2002).** *Les perceptions des risques routiers par les usagers de drogues illicites.*

Internet: [www.psy-desir.com](http://www.psy-desir.com)

**EUROCARE (2003).** *Drinking and driving in Europe; Report to the European Union* - Junio.

**Fell J.C. y Voas R.B. (2003).** "The effectiveness of reducing illegal blood alcohol concentration (BAC); Limits for driving: evidence for lowering the limit to .05 BAC in Canada" – Mothers Against Drunk Driving, MADD. Mayo. Canadá.

**Grancher S. (2004).** *Analyse et synthèse de rapports européens sur le continuum éducatif* - INSERR – Université Européenne d'Été de la Sécurité Routière - La Baule - Agosto.

**Greeley J. y Mc Donald D. (1989).** "Alcohol and human behaviour; The clinical pharmacology of alcohol" - National Drug and Alcohol Research Centre, The University of New South Wales - Research paper N° 14 - Sydney. Australia.

**Hedlund J.H. y Mc Cartt, A.T. (2002).** *Drunk driving: seeking additional solutions* - AAA Foundation for Traffic Safety - Mayo. Washington, D.C. Estados Unidos.

**Horne J.A., Reyner L.A. y Barrett P.R.** - *Legally "safe" blood alcohol concentrations exacerbate performance impairment* - Sleep Research Centre - Loughborough University, Loughborough, Leicestershire, LE11 3TU.

**Hutchison K.E., Mc Geary J., Wooden A., Blumenthal T. y Ito T. (2003).** "Startle magnitude and prepulse inhibition: effects of alcohol and attention" – Psychopharmacology, 167:235–241 - DOI 10.1007/s00213-002-1332-7.

**International Center for Alcohol Policies, ICAP (2005).** *Blood alcohol concentration limits* – Module 16. Internet: [www.icap.org](http://www.icap.org).

**International Council on Alcohol, Drugs and Traffic Safety, ICADTS (2001).** *Prescribing and dispensing guidelines for medicinal drugs affecting driving performance* – Marzo.

**Jones R.K. y Lacey J.H. (2000).** *State of knowledge of alcohol-impaired driving: Research on repeat DWI offenders* - U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration - DOT F 1700.7 (8-72) Washington, D.C. Estados Unidos.

**Josephs R.A. y Steele C.M. (1990).** "The two faces of alcohol myopia: Attentional mediation of psychological stress" - *Journal of Abnormal Psychology*, Vol. 99, No. 2.

**Kaiser G. (1979).** *Delincuencia de tráfico y su prevención general* – Espasa Calpe – Madrid. España.

**Lengenfelder J. et al (2002).** *Divided attention and driving: A pilot study using virtual reality technology* - *Journal of Head Trauma Rehabilitation* – Febrero.

**Mann R. E., Macdonald, S. Stoduto G., Bondy S., y Shaikh A. (1998).** *Assessing the potential impact of lowering the legal blood alcohol limit to 50 mg % in Canada*-Transport Canada - Publication No. TR 13321 E - Ottawa. Canadá

**Mc Donald T. K., Fong G., Zanna M. P. y Martineau A M. (2000).** "Alcohol myopia and condom use: Can alcohol intoxication be associated with more prudent behavior?" - *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 78, No. 4.

**Mc Lean J. y Kloeden C. (2002).** *Alcohol, travelling speed and the risk of crash involvement* - Proceedings of the 16th International Conference on Alcohol, Drugs and Traffic Safety - Agosto. Montreal. Canadá.

Internet: [www.saaq.gouv.qc.ca/t2002/actes/pdf\(07a\).pdf](http://www.saaq.gouv.qc.ca/t2002/actes/pdf(07a).pdf)

**Montoro Gonzalez L. y Sanmartin Arce J.** – "El factor humano en la seguridad vial y los accidentes de tráfico: La especial importancia del alcohol" – Generalitat Valenciana, Conselleria de Sanitat - Viure en Salud, N° 41.

**Montoro Gonzalez, L. (1997).** "Alcohol, drogas, seguridad vial y accidentes de tráfico" - *Revista Española de Drogadependencias*, Núm. 22. Madrid. España.

**Montoro L., Alonso F., Esteban C. y Toledo F. (2000).** *Manual de seguridad vial: El factor humano* – Editorial Ariel S.A. – INTRAS – Barcelona. España.

**Moscovitch A. (2001).** *Pilot fatigue management program for commercial motor carriers, Recommended practice* - Canadian Sleep Institute - PTAC – Driving Safety Workshop For the Upstream Oil & Gas Industry.

**Moskowitz H. y Fiorentino D. (2000).** *A review of the literature on the effects of low doses of alcohol on driving-related skills, Final Report* - U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration - HS 809 028 Washington, D.C. Estados Unidos.

**Moskowitz H., Burns M., Fiorentino D., Smiley A. y Zador P. (2000).** *Driver characteristics and impairment at various BACs* - U.S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration - DOT F 1700.7 (8-72) Washington, D.C. Estados Unidos.

**National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA (2004).** “.08 BAC Illegal per se level” - Traffic Safety Facts – Laws Volume 2, Number 1, Marzo.

**National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA (2003).** *Initiatives to address impaired driving* - Diciembre.

**National Transportation Safety Board (2000).** *Actions to reduce fatalities, injuries, and crashes involving the hard core drinking driver*; Safety Report - NTSB/SR-00/01 Washington D.C. Estados Unidos.

**Organisation Mondiale de la Santé, OMS; Banque Mondial (2004).** *Rapport mondial sur la prévention des traumatismes dus aux accidents de la circulation* – Genève, ISBN 92 4 256260 2.

**Organización Mundial de la Salud, OMS (2004).** *Neurociencia del consumo y dependencia de sustancias psicoactivas*; Resumen – Ginebra, ISBN 92 4 359124 X.

**Roehrs T. y Roth T. (2001).** “Sleep, sleepiness, and alcohol use” - Alcohol Alert, Publications Distribution Center – NIAAA - Vol. 25, No. 2.

**Rosa Doti J. (1991).** *Alcoholdependencia, Alcohólicos* – Universidad de la República, Facultad de Medicina - Montevideo. Uruguay.

**Rosselló J., Munar E., Justo S. y Arias R. (1999).** “Effects of alcohol on divided attention and on accuracy of attentional shift” - Psychology in Spain, Vol. 3. No 1, 69-74.

**Sancho Soria J.L. (1983).** *Aspectos médicos y jurídicos de la seguridad vial* - Ciclo de conferencias - Córdoba, 9-15 de noviembre de 1983 - Edición Dirección General de Tráfico. Madrid. España.

**Scott M.S. et al (2006).** *Drunk driving* - U.S. Department of Justice, Office of Community Oriented Policing Services - Problem-Oriented Guides for Police Problem-Specific Guides Series No. 36 - Febrero. ISBN: 1-932582-57-6.

**Sexton B.F., Jackson P.G., Stark M.M. y Englehart K. (2002).** “The influence of cannabis and alcohol on driving” - Road Safety Division, Department for Transport (UK) - TRL Report TRL543, 2002 - ISSN 0968-4107.

**Socidrogalcohol (2002).** “Monografía alcohol” - Adicciones Vol. 14, Suplemento 1.

**Steele C.M. y Josephs R.A. (1990).** “Alcohol myopia; Its prized and dangerous effects” - American Psychological Association, American Psychologist Vol. 45, No. 21, Agosto.

**Sweedler B.M. (2005).** *Strategies for dealing with the persistent drinking driver* - National Transportation Safety Board. Washington. Estados Unidos.

**Tabasso C. (1998).** “Influencia del alcohol y otras drogas en el derecho vial comparado” – Revista de Responsabilidad Civil y Seguros Nº 3. Montevideo. Uruguay.

**(1997)**

*Derecho del tránsito; Los principios* – B de F Editorial. Buenos Aires. Argentina.

(1999)

Acto conductivo alterado por alcohol u otras drogas; Análisis del modelo nacional - Revista Estado de Derecho N° 45 – Montevideo – Agosto.

**Traffic Safety Center (2003).** “A history of the science and law behind DUII” - Online Newsletter - Volume 1, Number 3.

**Triggs T.J. y Harris W.G. (1982).** *Reaction time of drivers to road stimuli* - Monash University - Human Factors Report No. HFR-12 – Victoria - 1982 - ISBN 0 86746 147 0.

**Tunbridge R. J., Keigan M. y James F. J. (2000).** *Recognising drug use and drug related impairment in drivers at the roadside* - Road Safety Division, Department of the Environment, Transport and the Regions - TRL Report 464, 2000 ISSN 0968-4107.

**Tzambazis K. y Stough C. (2000).** “Alcohol impairs speed of information processing and simple and choice reaction time and differentially impairs higher-order cognitive abilities” - Medical Council on Alcoholism - Alcohol and Alcoholism Vol. 35, No. 2.

**United States General Accounting Office, GAO (1999).** *Highway safety; effectiveness of state .08 blood alcohol laws* – GAO/RCED-99-179.

**Voas R.B. y Tippetts S.A. (1999).** *The relationship of alcohol safety laws to drinking drivers in fatal crashes* - Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration – Bethesda. Maryland. Estados Unidos.

**Zador P.L., Krawchuk S.A. y Voas R.B. (1996).** “Alcohol-related relative risk of driver fatalities and driver involvement in fatal crashes in relation to driver age and gender: An update” - J Stud Alcohol 2000 - 61:387-95.



# 4

## Lesionología del trauma por hechos de tránsito

Jorge Bermúdez



## JORGE BERMÚDEZ



Argentino. Es médico, especializado en Clínica Médica, Medicina Legal y Medicina del Trabajo. Es profesor titular en Medicina Vial en el Instituto Universitario de la Policía Federal Argentina, profesor asociado de Criminalística y Medicina Forense en la Universidad Nacional de Lanús, docente asociado de la cátedra de Medicina Legal y Deontología Médica, subdirector de la carrera de especialista en Medicina del Trabajo y docente de la carrera de especialista en Medicina Legal de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires. Actualmente es secretario general de la Asociación de Peritos de Buenos Aires (APeBA).

Ha dictado conferencias sobre hechos de tránsito en Argentina, Cuba, Brasil, Ecuador, España, México, Perú, Portugal, Túnez y Uruguay.

[jbermudez@intramed.net](mailto:jbermudez@intramed.net)

+ Concepto de accidente	112
+ Epidemiología	114
+ Estimación del impacto económico de los accidentes de tránsito	114
+ Aptitud psicofísica	115
+ Alcohol y conducción	117
+ ¿Son las tasas de alcoholemia legales?, ¿cuál es la solución?	117
+ Estudio de la lesionología del trauma en hechos de tránsito	135
+ Lesiones en miembros inferiores	138
+ Fases del atropello	142

## CONCEPTO DE ACCIDENTE

Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua, un accidente es “un suceso eventual que altera el orden regular de las cosas”.

La Comisión Nacional de Seguridad de EE.UU., al referirse específicamente al tránsito, lo define como: “tipo particular de accidente, producido en una vía pública, en el que se encuentra implicado uno o más vehículos circulando en ella, pudiendo afectar a peatones, vehículos en situación estacionaria o no, u otros elementos”.

Si bien el uso de la palabra “accidente” en referencia a eventos de tránsito está ampliamente difundido e incorporado, prácticamente no existe quien no cuestione tal denominación por inadecuada.

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 con la conducta humana, con condiciones del vehículo y del 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 para los accidentes de tránsito.

112

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 pre-hospitalaria

La primera dimensión de esta matriz considera tres etapas en el desarrollo del accidente: pre-accidente, accidente y post-accidente. La segunda dimensión se centra en los factores humanos, del vehículo y del medio ambiente físico y sociocultural, que pueden estar involucrados en cada tipo particular de accidente.

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 en las situaciones donde puedan encontrarse alterados los tiempos de reacción, como puede ocurrir en casos de déficit cognitivo (alteración en la atención, memoria, percepción, ideación), de un conductor anciano, de trastornos oftalmológicos (déficit de la agudeza visual, visión monocular, daltonismo), del consumo de alcohol y otras drogas de abuso, de psicofármacos y polifarmacia, de EPOC, asma y otras disneas.

También es posible detectar aquellos individuos que presenten riesgo de alteración de la conciencia, a quienes no se debe permitir la conducción, como puede resultar de los casos mal controlados de epilepsia, apnea de sueño y otras causas de somnolencia; asimismo, frente a casos de hipoglucemias, hipertensión arterial, coronariopatía, arritmia, lipotimia, enfermedades psiquiátricas, síndrome vertiginoso, etc.

Entonces cuando: "... la producción de un accidente suele atribuirse al destino o a un designio divino, impide tomar conciencia de los factores determinantes del evento, dificultándose la implementación de estrategias para prevenir su ocurrencia". En consecuencia, la OMS sugiere reemplazar el término "accidente" por el de "lesión no intencional", como una manera de expresar claramente que estos eventos no ocurren por azar.

Sin embargo, con esta definición encontramos que se excluyen aquellos daños intencionales, como homicidios, suicidios y otras violencias personales, que pueden estar vinculadas a un hecho de tránsito.

Vale mencionar, como ejemplo, la maniobra que realizan algunos individuos (habitualmente agobiados por problemas económicos, depresiones o enfermedades terminales), que contratan una o varias pólizas de seguros de vida y, luego, en forma casi siempre inmediata, se suicidan simulando un accidente al chocar, por lo general, contra camiones de gran porte, de manera que sus derechohabientes puedan cobrar el importe de la póliza sin sospecha.

Lo propio ocurre con casos de homicidios que tratan de ocultarse simulando un accidente, arrollando el cadáver, precipitando o incendiando el vehículo con el cuerpo adentro.

Por eso, desde el punto de vista médico legal, se considera más apropiado utilizar el término "hecho de tránsito" y sus variantes específicas: colisión de vehículo a motor, impacto vehículo-peatón, choque de motocicleta, etc., mientras la investigación determine los exactos causales del siniestro.

## EPIDEMIOLOGÍA

Más de 1.200.000 de personas mueren anualmente en el mundo a consecuencia de un trauma de tránsito. Esta cifra supera ampliamente la suma de víctimas mortales que se produjeron anualmente en los principales conflictos armados del último cuarto de siglo.

Una de cada tres personas resultará herida en un hecho de tránsito a lo largo de su vida, lo que implica una pérdida de productividad que supera, por ejemplo, a la resultante del cáncer de pulmón.

Las lesiones producidas por vehículos de motor en hechos de tránsito terrestre representan el problema de salud que constituye **la primera causa de muerte antes de los 35 años**. Esta particularidad confiere características especialmente graves al evaluar las repercusiones familiares, sociales, laborales y económicas, que conlleva esta pérdida de salud y de años de vida.

Se han propuesto distintas medidas para evaluar esta carga de morbilidad. El QALY es una expresión combinada de la duración de la vida y de la utilidad de salud. El AVAD —Año de Vida Ajustado por Discapacidad— es una variante particular de QALY. El AVAD expresa años de vida perdidos por muerte y años vividos con una discapacidad. Para calcular los AVAD asociados con hechos del tránsito, se suma el total de años de vida perdidos, generados por los fallecidos en tales siniestros, y el total de años vividos con discapacidades por los sobrevivientes; vivir 10 años con una discapacidad cuya severidad se ha estimado en 0,6 es equivalente a perder 6 años de vida saludable.

114

Las estimaciones de la carga de morbilidad expresadas en años de vida, ajustados en función de la discapacidad, ubica los hechos de tránsito como la 9ª causa; las proyecciones de la OMS indican que ocupará el 3º lugar en el 2020.

## ESTIMACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO

El costo económico de los accidentes de tránsito se puede segmentar en cinco grupos:

- a) Las pérdidas y daños materiales: vehículos, cargas, infraestructura vial y urbana.
- b) Los gastos médicos directos: costos de traslados y primeros auxilios, tratamiento hospitalario, tratamiento domiciliario.
- c) Los gastos administrativos: costos de cuerpos de seguridad (policía, bomberos, defensa civil), costos judiciales.
- d) Pérdidas de producción y consumo: pérdida de la capacidad productiva, pérdida del consumo, pérdida del trabajo hogareño y voluntario, costo de reemplazo de un trabajador, transferencia de ingresos debido a la incapacidad de trabajar.

e) Daños morales y biológicos: pérdida de expectativa de vida (muerte prematura), pérdida de salud futura (secuelas), costos de rehabilitación, educación y conversión del medio operativo.

La evaluación económica permite valorar la conveniencia de invertir en la prevención de los accidentes.

En la Unión Europea, supone cada año más de 42.000 muertes y unos 3.500.000 de heridos. Las pérdidas económicas anuales directas e indirectas ascienden a 160.000 millones de euros, equivalente al 2% de su PBI.

Durante el 2005, hubo en Argentina 10.351 muertes por hechos de tránsito y miles de personas quedaron con algún tipo de discapacidad permanente, desde fracturas hasta cuádruplejías. Las pérdidas económicas por los daños inmediatos y mediatos se estiman en US\$ 10.000 millones y más del 30% de los juzgados civiles están ocupados con juicios de tránsito.

## **APTITUD PSICOFÍSICA**

Citaremos las entidades nosológicas que con mayor frecuencia son responsables de déficit en la sensopercepción y de la alteración de la conciencia.

### **DÉFICIT EN LA SENSOPERCEPCIÓN: CONDUCTOR ANCIANO**

La definición de anciano ha cambiado con el tiempo. En la Antigüedad, era sinónimo de no productividad; hoy en día, se asimilaría a jubilado, es decir a una persona de unos 65 años. Hasta no hace mucho tiempo, la imagen de una persona de 65 años era la de un anciano deteriorado y con una autonomía muy limitada, pero hoy en día esa representación se corresponde mejor con la de un anciano de 80 años. La calidad de vida actual hace que, hasta los 75 años, la mayoría de las personas se encuentre en buen estado y pueda ser totalmente autónoma. No es igual, entonces, la edad cronológica, la biológica, la psicológica y la social.

La edad de 60 años suele ser considerada como un punto de corte para definir un “anciano”, de acuerdo con la recomendación de la OMS. En las últimas décadas, el número de personas mayores de 60 años ha aumentado considerablemente. En algunos países desarrollados, llega a representar más del 15% de la población total. La caída de la tasa de mortalidad y la reducción de la tasa de fecundidad son dos elementos determinantes en el cambio etario de la población.

Se puede definir a un anciano como aquel individuo en el que existe un deterioro de la reserva homeostática de cada sistema orgánico con un déficit gradual y progresivo desde el punto de vista físico, psicológico, sexual y productivo-económico. El individuo anciano intenta mantener su licencia y su automóvil el mayor tiempo posible, pues lo asocia a mayor independencia y bienestar. En muchas ocasiones, se siente con mayor destreza para el manejo de un automóvil que para caminar. El índice de ancianos motorizados en los países del llamado primer mundo es del 12%.

El proceso de envejecimiento puede afectar a las capacidades esenciales para conducir:

- deterioro de funciones sensoriales (visión y audición);
- dificultades motoras: pérdida de fuerza, alteraciones articulares;
- alteración de la coordinación y aumento del tiempo de reacción;
- deterioro cognitivo: memoria, orientación, pensamiento abstracto, etc., y;
- patologías asociadas: diabetes, depresión, hipertensión, alteraciones del sueño, etc.

Conducir un vehículo motorizado es una actividad compleja, que requiere integración rápida de habilidades cognitivas, perceptivo-sensoriales y motoras, que disminuyen progresivamente en la vejez, comprometiendo la habilidad necesaria para conducir. La habilidad motora para conducir requiere de la conservación de un grado aceptable de fuerza, amplitud de movimiento de las extremidades, movilidad del tronco y cuello y autopercepción.

Las funciones cognitivas relacionadas con la conducción vehicular incluyen la memoria y la atención, la evaluación sistemática del ambiente y otras habilidades visoespaciales, verbales y de procesamiento de informaciones, toma de decisiones y resolución de problemas, que deben procesarse de modo dinámico. Por ello, una de las dificultades más frecuentes que enfrentan las personas mayores en el tránsito, tanto conductores como peatones, para desenvolverse con seguridad apropiada, surge en las intersecciones. Para los conductores mayores de 80 años, más de la mitad de los accidentes fatales ocurren en las intersecciones, comparado con el 24% de los conductores de hasta 50 años de edad.

Varios estudios muestran aumento del número de accidentes en las intersecciones en forma proporcional a la edad del conductor. Las actividades que resultan más difíciles para los conductores a medida que avanza su edad son las siguientes:

- \*leer las señales de calles en la ciudad (27%);
- \*conducir cruzando una intersección (21%);
- \*encontrar el inicio del carril de giro a la izquierda en una intersección (20%);
- \*realizar un giro a la izquierda en una intersección (19%);
- \*seguir las marcas en el pavimento (17%);
- \*reconocer las señales de tránsito (12%).

EDAD	TIEMPOS		
	De día	De noche	De noche y con vehículos en sentido contrario
18-25	0,5	0,8	1,0
26-40	1,0	1,3	1,5
41-55	1,5	1,8	2,0
56 o más	2,0	2,3	2,6

## ALCOHOL Y CONDUCCIÓN

No ha existido pueblo que no haya logrado producir bebidas que contengan alcohol. Este proceso de fermentación es probablemente una de las primeras reacciones químicas que el hombre supo realizar. Cuatro mil años a.C., los egipcios tomaban cerveza con cañas, pues como no se filtraba, contenía granos de la fermentación, flotando en su superficie. En las tablas cuneiformes de Nippur (ciudad sumeria de la Mesopotamia), promulgadas por el Rey Shulgi de Lagash (2094-2047 a.C), se describe el proceso de producción de la cerveza y el vino del fruto de palma. El Código de Hammurabi (1770 a.C.) reglamentó el funcionamiento de las tabernas. Contemplaba la pena de muerte para quien adulterara la calidad de la bebida.

Estamos entonces frente a miles de años de transmisión genética y en el inconsciente colectivo, en la tradición y en las costumbres. En la cultura, la mitología, la historia y la religión, hacen que **ninguna campaña o medida, persuasiva o represiva, pueda borrar sin más, la influencia del alcohol en la vida de gran parte de la humanidad.**

### ¿SON LAS TASAS DE ALCOHOLEMIA LEGALES?, ¿CUÁL ES LA SOLUCIÓN?

No hay un acuerdo general internacional sobre cuál es el valor para una tasa de alcoholemia máxima tolerable compatible con el manejo de vehículos de motor, como se puede observar en la siguiente tabla (ver en la siguiente página).

Se debe recordar que una tasa de alcoholemia de 0,2 % es técnicamente una Tasa 0, pues el organismo humano puede producir alcohol endógeno, por ejemplo, debido a la fermentación de azúcares en el aparato digestivo.

PAÍS	TASA LEGAL
Bulgaria, República Checa, Hungría, Rusia, Rumania	0,0 Gr/l
Polonia, Portugal, Suecia	0,2 Gr/l
Unión Europea, Argentina, Perú, Chile	0,5 Gr/l
Gran Bretaña, Italia, México, Venezuela, Uruguay, Ecuador	0,8 Gr/l

Para iniciar el análisis de la pregunta planteada es útil recordar que las bebidas alcohólicas son aquellas que contienen alcohol etílico (etanol) y pueden ser fermentadas o destiladas. Dentro de las primeras se encuentran sidras (4%), cervezas (5 – 6%) y vinos (10 – 12%).

Paradójicamente, el alambique es inventado por los árabes en el año 800, en un principio para ser usado en la fabricación de perfumes; pero, tras su introducción en Europa, se lo utiliza para eliminar agua de las bebidas fermentadas y, de esta forma, concentrar el alcohol y dar origen a las bebidas destiladas, como anís, gin, whisky, brandy, ron, tequila, pisco (35 – 45%).

Como se puede observar, las bebidas tienen distintas concentraciones de alcohol, por lo cual los consumos se traducen a Unidades de Bebida Estándar (UBE): una bebida de 40° o 40% de alcohol es la que contiene 40 cc de alcohol puro cada 100 cc de bebida. Una UBE equivale a 10 grs. de alcohol

Cálculo de los gramos de alcohol:

$$\text{Grs. A.} = \frac{C \times G^{\circ} \times 0,8}{100}$$

donde:                    Grs. A. = gramos de alcohol  
                               C = cantidad de bebida expresada en ml  
                               G° = graduación de etanol de la bebida  
                               0,8 = densidad del alcohol

Un vaso de vino (100 ml), una lata de cerveza (200 ml), una copa de bebida destilada (30 ml), contienen la misma cantidad de alcohol: 9,6 grs. = una UBE.

Absorción: la alcoholemia inmediata (1/2 h) por cada UBE ingerida es de 0,3 gr./l.

Eliminación: la tasa de eliminación del alcohol del organismo es constante: 0,15 gr./l x hora.

Un simple cálculo permite conocer la probable alcoholemia unas horas después del consumo:

alcoholemia inmediata x n° unidades - tasa eliminación x n° horas  
 Por ej.: alcoholemia a las 3 hs. de haber ingerido 4 UBE de alcohol  
 $(0,3 \text{ g/l} \times 4) - (0,15 \times 3) = 0,7 \text{ gr/l.}$

¿Cuántas horas tardará en tener alcoholemia 0?  
 $(0,3 \text{ g/l} \times 4) : (0,15 \text{ g/l}) = 8 \text{ hs}$

Efectos psicofísicos relacionados con las alcoholemias:

NUMERO DE UBE	ALCOHOLEMIA GRS./L	EFFECTOS FÍSICOS Y PSICOLÓGICOS
1	0,2- 0,3	Ligera elevación del estado de ánimo
2	0,5- 0,6	Relajación, calor, disminución del tiempo de reacción y de la coordinación fina
5	1,4-1,5	Alteración mayor del control físico y mental: habla y visión difíciles
7	2	Pérdida del control motor (se requiere de ayuda), confusión mental
10	3	Intoxicación severa; control conciente mínimo
14	4	Inconsciencia; umbral del estado de coma
17	5	Coma profundo
20	6	Muerte por depresión respiratoria

Para conocer cuál es la alcoholemia en el momento en que ocurrió el hecho se recurre a la Fórmula de Widmark

$$C_o = C_t + \beta t$$

donde:  $C_o$  = alcoholemia cuando ocurrió el hecho  
 $C_t$  = alcoholemia al momento de la extracción  
 $t$  = tiempo transcurrido (minutos)  
 $\beta$  = coeficiente de etiloxidación:

Hombre: 0,0025 / Mujer: 0,0026

A esta altura, se puede pensar que todo queda bajo control en el tema de las tasas legales de alcoholemia, pues se tiene información de:

- Grs. de alcohol que contiene una bebida;
- Grs. de alcohol que son absorbidos con cada consumo;
- Grs. de alcohol que son eliminados cada hora;
- Sintomatología provocada por cada gr. de alcoholemia;
- Alcoholemia compatible con la conducción de un vehículo de motor;

Sin embargo, las cosas con el ser humano no suelen resultar tan simples y lineales.

## ABSORCIÓN

Se había dicho que la alcoholemia inmediata es de 0,3 gr/l por cada UBE ingerida. Sin embargo, el tiempo que el etanol permanece en el estómago produce un retraso en la absorción hacia el intestino y permite su metabolismo a través de los sistemas enzimáticos gástricos.

Este retardamiento hacia el intestino se ve fomentado por la ingesta de alimentos sólidos que puede retrasar la absorción hasta un 50%. En cambio, ese pasaje se ve acelerado por varios factores:

- la cantidad de bebida ingerida, cuanto mayor es, mayor es la absorción;
- la velocidad de absorción es mayor para las bebidas de mayor graduación y alcanza su nivel máximo en torno a un 40%;
- la aceleración de la absorción por el contenido de gas (champán, gin-tónico, etc.);
- el efecto de algunos medicamentos como la ranitidina.

La alcoholemia inmediata está calculada para un adulto medio (percentil 50: 75 kg.), pero varía con el peso del individuo.

55 kg ..... 0,4 gr./l  
75 kg..... 0,3 gr./l  
90 kg..... 0,2 gr./l

El etanol se disuelve mejor en agua que en los lípidos (relación de 30/1). Esto provoca diferencias en su distribución en individuos con diferente proporción de grasa corporal, aun cuando la cantidad ingerida y el peso corporal sean idénticos. Los individuos con

mayor proporción de grasa corporal (que acepta escasamente el alcohol) tendrán mayor disponibilidad en plasma y, por lo tanto, mayor alcoholemia.

Debido a las diferencias en la cantidad de grasa, la distribución del etanol será de 0,7 L/kg. en hombres y 0,6 L/kg. en mujeres. Sumado a un menor peso corporal, las mujeres presentan alcoholemias más elevadas ante un mismo consumo. El incremento en la grasa corporal con la edad produce alcoholemias mayores.

## ELIMINACIÓN

Como se sabe, el hígado es el encargado de eliminar el alcohol que se ha ingerido. El ritmo de destrucción del alcohol es 0,15 gr/l x hora y este ritmo es constante e independiente de la alcoholemia. Sin embargo, existe una gran variabilidad en las velocidades y tasas de eliminación de etanol entre diferentes sujetos.

El etanol se metaboliza principalmente en el hígado por oxidación, transformándose en acetaldehído y se halla mediado por la enzima alcohol deshidrogenasa (ADH). Este ritmo varía con distintos factores, a saber:

- el sexo;
- la tolerancia adquirida;
- la tolerancia genética;
- las características biológicas (peso, edad, etc.);
- las patologías (hepatopatías);
- ciertos fármacos y drogas.

120

Las diferencias genéticas en la ADH pueden producir importantes variaciones en la bio-disponibilidad del etanol. El menor nivel de esta enzima en mujeres provoca mayores concentraciones de etanol que en varones ante consumos idénticos. También existen diferencias raciales: se ha constatado una menor actividad de la ADH en los orientales respecto de los caucásicos.

La tolerancia es la pérdida de potencia en la intensidad de un efecto, que, para ser obtenido nuevamente, requiere un incremento de la dosis. El etanol da lugar a la inducción enzimática, encargada de su propia metabolización. Esto ocasiona que, a igualdad de ingesta, las alcoholemias sean menores en los bebedores habituales.

El uso de contraceptivos orales reduce la eliminación del etanol hasta en un 20%. Algo similar ocurre con otros fármacos (paracetamol, AAS, etc.). Productos industriales (PVC, acetona y otros solventes orgánicos, etc.) y drogas (opióceos, cocaína, etc.) actúan como competidores de los sistemas enzimáticos. Contrariamente, los fumadores de más de 20 cigarrillos diarios presentan una mayor velocidad de desaparición, sin estar aclarado el mecanismo.

Otro punto es la potenciación de efectos con ciertos fármacos, que se detallan en la tabla que sigue:

fármaco	sueño	euforia	mareo	hipota	visión borrosa	otros efectos	conducción
Analgésico narcótico	X	X	X				No
Ansiolíticos e hipnóticos	X					Alteración de coordinación	No al inicio ni al cambio de dosis
Antidepresivos	X		X	X	X	Fatiga	
Antipsicóticos	X			X	X	Disquinesia	
Antihistamínicos	X				X	Ansiedad	No
Vasodilatadores y antihipertensivos			X	X			Precaución
Anticolinérgicos					X	Confusión	
Anticonvulsivantes	X		X		X	Ataxia	No al inicio ni al cambio de dosis
Antiparkinsonianos				X	X	Confusión Reducción de reflejos	

Por si todas estas variables no fueran suficientes, aún no hay total coincidencia sobre los síntomas que experimenta una persona con una determinada tasa de alcoholemia. Se ve en la tabla siguiente cómo con tasas inferiores a 0,2 grs/l. ya aparecen efectos clínicos.

RELACIÓN ENTRE EL NIVEL DE ALCOHOLEMIA, SUS EFECTOS EN EL CONDUCTOR Y EL RIESGO A SUFRIR UN ACCIDENTE DE TRÁNSITO		
Alcoholemia (g/l)	Efectos	Riesgo multiplicado x
0,15	Disminución de reflejos	1,2
0,20	Error de apreciación de distancias	1,5
0,30	Subestimación de velocidad Trastornos motores Euforia	2
0,50	Aumento del tiempo de reacción	3
0,80	Trastorno del comportamiento	4,5
1,20	Cansancio, disminución de la agudeza visual	9
1,50	Embriaguez notoria	16
Fuente: Álvarez, F. - del Río, MC		

La mayoría de expertos encuentra síntomas claros con alcoholemias de 0,2 – 0,4 g/l:

- desinhibición psíquica;
- déficit de visión espacial y aumento del tiempo de reacción;
- dificultad para percibir el color rojo;
- dificultad para acomodar la vista a los cambios de luz.

Y síntomas claramente preocupantes con tasas aún legales de 0,5 g/l:

- disminución del campo visual (se pierden los estímulos que están en los laterales);
- cálculo erróneo de las distancias (adelantamientos, entrada en curva, no respeto de las distancias de seguridad, etc.);
- aumento del tiempo de reacción (en la frenada brusca se recorre un 10% más de distancia, metros que pueden ser mortales).

Debe tenerse en cuenta que la posibilidad de sufrir un accidente en comparación con una alcoholemia 0:

- será 6 veces mayor para 0,8;
- será 25 veces mayor para 1,5;
- será 60 veces mayor para 2.

Y en comparación con una alcoholemia inferior a 0,5, el riesgo de resultar heridos:

- será 6 veces mayor para 0,5;
- será 7 veces mayor para 0,6;
- será 16 veces mayor para 0,7 de alcoholemia.

122

## EPIDEMIOLOGÍA. ALCOHOL Y ACCIDENTES

En el 50% de los accidentes mortales de tránsito está implicado el alcohol. A casi el 40% de los conductores fallecidos en accidentes de tráfico, se les detectó la presencia de alcohol; al 30% con niveles de alcoholemia superiores a 0,5 grs./l. En el 35% de los cadáveres de peatones atropellados se identificó alcohol; el 25% presentaba tasas superiores a 0,5 grs./l.

En EE.UU., el alcohol representa 46.200 muertes anuales y 1.700.000 lesionados con secuelas; es causa del 50% de los accidentes y ocasiona pérdidas por 50.000 millones de dólares. En España, afecta al 10% de la población, es causa de 40.000 accidentes de trabajo y 35.000 accidentes de tránsito, con 16.000 muertes y 2.500 ingresos psiquiátricos anuales. En Argentina, con 100.000 muertos por accidentes de tránsito en la última década, extrapolando datos, se puede afirmar que en unas 50.000 muertes estuvo implicado el alcohol.

## LOS JÓVENES Y EL ALCOHOL

Un 25% de los muertos en accidente de tránsito es menor de 25 años. El 58% de los jóvenes de 19 a 24 años consume alcohol los fines de semana. Entre viernes y sábado, se bebe el 75% del alcohol consumido durante la semana. De cada tres jóvenes muertos en accidentes de tránsito ocasionados por el alcohol, dos suelen ser acompañantes.

Las parapejías de los jóvenes están fuertemente relacionadas con el binomio alcohol-conducción.

El riesgo relativo de estar implicado en un accidente mortal para alcoholemias entre 0,8 y 1 es del 11% para conductores de 35 o más años, pero del 52% para conductores entre 16 y 20 años. Esta enorme imprecisión para la correcta interpretación del contenido de alcohol en la sangre ya justificaría por sí sola la implementación de programas de TOLERANCIA CERO. Pero, el continente de esa alcoholemia es todavía un problema más complejo: el bebedor.



**BAJO RIESGO:** los abstemios y bebedores hasta 9 UBE en las mujeres y 12 en los hombres por semana.

**RIESGO:** aquellos que superan esta cantidad, pero sin evidencia de dependencia.

**PROBLEMAS:** dependientes (alcohólicos).

**DEFINICIÓN DE ALCOHÓLICO.** Según Alcohólicos Anónimos, toda persona vencida por el alcohol cuya vida se torna inmanejable.

**DEFINICIÓN DE ALCOHOLISMO.** Según la O.M.S., todo consumo de bebidas alcohólicas:

- de forma reprobada en su ambiente socio-cultural;
- con preferencia sobre el resto de sus actividades;
- con signos y síntomas por su privación;
- con ingestión de bebidas alcohólicas para lograr alivio;
- con aumento de la tolerancia;
- asociada a problemas recurrentes (familiares, sociales, laborales, económicos, etc.).

**DEFINICIÓN PARTICULAR DE ALCOHOLISMO.** Scott Fitzgerald (1896), autor de *El gran Gatsby* (1925), considerada como una obra maestra de la narrativa del siglo XX, dijo esta gran verdad:

*Primero te tomas un trago, después el trago se toma otro trago, al final el trago te toma a ti.*

### CLASIFICACIÓN DE BEBEDORES

- 1-Bajo riesgo - bebedores aceptables - usted se bebe un trago.
- 2-Riesgo - bebedores en exceso - el trago se bebe un trago.
- 3-Problemas - bebedores dependientes - el trago lo bebió a usted.

### CONCLUSIÓN

El bebedor de bajo riesgo no precisa beber.

El alcohólico no puede manejar (“el trago se lo bebió”).

El problema es el bebedor de riesgo que, cuando bebe, abusa (“el trago lo lleva a tomarse otro trago”).

### SOLUCIÓN: ALCOHOLEMIA CERO

Las leyes de tolerancia cero fijan como límites de alcoholemia valores inferiores a 0,2 gr./l. Existe evidencia de que la reducción de los niveles de alcoholemia disminuye el impacto del alcohol en el tráfico. Sin embargo, su aplicación de forma general ha encontrado el freno por parte de numerosos intereses involucrados. Aunque no debería existir interés más supremo que la vida humana, la realidad indica que las cosas no son como debieran ser. Incluso la Unión Europea, admitiendo el ideal de la tolerancia cero, ha adoptado por una tasa de 0,5 gr./l.

Una forma de ir acercándose paulatinamente al objetivo de tolerancia cero es una APLICACIÓN PROGRESIVA de la norma. En los Estados Unidos, se ha estimado que el incremento de la edad a los 21 años para la venta de bebidas alcohólicas ha reducido en un 13% las muertes en los conductores de 18 a 20 años, con una disminución significativa de las colisiones, incluidas las mortales. La aplicación de la tolerancia cero para los menores de 21 años ha tenido como consecuencia una disminución del 20% en la proporción de conductores jóvenes con alcoholemias positivas implicados en colisiones mortales. También ha disminuido la frecuencia de colisiones mortales, su aplicación en los conductores: profesionales, principiantes e infractores.

Algunas legislaciones disponen de sanciones económicas para los infractores que superan las tasas legales de alcoholemia. Es importante incorporar a estos infractores a un régimen de tolerancia cero, pues, de reincidir, sería indicativo que la persona está teniendo problemas con el alcohol. Debe ser tratado entonces como dependiente y retirada su licencia de conductor. Solo debería reintegrársela con constancia médica de encontrarse bajo tratamiento y en periodo de abstinencia y con los controles periódicos correspondientes.

## AGUDEZA VISUAL Y CONDUCCIÓN

Un 90% de la información que se recibe sobre el tránsito llega a través de la visión. Para percibir con precisión todos los elementos que intervienen en el tránsito, se requiere una buena capacidad visual. La capacidad visual se mide considerando la agudeza y campo visual, el sentido luminoso, la movilidad palpebral y del globo ocular y la presencia de enfermedades que deterioran y no permiten alcanzar los niveles de agudeza fijados por la ley.

La agudeza visual representa el grado de capacidad del ojo para percibir las formas y detalles de los objetos. La visión con ambos ojos proporciona la sensación estereoscópica o de profundidad, fundamental en el tránsito, porque permite calcular la maniobra en función de la distancia a la que se encuentra el objeto percibido. La visión monocular es la pérdida anatómica o funcional de un ojo, que reduce su capacidad visual entre 0 y 0,10 décimas. En estos casos, se dificultan los adelantamientos y las maniobras en cruces, así como la circulación nocturna.

## CONDUCCIÓN NOCTURNA

En la conducción nocturna con luz artificial, el conductor pierde cerca de 6 metros de profundidad en su campo de visión, por cada 15 km./h. de aumento en la velocidad. Aunque la conducción nocturna representa solo la cuarta parte del tiempo total en carretera, suma más de la mitad de los accidentes de tránsito, pues se estiman con mayor dificultad las distancias, el movimiento, los colores y disminuye la velocidad de percepción de los objetos.

La agudeza visual nocturna puede disminuir en patologías como el glaucoma, la hemeralopia, la ceguera nocturna de la miopía avanzada, las cataratas y la avitaminosis A; también por tratamiento con fármacos mióticos, por fatiga visual, por la acción de algunos tóxicos (CO, alcohol, tabaco), por los ruidos y las vibraciones, la hipoglucemia y la larga permanencia diurna en ambientes muy soleados.

Hay que considerar que, en la conducción nocturna, se suman con frecuencia, el sueño, el alcohol, las drogas y la fatiga general. Con el envejecimiento, se necesita más luz, por lo que el conductor mayor tiende a abusar de las luces largas, que pueden deslumbrar al vehículo que circula en sentido contrario.

## DESLUMBRAMIENTO

El deslumbramiento se origina cuando en el campo visual aparece una fuente luminosa de intensidad superior a la iluminación general. Se produce una miosis máxima, y molestias transitorias como lagrimeo, blefarospasmo, parpadeo frecuente y pérdida momentánea de la vista o agujero negro, especialmente si los ojos están adaptados a la oscuridad. Sigue una lenta recuperación de las funciones visuales, en un tiempo máximo considerado normal de 50 segundos.

El deslumbramiento agudo aumenta el cansancio, perturba el sentido cromático, el campo visual, la sensibilidad al contraste y la visión de profundidad.

El efecto del deslumbramiento se agrava con la edad, el alcohol, la fatiga, diversas drogas, algunas enfermedades y ciertos medicamentos. Este problema puede surgir

con la conducción diurna, en el momento de entrada en un túnel, al sumarse un deslumbramiento con la poca iluminación existente. La adaptación a la oscuridad es considerablemente más lenta que la adaptación a la luz. Requiere un periodo de unos 30 minutos, lo que permite distinguir los objetos en la oscuridad aunque no se puedan distinguir los colores.

Las personas con mala recuperación tras el deslumbramiento no pueden conducir de noche y deben usar anteojos con cristales oscuros para evitar los deslumbramientos diurnos.

Un buen alumbrado público puede reducir en un 30% los accidentes mortales en las vías.

El envejecimiento de la población ha incrementado la presencia de alteraciones que disminuyen progresivamente la capacidad visual. El 50% de los accidentes de tránsito, donde se encuentran implicados conductores mayores, se relacionan con defectos de la visión.

El deterioro de la acomodación y de la adaptación visual a los cambios de luz, el estrechamiento del campo visual, la agudeza visual, la cinética, la percepción del contraste, etc., se manifiestan durante el envejecimiento y comprometen la seguridad de la persona mayor como conductor o peatón.

El 25% de la población mayor de 65 años presenta una función visual reducida como consecuencia de enfermedades propias del envejecimiento, como hipertensión arterial, cataratas, degeneración macular, glaucoma o diabetes.

La cirugía moderna de la catarata con incorporación de lente intraocular reduce hasta en un 50% los riesgos de colisión en los conductores ancianos.

En la cirugía refractiva, que actúa sobre la córnea para corregir el astigmatismo, la miopía y en ocasiones la hipermetropía, la modificación de la córnea requiere un periodo de adaptación a la nueva situación por el efecto de memoria que todo tejido tiene, por distorsiones ópticas, irregularidades en la cúpula pulida, inestabilidad refractiva y resultado quirúrgico pendiente de resultado definitivo. No se debe conducir en los seis meses siguientes a la cirugía refractiva, aunque el paciente crea que su visión es correcta.

Sería conveniente exigir la renovación de la licencia de conducir después de una cirugía oftálmica.

## ENFERMEDADES CARDÍOVASCULARES

Los criterios más importantes a tener en cuenta en la influencia de las enfermedades cardiovasculares sobre la aptitud en la conducción son la falta de aire (disnea) y la alteración de la plena conciencia de la persona sobre sus actos, situaciones donde no se debe permitir la conducción. Cuando la hipertensión arterial (HTA) sea de un grado tal que implique riesgo de alteración de la conciencia, no se debe permitir la conducción. Por ejemplo, ante la probabilidad de afectación neurológica (accidente cerebrovascular, ataque isquémico transitorio), como ocurre en la HTA grave (cuando las cifras de TA diastólica son superiores a 115 mm Hg), en la HTA refractaria (cuando no se controlan

las cifras, a pesar de seguir tratamiento con tres fármacos) y en la HTA maligna (donde las cifras elevadas de TA se asocian con lesión de la microcirculación con afectación de retina cerebro, corazón y riñón); en la crisis hipertensiva (TA diastólica por encima de 120 mm Hg, con daño de los órganos diana) y en la emergencia hipertensiva (cuando la elevación de la TA se acompaña de lesión importante en los órganos que daña de por vida si no se trata inmediatamente); en **miocardiopatías, miocarditis y valvulopatías**, que se acompañen de insuficiencia cardiaca congestiva con disnea, arritmias, embolias y riesgo de síncope y muerte súbita, no se debe permitir conducir, hasta la remisión de los síntomas sin secuelas.

El recambio valvular conlleva un periodo de recuperación durante el cual tampoco se puede conducir, hasta la adecuada recuperación de la función cardiaca. El paciente con medicación anticoagulante debe ser advertido del mayor riesgo que tiene de sufrir hemorragias, por lo que debe extremar su seguridad en la conducción.

### Conducción con insuficiencia cardiaca

La conducción de vehículos es un esfuerzo físico menor. Los pacientes con insuficiencia cardiaca crónica compensada pueden conducir preferentemente en recorridos cortos, evitando las horas pico de tránsito y de calor. La intensidad de la disnea es un factor fiable, como indicador de riesgo, ya que se asocia con una disminución de la función ventricular, causante de arritmias graves. Los conductores que presentan disnea tienen un menor nivel de atención y mayor riesgo de sufrir un accidente, por lo que no pueden conducir.

Los marcapasos bien adaptados permiten la conducción después del periodo de control que permita confirmar su efectividad. Las arritmias ventriculares tratadas mediante ablación o con desfibriladores automáticos implantables requieren de un periodo de control posterior que permita confirmar la efectividad del tratamiento empleado sin recidivas de los síntomas. Durante el primer año del implante, ciertas interferencias pre-sincopales o sincopales asociadas con las descargas pueden hacerles perder el control del vehículo. Durante este periodo de adaptación, y mientras haya descargas, no se puede conducir.

La enfermedad coronaria abarca un conjunto de entidades clínicas que incluyen la angina de pecho, la isquemia silente, el vasoespasma coronario y el infarto agudo de miocardio. La causa más frecuente de isquemia cardiaca es la aterosclerosis de las arterias coronarias, seguida de los embolismos, las arteritis y las anomalías congénitas. No se puede conducir con angina. Los factores de riesgo coronario son el tabaco, la hipertensión, la dislipemia, la diabetes, el hipertiroidismo y el exceso de peso, factores que también interfieren de varias maneras con la conducción.

Con coronariopatía asintomática se debe llevar nitroglicerina en el vehículo. La nitroglicerina puede producir cefalea, taquicardia, mareo y síncope. En este caso, aunque la angina haya desaparecido, tampoco se puede conducir.

El infarto agudo de miocardio (IAM), tras la fase aguda, es una enfermedad de pronóstico muy variable y dependiente de la extensión de la disfunción ventricular, la edad y las enfermedades asociadas. Las complicaciones son las arritmias ventriculares, que pueden

aparecer días o semanas después del IAM, y siempre indican un fallo de bomba cardíaca. Los pacientes que han sufrido IAM no pueden conducir hasta que, tras un margen de tiempo no inferior a seis meses, se pueda tener una idea pronóstica del proceso.

El estrés de conducir en una gran ciudad perjudica a los pacientes con antecedente de IAM, por lo que se debe recomendar no conducir en las horas pico en vías complejas. El paciente que ha sido sometido a un proceso de revascularización coronaria debe encontrarse sin síntomas, con adecuada función cardíaca para reiniciar la conducción. Con angina recidivante, no se puede conducir hasta la resolución del cuadro clínico sin síntomas y con adecuada función cardíaca.

**El síncope** se define como la pérdida temporal de la conciencia con pérdida del tono postural y recuperación espontánea sin déficit neurológico.

### Causas de un síncope

- a) vasovagal (emocional común): por incremento de la presión intratorácica, síncope por tos o estornudo; síncope inducido por maniobra de valsalva; genitourinaria-gastrointestinal: síncope miccional o defecatorio; esófago-glossofaríngeo: síncope deglutorio;
- b) síncope inducido por fármacos (ej. nitritos, isoproterenol, agentes simpaticolíticos);
- c) hipotensión arterial (constitucional, ortostática, posprandial);
- d) enfermedad cerebrovascular;
- e) hipersensibilidad del seno carotídeo;
- f) desórdenes psiquiátricos;
- g) enfermedades cardíacas: estenosis aórtica, miocardiopatía hipertrófica, mixoma de aurícula izquierda, estenosis mitral. Obstrucción al flujo pulmonar: estenosis pulmonar, hipertensión pulmonar, embolismo pulmonar. Arritmias; bradiarritmias: enfermedad del nódulo sinusal, bloqueo aurículo-ventricular de 2º-3º grado, malfunción de marcapasos, bradiarritmias inducidas por fármacos; taquiarritmias: taquicardias ventricular y supraventricular.

La persona con riesgo de síncope no puede conducir hasta que la causa que origina el mismo haya desaparecido completamente.

### ENFERMEDADES NEUROLÓGICAS: DEMENCIA

La demencia es un síndrome clínico caracterizado por la pérdida adquirida de capacidades cognitivas, principalmente para la memoria reciente, lenguaje, praxias, gnosias, incluyendo orientación, juicio y resolución de problemas y que afecta a las actividades de la vida diaria del paciente, lo suficientemente grave como para interferir con su calidad de vida, situación que incluye la conducción de vehículos.

Entre las causas de demencia se pueden citar:

- 1 – demencias degenerativas primarias (mal de Alzheimer);

- 2 – vasculares (secuela de ACV);
- 3- infecciosas (HIV, meningitis, encefalitis, abscesos);
- 4- metabólicas (endocrinopatías, insuficiencia hepática, renal, enfermedad de Wilson);
- 5- tóxicas (etilismo, plúmbica, mercurio);
- 6- neoplasias cerebrales;
- 7- traumáticas;
- 8- epilépticas;
- 9- otras.

La enfermedad de Alzheimer se debe a un proceso degenerativo, que implica importante pérdida neuronal en múltiples áreas cerebrales y atrofia pronunciada del cerebro. Los rasgos clínicos que caracterizan al paciente de Alzheimer, como la pérdida de memoria, lenguaje, cálculo, habilidades visuales y espaciales, o el poder resolver problemas, reflejan una pérdida acelerada de neuronas. Este fenómeno compromete, de forma especial, ciertas regiones del cerebro, como el hipocampo, el sistema límbico y segmentos estratégicos de la corteza temporal, frontal y parietal.

El diagnóstico precoz de la demencia del tipo Alzheimer es complicado en estadios iniciales; incluso, muchas veces, se detecta la demencia justamente por causa de la ocurrencia reiterada de accidentes de tránsito, debido a la pérdida de las funciones cognitivas superiores integrativas y a las dificultades para resolver más de un estímulo rápidamente.

Los pacientes con Alzheimer en estadio leve tienen problemas para identificar correctamente las señales de tránsito y los lugares de referencia durante la conducción de vehículos y cometen errores que afectan a la seguridad vial, sufren deterioro en la tarea de búsqueda visual y reconocimiento de destinos en ruta. Las exigencias de tales objetivos en cuanto a percepción visual, atención, funciones ejecutivas y memoria aumentan probablemente la carga cognitiva, empeorando la seguridad de la conducción. Debido a la naturaleza progresiva del Alzheimer, una vez diagnosticado, debe prohibirse la conducción.

Mal de Parkinson. El paciente que puede presentar problemas al conducir es el de la fase inicial de la enfermedad, con bradicinesia, y no aquel donde ya está con el cuadro clásico instalado y donde es evidente la ineptitud.

Desórdenes que implican convulsiones (epilepsia y enfermedades cerebrovasculares). Se pueden presentar cuadros convulsivos secundarios a accidentes vasculares cerebrales por la inestabilidad metabólica de la fase aguda de la enfermedad. Conforme la población envejece, el accidente vascular se vuelve cada vez más frecuente.

El ictus constituye en la actualidad, para el adulto, una de las causas más importantes de muerte, discapacidad grave y demencia. La etiología puede deberse a trombosis o embolia

por una placa de ateroma, arteritis, valvulopatía, etc. Los agentes simpaticomiméticos, como cocaína y anfetamina, pueden producir ictus isquémicos. Son factores favorecedores la HTA, la aterosclerosis, la cardiopatía, la diabetes mellitus y la policitemia.

La dieta occidental, consistente en carnes rojas procesadas, granos, cereales y azúcares refinados, puede estar asociada con un mayor riesgo de infarto cerebral.

Las personas que padecen migraña con aura son cuatro veces más proclives a sufrir un infarto cerebral o enfermedad cardíaca antes de los 45 años.

El consumo de tres o más bebidas alcohólicas por día aumenta en un 45% las posibilidades de sufrir isquemia cerebral, por embolismo con mayor frecuencia, en comparación con los no bebedores.

Más del 20% de la población adulta hace apneas durante las horas de sueño y existe cierta relación entre estas interrupciones repetidas de la respiración durante la noche y la probabilidad de morir si se sufre un infarto cerebral. De hecho, la frecuencia de las apneas es directamente proporcional al peligro de muerte después de sufrir un infarto cerebral.

El accidente isquémico transitorio (AIT) aparece súbitamente, dura entre 2 y 30 minutos, y luego cede, sin que queden secuelas neurológicas, con un nivel de conciencia intacto durante el episodio.

130

La causa más frecuente de AIT son los émbolos cerebrales originados por placas ateroscleróticas en las arterias carótidas o vertebrales, o la reducción brusca del flujo sanguíneo a través de las arterias con estenosis. Cuando se afecta la arteria carótida, los síntomas suelen ser unilaterales, con ceguera homolateral, hemiparesia contralateral, parestesias y disartria. La afasia indica la afectación del hemisferio dominante. Cuando se afecta el sistema vertebrobasilar, puede haber confusión, vértigo, ceguera binocular o diplopía y debilidad con parestesias de las extremidades, con posibilidad de caída al suelo.

Los pacientes con isquemia cerebral transitoria tienen una probabilidad del 43% de sufrir otro accidente vascular en los siguientes 10 años. No se debe conducir hasta que hayan transcurrido al menos 6 meses del AIT, sin síntomas neurológicos ni secuelas y con vigencias reducidas del permiso de conducción. Cualquier proceso isquémico cerebral impide conducir hasta la desaparición de los síntomas y signos neurológicos. Para poder conducir, debe conocerse la causa que produjo la isquemia cerebral y debe estar instaurado el tratamiento que evite la recidiva del episodio. Si persiste el riesgo de nuevos episodios de isquemia se debe vedar la conducción.

Epilepsia. También llamado trastorno convulsivo, es un trastorno intermitente del sistema nervioso debido a una descarga repentina, súbita y desordenada de las neuronas cerebrales. Las crisis epilépticas recurren, en general, como resultado de una lesión cerebral estructural, en el seno de una enfermedad sistémica o de forma idiopática o genética.

Cerca del 2% de la población mundial padece crisis epilépticas, cuya incidencia va en aumento. Las crisis convulsivas son las manifestaciones más frecuentes. Se inician con la pérdida de conciencia y del control motor, con convulsiones tónicas/clónicas de las

extremidades, aunque hay patrones diferentes. En ciertos trastornos, las convulsiones son transitorias y no reaparecen una vez finalizada la causa que las produjo; otras veces, las convulsiones se repiten a intervalos de forma indefinida si hay una lesión permanente, estableciendo el diagnóstico de enfermedad epiléptica.

En la adolescencia, las convulsiones suelen ser idiopáticas, o deberse a traumatismos, abstinencia de alcohol y drogas, malformaciones arteriovenosas o enfermedades degenerativas. En el adulto joven, se deben a traumatismos, alcoholismo, tumores cerebrales o enfermedades degenerativas. En el adulto mayor de 35 años, las convulsiones se originan por tumores cerebrales, enfermedad cerebrovascular, trastornos metabólicos renales, hepáticos, electrolíticos, hipoglucemia, alcoholismo y enfermedades degenerativas.

El conductor epiléptico tiene un riesgo potencial de accidente, tanto por la posibilidad de pérdida de conciencia como por los efectos de la medicación consumida. Van en aumento los accidentes de tránsito en los que están involucrados pacientes epilépticos. Según un estudio de la Odense University, de Dinamarca, estos enfermos tienen siete veces más posibilidades que las personas no epilépticas de tener un accidente mientras conducen.

Las crisis parciales simples se inician con fenómenos motores, sensitivos y psicomotores focales específicos, sin pérdida de conciencia. En ocasiones, son las auras epilépticas que preceden a una crisis generalizada. Las crisis parciales complejas se acompañan de alteración o pérdida del nivel de conciencia, junto con automatismos, como chasquido de labios, masticación o marcha errante. Puede estimarse que suponen el 40% de los casos de epilepsia entre conductores. Las crisis generalizadas afectan, desde el principio, el nivel de conciencia y la función motora.

Los ataques epilépticos, sobre todo los convulsivos, pueden estar precedidos por síntomas inespecíficos desde horas o días antes de las crisis, consistentes en irritabilidad, cambio de humor, alteraciones del sueño, del apetito y del comportamiento en general (síntomas prodrómicos).

La función del médico es controlar las características individuales de la epilepsia, conseguir del paciente la continuidad del tratamiento y aconsejar al epiléptico en su adaptación a la vida profesional y social, teniendo la conducción un protagonismo principal. Si conduciendo el paciente nota síntomas de pródromo epiléptico, debe parar inmediatamente y pedir ayuda. Nunca debe ir conduciendo al hospital.

En muchos casos de epilepsia, no se identifica un aura previa a la crisis y es habitual que exista un periodo amnésico tras la misma, lo que hace difícil la prevención de la crisis epiléptica durante la conducción.

Si el paciente lleva un año sin convulsiones o pérdida de conciencia, podrá conducir siempre que la enfermedad de base, la medicación y su médico se lo permitan. Todos los pacientes epilépticos, que a pesar del tratamiento puedan tener riesgo de pérdida de conciencia, no pueden conducir.

El paciente con sacudidas mioclónicas que pudieran afectar la seguridad de la conducción necesitará un periodo mínimo de 3 meses sin síntomas. En el caso de antecedente

de trastorno convulsivo único no filiado o secundario a medicamentos, drogas o posquirúrgico, se debe acreditar un periodo de 6 meses libre de crisis.

En España, la ley prohíbe conducir a las personas con epilepsia activa, es decir, que hayan tenido una crisis en el último año. En algunos estados estadounidenses, no se permite extender la licencia de conducir a pacientes que tuvieron una convulsión en los últimos seis meses, aunque estén medicándose, lo que hace que muchos de estos pacientes accedan a someterse a una cirugía para detener el problema y poder ponerse al volante con normalidad. Appleby comprueba, en Gran Bretaña, que una sexta parte de los epilépticos encuestados ocultaban a su médico de cabecera sus ataques, pues en esta circunstancia se les impide obtener la licencia de conducir y acceder a diversos puestos de trabajo.

Los fármacos anticonvulsivantes pueden producir efectos secundarios como somnolencia, ataxia, nistagmo, náuseas, alteraciones visuales y cefalea, que deben ser advertidos al conductor por su interferencia en la conducción.

No se aconseja la conducción a los pacientes epilépticos, durante los cambios de tratamiento o si no lo cumplen con el mismo correctamente. El paciente debe conocer los efectos secundarios de sus medicamentos y también el deterioro que los medicamentos prescritos producen sobre la capacidad de conducción. El paciente no debe conducir en la primera semana de un nuevo tratamiento o tras un incremento de la dosis, y el médico se lo tiene que advertir.

## DIABETES

La diabetes mellitus es el trastorno endocrinológico más frecuente. El paciente diabético, aun bien controlado, es un conductor de riesgo por las posibles complicaciones de la enfermedad y del tratamiento.

Las complicaciones crónicas de la diabetes, como la macroangiopatía y microangiopatía, así como el compromiso del sistema nervioso autónomo y periférico y la aparición prematura de catarata, puede ocurrir tanto en el diabético insulino-dependiente como en el que no lo es.

La hiperglicemia no controlada puede llevar a la fatiga, la letargia y la lentitud. Por otro lado, la hipoglucemia lleva a la pérdida gradual de todas las funciones cerebrales.

La complicación más importante del tratamiento con sulfonilureas es la hipoglucemia; puede ser grave y persistir, o reaparecer durante varios días después de la suspensión del tratamiento. Son factores que predisponen, la edad avanzada, las enfermedades renales, hepáticas y cardiovasculares, así como la insuficiente ingesta de alimentos. La hipoglucemia inducida por insulina puede producirse por error en la dosis, por saltarse una comida, por ejercicio físico imprevisto o no tener una causa aparente.

En la diabetes mellitus controlada con dieta, no existe problema para la conducción vehicular. En la controlada con hipoglucemiantes orales, sin patología asociada ni antecedentes de hipoglucemia, se debe renovar anualmente la licencia para conducir.

En la diabetes mellitus controlada con insulina, la licencia para conducir debe ser semestral y no debe haber presentado hipoglucemias para renovarla.

## APNEA DEL SUEÑO

El síndrome de apnea del sueño es un problema que afecta alrededor del 4% de los hombres y 2% de las mujeres entre 30 y 60 años. Este síndrome se caracteriza por un cuadro de somnolencia, trastornos neuropsiquiátricos y cardiorespiratorios secundarios a repetidos episodios de apnea/hipoapnea durante el sueño, como consecuencia de una obstrucción en la región faríngea, que provoca constantes desaturaciones de la oxihemoglobina y despertares transitorios que dan lugar a un sueño no reparador.

Entre el 31% y el 93% de los pacientes que sufren apneas del sueño declara haberse quedado dormido alguna vez mientras conducían. Un 25% de ellos refiere estos episodios al menos una vez a la semana.

Los conductores de larga distancia con diagnóstico de SAS tienen hasta 13 veces más posibilidades de sufrir accidentes que los grupos control.

El deterioro en la capacidad de conducción está relacionado con el trastorno hipoxémico nocturno y con la hipersomnolencia diurna que muestran los pacientes con SAS.

Fisiopatología: se entiende la presencia del SAS cuando coexisten síntomas clínicos (somnolencia diurna, ronquido) con la presencia de eventos respiratorios durante el sueño, al obstruirse la vía aérea superior en forma completa (apnea) o parcial (hipoapnea).

El factor de riesgo más importante es la obesidad (presente en el 60-90% de los casos), especialmente de tipo central, que conduce a la formación de depósitos de grasa a nivel de la faringe, reduciendo su diámetro.

Durante la inspiración, el diafragma produce presión subatmosférica en la vía aérea, por lo cual tiende a su colapso. Los músculos geniogloso y genihioides aumentan su tono durante la inspiración para que las paredes de la faringe se tensen y se vuelvan menos colapsables.

Los pacientes con SAS suelen tener aumento de índice de masa corporal como también de la circunferencia del cuello medido a nivel del borde superior de la membrana cricotiroidea. Katz y col. encontraron que dicha circunferencia es de  $43,7 \pm 4,5$  cm. en pacientes con SAS y de  $39 \pm 4,5$  cm en los controles ( $p < 0,001$ ).

La presencia de obstrucción nasal, retrognatía, macroglosia o hipertrofia amigdalina, favorece la obstrucción durante el sueño.

En los pacientes con SAS, suele coincidir un factor que predispone (la disminución de la luz faríngea debido a la obesidad) con una pérdida de la sincronía en la activación inspiratoria de los músculos dilatadores faríngeos, que ocurre durante el sueño y que trae como consecuencia el cierre parcial o total de la vía aérea superior, produciendo pausas respiratorias que se acompañan de desaturación arterial. El episodio finaliza con un despertar muy breve (microdespertar) de la cual el paciente no es necesariamente consciente. La repetición frecuente de estos episodios produce un sueño muy interrumpido, que lleva a la somnolencia en las horas de vigilia.

Es importante preguntar siempre acerca de somnolencia asociada al manejo, ya que algunos pacientes se duermen incluso esperando el cambio de luces del semáforo. Otros toman medidas como conducir con las ventanillas bajas, la radio con alto volumen, tomar café, etc.

Diagnóstico: la gran mayoría de las personas con apnea no saben que la tienen.

Es necesario identificar los eventos respiratorios durante el sueño, ya sean apneas o hipopneas, y cuantificarlos en el Índice de Disturbios Respiratorios o Índice de Apneas-Hipopneas (IAH), que se obtienen al sumar todos los eventos de obstrucción respiratoria y dividirlos por el número de horas dormidas.

Cuando el IAH es  $> 5$ /hora en presencia de un cuadro clínico concordante se obtiene el diagnóstico de SAS.

Entre los estudios a utilizar se destaca la polisomnografía en un laboratorio de sueño. Constituye el método de referencia (*gold standard*) para el diagnóstico de SAS. Su registro incluye: electroencefalograma, electrooculograma, electromiograma, flujo aéreo naso-bucal, movimientos respiratorios, oximetría arterial, electrocardiograma, ronquidos y posición corporal.

El tratamiento de elección para el SAS es el uso durante el sueño de ventilación con presión positiva continua. La prescripción se acompañará de medidas para controlar el peso, evitar el tabaco y el alcohol, así como mejorar la permeabilidad nasal.

134

Entre un 8 y 15% de los pacientes, rechazó la ventilación con presión positiva continua, incluso después de intervenciones psicológicas o educativas. La cirugía podría representar una alternativa y una opción definitiva para estos pacientes. La uvulopalatofaringoplastia se introdujo como primer tratamiento específico en 1981; sin embargo, los resultados son decepcionantes.

Implicancias médico-legales: la aparición de juicios por accidentes donde se encuentra implicado el SAS está movilizando a los organismos de control a establecer medidas de regulación al respecto. Se puede citar el caso “Jimenez vs the Queen” ocurrido en Australia en 1992. En este caso, la corte suprema falló a favor del conductor al entender que generar un accidente por quedarse dormido al volante no significa que el conductor haya tenido el suficiente tiempo y la clara percepción de la situación para evitar así el accidente. Dado que el sueño podría sobrevenir involuntariamente y de forma rápida, nadie puede ser acusado por haber cometido un acto involuntario.

A diferencia de lo actuado en dicho caso, las cortes canadienses e inglesas consideran que el dormirse manejando no es un hecho súbito, sino que es precedido por un período de conducta voluntaria frente al sueño y, por lo tanto, destacan el principio de la “falta previa” (no tomar recaudos al percibir que uno no está en óptimas condiciones para conducir).

En New South Wales (Australia), se permite al ente regulador del tránsito (RTA: Roads and Traffic Authority) retirar la licencia inmediatamente después de producirse un accidente grave si el conductor se quedó dormido. Cuando el médico sospecha estar frente

a un caso de SAS, además de recomendaciones de prevención, se le plantea la realización de estudios. Si dicha persona no cumple con las indicaciones, el médico está habilitado a quebrar el secreto profesional y reportarlo a las autoridades. Esto último también ocurre con la legislación sueca.

En Inglaterra, la Driver and Vehicle Licensing Agency, organismo encargado de regular los registros de conducir, establece tanto en el caso de licencias ordinarias (*ordinary car license*) como profesionales (*large goods vehicle or passenger carrying vehicle*), que el conductor con SAS debe evitar manejar hasta que reciba tratamiento y los resultados confirmados por opinión médica.

Existen, además del SAS, muchas causas de somnolencia diurna que incluyen privación de sueño por horarios o esquemas de trabajo inadecuados, ansiedad, alcohol, medicamentos o enfermedades como enfermedad pulmonar obstructiva crónica, narcolepsia, etc.

## ESTUDIO DE LA LESIONOLOGÍA DEL TRAUMA EN HECHOS DE TRÁNSITO

La mecánica es la rama de la física que se ocupa del movimiento de los cuerpos en respuesta a las fuerzas que lo producen. La aplicación de la mecánica a la biología humana analiza el comportamiento de nuestro cuerpo ante la acción de las fuerzas a las que se ve sometido. Por su parte, la biomecánica del trauma de velocidad relaciona los daños físicos con el cálculo de fuerzas, aceleraciones, tensiones y deformaciones que resultan de una colisión.

La energía cinética es la energía que un objeto posee debido a su movimiento, y es directamente proporcional a su masa y al cuadrado de su velocidad. La dispersión de la energía cinética, tanto en el espacio como en el tiempo, es determinante para reducir la severidad de las lesiones y puede suponer la diferencia entre sobrevivir o no.

Cuando un vehículo choca o frena bruscamente, desaparece el movimiento pero no la energía, que se transfiere a otros sistemas: fricción de los neumáticos, deformación del vehículo, absorción por dispositivos de seguridad, lesiones en los ocupantes.

La energía cinética que no resulte absorbida en la frenada, con la deformación del vehículo o por los elementos de seguridad, será transmitida al cuerpo humano. Las lesiones se producen cuando una determinada estructura corporal ve superado su límite de resistencia a la energía a la que ha sido sometida.

Desaceleración: es un término que ya está indicando pérdida de velocidad y, por lo tanto, oferta de energía cinética para la génesis de las lesiones. La desaceleración es proporcional al cuadrado de la velocidad e inversamente proporcional al doble de la distancia de frenado ( $d = V^2$ ).

De manera que, si un vehículo de 1.000 kg. impacta a 100 km./h un muro o un árbol con 50 cm. de distancia de frenado, se tendrá una desaceleración de 729 m/s<sup>2</sup>.

$$d = V^2 (100 \text{ km./h son } 27 \text{ m/s } \times 27 = 729 \text{ m/s}^2) / 2.f (2 \times 0,50 \text{ m} = 1) = 729 \text{ m/s}^2$$

La unidad de aceleración de la gravedad —denominada  $g$ — equivale a 9,8 m/seg. En el ejemplo, representaría una desaceleración de 74  $g$ .

Si la fuerza ( $F = m \cdot a$ ) es proporcional a la masa (1.000 kg.) y a la aceleración (74  $g$ ), el automóvil estaría impactando el árbol con una fuerza de 74 toneladas, y un conductor de 70 kg. impactaría el parabrisas con una fuerza de 5.000 kg.

Los órganos como el hígado o el cerebro, que también viajan a 100 km./h, golpean con una fuerza mayor a 100 kg. contra la pared abdominal y el cráneo, respectivamente.

VÍSCERA	PESO GRS.	60 KM/H	100 KM/H
Hígado	1.500	41.700	109.500
Riñón	0,300	8.400	22.000
Bazo	0,150	4.200	11.000
Páncreas	0,070	1.950	5.000
Encéfalo	1.500	41.700	109.500
Sangre	5.000	139.000	365.000

**CHOQUE FRONTAL:** Según la **1ra. Ley de Newton**: “un cuerpo en reposo permanecerá en reposo y un cuerpo en movimiento continúa su trayectoria a menos que una fuerza actúe sobre él”. En la parada brusca de un vehículo en movimiento, los ocupantes continúan impulsados hacia delante hasta impactar con alguna estructura.

Si la cabeza se desplaza y es detenida contra una superficie como el parabrisas, el encéfalo se sigue desplazando hasta chocar con el hueso que la contiene; la masa encefálica sufre las lesiones propias del roce con los relieves de la cara interna del cráneo. Luego, la masa encefálica produce un movimiento de retroceso, con el consiguiente choque contra la superficie ósea opuesta a la del primer golpe (contragolpe), que trae como consecuencia roturas vasculares, lesiones en la corteza por el vacío que se produce en la zona que se despega del cráneo. Asimismo, se producen lesiones primarias, como laceraciones, fracturas, contusiones y lesión axonal difusas, lesiones secundarias, como hematomas (epidural, por desgarro de la meníngea media o sus ramificaciones, habitualmente tras una fractura ósea que atravesase su trayectoria; subdural, ubicado entre la duramadre y la aracnoides, cuyo mecanismo de producción habitual es el desgarro de las venas puente y el hematoma intracerebral alojado dentro del parénquima), hipertensión endocraneal y edema cerebral.

**Lesión axonal difusa:** al tener diferentes densidades, las sustancias blanca y gris se desplazan a velocidades diferentes, lo que provoca tracción de los axones. Este estiramiento de las fibras nerviosas que ocurre en las aceleraciones y desaceleraciones bruscas es el responsable del estado de coma inicial en el traumatismo encéfalo craneano y del **síndrome postconmocional**, cuadro neuropsicológico caracterizado por cefaleas, mareos e inestabilidad psicológica, deterioro intelectual, epilepsia tardía, síntomas neuropsiquiátricos, alteraciones de la memoria y del lenguaje. Solo en el 20% de los casos, las microhemorragias son evidenciables al TAC.

## TRAUMATISMO TÓRACO-ABDOMINAL

El tórax contiene órganos esenciales para la vida, protegidos por una armadura conformada por las costillas, el esternón y la columna dorsal. Las fuerzas registradas en un impacto vehicular severo son suficientes para provocar diversas lesiones. El tórax puede impactar contra el tablero de instrumentos, el volante o el cinturón de seguridad. El perímetro total de la jaula ósea debe reducirse un tercio antes de inducir una lesión por compresión de los órganos. Una compresión en un adulto masculino medio de 76 mm. será compatible con un nivel lesivo de AIS3.

La contusión pulmonar es la lesión más frecuente (45,7%). Le sigue el tórax inestable —tórax móvil o bamboleante, respiración paradójica, volet costal, etc.— debido a la fractura de, por lo menos, tres costillas y/o esternón en más de un punto, que puede comprometer la vida cuando se descompensa gasométricamente en un 12%. El hemotórax masivo se presenta en el 7,8%, mientras que el neumotórax a tensión en el 6,4%. El taponamiento cardiaco, según datos autopsicos, en el 4,3% y la rotura de tráquea o esofágica son muy raras.

En las lesiones traumáticas del diafragma hay producción de grandes desgarros radiales, diferentes de las pequeñas perforaciones del trauma penetrante, con migración de las vísceras al tórax.

El traumatismo abdominal se encuentra presente en el 23% de los traumatizados severos.

Los órganos más afectados por roturas y desgarros son el bazo, con una frecuencia del 35%, seguido por del hígado, 28%; el riñón, 18%, y, luego, por el estallido de vísceras huecas.

El bazo es un órgano importante del complejo sistema retículo endotelial junto con la médula ósea y los ganglios linfáticos, todos en equilibrio dinámico en la sangre circulante.

En la esplenectomía de origen traumático se suele constatar la existencia de anomalías cuantitativas y cualitativas de las plaquetas. Sin embargo, el problema fundamental que puede aparecer es un déficit de la función de filtro para las bacterias opsonizadas y un déficit de secreción de anticuerpos específicos (especialmente de IgM), debido a una incapacidad de los linfocitos B para diferenciarse en células productoras de anticuerpos. Esta situación puede llevar a un “síndrome de infección fulminante postesplenectomía” u OPSI (*overwhelming post splenectomy infection*), sobretodo por neumococos, meningococos, estreptococos y haemophilus influenzae, pero también por paludismo, babesiosis, citomegalovirus y varicela-zoster.

Después de una esplenectomía, el 20% de los pacientes se ve aquejado de frecuentes infecciones y de un 2% a un 10% presenta una trombosis venosa profunda, cuyo mecanismo no es muy bien conocido; la trombocitosis transitoria y el éxtasis sanguíneo en la vena esplénica pueden predisponer a dicha patología.

## LESIONES EN MIEMBROS INFERIORES

Cuando el conductor no lleva colocado el cinturón de seguridad, o lo tiene mal puesto, tras el impacto frontal en lugar de ir hacia delante y arriba, puede hacerlo hacia delante y abajo —efecto submarino— sufriendo traumatismo abdominal contra el volante y traumatismos de rótula contra el tablero, así como de fémur y cadera por las fuerzas de compresión que actúan desde el tablero hacia el respaldo del asiento.

En los impactos muy intensos puede ocurrir la “intrusión del tablero” en el habitáculo, que ocasiona fracturas en pierna, rótula, fémur y pelvis. Los elementos metálicos de la pedalera —“atrapamiento por la pedalera”— provocan fracturas en los huesos de los pies.

El acompañante en el asiento delantero derecho también puede presentar traumatismo de cráneo por impacto contra el parabrisas, lesión de muñeca por reflejo instintivo de defensa, traumatismo de rodilla, fémur y cadera por impacto contra la guantera.

El ocupante trasero, cuando viaja sin cinturón, en la colisión frontal puede salir disparado provocando graves lesiones a los ocupantes delanteros, quienes tienen **cinco veces más riesgo** de morir en un accidente cuando los ocupantes traseros no llevan puesto el cinturón.

*Air Bag*: sin duda, su introducción representa una de las medidas más importantes en términos de seguridad automovilística. Se asocia con un descenso considerable de la mortalidad cuando se lo utiliza en combinación con cinturones de seguridad.

Sin embargo, los AB no están totalmente exentos de riesgos, en particular si no se lo utiliza junto con el cinturón o cuando el ocupante adelanta en exceso el asiento, pues queda expuesto a una amplia variedad de lesiones, como fracturas del macizo facial, lesión de córnea, quemaduras, hipersensibilidad cutánea, neumotórax, contusión cardíaca y ruptura de aorta.

El AB aumenta las lesiones oculares. El 35% de los accidentados sufre daños al romperse los anteojos o por efecto de la reacción química. Los 70 gramos de ácido sódico que contiene el AB, y que entran en combustión en 0,01 segundos para inflar 60 litros de aire, generan aerosoles de hidróxido y carbonato de sodio que pueden abrasar la córnea en diferentes grados de severidad. Cuando se activan, si se abre el AB y se libera el contenido, pueden resultar causa de agravamiento del asma.

En colisión lateral, las lesiones son más graves que en el choque frontal, al estar más próximo el cuerpo del ocupante al punto de impacto. El ocupante solo goza de la protección que en un espacio reducido pueden aportar las barras de protección lateral, las puertas del vehículo y los *airbags* laterales.

Las lesiones más frecuentes son fracturas costales en el hemitórax impactado con lesiones intratorácicas, traumatismo craneoencefálico y cervical (estudios recientes constatan que los ocupantes de los automóviles implicados en impactos laterales tienen “tres veces más probabilidad de sufrir una lesión traumática cerebral que los implicados en otras colisiones”), fracturas de hombro, fémur y pelvis, rotura esplénica

(conductor y pasajero trasero izquierdo) y hepática (acompañante delantero y trasero derecho).

Las fracturas ilíacas o de las ramas de la pelvis están muy ligadas a los choques laterales: la intrusión de la superficie lateral impacta en forma directa contra la cadera del ocupante situado en ese lado, y ocasiona la compresión y fractura. En la separación de sus fragmentos, las fracturas pélvicas pueden lesionar el recto, la vejiga y la uretra. En la mujer embarazada, es posible que haya daños fetales.

Colisión trasera: La 2° Ley de Newton dice que una fuerza ejercida sobre un objeto lo acelerará —cambiará su velocidad—. La aceleración será proporcional a la magnitud de la fuerza y tendrá la misma dirección que esta.

El paradigma de la colisión por alcance es el “latigazo cervical” (*whiplash*), término que describe el mecanismo de producción de la lesión, mientras que la patología asociada con el mismo se conoce como “síndrome cervical postraumático” (**SLC**), cuadro sumamente controvertido, hasta el punto de discutirse su misma existencia, cuya frecuencia e implicancias legales y económicas han llevado a calificarlo como “la gran epidemia del tránsito moderno”.

El aumento en la densidad del tránsito se acompaña con un incremento en los impactos traseros en las lesiones cervicales consecutivas y en sus plazos de curación. Clásicamente representado por una colisión trasera que se produce de forma inesperada (pero también por una colisión lateral, una frenada brusca, zambullidas o maniobras anormales del cuello) que, ante la laxitud de la musculatura cervical, provoca un movimiento de vaivén de la cabeza, con flexo-extensión intensa del cuello, que puede ocasionar diversos síntomas de carácter subjetivo como dolor cervical, cefalea, mareos e, incluso, un trastorno cognoscitivo cerebral.

Alrededor del 40% de los lesionados en una CVM presenta síntomas cervicales; al menos un 20% reclamará legalmente y el 8% no recuperará al año su nivel habitual de actividad laboral.

Se destaca un notable aumento de esguinces cervicales en los últimos años y la mayor duración media de los plazos de estabilización. En Alemania, por ejemplo, la frecuencia se ha triplicado.

Un significativo hallazgo epidemiológico es el aumento de la incidencia de esguinces cervicales a partir de la obligatoriedad del uso del cinturón de seguridad. Se relaciona con el hecho de que el tronco queda anclado al asiento por el cinturón de seguridad y la cabeza efectúa un movimiento de hiperflexión más intenso.

En España, de un total de 50.547 lesionados en accidentes de tránsito, el 41,15 % presentó un SLC. El promedio de días de baja por lesionado fue de 64,4 y el gasto global anual de € 500 millones, cifra que representa casi la cuarta parte del total global de gastos por lesiones corporales derivadas de las CVM. En EE.UU., sobrepasa el millón de casos anuales (3 a 4 x 1.000 hab./año) provocando un costo económico global de 3.900 millones de dólares.

Una hiperextensión seguida de una hiperflexión de cabeza y cuello produce el denominado esguince cervical. El músculo de dicha región es incapaz de resistir esa fuerza brusca de estiramiento. Se contracturan los músculos, se reduce el rango normal de movimiento del cuello y se dificulta la percepción de la posición neutra. Puede presentarse con cefalea occipital, vértigo, acúfenos, disfonía, fatiga, alteraciones de termorregulación y fenómenos disestésicos en los miembros superiores, que se atribuye a una hipertonia del sistema simpático cervical por irritación entre C5 y D1, que se traduce en un vasoespasmo arterial.

Cuando los síntomas permanecen presentes por más de seis meses, se denomina “síndrome cervical postraumático prolongado”. En relación con la severidad, se le clasifica en 5 grados. El grado 0 expresa la presencia del fenómeno cinemático del latigazo, pero sin ninguna repercusión sintomática. El grado IV no ofrece ninguna dificultad para el diagnóstico ni para la determinación del tratamiento. Son los grados I, II y III los más controvertidos, donde es muy difícil documentar la lesión orgánica.

GRADO 0	GRADO I	GRADO II	GRADO III	GRADO IV
Asintomático	Dolor cervical rigidez	Mayores síntomas	Iguals síntomas	Fracturas luxaciones
Sin signos físicos	Sin signos físicos	Limitación de la movilidad	Irradiación radicular	Lesión neurológica

140

Los vehículos se construyen con la finalidad de que tengan capacidad para soportar impactos a baja velocidad (4-8 km/h), para evitar deformaciones en pequeños y habituales contactos de los estacionamientos o por alcance en cadena en los atascamientos, una forma de evitar costos de reparación del vehículo. Según el modelo, pueden soportar impactos de hasta 12-15 km/h sin que el vehículo se deforme; pero, en este caso, la energía cinética no absorbida se transmite al ocupante, con sus potenciales consecuencias lesivas. Un  $\Delta v$  (cambio de velocidad) de 7,8 km/h comunica una aceleración vectorial a la masa de la cabeza de 4,3 gr. y, en colisiones entre 3-10 gr., los ligamentos cervicales ya experimentan elongaciones por encima del rango de tolerancia fisiológica.

La elasticidad del respaldo de la butaca hace que se comporte como una catapulta, lo que aumenta el riesgo de lesión en la columna cervical y dorsal en un impacto posterior. En los asientos traseros, dado que el respaldo es más rígido, el riesgo de lesiones vertebrales es menor. Por el efecto “catapulta” del respaldo, la aceleración de la cabeza resultará mayor que la del vehículo.

En un impacto trasero a la velocidad de 13 km/h, la cabeza es desplazada hacia adelante cerca de 45 cm. a una fuerza de 7 gr. en menos de un cuarto de segundo y determina una aceleración de la cabeza 2,5 veces superior a la del vehículo; incluso, puede llegar a ser 5 veces mayor.

En una prueba de simulación del evento realizada en laboratorio se pudo verificar que el biomecanismo de la lesión está en relación directa con la fuerza aceleratoria que se aplica, de tal forma que se pueden observar 6 fases diferentes:

FASE ACCELERATORIA	DURACIÓN	FACTOR DE ACCELERACIÓN	MOVIMIENTO CABEZA-CUELLO
Fase 1	0-60 mseg.	0 g	Impacto por alcance Cabeza-cuello en reposo
Fase 2	60-120 mseg.	0,3 g	La aceleración se transfiere al respaldo del asiento y el tronco se proyecta hacia delante, mientras la cabeza mantiene su posición.
Fase 3	120-200 mseg.	4,3 g	Extensión del cuello
Fase 4	200-300 mseg.	2,8 g	Hiperextensión de cabeza y cuello
Fase 5	300-400 mseg.	1,0 g	Flexión de cabeza y cuello
Fase 6	+ de 400 mseg.	0,8 g	Leve flexión, retroceso a la posición inicial

## VUELCO

Los vuelcos son un tipo de accidente particularmente grave, donde una variedad de parámetros determina la probabilidad de supervivencia de los protagonistas, entre los que se encuentran la cantidad de vueltas que da el auto, la superficie contra la que termina el proceso y la posibilidad de rescatar rápidamente a los ocupantes.

Hay pocos vehículos que resisten un vuelco sin que parte de la carrocería se deforme. Muchas estructuras modernas no son capaces de resistir el propio peso de la carrocería y se deforman peligrosamente. Cuanto mayor es la velocidad del incidente, y mayor la cantidad de vueltas sobre sí mismo que da el vehículo, mayor será la deformación del habitáculo y mayor también el peligro que corren los ocupantes de ser aplastados. Del total de accidentes, el vuelco representa el 2%, pero en los accidentes fatales es el responsable del 12%.

## ATROPELLO DEL PEATÓN

Las características cinemáticas del atropello del peatón están fuertemente relacionadas con la interacción de la velocidad, el tipo de frontal del vehículo y la talla del peatón. Se puede distinguir, en virtud de la relación atropellante-atropellado, dos categorías bien diferenciadas: trayectoria de proyección frontal y trayectoria de transporte, que, a su vez, presenta 4 variantes cinemáticas.

### TRAYECTORIA DE PROYECCIÓN FRONTAL

Cuando un peatón es impactado por encima de su centro de gravedad, como ocurre con los vehículos de frente alto (tipo vans, camión, ómnibus, etc.) es lanzado hacia delante del frente del vehículo. En el caso de un niño, también se producirá una proyección frontal, aun tratándose de un automóvil de frente bajo tipo turismo, dado que el centro de gravedad de la pequeña víctima también se encontrará por debajo del punto de impacto.

## TRAYECTORIA DE TRANSPORTE

Suele tratarse de un contacto entre un peatón adulto y un automóvil tipo turismo. Si el impacto se localiza por debajo del centro de gravedad del peatón, este se deslizará sobre el capó, siguiendo distintas variantes cinemáticas de trayectoria.

### Vuelta sobre el capó

Este modelo se desarrolla cuando un vehículo golpea con su frente al peatón en las extremidades inferiores, determinando que la parte superior del cuerpo (cabeza y tronco) rote sobre el vehículo y abrace al capó. El peatón es acelerado por el impacto hacia delante, en la misma dirección del vehículo, pero como lo hace con una velocidad menor, se va acercando en dirección al parabrisas, hasta producirse un segundo contacto, esta vez con el capó.

Por efecto del frenado, el vehículo se desacelera y el peatón comienza a separarse del capó; como ahora su velocidad se hace mayor en relación con la del automóvil en desaceleración, termina finalmente lanzado delante del frente del vehículo. La velocidad de impacto desarrollada en este modelo es de unos 30 km/h.

### Vuelta sobre la guardabarro

Este tipo es similar al anterior, con la variante de que el peatón es golpeado cerca de alguna de las esquinas del frente del vehículo, realizando una vuelta por encima y hacia afuera del guardabarro, que termina con su caída al suelo a un costado del automóvil.

142

### Vuelta sobre el techo

Es consecuencia de un impacto a muy alta velocidad, a causa del cual el cuerpo termina cayendo por detrás del automóvil tras golpear en el techo o contra el baúl. En esta trayectoria, el vehículo no frena hasta después del impacto. La velocidad de impacto es aproximadamente de 60 km/h.

### Salto mortal

Similar a la anterior, con la diferencia de que el vehículo frena y el peatón da una vuelta en el aire tipo "salto mortal" y termina cayendo sobre el suelo, pero por delante del vehículo desacelerado.

## FASES DEL ATROPELLO

Para comprender mejor el tipo de lesiones que puede traer consigo un accidente como este, se ha determinado 3 posibles contactos vehículo-peatón que puede ocurrir:

En el pimer contacto, el peatón es impactado por el parabarro, en las proximidades de la rodilla; la pierna es acelerada en la misma dirección que circula el vehículo, mientras que el pie, por la fricción contra el suelo, tiende a quedar bajo la defensa, lo que genera fuerzas de flexión sobre el tobillo, la pierna y la rodilla. Posteriormente, el muslo impacta con el borde superior del frontal.

Las lesiones más frecuentes se dan en la piel, como lesiones equimóticas-excoriativas, contuso-cortantes y/o contuso punzantes.

En el impacto lateral, la rodilla sufre una angulación lateral que la somete a fuerzas de compresión del lado del golpe, con fractura de cóndilos femoral y/o tibial y fuerzas de distensión del lado opuesto (rotura de ligamentos). Las lesiones de los ligamentos, en tests con cadáveres impactados por un paragolpe a 45 cm. de altura, resultaron a velocidades de impacto de 17 km/h, para la ruptura parcial y 24 km/h. para la ruptura completa.

Los límites de tolerancia para la angulación en la flexión lateral de la rodilla es de unos 15°, para el desplazamiento de las superficies articulares hasta 6,0 mm, y de 150 gr., para la aceleración en el extremo superior de la tibia. Disminuir la altura del paragolpe reduce el ángulo de flexión lateral de la rodilla. Cuando la altura del centro del paragolpe disminuye de 500 a 300 mm (más cerca del centro de gravedad de la pierna), el ángulo de flexión de la rodilla se reduce un 67% (de 15° a 5°).

Por el impacto directo del paragolpe con la pierna se observan fracturas de tibia y/o peroné, a partir de una velocidad de impacto entre 18–25 km/h; por la fricción del pie en el pavimento, esguince de tobillo (distensión/rotura de ligamentos); por el golpe en el borde delantero del capó, la fractura del fémur y/o la cadera.

Tras este primer impacto, las extremidades inferiores sufren una aceleración hacia adelante (siguiendo el sentido de circulación del automóvil) y la zona superior del cuerpo realiza una rotación y aceleración, produciéndose un segundo impacto, cuando la pelvis y el tórax golpean sobre el capó. La cabeza puede impactar contra el capó o, a velocidades más elevadas, contra el parabrisas y/o techo.

Las lesiones más frecuentes en este segundo impacto son:

Miembro inferior: fractura de cadera y de pelvis.

Miembro superior: fractura/luxación de hombro, fractura de húmero.

Tórax: fractura de costillas, contusión pulmonar, hemotórax, neumotórax.

Abdomen: rotura-desgarro de bazo, hígado, riñón, vísceras huecas.

Traumatismo de cráneo: el traumatismo craneoencefálico se acompaña de graves secuelas y alta mortalidad, resultado del impacto cefálico contra la superficie del capó (y los accesorios rígidos del compartimiento motor) y del parabrisas (bordes, refuerzos interiores, limpiaparabrisas, etc.). Sus consecuencias son fracturas de bóveda y base de cráneo, contusiones y laceraciones del encéfalo, hemorragias epi y subdurales, lesión axonal difusa. El HIC: *Head Injury Coefficient* o coeficiente de lesión de la cabeza, relaciona la fuerza de aceleración y el tiempo a que la cabeza se ve sometida a esa fuerza. El límite de tolerancia para daño cerebral grave se estableció en el coeficiente: 1.000.

Columna : son más frecuentes las lesiones (luxación/fractura) cervicales.

Piel: por la rotura del parabrisas, lesiones punzo-cortantes y cortantes, incluso degollamiento.

Tercer contacto: la diferencia de velocidad desencadena la separación del peatón con respecto al vehículo, cayendo proyectado hacia el suelo, donde puede ocurrir el tercer contacto, al ser impactado nuevamente por el mismo vehículo, al quedar caído delante de él (proyección frontal, vuelta sobre el capó, salto mortal) o por otros móviles cuando es lanzado hacia un lateral (vuelta sobre el guardabarro) o hacia atrás (vuelta sobre el techo).

Las modalidades más habituales son:

**Aplastamiento:** el automóvil pasa por encima del atropellado con sus ruedas, comprimiéndolo contra el suelo y ocasionando equimosis, excoriaciones, improntas del neumático (estrías neumáticas de Simonín), fracturas múltiples, rotura de vísceras macizas y estallido de vísceras huecas.

**Arrastre:** cuando el peatón queda enganchado a una parte del vehículo es arrastrado y sufre lesiones equimótico-excoriativas lineales, en forma de estrías alargadas y que van afinándose en sentido contrario a la dirección del movimiento del cuerpo. Pueden aparecer amplias zonas de abrasamiento, como consecuencia de la fricción cuerpo-suelo, y erosiones generalmente con restos de tierra y materiales adheridos de la superficie por la cual el peatón ha sido arrastrado.

### Regulación de requisitos técnicos para la protección peatonal en la UE

Mediante el estudio de tests de impacto realizados con *dummies*, cadáveres humanos, simulación de accidentes, análisis estadísticos y matemáticos, se han podido establecer cálculos probabilísticos sobre los límites de tolerancia de los huesos y de los ligamentos de la rodilla a las fuerzas de aceleración, cizallamiento y flexión a las que se ven sometidos en un atropello, así como también el riesgo de lesión del encéfalo (*Head Injury Criteria*) cuando impacta en un área del capó o del parabrisas. A partir de esto, se han establecido criterios para lograr un comportamiento de la estructura frontal vehicular más “amigable” con el peatón.

Para la regulación, con el objeto de reducir las lesiones de los peatones como consecuencia de un atropello, en la UE se dispone de una serie de ensayos de impacto a una velocidad de 40 km/h, utilizando impactadores que simulan la cabeza y extremidades inferiores de un peatón.

La directiva dispone que todo automóvil de nueva fabricación deberá superar los siguientes ensayos:

#### 1. Impacto simulador de pierna con el paragolpes

En el impacto pierna-paragolpes, el ángulo máximo de flexión de la rodilla no deberá exceder los 15°. El desplazamiento máximo de la rodilla no deberá exceder los 6,0 mm, y la aceleración media en el extremo superior de la tibia no superará los 150 gr.

1.b. En el impacto muslo-paragolpes, las fuerzas de impacto por unidad de tiempo no excederá de 5 kN, y el momento de flexión no excederá de los 300 Nm.

2. En el impacto muslo-borde anterior del capó, la suma de las fuerzas de impacto por unidad de tiempo no excederá de 5 kN y el momento de flexión no excederá los 300 Nm.

3. En el impacto simulador de cabeza niño/adulto con la parte superior del capó, el criterio de riesgo *Head Injury Criteria* no debe exceder el valor 1.000.

En el plazo de cinco años todos los nuevos vehículos deberán ajustarse a los requisitos de estos ensayos.

### Aplicación de la biocinemática en el desarrollo de tecnologías de seguridad para peatones

El reciente desarrollo por parte de la industria automotriz de sistemas de seguridad para la detección de un impacto inminente (*Pre-crash safety*) permite activar con antelación una serie de dispositivos de seguridad ante colisiones inevitables. El *Pre-crash safety* consta de un sensor pre-impacto que utiliza un radar para detectar vehículos y obstáculos en la carretera, así como de una unidad de control electrónico para determinar si una colisión es inminente en función de la posición, la velocidad y la trayectoria del objeto.

El sistema pre-impacto permite, por ejemplo, pre-tensar el cinturón de seguridad de los ocupantes inmediatamente después de identificarse una colisión inevitable. Simultáneamente, un sistema de frenado pre-impacto reduce la velocidad de colisión.

Aprovechando esta tecnología, se han podido diseñar *airbags* para peatones: uno está situado en la defensa delantera, y se activa mediante estos sensores y protege las piernas del peatón en el primer contacto; el segundo *airbag* está situado en la base del parabrisas y se activa una vez que el sensor detectó el golpe del peatón en la defensa.

Con el objeto de aumentar la absorción del impacto se han diseñado paragolpes activos que pueden desplazarse hacia delante mediante una impulsión hidráulica o neumática, separándose del frontal y, al instante del impacto, regresan a su posición inicial amortiguando la fuerza del golpe.

Destinado a la prevención de lesiones por el segundo impacto, se están desarrollando sistemas de capó capaces de absorber energía, en especial en la zona de impacto de la cabeza.

Lo ideal es que el capó cuente con la suficiente separación de los elementos rígidos del motor para obtener la deformación necesaria evitando que la cabeza impacte con las zonas de mayor rigidez. Los sistemas de elevación automática del capó, tras detectarse el impacto del peatón en la defensa, muestran un sistema para aumentar el espacio entre el motor y el capó sin influir negativamente en el diseño estético y aerodinámico.

## BIBLIOGRAFÍA



**Alonso Santos FJ. (1997).** *Seguridad vial y medicina de tráfico*. Ed. Masson. Barcelona. España.

**Ann Allergy Asthma Immunol (2006).** 96: 369-372, Editora Médica Digital.

**Aravena Arredondo, L. (2005)** *El derecho del tránsito y la prevención en los accidentes*. Memorias del I Foro Internacional de Tránsito y Transporte Terrestre. Guayaquil. Ecuador.

**Barbado Alonso, J. Aizpiri Díaz, J. Cañones Garzón, P. Fernández, A. (2002).** *Aspectos sobre neurobiología de la conducta humana*. Medicina General, 45: 500-513.

**Basile, A., y Waisman, D. (1987).** *Medicina legal y deontología*. Ed. Ábaco.

**Bermúdez, J. (2003).** “El litigazo cervical como contingencia laboral”. Revista Salud ocupacional de la Sociedad de Medicina del Trabajo de la Provincia de Buenos Aires. N° 85. Pp 8-13. Abril. Buenos Aires. Argentina.

**Bermúdez, J. (2006).** “Estudio y aplicaciones de la biomecánica en el atropello del peatón”. Revista ABRAMET n° 48. Asociación brasilera de medicina del tráfico, pp 22-28.

**Costanzo, A. (2004).** *Il colpo di frustra cervicale*. Lombardo Editore. Italia.

**EEVC/WP10 Report (1989).** *Study of test methods to evaluate pedestrian protection for cars*. Proceedings of the 12th ESV. Conference, Gothenburg.

**Médicos por la seguridad vial (2007).** Ed. Fundación Mapfre. Fichas de consulta. España.

**Gamal Hamdan Suleiman M.D. (2005).** “Trauma Craneoencefálico Severo”. *Medicrit*; 2(7):107-148. Venezuela.

**Gisbert Calabuig, J. (1998).** *Medicina Legal y toxicología*. 5ª ed. Ed. Masson. Barcelona. España.

**Góngora García, L y col. (2003).** “Articulación de la rodilla y su mecánica articular”. *MEDISAN*; 7(2):100-109.

**Hernando Lorenzo, A., Calvo Menchaca M. (1999).** “Biomecánica del accidente de tráfico. Emergencias y catástrofes”. Vol. 1. Núm. 1, pp 8-13.

**Irureta, V. (2003).** *Accidentologia Vial y Pericia*. Ed. La Rocca.

**Jikuang Yang. Review of injury (2002).** *Biomechanics in car-pedestrian collisions. Crash Safety Division Machine and Vehicle Systems Chalmers University of Technology*. SE-412 96. Göteborg, Sweden, febrero 28.

**Jornada sobre aspectos Médico-Prácticos en la Valoración del Daño Corporal (2002).** Barcelona. España.

**Jouvencel M. (2000).** *Biocinemática del accidente de tráfico.* Ed. Díaz de Santos. Madrid. España.

**Jouvencel M. (2003).** *Latigazo cervical y colisiones a baja velocidad.* Ed. Díaz de Santos. Madrid. España.

**Karger B., Teige K., Bühren, DuChesne A. (2000).** "Relationship between impact velocity and injuries in fatal pedestrian-car collisions". *Int. J. Legal Med.* 113:84-88.

**Kasch H, Bach F, Jensen TS. (2001).** "Handicap after acute whiplash injury: a 1-year prospective study of risk factors". *Neurology* Jun 26; 5 (12):1637-43.

**Kramlich Th y Cols. (2000).** *Características de los accidentes en los Atropello a Peatones.* Libro de Comunicaciones a la Conferencia IRCOBI 2000 sobre Biomecánica de Impactos, 18-20 de setiembre, pp. 119-130 – Munich. Alemania.

**López-Múñiz Goñi M. (1995).** *Accidentes de tráfico.* Ed. Colex. Madrid. España.

**Maki, T., Asai, T., Kajzer, J. (2003).** "Development of future pedestrian protection technologies". Paper number 165, Proceedings of the 18th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Nagoya, Japón.

**Meinecke Marc-Michael (2003).** *Sensors and system architecture for vulnerable road users protection. Information Society Technologies: Systems and Services for the Citizen.*

**Morales Gonzalez, C. (2004).** *Curso Introducción a la Biomecánica.* Memorias del II Congreso Internacional de las Ciencias del Tránsito. Noviembre. Buenos Aires. Argentina.

**Muñoz Ch, Paolinelli G. (2005).** "Reacciones del hueso frente al estres: Estudio Radiológico". *Revista Chilena de Radiología.* Vol. 11 N° 2: 81-90.

**Neira J. Bosque L. Zengotita S. (2001).** *Trauma 2000.* Informe Estadístico Secretaria de Salud. Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Argentina.

**Olkkonen S. (2002).** *Las Zonas de Impacto de los Frontales de Automóviles para Lesiones Mortales de Peatones y Ciclistas. Análisis de los Accidentes Urbanos en Finlandia 1998-1999.* Libro de Comunicaciones a la Conferencia IRCOBI 2000 sobre Biomecánica de Impactos, 18-20 de setiembre, pp. 167-173 – Munich. Alemania.

**Panjabi MM, Cholewicki J, Nibu K, Grauer JN, Babat LB, (1998).** "Mechanism of whiplash injury". *J.Clin. Biomech.* (Bristol, Avon) Junio;13(4-5):239-249.

**Perena M. J. y col. (2000).** "Neuroanatomía del dolor". *Rev. Soc. Esp. del Dolor,* Vol. 7, Suplemento II, 5-10.

**Plasència, A.; Cirerab, E. (2003).** “Accidentes de tráfico: Un problema de salud a la espera de una respuesta sanitaria”. *Med Clin Barc* 29; 120: 378 – 379.

**Richter M.Otte D, Pohlemann T, Krettek C, Blauth M. (2000).** “Whiplash-type neck distortion in restrained car drivers: frequency, causes and long-term results”. *Eur Spine J* Abril; 9 (2):109-17.

**Ryan G. Anthony y cols. (1994).** “Brain Injury Patterns in Fatally Injured Pedestians”. *The Journal of Trauma*. Abril. Vol. 36, No. 4, 469-476.

**Sarfati, A. (2004).** *El suicidio encubierto en accidentes de tránsito*. Memorias del 1º Seminario de investigación directa y pericia de fraudes del seguro y accidentología vial. APeBA, ACRA 2004. Buenos Aires. Argentina.

**Sauquillo, J. (2006).** “Protocolos de actuación clínica en el traumatismo craneoencefálico leve”. *Guías de la Sociedad Italiana de Neurocirugía*. 17: 5-8.

**Scientific Monograp of the Quebec Task Force on Whiplash-Associated Disorders (1995).** “Redefining “Whiplash” and its management”. *Spine*. 20 88: 24-68.

**Simonin C. (1982).** *Medicina legal y judicial*, 2ª.ed. Ed. JIMS. Barcelona. España.

**Teresinski Grzegorz y Madro Roman (2001).** “Pelvis and hip joint injuries as a reconstructive factors in car-to-pedestrian accidents”. *Forensic Science International* 124 68-73

**Ugeskr Laeger (2001).** “Whiplash. Epidemiology, diagnosis and treatment”. *Abril* 16; 163 (16):2231-6.

**Vázquez Fanego, H. (2003).** *Investigación medicolegal de la muerte*. Ed. Astrea. Buenos Aires. Argentina.

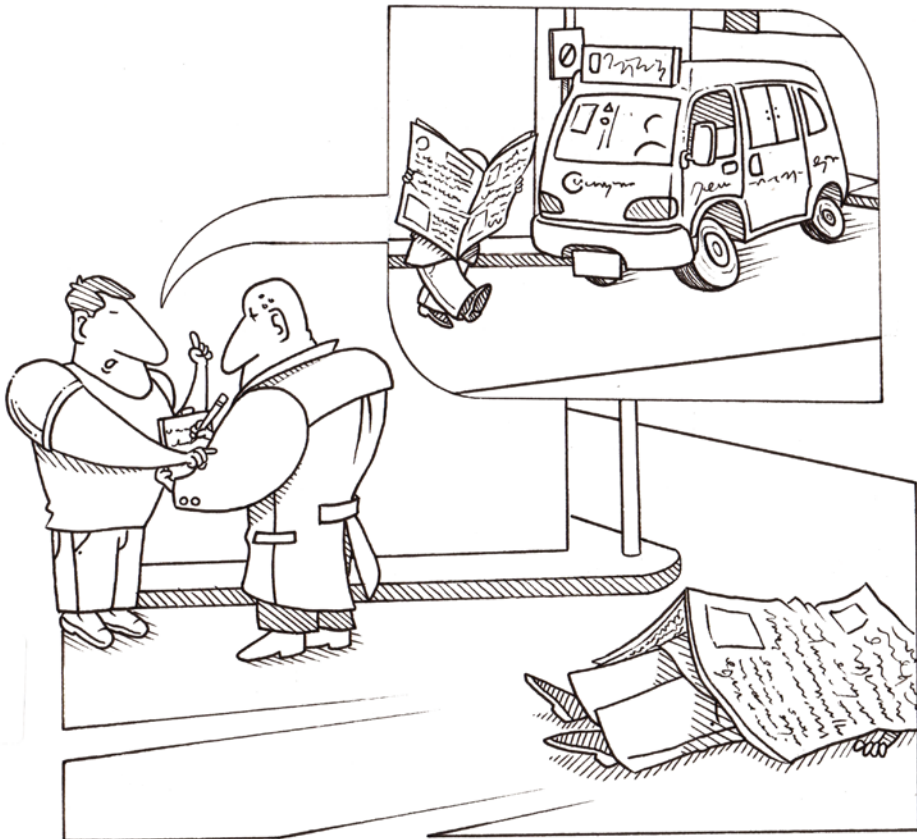
**Volvo’s Whiplash Protection Study (2000).** Zellmer, H. “Static knee bending moment volunteer tests. Personal communication to EEVC/WG10 chairman”. *Bergisch Gladbach. Accid Anal Prev* Marzo; 32(2):307-19 (1994).

**Zurriaga Bertolin, V. Laborda Calvo, E. (2005).** *Daño cerebral adquirido*. Ed. SE-VDC. España.

# 5

## Investigación y reconstrucción de los siniestros en el tránsito

Aníbal O. García



## ANÍBAL O. GARCÍA



Argentino. Estudió Ingeniería Mecánica en la Universidad Nacional de Buenos Aires (UBA) y realizó estudios de posgrados en Ingeniería de Soldadura en la UBA y en Corrosión en la Comisión Nacional de Energía Atómica.

Es consultor técnico de diversas empresas y reparticiones públicas. Perito de la Corte Suprema de Justicia de la Nación y los fueros Civil, Penal, Comercial y Civil-Comercial de la ciudad de Buenos Aires. Actualmente realiza investigaciones y desarrollos de modelos físico-matemáticos de colisión.

Ha dirigido y organizado cursos y seminarios sobre reconstrucción de siniestros, dictado conferencias para ingenieros, técnicos, letrados, así como publicado diversos artículos en revistas especializados.

agarcia@perarg.com.ar – [www.perarg.com.ar](http://www.perarg.com.ar)

+ Un accidente, muchos accidentes	<b>152</b>
+ La ingeniería forense	<b>158</b>
+ La investigación. El proceso de formación de la evidencia	<b>163</b>
+ La reconstrucción	<b>171</b>
+ La presentación de los resultados	<b>176</b>
+ Las ciencias de la ingeniería	<b>182</b>

## UN ACCIDENTE, MUCHOS ACCIDENTES

*Se llaman accidentes los crímenes que cometen los automóviles.* Eduardo Galeano, *El Lenguaje*

El uso del término “accidente” confunde el problema. Con el mismo sustantivo, se denomina a un mero incidente urbano, donde dos automóviles toman contacto y solo producen algunos daños materiales, así como también a siniestros en los que personas pierden la vida o quedan con lesiones permanentes o temporales. Por sus efectos, ambas cosas no son lo mismo, y la diferencia merece ser considerada con seriedad, denominando los hechos por lo que realmente ha ocurrido: “colisión de automóviles” en las distintas posiciones, “atropello de peatón”, “colisión lateral de motocicleta” o “vuelco sin colisión previa”, por solo citar algunos ejemplos.

Los siniestros de tránsito no pueden ser calificados hasta que no se sepa qué es lo que realmente ha ocurrido y qué rol tuvo cada protagonista en la secuencia que desencadenó el hecho. En ese momento, si se ha demostrado que se trató de un hecho imprevisto, inesperado e inevitable bajo las circunstancias posibles, solo en ese momento y para ese caso, cabe la aplicación del término “accidente”.

El uso indiscriminado de este término obstaculiza el estudio de los siniestros viales, dado que un accidente no es producto del azar ni de la fatalidad. La precalificación de accidente, aplicada en forma indiscriminada, elimina la noción de responsabilidad y negligencia. Accidente resulta, así, un modo de ocultar la inconducta humana en el tránsito.

Un calificativo ayuda a atenuar la confusión. Un accidente grave es percibido de manera distinta que un accidente leve. Sin embargo, un hecho de tránsito en el que se producen lesiones o la muerte trasciende el ámbito social de los protagonistas y, cronológicamente al momento mismo. Las próximas líneas pretenden brindar una idea de la dimensión del significado de “siniestro de tránsito” y de algunas diferencias necesarias entre las disciplinas científicas que abordan cada aspecto de la problemática.

## LAS SECUELAS DE UN HECHO

Las estadísticas solo cuentan muertos y heridos producidos en el tránsito. Los medios potencian esta descripción pobre y sesgada de las repercusiones de un hecho de tránsito grave. Rara vez se tiene un resultado en el que se segreguen los fallecidos a causa del hecho en sí, de los que fallecen más tarde, debido a las secuelas del hecho: demoras y deficiencias en la atención de heridos, tratamientos insuficientes, carencia de recursos para asistir la emergencia, impacto psicológico agudo, etc. Sin embargo, esta no es la mayor tergiversación del hecho y sus implicancias.

Las lesiones superan el área traumatizada debido a la repercusión del impacto sobre órganos y cadenas biocinemáticas alejadas del punto de contacto. Es frecuente que impactos en las piernas o en la cabeza muestren síntomas de afección difusa en la columna dorsal y cervical, cuya relación con el trauma originario no es detectada.

Por su parte, los largos períodos de postración acentúan fenómenos asociados de artrosis y disminución de la movilidad de las articulaciones, pérdida de la tonicidad muscular (e incluso de la masa muscular) y problemas en la piel, debido a posiciones de postración prolongadas.

En las personas de avanzada edad, hay mayor propensión a la multiplicación de efectos y una menor disponibilidad física para la recuperación. La concurrencia de fracturas con fenómenos de osteoporosis avanzadas, las distensiones de los ligamentos en las personas que han desarrollado procesos degenerativos, prolonga los tiempos de recuperación. Similares efectos multiplicadores producen las deficiencias alimentarias e inmunológicas. Todas estas circunstancias contribuyen a producir un cambio radical en la vida de las personas, en duración y calidad.

En las personas jóvenes, la exposición a largos períodos de postración e internación en un centro de recuperación, no solo aumenta la probabilidad de enfermedades hospitalarias (sepsias), sino que disminuyen la capacidad de movilidad de las zonas afectadas directa e indirectamente en el accidente, con fuertes impactos en la calidad de vida posterior. Todos estos efectos permanecen invisibles en la simple descripción de hematomas y fracturas, salvo en las muy graves (amputaciones, ablaciones y plejías).

En todos los casos, los fenómenos asociados al *shock* post traumático inciden sobre las psiquis de los lesionados; las lesiones, su tratamiento y la postración prolongada, afectan el estado de ánimo de los lesionados, con trascendencia en enfermedades o alteraciones psíquicas como la depresión.

El impacto de las lesiones, sobre todo de las que resultan postrantes y/o invalidantes, se prolonga en el entorno familiar y social próximo de la víctima. El padre que deja sin fuente de sustento a su familia, el hijo o el hermano que debe concentrar en un grado imprevisible los gestos de solidaridad y acompañamiento, impactan de manera diferente y desde distintos ángulos sobre la estructura psíquica de los miembros integrantes del entorno del lesionado.

En algunos casos de siniestros gravísimos, donde las víctimas son grupos sociales determinados (escolares en viajes de estudio, jubilados en turismo social, etc.) el impacto del hecho alcanza a toda una franja de la comunidad, y puede despertar un cambio de las conductas sociales de ese sector impactando, positiva y negativamente, sobre el conjunto de la sociedad.

Aun cuando no se le ha prestado atención, corresponde incluir entre los daños derivados de un hecho de tránsito los efectos negativos sobre la vida de los victimarios sobrevivientes. Los conductores de vehículos involucrados en hechos de tránsito, independientemente del grado de responsabilidad, están sujetos a alteraciones psíquicas diversas, presiones debidas al accionar policial y judicial, la descalificación social de la persona y su entorno familiar e incluso, la pérdida de consideración en su propio medio. Todo esto influye sobre el nivel de autoestima e intensifica el stress en la persona y su entorno familiar, con derivaciones insospechables a primera vista. Estas secuelas pueden incluir en la categoría de víctimas a los conductores, que no habiendo sido los

que produjeron el hecho, reclaman y tienen derecho a una consideración particular de su accionar, más allá de sus efectos.

El impacto social de un siniestro es diferente según la edad de las víctimas, la clase social de pertenencia y las características de su entorno. No resulta igual el impacto familiar debido al fallecimiento de una persona de edad avanzada que el que produce la muerte de un joven. El efecto económico sobre el entorno familiar es mucho más alto si se trata del jefe de una familia de modestos recursos que de una familia acaudalada. Incluso, la reparación material suele ser más sencilla, directa y generosa en el entorno de una víctima perteneciente a las clases altas que en una proveniente de las zonas de pobreza e indigencia. Como si la vida tuviera un precio vinculado a la pertenencia social.

Los pobres y los ancianos son las víctimas más frecuentes en los accidentes graves. Los jóvenes de familia de buena posición económica predominan entre los causantes. Los rodados de alta performance tienen una participación específica singular en el atropello de personas. Es como si hubiera un perfil socialmente sesgado entre causantes y víctimas.

Todos estos efectos colaterales quedan ocultos detrás de las estadísticas que son básicamente mera contabilidad de muertos y heridos.

## EL TIEMPO DE UN HECHO

Una colisión dura menos de una décima de segundo. En los choques de automóviles a alta velocidad, el tiempo que media entre el impacto y el momento en que los móviles alcanzan el estado de reposo no supera los 3 segundos. En el medio rural, el socorro de las víctimas se produce, en general, durante la primera hora.

¿Son estos tiempos una magnitud representativa de la duración de un siniestro de tránsito? La respuesta es ciertamente no; las secuelas de un hecho se prolongan durante la vida de las personas afectadas directa e indirectamente, como ya se ha tratado. Y se sabe que un hecho no termina en la propia ocurrencia del mismo; pero para saber cuánto dura un siniestro, hay que preguntarse también cuándo comienza.

Un siniestro es una sucesión de hechos que producen un desenlace final: lesiones o muertes en las personas, lesiones o muertes en animales y daños en las cosas. Esta descripción incluye desde un accidente casero (golpearse un dedo con un martillo) hasta el más terrible siniestro aéreo, o choque de trenes o de barcos. Incluye también a los hechos del tránsito.

El hecho no es lo que un testigo presencial ve; solo se ve y se cuenta el desenlace final de una sucesión de hechos que comenzó bastante tiempo antes. Ha existido un tiempo de preparación, que suele ser muy largo. Los hechos de tránsito comienzan a prepararse con días, meses y años de anticipación; en la preparación del conductor, en el nivel de seguridad en la circulación, el estado de la calzada y su entorno, el estado del tiempo, la carencia de controles, etc.

Sumergirse en la problemática de la seguridad en el tránsito y actuar en la prevención requiere analizar incidentes y conflictos. Cualquier evento que ingresa a la categoría de

sinistro es la consecuencia de una conducta insegura, realizada en forma repetida, de manera habitual, por muchas personas en el espacio público. A diferencia de un siniestro, el incidente no tiene un desenlace final y, por lo tanto, no produce daño. Sin embargo, el incidente es el germen del siniestro.

Un hecho de tránsito es el desenlace fatal y consecuente de un conjunto de incidentes. El hecho en sí mismo es singular, único e irrepetible; además, no es remediable. Las conductas inseguras, temerarias, carentes de espíritu solidario forman un caldo de cultivo, un estado de incidentes frecuentes, repetibles, sistemáticos.

Los ingenieros forenses actúan en la investigación del hecho único: el siniestro. La preocupación social sobre la siniestralidad tiene que ver con los incidentes, con las conductas humanas a escala social. Son dos análisis distintos: uno puede examinarse desde las consecuencias; el otro requiere inmersión en las causas. La primera cuestión se desarrolla más adelante en esta sección. A la segunda, dedicamos las próximas líneas.

## EL INTERÉS SOCIAL EN LA PANDEMIA

La alta frecuencia de los hechos de tránsito, sus derivaciones en la calidad de vida de los protagonistas, víctimas y victimarios, y del entorno social y familiar de los mismos, conforma una situación de crisis social que crece geométricamente con la tasa de siniestralidad. La depresión y las neurosis que potencian la repercusión de los hechos en los medios de comunicación inciden en una disminución de la percepción del valor de la vida humana, de su cuidado y preservación en términos de calidad a escala social.

La sociedad tiene derecho a interesarse, opinar y presionar para la adopción de políticas públicas de seguridad en el tránsito. Y las autoridades, la obligación de adoptarlas e implementarlas de manera eficiente. Para ello, es necesario enfocar el estudio en la producción de los incidentes que anteceden a los siniestros, como riesgos; como la antesala de los hechos indeseados.

Ignorar muchas formas de circulación o conductas inseguras las vuelve costumbre. Y lo que el hábito acepta es ley y derecho, que se ejercen masivamente para producir diariamente centenares y hasta miles de incidentes en el tránsito. Hasta que el incidente pasa la fina barrera de la casualidad que lo separa de un siniestro.

Introducirse en el análisis de seguridad vial (o, más precisamente, en la escasez de ella) es sumergirse en un sistema plagado de fallas. Actuar sobre ellas remite a analizar cuestiones que están antes en el tiempo, y más allá de las consecuencias de esa escasez; se trata de superar el número de víctimas como la medida única de la siniestralidad. Las consecuencias escandalizan y horrorizan, y también ocultan las causas. El número de víctimas nada dice del porqué de los resultados, ni qué razón material dio lugar a los hechos indeseables; si eran evitables y, en su caso, qué debería hacerse para evitarlos.

Cada siniestro grave es el desenlace de una multitud de hechos de similar factura que no llegaron a ese nivel; algunos, unos pocos, se quedaron en la definición de hechos leves. Otros muchos no llegaron a producirse: son meros incidentes. Sin embargo, todos ellos tienen una génesis común; una causa —o bien un conjunto de causas— que los hacen posible y conforman el riesgo. El problema puede imaginarse como una

pirámide de hechos, donde el siniestro, con víctimas fatales e inválidos de por vida, es la cúspide; los hechos leves se extienden hacia abajo y hacia los lados, formando el cuerpo y la base.

La matriz común de esa pirámide es una causalidad común, una tipología de riesgo determinada. La diferencia en las consecuencias entre ellos es mera casualidad. Cualquiera de los hechos leves podría haberse transformado en un hecho grave, de no mediar circunstancias menores e inmanejables por las personas y por la tecnología.

La cantidad y diversidad de la población de cada una de las pirámides de riesgo es lo suficientemente amplia y variada como para hablar seriamente de factores de riesgo. El riesgo es uno de los factores de la siniestralidad. El otro factor es la severidad. El riesgo remite a la probabilidad de que un hecho (no deseado) pueda ocurrir. La severidad está relacionada con ciertas magnitudes físicas (la aceleración en una colisión, por ejemplo) y las consecuencias humanas y materiales. La siniestralidad es el producto de riesgo-probabilidad y severidad-consecuencias para cada tipo determinado de siniestros.

El riesgo está relacionado con la causalidad. Afecta por igual a todos los elementos que componen la pirámide. Reducir la factibilidad de una situación de riesgo a un nivel menor disminuye el tamaño de la pirámide correspondiente.

(Un simple ejemplo: la frecuencia de los choques frontales en las carreteras puede disminuirse o, incluso, reducirse a cero, separando físicamente los carriles de circulación; las autopistas o autovías son una solución que elimina la causa de la pirámide colisión frontal.

156

Sobre la severidad o gravedad de los hechos, sobre la casualidad, es casi imposible actuar. Pedir a los conductores mayor cuidado es una acción insuficiente. Si un conductor circula de contramano, no podrá ser contenido por la prudencia de los que circulan por ella con pleno derecho.

## EL INTERÉS INDIVIDUAL

### Resarcimiento y castigo

Además de la preocupación social por la prevención de los siniestros del tránsito, existe el derecho individual. En cada hecho de tránsito existen personas directamente afectadas, que tienen un derecho según el rol que han desempeñado. Las víctimas tienen el derecho de ser resarcidas del daño producido; los causantes o responsables tienen el derecho de no ser injustamente condenados, más allá del daño realmente causado y de las responsabilidades que efectivamente le caben; la sociedad tiene el derecho y la obligación de castigar de manera ejemplificadora a los culpables, protegiendo a los protagonistas no víctimas de los excesos de los sentimientos de venganza.

Esta triple fuente de derechos tiene algunos lugares comunes. Los derechos se ejercen en ámbitos donde se asegura la igualdad de los individuos. Esos ámbitos pueden ser el de la mediación y negociación privada entre las partes, el del arbitraje cuando las partes acuerdan someterse al análisis de un experto cuya idoneidad y solvencia ética es reconocida y, finalmente, el ámbito de la justicia.

Otro lugar común es que, tanto el acuerdo negociado como el fallo condenatorio, debe estar basado en la verdad de los hechos ocurridos. Resulta normal y lógico que cada una de las partes crea no solo en los derechos que le asisten, sino también en el grado de culpabilidad y responsabilidad de la contraparte, inversamente proporcional a la que considera su propia responsabilidad.

El litigio es el resultado de la apreciación discordante que cada parte tiene de la ocurrencia del siniestro en relación con la conducta de los protagonistas. Y esta apreciación distinta tiene que ver con puntos de vista sesgados e, incluso, con el desconocimiento de reglas y situaciones realmente existentes.

La verdad puede permitir acercar a los interesados a una visión común del hecho, a través de la cual cada una de las partes pueda reconocer su protagonismo y conciliar. El árbitro y el juez necesitan conocer la verdad de los hechos para emitir su fallo. Sin verdad no hay justicia posible.

En un hecho de tránsito, existen pérdidas irremediables: pérdidas materiales y pérdidas en vidas y en la calidad de vida de los sobrevivientes. La justicia no puede remediar la pérdida, pero sí puede determinar la cuantía de la misma, y quienes deben cargar con ella. Para ello, necesita saber cómo ocurrieron los hechos.

### El ingeniero forense

La función del ingeniero forense es acercar a los jueces y a las partes una imagen lo más cercana posible a la verdadera ocurrencia de los hechos mediante una reconstrucción analítica de los mismos. También concurre en el auxilio técnico de los abogados que representan a cada una de las partes, para asistirlos en su función de iluminar aquellos puntos que favorecen la posición y el interés que representan.

Como auxiliar del juez, el ingeniero forense actúa en carácter de perito oficial o de oficio, designado por aquel por sus conocimientos y experticia. En el rol de asistencia a la parte, el ingeniero forense es un perito de parte o consultor técnico. Las funciones del perito ingeniero, en particular, y del perito de cualquier profesión, en general, son específicas y limitadas. Ambas situaciones están reguladas en los códigos procesales de cada fuero judicial, y en general apuntan a generar listas específicas de personas con una profesión reglamentada a través de la matrícula de un colegio que regula y controla el ejercicio profesional.

En el ámbito privado, interesa también conocer la verdad de los hechos. Las compañías de seguros, las empresas involucradas de distinta manera en siniestros de tránsito y otros actores privados, requieren conocer la verdad de los hechos para resolver y desentrañar ciertas cuestiones que no están totalmente claras cuando ocurren, o que deliberadamente se falsean, en resguardo de determinados intereses y evasión de responsabilidades.

En todos los casos, la actuación del ingeniero forense está sujeta a un compromiso irrenunciable con la verdad. La ética profesional constituye, junto con el conocimiento técnico y la experticia, columnas vertebrales, cuya ausencia comprometen la eficacia y confiabilidad de un dictamen.

Si bien el objeto de un fallo arbitral y de una condena judicial es una delimitación de responsabilidades y culpas, la función del ingeniero forense se limita a establecer hechos: cómo han sucedido determinadas secuencias inmediatas que derivaron en el siniestro y sus consecuencias; qué actividad ha desempeñado cada protagonista en esa secuencia; y, si se requiere, qué acción podría haber adoptado, dentro de límites razonables, para evitar el siniestro o, al menos, moderar sus efectos.

El análisis de ingeniería forense se limita a los hechos ocurridos en los escasos segundos que dura la colisión y su entorno. Las causalidades de largo plazo (antes del siniestro) y las consecuencias posteriores en el tiempo están fuera del espectro de análisis de la ingeniería forense y de cualquier investigación judicial y policial.

El ingeniero cuenta cómo sucedieron las cosas en el lapso de ocurrencia del siniestro, prescindiendo de calificar las conductas de las personas; ello excede el ámbito de sus conocimientos, sus capacidades y sus incumbencias.

## LA INGENIERÍA FORENSE

En este subcapítulo se abordan los temas a los que recurre un ingeniero especializado para efectuar la investigación y reconstrucción de siniestros viales. Es una aplicación particular de la ingeniería forense; la investigación y reconstrucción de los siniestros viales es uno de sus capítulos; uno importante, el que mayor aplicación ha encontrado en la sociedad, y por su vastedad justifica dedicarle un tratamiento especial. Justifica también, de manera previa, un somero recorrido acerca de los temas en los que se implica la ingeniería forense en nuestros días.

Un autor americano afirma que: “La Ingeniería Forense es la aplicación de los principios de la ingeniería, conocimientos, recursos y metodologías para responder a situaciones de hecho con ramificaciones legales. Los ingenieros forenses son llamados en general para analizar siniestros viales, colapsos en edificios, incendios, explosiones, siniestros industriales y variadas catástrofes que ocasionan lesiones o pérdidas materiales significativas. Fundamentalmente, el trabajo de un ingeniero forense es responder a la pregunta: ¿qué causó este hecho?” (Randall K. Noon – *Forensic Engineering Investigation* - CRCPress, 1st. edition, ISBN 0-8493-0911-5).

### Alcances y aplicaciones de la ingeniería en el ámbito forense

Se emplean procedimientos de ingeniería forense en la investigación de homicidios, sobre todo los producidos bajo condiciones confusas. Dos físicos del Instituto Balseiro de Bariloche desarrollaron un método original para determinar el origen de los disparos que terminaron con la vida de Teresa Rodríguez, en la ciudad patagónica de Cutral-Có en 1996.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Una versión completa de la investigación puede verse en la Revista *Ciencia Hoy*, Junio-Julio 2001 (ESTUDIO ACUSTICO DE UN HOMICIDIO..) y en idioma inglés, en el *Journal of FORENSIC SCIENCES* Vol 47, Nr 6, November 2002 - GUNSHOT LOCATION TROUGH RECORDED SOUND: A PRELIMINARY REPORT.

El hecho ocurrió en medio de la intervención represiva de fuerzas policiales a una manifestación. Disparos salidos de un grupo policial —once en 16 segundos— ocasionaron, por rebote previo, que el proyectil sin vaina se introdujera en el cuello de la víctima. El hecho fue filmado por un canal local con una cámara de muy baja calidad, y en el tumulto, la grabación proporcionaba imagen y audio, de los que no se podía precisar el origen cierto del disparo fatal.

El método desarrollado por los doctores Martínez y Pregliasco parte del hecho de que la velocidad del sonido en el aire es constante. Un micrófono graba una detonación producida a una determinada distancia  $d$ , y sucesivos rebotes de la onda sonora en cuerpos opacos, ubicados a distancias  $d_1$  y  $d_2$ , llegan al micrófono con un retardo proporcional a las diferencias entre  $d_1$  y  $d_2$  y  $d$ . Además, la intensidad de la onda del eco es menor, por efecto del rozamiento.

Los investigadores demostraron teóricamente, y reprodujeron experimentalmente en el lugar de los hechos, las relaciones matemáticas y geométricas entre la posición del punto de disparo, la posición de los cuerpos opacos y la posición del camarógrafo, que portaba el micrófono incorporado a la cámara de video. De esta manera, tuvieron una representación del audiograma tomado en el lugar del hecho, y extendieron esta información a la ubicación geométrica del origen del disparo anterior a la caída de la víctima en la imagen. Más aún, encontraron que tres disparos sucesivos se correspondían a posiciones desplazadas, compatibles con la velocidad de los policías. Así, se pudo identificar al autor de tres disparos en los instantes previos y posteriores al que la víctima fue alcanzada por el proyectil mortal.

### Análisis de explosiones

La ingeniería forense se aplica en la investigación de explosiones accidentales y provocadas. El principio es sencillo: un cuerpo que explota por efecto de una presión interior esparce los restos de la carcasa y los elementos de su entorno inmediato y mediato en direcciones determinadas. Las trayectorias resultan siempre concurrentes al origen de la explosión, y a una distancia proporcional a la presión desarrollada por la onda expansiva, las diferencias de nivel entre el punto de partida, y la eventual interposición de otros cuerpos sólidos.

La trayectoria recorrida por cada elemento responde a leyes físicas simples, concretas y unívocas. En la medida en que una colecta prolija de rastros de la explosión ubique el punto donde fue hallado (reposo) un determinado cuerpo, su masa y el punto de ubicación original (origen), se puede determinar con bastante precisión la presión existente en el origen.

Una explosión produce una gran cantidad de elementos dispersos en múltiples direcciones. Con solo identificar una muestra representativa de todos los rastros, es posible deducir el centro de la explosión, la progresión de la onda expansiva y establecer hipótesis serias acerca del explosivo empleado, su cantidad, etc. Estas determinaciones pueden reforzar investigaciones químicas sobre los restos, que concurren a confirmar y consolidar hipótesis.

En el trabajo *Análisis Forense de explosiones a través de experimentos virtuales*, incluido en los Anales del II Seminario regional de Física Forense, Bariloche, noviembre de 2001, Rainald Löhner y otros desarrollaron la investigación y reconstrucción de la explosión de la embajada norteamericana en Nairobi en 1997. Utilizando programas de computadora obtuvieron imágenes progresivas de la onda de expansión.

El Análisis de Falla y su representación en la investigación de las causas de la explosión del trasbordador Columbia en febrero de 2005, fue empleado por la NASA. Así, se demostró por análisis de sucesivas secuencias de falla, y se verificó con experimentos especiales, que el desprendimiento de una protección menor en la vinculación del trasbordador a los motores de empuje en la partida, y el impacto contra una teja cerámica del recubrimiento antifricción del ala izquierda, produjo la rotura de esta. En el retorno a la atmósfera, los gases calentados por la fricción ingresaron por el agujero producido en la teja, a la cámara donde se encontraba replegado el tren de aterrizaje, produciendo la explosión de por lo menos uno de los neumáticos, originando la cadena de fallos que concluyó en la destrucción de la nave.

En el año 1992, el dr. Mario A. J. Mariscotti desarrolló y puso en práctica en la Argentina una técnica de rayos gamma para el análisis de la cantidad y estado de los hierros en el interior de una estructura de hormigón armado. Esta metodología permite la inspección no destructiva de estructuras antiguas, en estado normal y de pre-colapso.

Estas aplicaciones de la ingeniería a diversas investigaciones forenses judiciales y no judiciales muestran la inexistencia de límites fijos para la aplicación, y multiplican los campos habituales de aplicación de la ingeniería en la investigación y reconstrucción de siniestros. Existen aplicaciones habituales a la investigación de problemáticas sociales y colectivas en general, como la agresión al medio ambiente y su secuela de intoxicaciones, enfermedades y malformaciones. Este tipo de hechos, analizados una vez ocurridos, demandan de equipos interdisciplinarios en los que la ingeniería un lugar significativo.

En las estafas y defraudaciones originadas en hechos físicos, relacionados con la calidad, funcionalidad, confiabilidad de estructuras de edificios, de máquinas y demás, en los cuales hay transacciones, los ingenieros no solo actúan como peritos, sino que existen instituciones de arbitraje especializado en los temas relacionados con las construcciones, las máquinas y los dispositivos que vinculan a la ingeniería como ciencia y técnica esencial para explicar el funcionamiento de las cosas.

En el marco del Derecho Civil y Comercial, las acciones civiles por reparación de daño material, derivadas de siniestros sin lesiones; daños materiales provocados por incendios, explosiones, colisiones, fallas de estructuras, fallas de máquinas, etc., recurren a un capítulo de la ingeniería: "Valuaciones y tasaciones". En algunas oportunidades, la disputa se limita a determinar el real valor del daño causado, lo que demanda estimar costos. Se agregan a este capítulo los temas relacionados con el cumplimiento de los aspectos no tangibles de los contratos; sobre todo, en los casos en que los compromisos están expresados en términos técnicos de alta complejidad, que no pueden ser resueltos por el simple entendimiento entre las partes.

En el marco del Derecho del Trabajo, se incluye todo lo concerniente a los accidentes y enfermedades laborales derivadas del uso de máquinas, dispositivos o instalaciones. Ejemplo de ello es la sordera producida por exceso de ruido y los problemas de columna por esfuerzos determinados, etc.

Y, finalmente, las aplicaciones específicas al Derecho del Tránsito. Se trata del área más conocida por la ingeniería forense. El automóvil y los demás medios de transporte constituyen las máquinas más numerosas de la sociedad actual y, consecuentemente, las que mayor cantidad de situaciones de conflicto y de siniestros con daños a personas y/o materiales generan.

En la perspectiva del Derecho de Tránsito, se incluyen por supuesto los siniestros viales con choques, atropellos de peatones o ciclistas, lesiones a pasajeros, etc.; los siniestros ferroviarios, en los que adquiere importancia el análisis de fallas en los sistemas de señalización y alarma y otros siniestros, como las fallas en ascensores, colisiones y caídas de estructuras fijas de árboles, e instalaciones de uso público en general.

## SINIESTRALIDAD VIAL E INGENIERÍA FORENSE

El automotor en la sociedad moderna es la máquina más difundida, la que establece la relación más estrecha y frecuente con el hombre. Le sirve de medio de transporte, comparte con él calles y carreteras y ocupa espacios significativos de la economía doméstica y social. Por la alta frecuencia de la relación automotor-hombre, es normal y natural que de la totalidad de casos conflictivos en cuya resolución participa la ingeniería forense, los siniestros viales sean los más frecuentes.

Existe un contexto particular: la calzada (urbana y carretera), el automotor y otros rodados autopropulsados y el ser humano, como objeto y como sujeto. En este contexto, se desarrollan dos problemáticas específicas, diferenciadas, con algunos puntos de contacto.

El primer conjunto de problemas está determinado por el esclarecimiento del hecho en sí mismo, como parte de un conflicto individual entre los protagonistas. Cada siniestro constituye un hecho único, difícilmente repetible. Y los rastros que él deja (y los que realmente quedan disponibles para la posterior investigación) constituyen un segundo conjunto singular de muy baja repetición. La superposición de ambos conjuntos determina que, desde el punto de vista de la investigación y reconstrucción, cada hecho sea único e irrepetible y demande ser investigado de manera particular, desarrollando las técnicas generales aplicadas de una manera específica.

Esta es la denominada microinvestigación; es lo que interesa a los damnificados, a las compañías de seguros, a las víctimas y sus deudos, y a los imputados *a priori* de responsabilidad en su producción. Los resultados de una microinvestigación interesan en los procesos de mediación, arbitraje y en los casos que serán resueltos judicialmente.

De los problemas de la microinvestigación, y de las contribuciones de la ingeniería a ella, se ocupan los siguientes subcapítulos.

## LA ACCIDENTOLOGÍA VIAL

La creciente tasa de siniestros —los mal llamados accidentes— en el tránsito, en el ambiente laboral, en las construcciones urbanas, constituye la base de una legítima preocupación social que acredita las calificaciones de epidemia y pandemia, pese a que su origen y propagación nada tienen que ver con la biología.

Esta preocupación social acredita la investigación de las muchas y diversas causas en un marco científico interdisciplinario de los hechos tomados en conjunto, como fenómenos sociales procesados de manera estadística.

El enfoque sistemático y global de los fenómenos se tratan en una actividad interdisciplinaria: la accidentología vial. Su objeto es "... el estudio epidemiológico de los accidentes de la carretera; permite en particular la configuración de los choques más frecuentes, en término de gravedad de las lesiones, para los ocupantes de los vehículos accidentados; debe igualmente permitir cuantificar los riesgos ligados a los diferentes niveles de agresividad de los vehículos implicados en el choque" ("Enseignements tirés de l'accidentologie pour la définition de programmes de recherche expérimentaux" - M. C. Chevalier – Jornadas sobre L'agresivité des vehicules dans les accidents, Institute National de Recherche sur les Transports et Leur Sécurité, Actes N° 56, Arcueil, Francia - junio, 1997).

La accidentología vial tiene por finalidad la prevención y la atenuación de la tasa de siniestralidad. Las causas de la tasa creciente de siniestralidad obedecen de manera gravitante a cuestiones relacionadas con conductas sociales e individuales, que son objeto de tratamiento científico por parte de la psicología, la sociología, el derecho y las ramas científicas relacionadas con la administración pública.

El núcleo de la accidentología son las "ciencias blandas", con recurrencia auxiliar a herramientas y metodologías de la estadística. Para establecer alguna relación con la ingeniería forense, podría denominarse macroinvestigación, como contraposición entre el estudio global de un fenómeno social, que prescinde de las particularidades, y la reconstrucción analítica de cada uno de los hechos con independencia de los demás.

Esta contraposición permite iluminar dos cuestiones claves. La primera es que, como concurrencia multidisciplinaria, la accidentología vial no es una disciplina de la ingeniería. La segunda es el área de contactos entre la accidentología vial y la ingeniería en general, y la ingeniería forense en particular.

La ingeniería participa de las mejoras en la prevención de siniestros cuando tiende a corregir los defectos en el trazado carretero y urbano, a mejorar la señalización y la coordinación del tránsito, a estudiar el tipo de vehículos y sus accesorios, en relación con el ser humano. En todos estos casos, la ingeniería se expresa de manera diferenciada en sus distintas especialidades: ingeniería vial, ingeniería de tránsito y transporte, ingeniería mecánica, automotriz, ferroviaria, etc.

La ingeniería forense actúa en relación con la accidentología tal como lo describiera el catedrático español Juan José Alba López: "La microinvestigación de accidentes de tráfico, popularmente denominada reconstrucción de accidentes, permite extraer una serie

de conclusiones que no se ponen de manifiesto por medio de la macroinvestigación. Esta última ciencia está más dirigida a la asignación de recursos y realización de estudios epidemiológicos y sociológicos que a la averiguación de las causas concretas de los accidentes y sus interrelaciones” (*La trampa de la velocidad - Grupo de Seguridad Vial de la Universidad de Zaragoza - [www.cps.unizar.es/gsv/cond.seg/tram\\_vel.htm](http://www.cps.unizar.es/gsv/cond.seg/tram_vel.htm)*)

La ingeniería forense es una ciencia y, como tal, debe aplicar el método científico; es decir, el análisis basado en la evidencia. La reconstrucción de los hechos se inicia en el rastro, determina la evidencia, describe el fenómeno, lo cuantifica en un parámetro y genera un dictamen. Es el método científico bajo principios de finalidad predeterminada.

La evidencia es la relación estrecha entre el hecho y la secuencia de hechos. Lejos de la fotografía, la reconstrucción indaga sobre sucesos en un espacio tridimensional con la coordenada del tiempo, los hechos que sucedieron en un orden determinado, una secuencia de hechos. Esa secuencia de hechos le permitirá al examinador entender las relaciones de responsabilidad, negligencia o culpa, que diferencian a la víctima del victimario.

## LA INVESTIGACIÓN. EL PROCESO DE FORMACIÓN DE LA EVIDENCIA

*Investigar es ver lo que todo el mundo ha visto y atreverse a pensar lo que nadie ha pensado.* Heisenberg

163

Toda reconstrucción analítica en ingeniería forense descansa en la amplitud y solidez de la evidencia. La evidencia en un sentido estricto es aquello que entiende qué es lo que puede haber sucedido físicamente, al observar lo que produjo aquello que realmente sucedió.

La evidencia constituye la cantidad, tipología y configuración de los hechos físicos que pueden ser rescatados y reconstruidos, del total de hechos que se sucedieron en el siniestro. Constituir la evidencia es el objeto de un proceso de investigación. De allí que la evidencia se conforma con una parte de los hechos ocurridos (los que pudieron ser rescatados y reconstruidos) y deja lagunas, aspectos que muy probablemente no podrán ser resueltos, vinculados con aquellos hechos que no dejaron rastros reconocibles o bien, que si los dejaron, esos rastros se perdieron por diversas circunstancias.

La construcción de la evidencia es un proceso subjetivo, originado en la colecta de rastros e indicios en la escena del siniestro y fuera de ella, vinculados con los protagonistas materiales del siniestro.

Es necesario diferenciar entre indicios, rastros y evidencia; cada uno de ellos conforma una etapa en el proceso de la investigación. Un indicio es una acción o señal relevada por hechos y elementos encontrados en la escena, por referencias dadas por testigos, por relevamientos realizados sobre los objetos y las personas protagonistas del hecho, incluso con posterioridad a la ocurrencia del mismo. Un indicio aporta una línea de búsqueda para investigar, para plantearse preguntas acerca de qué otras cosas deben buscarse en la escena y en los protagonistas.

Una mancha en el pavimento, una huella de neumático sobre la calzada, la deformación de una carrocería o manchas de pintura distinta sobre parte de ella; las lesiones en una persona y otros tantos elementos de juicio hallados en la escena del siniestro, y fuera de ella, constituyen rastros. Los rastros o vestigios son el producto del siniestro; es la impronta que la sucesión de hechos físicos ocurridos deja en el contexto donde ocurre y, como tal, dan cuenta de la ocurrencia con una gran definición de detalles.

La formación de un rastro obedece a lo que en las disciplinas de la criminalística se conoce con el principio de intercambio. Este principio, formulado en 1910 por Edmond Locard, se basa en que en la producción de cualquier hecho, los cuerpos en contacto transmiten parte de su materialidad al otro, recíprocamente. Así, el neumático, sometido a una abrasión anormal, dejará parte del caucho exterior sobre el pavimento, y en ese contacto quedará una impronta plana en parte de la banda de rodamiento. Las partes de carrocería, en contacto durante una colisión, dejarán en el otro cuerpo formas acordes a su estructura y rigidez, trazas de pintura y otros elementos de su propiedad, y recíprocamente, incorporará a su estructura parte de las formas y de la materia del cuerpo colisionado.

En ingeniería forense, y en el caso particular de la investigación de siniestros del tránsito, los métodos empleados son deductivos y experimentales, y están dirigidos a la modelación matemática del hecho físico. El caucho dejado por los neumáticos forma una huella, es decir una distribución específica y determinada, y esa distribución, la forma de la huella, puede ser interpretada como la consecuencia de un determinado tipo de movimiento.

164

El movimiento descrito por las huellas se corresponde con las relaciones físicas de los cuerpos en movimiento y con su entorno. La geometría de la huella proporciona una relación de la trayectoria del cuerpo y, además, remite a la relación entre neumáticos y pavimentos, donde ha tenido lugar otro fenómeno físico: la fricción. Esta tiene sus leyes y sus coeficientes técnicos, lo que permite expresar relaciones matemáticas que representan la magnitud de los parámetros referidos al espacio, el tiempo y la interacción (velocidades, aceleraciones, fuerzas y otros).

En resumen, construir la evidencia en ingeniería forense significa desarrollar metódicamente un proceso de interpretación, de análisis, eventualmente de experimentación, para corroborar hipótesis o determinar coeficientes de proporcionalidad y, en general, toda actividad subjetiva que involucra los conocimientos y experiencia del experto que realiza la interpretación. Se trata de ver lo que todo el mundo ha visto y atreverse a pensar en lo que nadie ha pensado sobre un determinado rastro.

### Tipos de rastros

Para la investigación y reconstrucción de siniestros viales existen cuatro tipos de rastros relevantes. Ellos son:

- Rastros en los elementos inmuebles: son las huellas que dejan de las partes metálicas y de los neumáticos sobre el piso que determinan las posiciones y trayectorias de los vehículos. Elementos desprendidos de los vehículos (vidrios, plásticos y otros), manchas de sangre, prendas de vestir y calzado de las personas

involucradas, refieren a posibles puntos de impacto, y su disposición puede estar vinculada con la dirección de marcha, la aplicación de fuerzas, e incluso con las velocidades en el desencadenamiento de la colisión.

- Rastros en los elementos móviles: son básicamente roturas y deformación de los vehículos. Indican el contacto y, con él, las posiciones y desplazamientos relativos durante la colisión; parte de ellos son esenciales para estimar los órdenes de energía mecánica disipada en ella.

- Rastros biomecánicos: constituidos por el conjunto de las lesiones sufridas por las personas que viajaban en los vehículos, producto de los choques y colisiones de diferentes partes del cuerpo contra elementos rígidos del habitáculo; y también las lesiones sufridas por peatones, ciclistas y motociclistas atropellados.

- Imágenes de video obtenidas por cámaras de observación, de vigilancia, por testigos ocasionales con cámaras portátiles y teléfonos celulares.

Estos rastros se colectan en distintos lugares y a partir de distintas fuentes. Es importante que todos los involucrados en el esclarecimiento de los hechos tengan una clara noción de los distintos tipos de rastros que pueden aportar a la reconstrucción analítica del siniestro y de las fuentes en donde es posible obtenerlos. Para favorecer la búsqueda, hay que aportar lo que se posea como rastros o al menos como indicios para la búsqueda de rastros, exigir su tratamiento por parte del ingeniero forense.

Sin pretender agotarlas en una simple enunciación, las fuentes de rastros más frecuentes son las siguientes:

- La escena del siniestro: sin duda, el banco de datos más abundante y, a su vez, efímero.

- Los vehículos, que pueden ser examinados, incluso mucho tiempo después de ocurridos los hechos, en la medida en que han sido preservados convenientemente. En estas inspecciones, es posible medir las deformaciones y determinar la existencia de huellas de sangre, pelo y tejidos biológicos, restos de vestimentas y calzados dentro del habitáculo, así como en la carrocería en caso de atropello.

- Los registros de las actividades médicas en el lugar y posteriores al siniestro. Historias clínicas, partes quirúrgicas y autopsias proporcionan rastros biomecánicos con una confiabilidad y detalle que puede superar otras fuentes.

- Testimonios orales de testigos presenciales, desestructurados como relatos globales, y analizadas sus partes, como potenciales fuentes de rastros, o como confirmación de la consistencia de rastros relevados por otras vías.

- Registros de cámaras de video y teléfonos celulares

Una colecta deficiente de los rastros impone severas limitaciones a la investigación y reconstrucción, y empobrece los resultados potencialmente esperados de la ingeniería forense.

## EN LA ESCENA DEL SINIESTRO

La recolección de rastros en la escena del siniestro, lo más inmediatamente próximo a su ocurrencia, es el acto fundante de la investigación de un hecho de tránsito. La correcta identificación y registro de la mayor cantidad de rastros posible abre la instancia de una reconstrucción razonablemente completa del hecho.

Identificar un rastro implica definirlo, establecer su forma, dimensiones y materiales constituyentes. Forma parte del proceso de identificación de los rastros, la ubicación espacial y temporal. Si se trata de una marca de neumáticos en el pavimento, un registro escrito que mencione “una huella de neumático continua, de longitud A que comienza en X y termina en las ruedas traseras del automóvil Y detenido en la posición Z...” dice mucho más que la simple longitud de la huella; está definiendo una secuencia en el espacio y su orden de ocurrencia (lo que sucedió antes y lo que ocurrió después). Esa secuencia es una parte trascendente del suceso.

Pero no basta con identificar y ubicar espacial y temporalmente los rastros; es imprescindible establecer una identidad inequívoca entre cada uno de los rastros relevados con los hechos investigados. Volviendo al ejemplo de las marcas del neumático, es imprescindible verificar que el ancho de la marca en el pavimento coincide con el de las ruedas que la originaron y cotejar el “dibujo” de la cubierta con las apariencias de las marcas en el pavimento. De lo contrario, no se puede establecer que esa huella ha sido generada por esa rueda perteneciente a ese vehículo. Lo mismo es aplicable a vidrios y plásticos esparcidos en el área de un choque de vehículos, trozos de género o calzado, manchas de sangre y restos biológicos que pudieran desprenderse de las heridas y pertenencias de las víctimas, en los casos de homicidio.

166

La segunda cuestión en la conformación del cuerpo de evidencia es el registro de los rastros relevados. El registro en uno o más modos indelebles es la única posibilidad de preservar los rastros en el futuro. Las huellas dejadas por los protagonistas del suceso tienen corta vida. Las maniobras de rescate de las víctimas, los desplazamientos para despejar la calzada de circulación, la acción de los agentes atmosféricos (viento, lluvia), la circulación de vehículos y personas en el lugar, y la actitud depredadora de las personas se conjugan para la rápida extinción de los rastros físicos.

Teniendo en cuenta los medios empleados, existen básicamente dos tipos de registro. El primero es el relato de las circunstancias, que en general se presenta como un informe escrito, en papel y/o en soporte magnético, elaborado por el responsable de la instrucción. El segundo de los medios es el registro gráfico, mediante técnicas de fotografía y filmografía, con cualquier tipo de tecnología.

El informe escrito incluye los dibujos, gráficos y croquis a escala realizados por el personal instructor en el lugar y perfeccionados en el gabinete, *a posteriori*; debe ser un relato minucioso, circunstanciado, objetivo e impersonal, que debe ser pensado y escrito para ser entendido mucho tiempo después, por personas que no estuvieron en el lugar de los hechos.

Un buen informe se complementa con tomas fotográficas y filmográficas. Las mismas deben ser obtenidas y presentadas siguiendo un determinado orden. Un criterio de

ordenamiento del informe y de las fotografías es desarrollar el relato de los hallazgos siguiendo las trayectorias de cada uno de los vehículos y el orden en que van apareciendo cada uno de los rastros, que muy probablemente coincidan con la secuencia temporal en que se fueron produciendo. Un segundo criterio de orden, tanto para el relato escrito como para las tomas gráficas, supone pasar progresivamente de los planos generales y las descripciones globales al inventario de daños específicos y fotografías de primer plano de los detalles.

El informe escrito es el núcleo central del registro; los dibujos y gráficos contribuyen a comprenderlo; las fotografías lo refuerzan y documentan. Y todos deben conformar un único cuerpo coherente, completo en sí mismo, y comprensible con una lectura atenta de los distintos registros.

Es comprensible que algunos rastros se pierdan, se alteren o contaminen en las maniobras propias de rescate y atención a las víctimas. En esas acciones, puede ser necesario mover vehículos, cortar algunas partes, y hasta emplear partes de los mismos en la atención de las personas damnificadas. Resulta igualmente justificable el deterioro de los rastros por la acción físico-química para extinguir focos de incendio y en general, todo el accionar propio de la emergencia.

La escena del siniestro es una escena de caos y presiones. A las prioridades de las víctimas, a las maniobras frenéticas de los bomberos para aplacar posibles focos de fuego, se suma una calzada interrumpida y una presión social por liberarla. Esta situación tiene una presencia predominante y ejerce una presión cualitativamente superior a los intereses de una colecta de rastros ordenada y prolija.

Dado que la escena del siniestro es un caos natural; de lo que se trata es de evitar la transferencia de ese “caos” a la investigación posterior. Para ello, es imprescindible que el personal de instrucción se encuentre preparado técnicamente, que posea experiencia en el desenvolvimiento en estas situaciones y que actúe con la suficiente entereza psíquica para aplicar el orden de prioridad que corresponde al orden de intereses en juego.

No es aceptable, comprensible ni justificable que para evitar la congestión del tránsito se pase de la segunda a la cuarta prioridad, dejando en un estanco pobre la colecta de rastros; no es aceptable aunque suceda frecuentemente. Esta negligencia atenta contra la calidad de la justicia, limitando la posibilidad de llegar a un esclarecimiento amplio, comprensible y contundente de los hechos.

A las capacidades necesarias para manejar la emergencia, el personal asignado a la instrucción debe tener una formación técnica que le proporcione los conocimientos y métodos para, en el momento pertinente, organizar una colecta de rastros prolija en el lugar y, luego, en la tranquilidad del gabinete, revisar, comprobar y organizar la información recolectada. Por supuesto que el personal de instrucción debe poseer recursos para desarrollar una reconstrucción primitiva y preliminar de los rastros.

El ingeniero forense no puede limitarse a recibir pasivamente los rastros colectados por el personal policial que intervino en el escenario, al momento de ocurrencia del siniestro. Se requiere de él una actitud proactiva para analizar críticamente la documentación

registrada, chequear su verosimilitud, analizar la compatibilidad y coherencia con otras fuentes de rastros. Y, sobre todo, realizar una revisión del escenario de los hechos.

Mucho tiempo después de ocurridos los hechos, es posible encontrar vestigios, indicios y rastros del siniestro, sobre todo si son buscados con especial detenimiento. El examen crítico de los rastros colectados por la instrucción policial pertenecen a una única sucesión; por lo tanto, deben producir determinados rastros. Algunos de ellos, los que no han sido colectados en el lugar del siniestro, pueden ser relevados mediante una búsqueda inteligente, guiada por la determinación preliminar de una secuencia posible.

## RECOLECCIÓN DE RASTROS FUERA DE LA ESCENA

Una lectura del informe de instrucción en el lugar de los hechos orienta una segunda búsqueda inteligente de rastros en el escenario, así como la búsqueda de otros rastros, producidos por el siniestro bajo investigación, y que se hallan en otras fuentes.

Un relevamiento personal y detallado de los daños en rodados, aporta nuevos datos que perfecciona y completa la visión obtenida con las fotografías de la instrucción. Un ingeniero forense, con una primera hipótesis de ocurrencia de los hechos y libre de las presiones derivadas del caos del siniestro, puede realizar mediciones y observar detalles que optimizan el conocimiento de los efectos de la colisión.

Los daños a las personas se evidencian en el exterior de la carrocería; roturas de parabrisas, faros y otras son indicio de la posible posición del peatón o ciclista atropellado, de los puntos de contacto y de los movimientos relativos entre el automóvil y la persona. Los lesionados que viajaban en los vehículos, han dejado rastros de impactos contra zonas de distinta rigidez, restos de prendas de vestir, tejido biológico (piel, sangre, cabellos), que “hablan” de segundas colisiones relacionadas estrechamente con los choques exteriores y los movimientos previos y posteriores a los mismos.

Las historias clínicas y las autopsias de las víctimas son una fuente de rastros sólida y consistente de los hechos y sus efectos. Los informes médicos que documentan las lesiones de los tripulantes y de los atropellados, vistos desde la biomecánica, resultan de utilidad cuando se trata del cálculo de velocidades, aceleraciones y fuerzas aplicadas en el contexto general del siniestro.

## EL TESTIMONIO ORAL COMO FUENTE DE INDICIOS Y DE RASTROS

Un testigo puede ser una fuente de indicios y rastros formadores de evidencia, irremplazable por otras investigaciones. La utilidad que pueda obtenerse de esta fuente de indicios y de rastros depende de la actitud y aptitud del investigador forense en procesar la información testimonial,<sup>2</sup> teniendo siempre en cuenta y estando alerta al hecho de que un testimonio puede aportar indicios que promuevan la búsqueda de nuevos rastros.

<sup>2</sup> No es función del ingeniero forense interrogar a los testigos. Las técnicas de interrogación conforman un arte y una ciencia en sí mismos, con base en la psicología y, por lo tanto, ajeno a las capacidades e incumbencias de un profesional de la ingeniería.

Existen lógicas prevenciones contra el empleo de declaraciones testimoniales como fuente de rastros que forman evidencia. Los testigos no son “expertos” y, en general, no exponen con claridad ideas y sucesos, confunden situaciones y momentos, etc. Para el caso de testigos presenciales, su percepción del hecho y/o su memoria está afectada por el *shock* propio de las vivencias del siniestro; en un sentido general, el testigo es un protagonista más del evento. Y, por último, la natural prevención sobre “falsos testigos”, “testigos preparados”, y otras artimañas frecuentes en los litigios judiciales.

Existen procedimientos sencillos y eficientes para prevenir estos aspectos no deseados. Por ello no debe perderse de vista que existen, por lo menos, tres motivos para tomar en cuenta los dichos de testigos. Estos son:

- Vieron hechos imposibles de registrar de otro modo; desecharlos implica renunciar a la evidencia que no es posible de generar de otro modo (circunstancias temporales, climáticas, posiciones de luz de los semáforos, etc).
- Expresan vivencias que, aun siendo inexactas, incompletas o mal relatadas, orientan la investigación pericial. Son fuentes de indicios originales, que ayudan al ingeniero a perfeccionar y a completar la colecta de rastros.
- Son muchos y repetitivos; como tal, pueden contrastarse entre sí y con otros rastros e indicios colectados de manera independiente.

Un testimonio puede proporcionar información que, aislada del contexto declarativo global, puede proporcionar datos concretos, difícil de obtener por otros medios: el clima, la iluminación del lugar, el funcionamiento de los elementos de regulación de tránsito (luces del semáforo), el estado de la calzada; es decir, las características específicas del lugar al momento del hecho, relacionadas con aspectos modificables del escenario.

Frente a las declaraciones de los testigos presenciales, como frente a cualquier informe, la función del ingeniero forense es analizar y valorar con sus propios criterios la validez y consistencia de los elementos de juicio aportados, desestructurar el relato global del testigo, descomponerlo en sus partes, descartar todos los elementos de valoración y opinión aportados por el testigo y quedarse con aquellos componentes que pueden ser indicios, fuentes de rastros, rastros nuevos en sí mismos o, al menos, confirman otros rastros, relevados por otras vías.

## LA IMAGEN COMO RASTRO

Hoy en día, la gran cantidad de cámaras de filmación dispersas en el entorno urbano, cruces de avenidas, de autopistas, instalaciones privadas y otras, aportan imágenes de hechos ocurridos en la vía pública, entre los que se encuentran hechos de tránsito. Esta tendencia crece de manera exponencial en los últimos años y seguirá, a no dudarlo, en los próximos años. Las imágenes aportan una importante dosis de realismo, lo que resuelve una gran cantidad de incógnitas que suelen presentarse en el hecho y que, en la mayoría de los casos, quedan sin una resolución precisa.

Las cámaras poseen relojes digitales y otras indicaciones que pueden ser de gran ayuda en el análisis de reconstrucción. Las imágenes tomadas por cámaras, cualquiera sea su calidad y definición, pueden proporcionar rastros muy firmes en la medida en que la información se descomponga en sus partes constitutivas, tal como se hace con cualquier fuente de rastros. Un proceso de análisis sobre la imagen permitirá relacionar a los móviles con objetos fijos en distintos momentos.

Pero la imagen no es la “verdad” en términos estrictamente técnicos. En primer lugar, tiene restricciones de alcance; no siempre todo el suceso entra en el cuadro de la imagen. En segundo lugar, suelen presentar deformaciones de ángulo, de profundidad de campo, de definición, etc., debido a la distancia focal y otras aberraciones propias de la unidad óptica y del sistema de registro, limitadas a la escala de lo que filman y el punto de vista de la cámara.

En la medida en que el proceso de análisis de las imágenes de video se realice con rigurosidad y conocimiento de las técnicas adecuadas, hasta los videos generados con teléfonos celulares pueden emplearse en la medición de distancias con márgenes de error aceptable, para identificar rostros y placas patentes y, como se ha demostrado en repetidos casos, ser fuente sólida de datos para una estimación de velocidades de circulación con un reducido margen de error.

Las imágenes captadas por cámaras de video en el lugar y momento de los hechos resulta un insustituible aporte a la colecta de rastros. Como tal, la información decodificada y analizada puede y debe ser incorporada al proceso de formación de la evidencia.

170

## LA CONSTRUCCIÓN DE LA EVIDENCIA

*Para ver una cosa hay que comprenderla. El sillón presupone el cuerpo humano, sus articulaciones y partes; las tijeras, el acto de cortar.* Borges - El Libro de Arena

La investigación en ingeniería forense está dirigida a obtener una representación de los hechos físicos que permita comprenderlos. Pasar de ver a comprender requiere producir y obtener —o bien aplicar— una expresión matemática del hecho físico observado.

En el próximo subcapítulo se desarrollan la reconstrucción y el concepto de modelo matemático del siniestro. En este apartado, se sintetiza el proceso deductivo que permite establecer las relaciones matemáticas representativas del hecho observado y su consolidación como evidencia.

Este proceso, como ya se ha dicho, es de naturaleza subjetiva. La evidencia es el producto de una interpretación, de una lectura inteligente y culta de los rastros observados. Todo hecho observado está asociado a un (o más) fenómeno físico concreto, estudiado en la ciencia y expresado en leyes desarrolladas teóricamente y comprobadas experimentalmente, o al menos por relaciones o regularidades verificadas empíricamente.

La investigación teórica tiene por origen observaciones del mundo exterior contrapuestas con preguntas formuladas en el mundo intelectual. La construcción teórica se debe apoyar en comprobaciones experimentales. Un modelo físico, correctamente verificado,

puede anticipar hechos similares o describir otros que no han sido específicamente experimentados. El modelado sirve en la medida en que se carece de la posibilidad de realizar un experimento que permita ver y explicar todo lo sucedido. La experimentación, la observación empírica, aporta una lectura concreta de imágenes parciales.

En el proceso de investigación se trata de encontrar en los rastros del suceso-siniestro, la expresión concreta del fenómeno físico. Este objetivo se alcanza cuando se puede expresar la relación entre el rastro individualizado y el hecho que lo originó, con una expresión de lógica matemática.

La conformación de la evidencia, como construcción subjetiva, es posible de contener y producir errores: errores matemáticos, como imprecisión de los resultados, y errores de concepción. Es necesario establecer el grado de consistencia de la evidencia construida.

La solidez de la evidencia se pone de manifiesto al explicar y por lo menos no contradecir a todos y cada uno los hechos conectados físicamente en el siniestro. La técnica de análisis de consistencia tiene que ver con el profesionalismo puesto de manifiesto en la colecta de rastros, en su análisis, y en la conformación y registro de la evidencia.

## LA RECONSTRUCCIÓN

Como se ha visto modelar desde el punto de vista físico-matemático, significa dar sentido a la observación de un fenómeno físico en términos cuantificables. En la presente sección, se avanza en el análisis de la construcción de un modelo general, específico e integrado por la totalidad de la evidencia.

Una reconstrucción analítica es una verdad construida a partir de la evidencia recabada en la etapa de investigación, que devuelve la imagen de un suceso-construido. Este se diferencia del suceso-siniestro, lo que realmente sucedió, y que resulta desconocido.

El modelo matemático del siniestro o, brevemente, el modelo del siniestro, es el paso esencial para realizar la reconstrucción analítica y la consolidación de la evidencia desperdigada en un cuerpo coherente. Se trata del agrupamiento de todos los hechos físicos deducidos y cuantificados en un único cuerpo funcional, que procesado con métodos y técnicas adecuadas, puede devolver un suceso construido, asimilable al suceso siniestro por la identidad de efectos (rastros) producidos por el hecho y rescatados en la investigación.

## EL MODELO DEL SINIESTRO

Cada suceso-objeto de una investigación en el ámbito forense —incluso, un simple choque callejero— es una sucesión de hechos físicos determinados y concretos. Estos hechos han producido efectos también determinados y concretos, y algunos de ellos han dejado rastros; algunos de esos rastros han sido relevados, registrados y analizados hasta lograr una relación matemática por cada uno de ellos. Estos fenómenos, a su vez, tienen en común el ser parte de un único y particular suceso.

El conjunto de expresiones matemáticas halladas compone el modelo matemático del siniestro, un modelo matemático<sup>3</sup> que explica ese hecho, permite relacionarlo con otros hechos contemporáneos al mismo, integrando cada hecho físico con el suceso investigado.

El modelo está constituido por un número  $m$  de ecuaciones, que contienen  $n$  incógnitas. Es posible que haya más ecuaciones que incógnitas ( $m > n$ ), o bien que el número de ambas coincida ( $m = n$ ). En ese caso, el sistema puede resolverse de manera precisa y el modelo se dice que es determinado.

En el caso más frecuente, en que  $m < n$ , el sistema no tiene una solución matemática precisa, y el modelo desde el punto de vista estrictamente matemático, resulta indeterminado, en un grado igual a la diferencia que  $m - n$ . Modelos indeterminados de primer grado ( $m - n = 1$ ) pueden expresarse como funciones, haciendo a una de las incógnitas variable dentro de un determinado rango. Si el modelo tuviera dos grados de indeterminación ( $m - n = 2$ ), podría analizarse la conveniencia de procesarlo como un sistema de funciones de dos variables, o bien intentarse otras alternativas de análisis.

No existe un método único e infalible. Cada siniestro tiene sus particularidades en la forma de producción, que cruza con las peculiaridades de los rastros que se han podido recoger, y la disponibilidad de modelos teóricos de referencia que permitan consistir evidencia. Cada hecho, con sus registros de rastros e indicios, provee elementos que hacen más aplicable un camino de resolución que otro.

172

La ingeniería es una ciencia de finalidad y, dentro de ella, la ingeniería forense tiene como objetivo ineludible arribar a la más completa reconstrucción analítica de los hechos que sea posible. La creatividad del ingeniero forense es el límite de la metodología específica más aconsejable.

La representación del siniestro como hecho único e irrepetible demanda la integración de las distintas expresiones matemáticas, representativas de cada hecho físico, en un único y específico modelo matemático del siniestro. Disponer de él permite analizarlo —descomponerlo en partes que representan distintos hechos físicos conocidos—, asociar esas partes mediante nuevas relaciones matemáticas que expresan el contacto de los “extremos” de cada fenómeno, entre uno y otro hecho. Y finalmente pensar como Sherlock Holmes: “Cuando ha eliminado lo imposible, lo que queda, aunque improbable, debe ser la verdad”.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> “El concepto de “modelo” en rigor es muy diferente para un ingeniero, un físico o un matemático, pero esencialmente puede formularse como una representación de la realidad mediante sistemas de ecuaciones. Si introducimos la variable tiempo, tendremos un modelo dinámico con el que representar, en lo que aquí nos ocupa, los sujetos, los objetos y la dinámica con la que se reconstruye cualquier siniestro”. M. A. Gallardo Ortiz - Una teoría (muy) general para la reconstrucción de siniestros.

<sup>4</sup> *When you have eliminated the impossible, whatever remains, however improbable, must be the truth - Arthut Conan Doyle - The sign of the four.*

## CERTEZA Y PRECISIÓN

*Hasta que uno no puede describir algo cuantitativamente no ha siquiera comenzado a entender algo del fenómeno* - Lord Kelvin

En ingeniería se trabaja con magnitudes. Todo elemento de análisis y toda conclusión tiene un núcleo central insustituible: una cantidad que se expresa en un número. En ingeniería forense, no hay excepciones a esta regla. Los adjetivos no pueden reemplazar a los números. No existen velocidades excesivas, ni aceleraciones imprudentes, ni frenadas interminables, ni ningún otro desliz literario que a menudo adorna los alegatos jurídicos y los testimonios interesados.

En el comienzo de una investigación, el método científico implica observar y medir, y ello acarrea indeterminaciones de diverso origen. Y en el otro extremo del proceso, el análisis debe concluir en un dictamen, que debe estar expresado en magnitudes, que serán indefectiblemente el resultado de estimaciones, incluso las que resultan de complicados modelos matemáticos de cálculo.

Dos son los atributos que definen una magnitud. El primero es la certeza (o también certidumbre); el segundo es la precisión. Un parámetro es correcto, si y solo si se tienen la absoluta seguridad de que el valor que lo define es cierto y se conoce cuán precisamente está determinado.

El más elemental rastro recogido debe ser medido en, por lo menos, un aspecto. Una huella de neumáticos tiene una longitud, un ancho (que debería coincidir con el del neumático presuntamente productor), una distancia a la otra huella paralela (que debería coincidir con la trocha del automóvil), etc. Un elemento desprendido de los cuerpos que han colisionado está ubicado a diversas distancias de otros elementos (fijos y móviles).

Para determinar esas distancias, existen ciertos problemas; la referencia exacta a la cual medir puede no estar correctamente definida (por ejemplo, dónde realmente empieza la huella, o a qué punto del elemento medir). Por otra parte, el elemento de medición (la cinta métrica, el goniómetro de la brújula) tiene un número finito de divisiones y el que mide debe limitarse a establecer dos valores próximos: uno por defecto y otro por exceso. La diferencia entre el valor máximo (el de exceso) y el mínimo (defecto) determina amplitud de dispersión o, bien, el rango de incertidumbre de la medición.

El objeto de toda técnica de medición y de estimación es alcanzar una incertidumbre acotada. Acotar la duda genera un ámbito de certidumbre y de seguridad; cualesquiera sean las hipótesis utilizadas, cualesquiera las fuentes de coeficientes recurridas, y con todas las indeterminaciones generadas por las lagunas en la construcción de la evidencia, los resultados estarán cierta y seguramente dentro del rango determinado.

En física y en ingeniería, el rango de incertidumbre se denomina error. El error es incertidumbre en forma de magnitud (número), y se puede expresar como la mitad del rango de incertidumbre o como porcentaje del valor nominal. El valor de rango de 80 a 100 km/h puede expresarse, entonces, de una manera científica como  $90 \pm 10$  km/h o bien como un valor medio de 90 km/h con un error relativo porcentual del 10%.

Nuevas paradojas: lo aparentemente preciso (93,68 km/h) no es cierto; y lo aparentemente impreciso ( $90 \pm 10$  km/h) no solo es cierto; agrega el valor del rango de incertidumbre, imprecisión o error con que se ha estimado el valor. Esa diferencia permite diferenciar un dictamen científico de una expresión vulgar de la ignorancia. Decir lo que se ignora es, ante todo, una manifestación de sabiduría.

## RECONSTRUCCIÓN Y SIMULACIÓN

Se ha visto que la reconstrucción analítica del hecho, es un procedimiento deductivo que recorre la secuencia del suceso-siniestro en el sentido inverso al tiempo. Se parte de los efectos causados por la sucesión de hechos físicos producidos a lo largo del siniestro (los rastros) y se va construyendo una nueva secuencia: el suceso-reconstruido.

No es esta la única forma de procesar la información. Se puede también experimentar —analíticamente, por cierto—, con ciertas hipótesis, en un modo interactivo de prueba y error, donde el error tiene doble significado: el general del lenguaje —equivocación, confusión conceptual—, y el sentido concreto de margen de indeterminación. El método es muy utilizado como se verá más adelante y en lenguaje de ingeniería se denomina simulación.

Se trata de comprobar que una determinada composición de circunstancias de tiempo, lugar, velocidades, aceleraciones, fuerzas y otros parámetros físicos aplicables a cuerpos colisionando, se producen los mismos efectos registrados en la evidencia, y solamente esos efectos: los rastros registrados, construidos en evidencia.

174

El proceso supone realizar hipótesis que conduzcan a una situación determinada (por ejemplo, un punto de impacto, velocidades de los móviles, etc.). Con esta suposición se calculan los desplazamientos posibles después de la colisión, se evalúan los daños que serían generados (por ejemplo, la energía mecánica disipada en trabajo de deformación) y otros fenómenos relacionados con la evidencia construida, y se comparan los resultados con los efectos (rastro-evidencia) realmente producidos.

En la medida en que los resultados obtenidos con una determinada hipótesis discrepan con los efectos reales del suceso, se modifican las variables, intentando aproximar los resultados a los rastros observados. Este proceso de ajuste se realiza en forma sucesiva hasta que las discrepancias entre los resultados del modelo simulado y los rastros alcanzan valores aceptables.

La simulación tiene también variables definidas en un determinado rango y, como tal, arrojan conjuntos de resultados, de los cuales unos pocos se ajustan a los criterios y límites del suceso-siniestro. Los resultados son entonces acotados a un margen de error, tal como en el caso de la reconstrucción. El proceso opera básicamente mediante una simulación numérica, que se explica más adelante.

La diferencia entre ambos procesos, reconstrucción anti-cronológica y simulación numérica, en la medida en que ambos se apliquen con rigurosidad científica, es meramente formal. En ambos existe una fuerte dependencia entre los resultados analíticos y la relación con el hecho real, con la evidencia; y esta debe igualmente ser construida sobre la base de rastros y de principios físicos y tecnológicos precisos.

Ambos procesos —reconstrucción y simulación—, requieren de procesos transparentes y trazables; ambos producen resultados con un determinado margen de incertidumbre que debe determinarse en la exposición de los resultados. Y por último, ambas formas de procesar modelos funcionales del siniestro pueden ser empleadas simultáneamente en una reconstrucción, como forma de verificación y/o apoyo mutuo de los procedimientos.

El procedimiento de simulación numérica es de gran aplicación con recursos de computación, lo que lleva a detenerse en el examen del uso indiscriminado de cierto *software*, mal llamado de reconstrucción. En realidad, los *software* ofrecidos en el mercado como de reconstrucción son, rigurosamente hablando, programas de simulación que articulan procesos interactivos de formulación de hipótesis y ajuste interactivo hasta arribar a un resultado con un determinado margen de error.

En la actualidad estos programas incluyen rutinas de configuración gráfica animada de los resultados; es decir, pueden devolver resultados numéricos e imagen animada de los mismos. El operador debe suministrar un conjunto de datos; otros son aportados por el programa desde una biblioteca interna y, generalmente, suministrar las condiciones de simulación (posiciones de los rodados, velocidades, coeficientes de fricción con el pavimento, etc).

Aun cuando la protección del secreto comercial induce a los autores a retacear información sobre los fundamentos y limitaciones de sus sistemas, la mayoría de los productores de *software* de simulación han presentado una base argumental de la plataforma de trabajo de sus sistemas, en publicaciones científicas presentadas en los encuentros académicos de la especialidad. Y estas publicaciones permiten obtener una muestra representativa de las limitaciones de los mismos.

La base de la programación de este *software* es la tipificación de los siniestros y ese es el punto más débil de los sistemas integrados: el universo de hechos de tránsito que resultan de interés en una reconstrucción es disperso, divergente, y por ende, no siempre puede ser tipificado en el nivel específico requerido de una reconstrucción.

El riesgo es máximo cuando interviene un operador no calificado en la reconstrucción de hechos de tránsito. Este se limita a ingresar los datos y valores que el programa requiere, con poca o nula comprensión de su naturaleza, fiabilidad y variabilidad. Tampoco tiene visión del proceso ni control sobre el *software* mientras procesa la información, lo que le restringe la posibilidad de generar apreciación crítica de los resultados, incluyendo la representación gráfica y animada de los mismos.

Así operado, el sistema resulta opaco. Un operador, sin formación en investigación de movimientos de dinámica compleja, está aislado de los procesos y los resultados intermedios. La única manera de auditar la validez de los resultados es cotejarlos con un modelo desarrollado manualmente, como se ha descrito en este subcapítulo.

Por ello, los sistemas integrados o enlatados, aplicados en un ambiente profesional especializado, donde sus características y limitaciones son conocidos, constituyen poderosas herramientas que ahorran trabajo y permiten emprender desarrollos originales e innovadores. En manos de personas inexpertas, alentadas por la facilidad de “obtener

el resultado con solo apretar unas pocas teclas”, los enlatados favorecen la generación del fraude tecnológico.

A medida que avanza el proceso y que se perfecciona la investigación con nuevos elementos aportados por la reconstrucción analítica, se generan más y mejores evidencias. La simulación de ciertos fenómenos aporta nuevos enfoques o precisión de enfoques existentes; las hipótesis se consolidan o se extinguen, y todo ello alimenta un modelo más rico y más complejo.

La complejidad disminuye la incertidumbre, de tal manera que, en un determinado momento, el ingeniero forense se encuentra en condiciones de decidir que la certeza es absoluta y la precisión adecuada. Entonces emite un dictamen.

## LA PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

La última etapa del proceso de investigación y reconstrucción es la elaboración de un dictamen.

El dictamen forma parte de un proceso de comunicación en el que el ingeniero transmite las conclusiones obtenidas a las personas y entidades que han solicitado su intervención. Esta entidad puede ser un juez, una compañía de seguros o una institución social interesada en el esclarecimiento de determinados hechos.

176

Independientemente de la naturaleza del receptor, los resultados deben presentarse cumpliendo con los distintos requisitos característicos de un proceso de comunicación. En primer lugar, es primordial que sea entendible, que no dé lugar a dudas, que sea claro qué es lo que el investigador quiso decir, y qué lo que no quiso decir.

En segundo lugar, el dictamen debe abarcar, con el detalle que el investigador y el receptor acuerden necesario, todo el proceso de investigación: qué rastros se han encontrado, cómo fueron encontrados y cómo fueron analizados, por qué razón algunos fueron desechados y por qué se han buscado —y encontrado— otros, exponiendo las razones. En síntesis, una parte del informe debe dejar en claro cómo se ha ido construyendo la evidencia, cómo se arribó a la conclusión, qué rastro se correlaciona con determinado hecho físico, para todos y cada uno de los rastros consistidos en evidencia, y también para todos los rastros desechados.

El dictamen debe dejar constancia de cómo se han conformado las distintas ecuaciones y relaciones matemáticas que fueron incorporadas al modelo matemático del siniestro, estableciendo el alcance explicativo del mismo. Como se ha visto, una investigación de ingeniería forense está expuesta a chocar con sus límites, con las lagunas del suceso que quedan ocultas, ya sea debido a la contaminación o pérdida de ciertos rastros, sea debido a las dificultades para la consideración de alguno de ellos. El dictamen debe dejar tan en claro lo que se demuestra con el mismo, así como lo que no puede demostrarse en el modelo matemático construido. Estas son las dos caras del resultado de una investigación y reconstrucción de ingeniería forense.

Y luego de explicar desde dónde se partió, qué se consideró, qué se descartó deliberadamente y por qué razón, en síntesis, cómo se trabajó, se deben expresar las conclusiones alcanzadas. Y al explicar esas conclusiones, expresarse de manera concluyente en magnitudes numéricas.

Es parte de la buena práctica de la ingeniería expresar todas las magnitudes con su margen de error o incertidumbre. Esta práctica es esencial en el ámbito forense y la forma consistente es expresar que la velocidad a la que circulaba determinado vehículo en el momento del impacto estaba en el rango entre 60 y 80 km/h. Esta manera de expresar los resultados muestra las dos caras de las conclusiones. Por un lado, establece que las investigaciones permiten establecer un rango posible de velocidad para un determinado vehículo: entre 60 y 80 km/h. Y a su vez, que la mejor precisión implica una incertidumbre, o bien que el error o indeterminación es del orden de 20 km/h (la diferencia entre 60 y 80 km/h).

Lo que debe evitar todo buen dictamen de ingeniería forense es expresarse mediante una acumulación de adjetivos. Frases como “el automóvil llevaba una velocidad excesiva” traiciona la investigación. Cualquier adjetivación conlleva una valoración, actitud ajena a la esencia de la ingeniería forense. Las conclusiones que, en lugar de expresarse en números y en sustantivos, apelan a expresiones ambiguas como velocidad excesiva, actitud imprudente, los calificativos de embistente y embestido o el establecimiento de grados de culpabilidad revelan incompetencia en el ejercicio de la ingeniería forense.

Estas expresiones deben ser evitadas por los autores y combatidas por los lectores. Un dictamen en que las conclusiones se expresen como adjetivos, como opiniones, como comentarios, como relatos carentes de sustantivos y números, es sin duda el producto de una investigación y reconstrucción débil de fundamentos.

El dictamen debe cumplir con un amplio criterio de trazabilidad,<sup>5</sup> esto es, que en el dictamen estén incluidos todos los pasos del proceso de investigación y reconstrucción, con la suficiente información y detalle como para que cualquier experto pueda percibir de manera clara el trabajo desarrollado y evaluar y formular un juicio crítico del dictamen.

En definitiva, se trata de contar qué se hizo, qué se analizó y a qué conclusión se llegó; una de las formas de hacerlo es escribir un informe.

## LENGUAJES DE COMUNICACIÓN

El informe escrito ha sido por excelencia el método histórico de comunicación entre los magistrados y los forenses de cualquier especialidad. El informe, para ser entendible por magistrados, letrados y funcionarios, tiene que ser redactado en un lenguaje coloquial y cotidiano.

En el proceso de investigación y reconstrucción de ingeniería forense se utiliza un lenguaje abstracto. La descripción e interpretación de los rastros se realiza en términos

---

<sup>5</sup> El término inglés traceable en una de las acepciones utilizadas es rastreadable, atribuible a una secuencia determinada; derivada del sustantivo trace (rastros huella, pista, vestigio, señal, indicio, etc.), se emplea como atributo verificable en un proceso en toda su extensión.

técnicos, propios de los elementos que intervienen. Y a medida que se avanza en la formación de la evidencia y la modelación físico-matemática, el lenguaje se torna cada vez más abstracto.

El modelo matemático del siniestro es un relato abstracto por excelencia. Esta cualidad permite pensar y analizar, cuantificar y entender cada uno de los fenómenos. Procesando términos abstractos, el ingeniero forense llega a definir una secuencia de hechos físicamente compatible con todos los rastros. El lenguaje matemático es la clave que conduce a la descripción de los rastros a la comprensión de los hechos.

Pero un informe de ingeniería contado en términos matemáticos resulta ininteligible para todo aquel que no es un profesional técnico, es decir para quién no está habituado a los conceptos y términos de la física, la matemática y las ciencias técnicas en general.

Un informe técnico en general, así como un dictamen de ingeniería forense en particular, es un mensaje emitido por un profesional de las ciencias duras, para ser entendido y aplicado por otro profesional de las ciencias blandas (el derecho, la sociología, etc.). Entre ambas ramas de las ciencias, el lenguaje resulta una barrera que no debe subestimarse.

Es responsabilidad del ingeniero forense transferir el análisis desde un lenguaje técnico y abstracto a una descripción en palabras corrientes, de manera que el lector pueda comprender de qué forma se ha conformado la evidencia y cómo se la ha transformado en relaciones matemáticas que construyeron el modelo.

178

Transferir a texto escrito el análisis matemático que se expresa en ecuaciones e inequaciones, relatar cómo se ha conformado el modelo del hecho y cómo se ha hecho el tratamiento de análisis de error e incertidumbre, pueden ser cuestiones difíciles de explicar con palabras. El relato textual resulta en general insuficiente para expresar los sucesos complejos. La complejidad puede provenir de la intervención de múltiples protagonistas, de desplazamientos complejos (rotaciones, vuelcos, sucesión de colisiones), etc. En estos casos el lenguaje gráfico puede resolver exitosamente el problema.

Un lenguaje característico de la ingeniería es el dibujo. El dibujo es un organizador de los rastros colectados en el escenario del siniestro y puede ilustrar muchos aspectos de las conclusiones que se desea comunicar. Por ejemplo, explicar la posición relativa en que tomaron contacto dos automóviles en el inicio de una colisión, en lugar de un largo texto que diga el vehículo 1 contactó con el extremo izquierdo del frente en forma oblicua sobre el lateral derecho del vehículo 2, desplazándolo.. etc., etc.; un simple gráfico que represente esa forma de contacto soluciona el problema de manera eficiente.

El lenguaje gráfico puede ayudar no solo a comprender una fase del suceso cuyo eje es la colisión, sino la secuencia con que se desarrollaron los sucesos. Una sucesión de gráficos puede describir claramente aspectos dinámicos, necesarios de ser explicados en el dictamen de ingeniería forense.

Cuando hay fenómenos físicos complejos en juego, con desplazamientos de traslación y de rotación combinados; cuando es compleja la determinación de las fuerzas aplicadas, de las aceleraciones impelidas, de las velocidades de colisión y de post colisión,

y no existe un texto suficientemente resumido que lo pueda explicar razonablemente, un dibujo permite ahorrar palabras y asegura que el lector interpretará fielmente lo que el forense quiso decir. El lenguaje gráfico potencia la comunicación.

Lo dicho para el informe escrito es extensivo al informe presentado en forma oral, que, con el agregado del recurso al lenguaje gestual, amplía la capacidad de transmisión de la palabra. La combinación de texto y gráfico, con el aporte de la gestualización, genera una potencia de comunicación cualitativamente superior al informe escrito.

Esta potencialidad del informe oral es una razón más para abogar por la supresión de los procedimientos escritos en los procesos judiciales y de arbitraje, y su reemplazo progresivo por el debate con la presencia de los protagonistas, los testigos presenciales y los testimonios de los expertos en forma oral.

El uso de los recursos informáticos provee de otra forma potente de comunicación aplicada a la intelección de los complejos procesos de investigación y reconstrucción de siniestros con ingeniería forense. Ese recurso es la video animación o infografía forense.

## LA ANIMACIÓN DEL HECHO CONSTRUIDO

Los hechos de tránsito más complejos implican el estudio simultáneo de los movimientos de varios vehículos, de sus ocupantes, de peatones, ciclistas y motociclistas. Esta complejidad se traslada a la reconstrucción de la secuencia y al proceso de comunicación al juez, al funcionario o al letrado. La simulación numérica o mecánica computacional, combinada con programas informáticos que manejan la producción de imagen en el monitor, permiten incluir un apoyo visual insustituible en estos casos.

La video animación realizada por computadora permite reproducir el movimiento de los vehículos en función del tiempo, basados en los resultados obtenidos a partir de la reconstrucción analítica realizada con el modelo matemático del siniestro. La secuencia del hecho, representada por imágenes sucesivas creadas en la computadora y ordenadas en el tiempo y pasadas a una velocidad de 24 a 30 imágenes (*frames*) por segundo, brinda sensación de movimiento, propia del cine y del video.

Las imágenes se pueden crear y representar en dos o en tres dimensiones (3D), y se les puede adicionar detalles de luminosidad, color, textura, etc., lo que mejora la sensación de realismo para el observador.

La animación tiene su origen en el cine de dibujos animados de principios del siglo XX. Hoy en día, la informática potencia el proceso de elaboración, permitiendo que dos imágenes secuenciales puedan modificarse para un determinado lapso de tiempo, disminuyendo la carga de trabajo necesario y optimizando el resultado obtenido.

Este proceso, conocido como renderizado, trabaja sobre cada imagen estática, proporcionándoles atributos de realidad, que luego son registradas en video. Existe *hardware* apropiado para la generación y tratamiento de imágenes de video animación. Los programas que trabajan sobre computadoras personales resultan eficientes y el *software* más comúnmente utilizado, como 3D-Studio y otros, está disponible en el mercado y es ampliamente aceptado por las comunidades científicas.

La video animación aporta a la visualización gráfica en el dictamen, con el agregado de la tercera dimensión y la variable del tiempo a la descripción del suceso, lo que permite establecer condiciones de realismo. La inclusión de fondos o recuadros marginales con fotografías del lugar del hecho, de los distintos vehículos y protagonistas, detalles relativos a lluvia o niebla, iluminación del lugar para analizar fenómenos de deslumbramiento y restricciones a la visibilidad, y en general de todo detalle, permite apreciar la correspondencia de las imágenes generadas con la realidad. Como práctica habitual se incorporan “velocímetros”, escalas y relojes, que permiten apreciar, durante la exhibición, los parámetros que relacionan a los distintos móviles y elementos, en cada instante del tiempo.

El aspecto más atractivo de la video animación, el que realmente potencia el uso forzoso de esta, es la ausencia de restricciones del punto de vista o de observación. La imagen puede focalizarse en distintos puntos fijos o móviles del escenario del hecho investigado. Resulta como si una cámara de video hubiera estado colocada en el interior del vehículo y reflejara el punto de vista del conductor, otra el de los testigos, o del peatón atropellado, o se pudiera visualizar la escena del hecho, mientras este ocurre, desde una vista aérea panorámica, como si fuera un pájaro. En estos casos, se debe verificar el empleo de una distancia focal adecuada, ya que en el caso que así no sea, por ampliación o reducción del ángulo de la toma, se puede distorsionar la visión de un determinado conductor.

Esta versatilidad otorga al ingeniero forense dos importantes recursos. El primero es la facilidad para explicar los fenómenos más complejos en términos simples y claros: una imagen vale mil palabras. Además brinda una herramienta adicional para verificar hipótesis y análisis, establecer las condiciones críticas de evitabilidad desde cada protagonista, los límites de apreciación de los testigos y otros detalles que enriquecen la investigación y la reconstrucción.

La video animación por computadora constituye un medio técnico ideal para explicar reconstrucciones complejas desde un punto de vista técnico, a una audiencia constituida por personas no técnicas. Es por ello que se aprecia una creciente utilización de esta técnica como apoyo a la reconstrucción analítica. Pero montada en esta virtud cabalga una creciente utilización no técnica —e incluso carente de ética—, del *software* de simulación de colisiones, desarrollada por personas sin formación adecuada, y con una evidente falta de transparencia, como ya se ha examinado.

Frente a esta dualidad es prudente recordar la gran manipulabilidad de las animaciones elaboradas, poniendo especial atención en el respaldo con que se presentan este tipo de pruebas. Quienes reciben los informes presentados exclusivamente en video animación deben asegurarse de que las imágenes y los movimientos estén basados en los resultados obtenidos a partir de la aplicación de principios físicos y matemáticos reconocidos, mediante análisis realizados por ingenieros forenses calificados para hacerlo.

## EVITAR LAS CALIFICACIONES

El dictamen es el relato del hecho construido; refleja en el texto, en los gráficos y en las eventuales video animaciones, la profundidad, densidad, complejidad y transparencia del proceso de investigación y reconstrucción analítica. El dictamen debe estar elaborado, de manera que toda la investigación y reconstrucción del siniestro sea visible, reproducible y pueda ser objeto de sana crítica.

Una cualidad del dictamen de ingeniería es la carencia de todo tipo de calificación de la conducta de los protagonistas del hecho investigado. Definiciones como la culpa, el dolo, la inocencia o la negligencia son valoraciones de la actitud y conducta de las personas, sobre las que los ingenieros no tienen incumbencia.

La ingeniería no se funda en ciencias que indaguen sobre las motivaciones que llevan a las personas a hacer o dejar de hacer las cosas. La voluntad, la intencionalidad, la capacidad y el derecho de los hombres a realizar ciertos actos, y consecuentemente, la prohibición de hacer otros, corresponde al interior de los procesos psíquicos y al ámbito de las relaciones interpersonales, de las relaciones sociales.

Si con su accionar alguien privó a un semejante de ciertos derechos, le provocó un daño o le sustrajo un bien, corresponde a las convenciones que guían las relaciones de las personas en la sociedad, al ámbito del derecho, entender sobre el particular. No es materia ni incumbencia de la ingeniería y, por lo tanto, no puede ser parte de un dictamen de ingeniería forense.

La tentación a caer en simplismos en el dictamen es muy grande. Y mayor aun ante las dificultades de explicar un complejo proceso de análisis, como es la reconstrucción analítica de un siniestro. Combatir esa tentación es responsabilidad de las dos partes.

Los ingenieros forenses deben tener claros los límites de su profesión y, en el dictamen, excluir todo tema que implique un juicio de valor sobre las cuestiones sometidas al análisis. Y quienes encomiendan trabajos de investigación —jueces, letrados representando a las partes litigantes, empresas del seguro, organizaciones sociales y del Estado—, no deben requerir del ingeniero forense la emisión de opiniones, comentarios y calificaciones sobre los protagonistas y sus conductas. Preguntas del tipo “¿Quién tiene el derecho prioritario de paso?”, o bien “indique quién es el responsable de la producción del hecho”, son incitaciones al ingeniero a incurrir en mala *praxis* profesional.

El dictamen debe ser la descripción más clara, fundada e imparcial posible de los hechos que se revelan a partir de una determinada colecta de rastros. Debe expresar en un lenguaje sencillo, prescindiendo de tecnicismos, qué hipótesis han sido procesadas, cuáles son consistentes con la evidencia y cuáles han debido descartarse y, finalmente, qué conclusiones se desprenden del análisis. Asimismo, debe apoyarse en todos los recursos gráficos necesarios para su mejor entendimiento y, si la complejidad del hecho lo amerita, debe estar acompañado por una video animación que muestre todo el análisis realizado y sus conclusiones. Un relato del hecho construido de manera transparente, auditable y propicio a la sana crítica.

## LAS CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Como se ha visto, el proceso de reconstrucción de un siniestro es la construcción de un modelo matemático en el que está representada la mayor cantidad de hechos físicos producidos a lo largo del suceso-siniestro, incluyendo las relaciones entre ellos. De esta manera, puede afirmarse que lo que se denomina reconstrucción, lejos de revelar una verdad anterior, en el mejor de los casos, construirá una nueva verdad. El modelo matemático construido solo permite configurar un suceso construido, que tiene en común con el suceso-siniestro investigado, la propiedad de producir los mismos fenómenos, y generar los mismos efectos que fueron individualizados como rastros y aceptados como evidencia en la etapa de la investigación

Esta característica define un primer aspecto de la calidad de la reconstrucción analítica. Tendrá la posibilidad de alcanzar un alto grado de coincidencia con el suceso-siniestro, en la medida en que la cantidad de elementos de juicio relevados en la etapa de la investigación y la amplitud de estos puedan dar el perfil más amplio y permitan apreciar los hechos desde los más diversos puntos de vista.

La complejidad entre la realidad de los hechos (el suceso-siniestro) y el resultado de la investigación (el suceso construido) ha sido abordada como planteo teórico, como procedimiento secuencia. En esta sección, se hace un somero análisis de la concurrencia de distintas disciplinas científicas a los procesos de investigación y reconstrucción, así como a las metodologías más frecuentes empleadas en la elaboración y operación del modelo matemático del siniestro.

182

## LAS CIENCIAS BÁSICAS Y LAS CIENCIAS TÉCNICAS

La columna vertebral de la ingeniería forense son las ciencias físico-matemáticas. Todo hecho de tránsito contiene una colisión como elemento central de su producción. La colisión es esencialmente un fenómeno físico, en el que coinciden el movimiento, la aplicación de las fuerzas y, como consecuencia de ellas, la alteración del movimiento (o del reposo) de los cuerpos en colisión y su deformación.

La cinemática y la dinámica forman parte de la mecánica teórica, capítulo de la física que estudia el movimiento a partir de las relaciones de fuerza, masa y aceleración, esta última como variación de la velocidad en magnitud y/o sentido.

Los cuerpos que intervienen en la colisión tienen características constitutivas derivadas de su estructura y de los materiales que las componen. Estas características son la elasticidad, la plasticidad y la rigidez. La mecánica del sólido es la disciplina teórica que estudia el comportamiento de los cuerpos sólidos y parcialmente rígidos, sometidos a la acción de fuerzas.

La mecánica del sólido analiza la correlación fuerza-deformación de la que deriva una clasificación del material (elástica, plástica, viscosa o frágil) y los límites y modos de ruptura de los materiales. Esta disciplina de la ingeniería es parte de la Ciencia de los Materiales, que, entre otras cosas, se ocupa de la interacción físico-química de los materiales entre sí y con el medio, por efecto de la acción agresiva de los agentes atmosféricos (temperatura, abrasión, erosión, corrosión, etc).

Otras disciplinas específicas, como la informática aplicada, la simulación numérica, la biomecánica, el análisis de fallas y, derivado de él, la estimación de vida útil residual de los equipos y estructuras, forman parte del universo de las ciencias técnicas, características de la ingeniería en todas sus especialidades.

La forma de construir un modelo, incluso el modelo del siniestro de tránsito, se lleva a cabo mediante la interpretación, descripción y magnificación de los fenómenos observados. Los fenómenos físicos se pueden describir, cuantificar y entender solo mediante representaciones intelectuales expresadas en el lenguaje matemático.

Las matemáticas integran distintas formas de lenguajes de representación aplicables al desarrollo de la física y de las ciencias técnicas en general. Se integran en ella el álgebra, la trigonometría, la geometría en sus ramas analítica y descriptiva (las leyes de la representación), el análisis matemático, el álgebra y el análisis vectorial, entre otras aplicaciones específicas para abordar el análisis de los problemas físicos y de ingeniería presentes en el suceso-siniestro. El dominio de todas ellas es una condición necesaria pero insuficiente para el ejercicio de la ingeniería forense aplicada a la investigación de los siniestros del tránsito.

Los automóviles, las vías de circulación y las señales en torno de ellas, el tránsito como sistema complejo y caótico, y el hombre en la colisión como objeto (cuerpo participante) y como sujeto (conductor de cuerpos participantes), determinan el campo de las ciencias específicas de la ingeniería forense en el análisis de los siniestros viales, una especialidad cuyo conocimiento, dominio y aplicación hacen al desarrollo consistente y eficaz en la reconstrucción analítica del siniestro.

### Las ciencias técnicas en ingeniería forense

Supera la extensión de esta sección el mero abordaje descriptivo de las ciencias aplicadas a la investigación de los siniestros del tránsito. Cada una de ellas ha dado lugar a más de un libro denso y extenso, y en el transcurso del tiempo incorpora nuevos temas, nuevos enfoques, nuevas técnicas y recursos, que permiten un mayor conocimiento, tanto de las ciencias básicas como de las ciencias técnicas. Vaya entonces algo breve de la cuestión a modo de cierre.

Bajo la acción de movimientos anormales, bloqueos, deslizamiento lateral, etc., los neumáticos de los automotores dejan partículas de la cubierta exterior sobre el piso, conformando marcas (huellas) que describen no solo las trayectorias, sino que permiten estimar las fuerzas de interacción entre los neumáticos y el pavimento durante el lapso en que se produjeron dichas marcas.

La elaboración teórica, a partir de los principios de la fricción de las superficies, y la aplicación del principio de conservación del impulso y de la energía total en los sistemas aislados, permite desarrollar modelos relativamente simples que vinculan las masas, las longitudes y formas de las huellas, las características de los neumáticos y del pavimento, con la variación de velocidad de los cuerpos.

Por otra parte, una vasta lista de ensayos bajo condiciones controladas, la información aportada por los fabricantes de neumáticos y por las empresas de pavimentación,

conforman una batería de coeficientes y relaciones tecnológicas, algunas de base empírica, que constituyen un amplio y confiable conjunto de herramientas aplicables a la interpretación y modelación de las huellas dejadas en el pavimento por los protagonistas de un choque, antes y después de producido el mismo.

Los automóviles poseen propiedades derivadas de su propio diseño. Una de ellas es la estabilidad durante la marcha, para una gran variación de condiciones del terreno, situaciones atmosféricas y otras circunstancias. Para cada caso, existen condiciones de marcha y valores límite de los parámetros cinemáticos y dinámicos (velocidad, radio de giro, desaceleración con los frenos). Estos valores límites son establecidos en el propio diseño y verificados en ensayos tipo, normalizados, para vuelco por desplazamiento lateral y choque con cordones y taludes, derrapes en curvas cerradas e, incluso, fenómenos como el hidroplaneo se asocian a la acumulación de agua en la calzada y a velocidades de circulación por encima de determinados valores, para determinadas dimensiones y condiciones de los neumáticos. Todos los resultados de los ensayos están a pública disponibilidad en las comunicaciones científicas y en la bibliografía especializada, sobre todo la editada en idioma inglés.

Los neumáticos tienen una capacidad limitada a la hora de mantener la trayectoria del vehículo bajo la acción de fuerzas laterales. El fenómeno es conocido como deriva y tiene un valor límite en el ángulo de deriva. Este valor publicitado ampliamente por los fabricantes de neumáticos proporciona otra referencia precisa para analizar fenómenos de pérdida de estabilidad lateral en la marcha, que derivan en derrapes y trompos.

184

Los movimientos que determinan sucesivamente el derrape, trompo y/o vuelco de los automóviles dejan huellas, como todos los fenómenos físicos presentes en un siniestro. Estas huellas pueden interpretarse y asociarse con los fenómenos cuantificados en los ensayos, determinando de esa manera si se han superado o no los límites, o conformando modelos numéricos de los desplazamientos a partir de referencias típicas dadas en los ensayos mencionados. Las huellas en el pavimento asociadas a los movimientos y las huellas en el automotor en diversas partes de la carrocería, analizadas en conjunto, constituyen una fuente insustituible para el análisis exitoso de este tipo de siniestros.

La aplicación de los principios conservativos de la mecánica teórica a la interpretación de los fenómenos de deformación de los vehículos durante la colisión permite asociar cuantitativamente el trabajo mecánico necesario para producir la deformación, con la energía cinética perdida en el hecho. Una elaboración teórica y la realización sistemática de ensayos de impacto contra barrera (*crash test*), de acuerdo con las normas vigentes en los Estados Unidos y en Europa, suministra una fuente experimental útil y confiable para aplicar modelos específicos a este fenómeno en particular.

Los automóviles tienen características que determinan ciertas condiciones particulares, que generan situaciones de peligro insospechado, aun en movimientos normales. Un ejemplo de ello es el *overtracking*, un fenómeno que genera colisiones laterales imprevistas en la parte trasera de un vehículo que desarrolla una trayectoria curva. Este fenómeno se incrementa dramáticamente cuando mayor es la distancia entre ejes del vehículo.

## La mecánica en las ciencias biológicas

Los seres humanos pueden ser considerados, desde el punto de vista de sujeto (cuerpo) que participa pasivamente de una colisión, como una construcción natural. Esta consideración es la que permite incorporar, mediante la biomecánica, el análisis de fuerzas, aceleraciones, tensiones y deformaciones en el movimiento del cuerpo humano (biocinemática y biodinámica), así como en la producción de lesiones en las estructuras del cuerpo.

A partir de ensayos realizados a lo largo de siglo y medio, se dispone de una información consistente para comprender la funcionalidad y los límites de resistencia y tolerancia de las estructuras, como la relación cráneo-cerebro, las articulaciones cuello-columna, hombro, codo y muñeca–mano, la capacidad restringida de deformación de la cadera y el complejo estructural rodilla-pierna – pie–tobillo, la resistencia de los huesos largos y los huesos planos a la aplicación de fuerzas de impacto e, incluso, establecer relaciones específicas de límite de esfuerzo.

De esta manera, las lesiones producidas en el atropello de un peatón adulto o de un niño, las partes del vehículo exteriores e interiores contactadas por partes del cuerpo humano en el impacto, permiten definir rangos de velocidades y aceleraciones vigentes durante la colisión, y realizar estimaciones cuantitativas y cualitativas de los mismos.

Queda, por último, referirse a fenómenos relacionados con la neurofisiología (la visión, la audición, la reacción neuromuscular), y la afectación funcional del alcohol y las drogas. Si bien no son materia de incumbencia de la ingeniería forense, proporcionan referencias, no siempre firmes y consistentes, que pueden ayudar a definir aspectos relacionados con la producción del siniestro, en especial de su contexto (aproximación, percepciones tempranas de ciertos hechos); en la medida en que sean utilizados de modo responsable y con criterio, pueden contribuir a corroborar conclusiones obtenidas por otras metodologías, o proporcionar indicios para ahondar en la investigación.

Es conveniente tener siempre presente que las consideraciones de los aspectos neurofisiológicos de los conductores y de los peatones involucrados en los siniestros abordan el análisis del hombre-protagonista como sujeto inteligente, dueño de su voluntad y responsable de sus actos. Este aspecto relaciona el análisis y sus conclusiones con aspectos de valoración de las conductas humanas, un campo de dictamen vedado expresamente a la ingeniería forense.

## Epílogo

Nadie adquiere un título universitario por leer un libro, por bueno que este sea; por lo tanto, no sugerimos el reemplazo del estudio ordenado, metódico y paciente que demanda la profesión de ingeniería, por la lectura de este ensayo. Sin embargo, esta sección, dentro de este libro, puede ofrecer más de un centro de interés en personas de distintas profesiones y experiencias.

El ingeniero que se inicia en la práctica forense, e incluso el que hace tiempo está inmerso en la especialidad, hallará aspectos metodológicos, información sobre algunas

técnicas específicas y referencias bibliográficas, lenguajes de comunicación interdisciplinaria, y otros temas que seguramente le servirán de soporte para una reflexión superadora.

El técnico policial y judicial, abocado a las fases de investigación y colecta de rastros, podrá encontrar más de una razón que explique el porqué de su tarea y le sirva para mejorar el cómo hacerlo; quien conoce el objeto de su trabajo, tiene alicientes adicionales y una comprensión estimulante, que seguramente mejorará los resultados y la satisfacción personal.

Al juez, fiscal, funcionario judicial y abogado que representa a particulares, los desarrollos que presentamos le ayudarán a mejorar la comprensión del trabajo de los científicos en general, y de los ingenieros en particular, cuando son involucrados como auxiliares de la justicia.

El gerente de la compañía de seguros o el responsable de las políticas de seguridad de la empresa hallará también elementos de análisis y reflexión para desarrollar políticas de gestión eficientes, seleccionar y formar cuadros calificados, y aplicar metodologías apropiadas en la investigación de siniestros.

Y la sociedad en general, en particular aquella que es parte de la sociedad involucrada con los temas que se dirimen en estas páginas, podrá encontrar un punto de partida para una mejor calidad de justicia y equidad en la convivencia necesaria en el tránsito, sobre todo cuando algunos de los límites de esa convivencia se superponen sobre intereses contradictorios.

## BIBLIOGRAFÍA



**Academia de Tráfico de la Guardia Civil (2000).** *Investigación de accidentes de tráfico.* Ministerio del Interior Madrid - Dirección General de Tráfico NIPO 128-00-102-5.

**Alba J., Monclús J. y Iglesia A. (2001).** *Accidentes de tráfico – Manual básico de investigación y reconstrucción.* Grupo de Seguridad Vial y Accidentes de Tráficos – Universidad de Zaragoza ISBN 84-95475-21-9 – Zaragoza. España.

**Baker J. y Fricke L. (1970).** *Manual de investigación de accidentes de tráfico.* Traducción de *Traffic Accident Investigator's. Manual for police* – Northwestern University, Evanston, Illinois, segunda edición 1964. Traducción de la Dirección Gral. de la Jefatura de Tráfico Ministerio del Interior. Madrid. España.

**Bohan T. y Damask A. (2004).** *Forensic accident investigation: Motor vehicles* - LEXIS Law Publishers, 1995-2004, ISBN 1-55834-254-0. Virginia. Estados Unidos.

**Brach R. y Brach M. (2005).** *Vehicle accident analysis and reconstruction methods* - SAE. International. ISBN 0-7680-0776-3 Edition.

**Burke M. (2007).** *Forensic medical investigation of motor vehicles incidents* - ISBN 0-8493-7859-1 CRC Press, 1st. edition.

**Carper K. (1997).** *Forensic engineering* - CRC Press, 2nd edition, ISBN 0-8493-7484-7.

**Ching-Yao Chan (2000).** *Fundamentals of crash sensing in automotive air bag systems* SAE. ISBN 0-7680-0499-3. Warrendale. Estados Unidos.

**Jouvencel M. (2000).** *Biocinemática del accidente de tráfico.* ISBN 84-7978-415-6 – M. R. Jouvencel. Editorial Diaz de Santos. Madrid. España.

**Randall K. (2001).** *Forensic engineering investigation* - CRC Press, 1st. edition, ISBN 0-8493-0911-5.

**Van Kirk D. (2001).** *Vehicular accident investigation and reconstruction* - CRC Press, ISBN 0-8493-2020-8.

SE TERMINO DE IMPRIMIR EN  
LOS TALLERES GRÁFICOS DE  
TAREA ASOCIACIÓN GRÁFICA EDUCATIVA  
PSJE. MARÍA AUXILIADORA 156, BREÑA  
CORREO E.: TAREAGRAFICA@TERRA.COM.PE  
TELÉF.: 332-3229 Fax: 424-1582  
SE UTILIZARON CARACTERES  
FRUTIGER LT 55 ROMAN Y KORINA BT  
EN 9,5 PUNTOS PARA EL CUERPO DEL TEXTO  
SETIEMBRE 2008 LIMA – PERÚ