

tamientos matemáticos y teóricos (por ejemplo, se ha prescindido de plantear ecuaciones diferenciales, sólo se menciona el carácter vectorial de algunos parámetros y se enfatiza la prioridad de las operaciones matemáticas, mediante la agrupación redundante con paréntesis, corchetes y llaves), en el convencimiento de que nuestros pares habrán de reconocer los límites de utilidad de las simplificaciones presentadas.

Se dijo al inicio que con estas páginas se pretende comenzar a llenar el vacío existente respecto del tratamiento sistematizado de la accidentología, motivo por el cual recibiremos con agrado las sugerencias, correcciones, experiencias y críticas que se nos hagan llegar, en aras de mejorar futuras ediciones.

EL AUTOR

Buenos Aires, setiembre de 1996

CONCEPTOS PRELIMINARES

1. ACCIDENTE DE TRÁNSITO

Un accidente es un suceso (o encadenamiento de sucesos) inesperado, impremeditado, e indeseado, generalmente de consecuencias desagradables: lesiones a las personas y/o daños a las cosas.

En accidentes de tránsito, habitualmente el suceso es la coincidencia témporo-espacial de dos objetos y/o cuerpos.

Definido de esta manera, un accidente es una situación dinámica que implica un encadenamiento de circunstancias y sucesos que culminan en él.

Este encadenamiento no significa que esté predeterminada la ocurrencia inexorable del accidente, aunque sí que la repetición idéntica de todas las circunstancias y procesos producirá idénticos resultados.

Este razonamiento parece condenarnos a buscar las causas del accidente en el principio de los tiempos, lo cual afortunadamente es un sofisma, ya que la variación de alguna de las circunstancias o sucesos aludidos, en un entorno de inmediatez del accidente, lo habría modificado, e inclusive podría haberlo evitado.

Ello así, a los efectos de la reconstrucción o del análisis

sis del accidente, sólo es necesario estudiar un intervalo témporo-espacial acotado en el entorno del mismo.

Es decir, a los efectos accidentológicos, no es importante determinar si el conductor de un móvil accidentado retrasó el comienzo de su viaje (lo que hizo que estuviese en el sitio del accidente en el instante del mismo) por haber estado tomando unas copas, sino, si en instantes previos al accidente su aptitud para reaccionar adecuadamente estuvo afectada por el alcohol.

El entorno témporo-espacial del accidente está en primera instancia, y a los efectos de su análisis y reconstrucción, limitado: previamente por los instantes-sitios desde donde los protagonistas tuvieron la primera oportunidad de percibir el riesgo, y luego del accidente por los instantes-sitios donde se alcanzó la situación de reposo o estabilidad.

En un proceso ulterior puede ser necesario ampliar los límites; por ejemplo: hacia atrás, buscando fallas mecánicas o humanas previas, y hacia adelante, para saber si previo al registro de los indicios, éstos fueron modificados y de qué manera.

Como se ve, esta ampliación, de existir, será particular para cada caso, y estará dirigida a esclarecer o aportar elementos que tuvieron incidencia en el entorno definido primero.

2. RECONSTRUCCIÓN Y ANÁLISIS DE ACCIDENTES

La investigación de accidentes esta compuesta por tres grandes cuestiones:

- a) Recolección y registro de datos.
- b) Reconstrucción.
- c) Análisis.

Como ya dijéramos, estas líneas pretenden adecuarse al tratamiento del accidente en sede judicial, por lo que la

recolección, que debe tener lugar inmediatamente después del accidente, ya ha debido ser realizada.

Por otro lado, existe buena bibliografía al respecto.

Esto hace que no tratemos las cuestiones referidas a la *recolección y registro de datos*, sin por ello menospreciarlas, ya que la mejor peritación sólo podrá acercarse a la verdad de lo sucedido tanto como se lo permitan los datos oportunamente recolectados y adecuadamente registrados.

Si bien la *reconstrucción* intenta determinar *a posteriori* cómo ocurrió un accidente, mientras que el *análisis* busca encontrar por qué ocurrió, y se basa en la reconstrucción, no debe perderse de vista que ambas cuestiones forman parte del mismo proceso de investigación, pudiendo retroalimentarse en un proceso iterativo.

Como cada parte de la investigación técnica del accidente utiliza herramientas particulares, se ha optado por tratarlas por separado para su mejor sistematización.

PRIMERA PARTE
RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES

CAPÍTULO PRIMERO

RECONSTRUCCIÓN

1. RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES

Es la mejor o más probable explicación sobre cómo ocurrió un accidente, o ciertas partes del mismo.

Consiste en determinar, *a posteriori*, la o las posibles formas en que pudo haber acaecido un accidente, mediante la aplicación de las leyes de la física a los datos y hechos que del mismo se dispongan u obtengan.

Naturalmente, en este proceso retrospectivo, los elementos a considerar pueden aparecer (y generalmente ocurre así) mezclados, confusos, distorsionados, falseados, difusos, y pueden asimismo no tener vinculación con los hechos. De igual modo, elementos de juicio importantes no siempre se hallan disponibles.

Como vemos, y para usar una gastada analogía, se trata de armar un rompecabezas del que no conocemos el resultado, en el que pueden faltar piezas, haber otras que no correspondan al mismo, y aun algunas borrosas.

Afortunadamente, siendo un hecho físico, vienen en nuestra ayuda distintas disciplinas científicas que nos indi-

can cómo deben ser las relaciones entre las piezas del *puzzle*, lo que nos permite ubicar las correctas en su posición, desechar las que no correspondan, clarificar las borrosas y, a veces, suplantar las faltantes.

Evidentemente, esta interrelación de datos, hechos y fenómenos, será tanto más perfecta y cercana a la realidad, cuanto mayor sea la cantidad de elementos fidedignos de que se disponga.

En la reconstrucción de un accidente buscamos entonces encontrar, en su entorno témporo-espacial (en adelante entorno del accidente), cuál fue el comportamiento de los protagonistas, es decir, cuáles fueron sus posiciones, direcciones, orientaciones, velocidades y aceleraciones, en instantes previos, durante el accidente y posteriormente al mismo, desde donde el riesgo era percible por primera vez, y hasta la estabilización final de los sucesos.

2. PROTAGONISTAS DEL ACCIDENTE

Definimos como protagonistas del accidente a todas las personas o cosas que intervienen en el mismo, directa o indirectamente, activa o pasivamente.

a) *Protagonista directo activo (PDA)*.— Es aquel que, por una acción propia (activo), es afectado por el accidente (directo).

b) *Protagonista directo pasivo (PDP)*.— Es quien resulta afectado por el accidente (directo), pese a que ningún acto suyo (salvo su presencia) contribuyese al accidente (pasivo).

c) *Protagonista indirecto activo (PIA)*.— Es el no afectado por el accidente (indirecto), aun cuando sus acciones influyeron en el mismo (activo).

d) *Protagonista indirecto pasivo (PIP)*.— Es el no afectado (indirecto), y cuyas acciones (salvo su presencia) no influyeron en el accidente.

Así, si un automovilista (A) encandila a otro (B), el que por este motivo está a punto de embestir a un tercero estacionado (C), y, por esquivarlo, embiste a un peatón que paseaba por la vereda (D), resulta:

(A) es *protagonista indirecto activo*, ya que si bien no resultó afectado (indirecto), su acción de encandilar influyó en los hechos (activo).

(B) es *protagonista directo activo*, ya que una acción suya (atropellar) lo convierte en activo, y como resultó afectado en algún grado es directo.

(C) es *protagonista indirecto pasivo*, puesto que, salvo su presencia, ninguna acción suya influyó en el accidente, es decir que es pasivo, y como no resultó directamente afectado, es indirecto.

(D) es *protagonista directo pasivo*, por cuanto, salvo su presencia en el sitio, sus actos no influyeron en el accidente, por lo que resulta pasivo, y como fue afectado por el mismo, aparece como protagonista directo.

3. METODOLOGÍA DE LA RECONSTRUCCIÓN

Una correcta reconstrucción debe explicar coherente y acabadamente todos los fenómenos y procesos que ocurrieron en el entorno témporo-espacial del accidente, interrela-

cionándolos de forma lógica y con arreglo a las leyes de la física.

Ningún dato o indicio debe quedar fuera de la reconstrucción, a menos que se constate que no pertenece al accidente, o que en ninguna cadena de sucesos razonable pueda tener cabida lógica.

A veces se puede reconstruir el accidente llanamente, partiendo de los datos; es lo que llamamos método directo; otras veces es necesario explorar distintas hipótesis, hasta encontrar alguna que explique los hechos y sea coherente con los datos e indicios, para lo cual puede llegar a ser necesario realizar maquetas o modelos de simulación matemática. Es el método indirecto.

Siempre se deben encontrar todas las formas posibles de ocurrencia que se verifiquen con los datos y restantes elementos, es decir, debe evitarse concluir la reconstrucción al encontrar la primera explicación plausible, debiendo continuarse hasta agotar las posibilidades razonables.

4. DECLARACIONES Y TESTIMONIOS

Una cuestión que merece una referencia previa es la consideración que el investigador de accidentes debe dar a los testimonios y declaraciones de protagonistas y testigos.

Dado que un accidente es esencialmente inesperado, y usualmente fugaz, las declaraciones de testigos y protagonistas, aun de buena fe, pueden no ser suficientemente correctas.

Aunque un testigo crea estar diciendo la verdad, en realidad está diciendo *su* verdad, ya que su versión necesariamente está determinada por su subjetividad (para no mencionar posibilidades de falseamiento, ocultación, y deformación voluntarias).

Así, por ejemplo, la percepción de la velocidad de un móvil es variable de una persona a otra, y aun para la misma

persona, puede variar con la edad o la atención que esté prestando (en general, para personas mayores un mismo automóvil *va más rápido* que para los jóvenes, y una persona sorprendida en su abstracción, puede considerar que un rodado se desplazaba más rápidamente de lo que en realidad lo hacía).

Inclusive hay factores que distorsionan la percepción: difícilmente se considere, viéndolos aislados, que dos rodados de muy diferente porte circulan a la misma velocidad, aunque lo hagan; el escape libre o la apariencia deportiva de un coche pueden inducir la creencia en desplazamientos más veloces que los reales, y a la inversa, estados de obsolescencia del rodado pueden provocar subestimación de su velocidad real.

Determinadas condiciones (neumáticos nuevos en superficies lisas y secas) pueden provocar que los neumáticos *chillen* aun al girar una esquina a muy baja velocidad, lo que puede dar la impresión de un giro a gran velocidad.

Análogas dificultades se presentan ante la apreciación de distancias, siendo las mismas poco confiables si no se basan en referencias físicas, y aun así, salvo en enfilaciones, el paralaje puede provocar errores significativos.

Como se ve, un testigo puede estar mintiendo sin saberlo, y no deben descartarse declaraciones *adecuadas*, ya sea para minimizar la propia responsabilidad, en el caso de los protagonistas, o por simpatías e intereses de los testigos.

Por lo dicho surge que las declaraciones y testimonios no deben ser considerados determinantes en una primera instancia de la investigación accidentológica.

Sin embargo, desecharlos definitivamente *a priori*, puede privar al investigador de datos interesantes o útiles, motivo por el cual, a nuestro juicio, debe ubicárselos en el contexto corroborativo de los elementos objetivos, en una etapa ulterior de la investigación. Así, entendemos que un informe accidentológico serio, jamás se basa exclusivamente en dichos no corroborados por elementos físicos.

La evaluación genérica de los testimonios debe ser realizada sólo por los jueces; lo único que le cabe al perito es evaluar las implicaciones técnicas de los dichos, analizando la factibilidad física y contrastándola con los elementos objetivos.

En alguna oportunidad, se nos ha presentado el caso en que todas las declaraciones de los protagonistas y supuestos testigos contradecían la evidencia física recolectada por la policía.

En ese caso se optó por basar el informe sólo en la evidencia física y alertar al juez sobre la contradicción mencionada.

5. ELEMENTOS A CONSIDERAR EN LA RECONSTRUCCIÓN

Para reconstruir un accidente es necesario tener en cuenta una serie de elementos, los que adecuadamente interpretados nos brindarán información de suma utilidad; los principales son los que se comentan a continuación:

a) *Ubicación témporo-espacial del accidente.*— Involucra tres aspectos que conviene tratar por separado: macroubicación; ubicación; microubicación.

1. *Macroubicación.* I. *Aspecto espacial:* Determina la región donde ocurrió el accidente, lo cual puede ser de suma importancia; por ejemplo, puede ser urbana o rural, ya que muchas reglamentaciones hacen distinción entre ambas.

También podrá tener importancia el hecho de ser una región quebrada o llana, o posibilidad de fatiga, no descartable en zonas rurales.

II. *Aspecto temporal:* La época del año puede determinar factores ambientales e inclusive humanos, influyen-

tes; por ejemplo, la visibilidad en un cruce puede estar disminuida por exuberancia de los vegetales en primavera-verano, con respecto a la época invernal.

La macroubicación se obtiene de la información general del hecho.

2. *Ubicación.* I. *Aspecto espacial:* Es la determinación del escenario de los sucesos y brinda información muy útil: tipo de piso (coeficiente de rozamiento, estado, baches, etc.); pendientes; obstáculos a la visibilidad; trazado del camino (recta, curva, puente, desvío, paso a nivel, cruce, etc.); tipo y características de las banquetas, etcétera.

II. *Aspecto temporal:* Se refiere a la hora y al día en que ocurrió el accidente, y puede resultar de significativa importancia; por ejemplo, determina si era de noche o de día, la posibilidad de existencia de sombras que enmascarasen un riesgo, posibles encandilamientos solares o por luces artificiales, etcétera.

Permite saber si en el entorno temporal del accidente llovía, o estaba mojado el piso, o había niebla, etcétera.

También la humedad del piso, variable con las horas, influye en el coeficiente de fricción, lo que modifica las distancias de frenado.

La ubicación también la obtenemos de la información general del accidente, pero se completa y perfecciona sólo tras la inspección del sitio, con confección de planos y/o tomas fotográficas adecuadas.

3. *Microubicación.* I. *Aspecto espacial:* Es la determinación más precisa posible del PDI (*punto de impacto*), o suceso crucial. En el capítulo *análisis de accidentes* (Segunda Parte) abundaremos sobre el tema.

Tal determinación se realiza en la reconstrucción, tanto directamente de los indicios, como de cálculos a partir de otros, según veremos a continuación:

— Al chocar un rodado con otro objeto sólido, por la conmoción estructural de su carrocería se desprenden los lodos y suciedades que, en mayor o menor grado, todos llevan adheridos en las zonas bajas de la misma.

Tales lodos, si están secos se depositan como polvos (o como barro, si están mojados) en las cercanías de donde ocurrió el impacto.

Si la velocidad es baja la ubicación de estos polvos determina con mucha exactitud el PDI.

A altas velocidades, estos residuos pueden avanzar bastante desde donde se desprendieron hasta donde finalmente se depositaron, por lo cual habrá de calcularse ese avance mediante las fórmulas de caída libre o de Searle, ya que cuando la precisión en la posición del PDI es importante, dicho avance puede ser trascendente.

— Las huellas de frenado pueden determinar el *punto de impacto*.

- Un ensanchamiento de las huellas indica un aplastamiento de los neumáticos. Cuando se produce un choque, acaece una brusca traslación de pesos en el sentido del avance, debido a la violenta desaceleración consecuencia del impacto, lo que provoca que los neumáticos más adelantados resulten sobrecargados, aplastándose contra el piso, por lo que roza contra éste una mayor superficie.

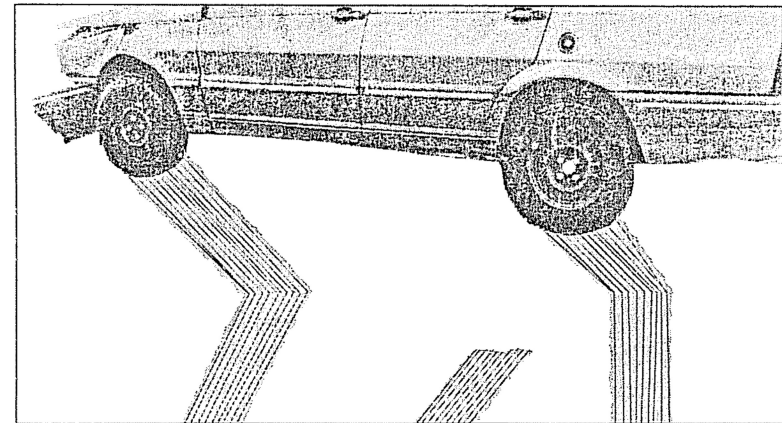
- Hay casos en los que la desaceleración es tal, que el efecto conjunto del aplastamiento de los neumáticos con el descenso de la suspensión delantera permite que la parte inferior de la carrocería golpee el piso, a veces marcándolo y dañándose.

- Un cambio brusco en la dirección de las huellas de frenado suele indicar el PDI, ya que en esos casos de choque

excéntrico, el impacto provoca una cupla que hace girar el rodado.

Cuando, como veremos, un rodado se encuentra patinando o deslizando debido al bloqueo de sus ruedas, la acción de la dirección disminuye sensiblemente, por lo que es imposible que por ésta se logre un cambio brusco en la dirección de avance.

Los cambios en la dirección de huellas de frenado debidos al impacto pueden tener radios de curvatura inclusive menores al radio de giro mínimo del rodado.



- El corte súbito de las huellas de frenado puede indicar también el PDI. Cuando nada interrumpe el proceso de frenado las huellas del mismo van desvaneciéndose suavemente, de atrás hacia adelante.

Cuando dichas huellas se cortan bruscamente es debido a que los neumáticos dejaron de disipar la energía cinética en ese instante; esto puede deberse a que dicha energía ha sido absorbida por otra cosa, por ejemplo, un choque.

Esto no debe confundirse con las interrupciones que provocan las irregularidades del camino, en cuyo caso las solu-

ciones de continuidad son cortas y bruscas (menores a un metro), ni con lo que sucede cuando la huella se corta porque se han dejado de accionar los frenos, motivo por el cual en la parte final de la misma se presenta una zona de transición que, aunque pequeña, es apreciable.

Esto siempre habrá de analizarse en un marco corroborativo, pues la difusión de las huellas suele no ser registrada por quienes hacen la investigación de campo, recogiendo los datos.

Lo mismo sucede con las interrupciones en las huellas debido a que el conductor modula el freno (es decir lo presiona y lo suelta alternativamente), lo que provoca cortes en la huella, de longitud superior al metro, pero con zonas de difusión en los extremos.

— Análogamente a los polvos, los inicios de regueros de líquidos suelen indicar el PDI; en este caso, tanto más cerca del mismo, cuanto menor haya sido la velocidad posimpacto del rodado (habitualmente, los depósitos de los que manan los líquidos se rompen recién al producirse el impacto).

— También se puede ubicar el PDI considerando que, necesariamente, hubo de encontrarse en la intersección de las trayectorias pre y posimpacto de cada uno de los protagonistas directos.

— Un impacto implica la interacción de fuerzas, por lo que el PDI, forzosamente, ha de encontrarse sobre las rectas de acción de las fuerzas interactuantes, las que, a veces, provocan efectos útiles para su determinación.

— Indirectamente se puede determinar el PDI, mediante un proceso iterativo, utilizando dos métodos de cálculo independientes; por ejemplo: distancia de frenado y caída de cristales, conociendo las posiciones finales de éstos y del rodado (lo que no es inusual).

De esta manera, y tomando una velocidad de impacto arbitraria (V_0), se puede obtener la distancia entre el PDI (hasta el momento desconocido) y el lugar en que habrían caído los cristales, si el rodado circulaba a V_0 , es decir, determinamos un PDI' con las fórmulas de caída libre o las de Searle.

Entre PDI' y la posición final del rodado tendremos entonces una distancia de frenado D' , con la que podemos calcular una velocidad de impacto V' mediante las fórmulas de frenado, tal que, circulando a V' , al rodado le insumiera una distancia D' detenerse.

Luego, reemplazando V_0 por V' , reiniciamos el proceso, y obtenemos D'' y V'' , y lo continuamos hasta que entre V_n y V_{n-1} , la diferencia sea menor a la precisión requerida.

Si V_0 es elegida criteriosamente el proceso converge rápidamente. Usualmente una precisión del 10% es suficiente.

II. *Aspecto temporal:* Consiste en determinar el instante de la ocurrencia del hecho. Como tal cosa no es posible, aunque suele ser necesario establecer cronologías de sucesos, con precisión menor al segundo, en general se recurre a asignar el instante *cero* al impacto, mientras que a los sucesos previos se les asignan tiempos negativos, y a los posteriores, tiempos positivos. En el capítulo sobre *análisis de accidentes* (Segunda Parte) abundaremos al respecto.

b) *Itinerarios previstos por los protagonistas.*— Siempre es necesario conocer desde dónde provenían y hacia dónde se dirigían los protagonistas, para saber cómo preveían hacerlo, es decir, sus características de circulación.

En circulación correcta y normal los protagonistas siguen trayectorias paralelas al eje del camino, en tramos rectos y en tramos describiendo curvas suaves, con velocidad constante y/o aceleraciones o desaceleraciones leves, todo lo cual puede alterarse ante la aparición de obstáculos, o debido a errores en la conducción.

La utilidad de los itinerarios previstos es, como en el caso de la macroubicación, permitir una primera aproximación al estudio de los hechos, ya que brinda pautas sobre las acciones que hubieran llevado a cabo los protagonistas si no hubiese habido interferencias en su circulación (seguir, detenerse, girar, etcétera).

Comúnmente son datos que se obtienen de la información general del accidente, aunque deben corroborarse con la evidencia física.

Ocasionalmente ocurre que, al menos parte de los itinerarios, deba inferirse de la evidencia, ya que la información general puede ser incompleta, entre otras causas, por fallecimiento de algún protagonista.

c) *Trayectorias previas de los protagonistas.*— Son las trayectorias efectivamente descriptas por los protagonistas antes del accidente, en el entorno de estudio del mismo.

Su utilidad es realmente trascendente, como veremos en el capítulo sobre *análisis de accidentes* (Segunda Parte).

Las trayectorias previas se determinan por medio de la *reconstrucción*, a partir de los indicios:

— Una primera forma de hacerlo es a través de las huellas de frenado, cuya traza indica la dirección de quien la dejó, y sus desviaciones, si bruscas, pueden indicar la dirección de fuerzas incidentes externas a quien pertenecen.

— En algunos casos se cuenta con arañazos dejados en el piso por partes duras de los protagonistas (llantas, por ejemplo), que indican la dirección que llevaba esa parte en el momento de producir la marca. Si no hay elementos que permitan presumir la existencia de giros o rotaciones, será ésa la dirección del móvil en dicho instante.

— Otra forma de reconstruir las trayectorias previas es

a partir de las deformaciones permanentes en los protagonistas directos del accidente.

Los daños dan una idea bastante acabada de la dirección y el sentido de las fuerzas que los produjeron, especialmente los sufridos por las zonas más fuertes y rígidas de cada estructura, ya que éstas resultan menos afectadas por las deformaciones inducidas en otras direcciones.

Considerando el principio de acción y reacción, que más adelante explicaremos, la recta de acción de la fuerza que produjo una impronta en un protagonista debe ser coincidente con la de la fuerza que produjo la impronta en el otro protagonista, lo cual nos permite determinar las posiciones relativas de ambos al instante del choque.

El ángulo que forman las respectivas direcciones de avance es llamado *ángulo de incidencia*.

— Ubicados los protagonistas en el PDI, con sus posiciones relativas definidas por el ángulo de incidencia, quedarán determinadas las trayectorias previas inmediatamente anteriores al impacto si se conoce algún otro punto de cualesquiera de ellas. De lo contrario, habrá infinitas posibilidades de combinaciones de trayectorias previas que, manteniendo el mismo ángulo de incidencia, podrían haber acaecido.

— Las trayectorias posteriores también ayudan a determinar las previas, o al menos permiten descartar muchas opciones, por ser de imposible ocurrencia física, ya que si bien las analizamos por separado, ambas trayectorias pre y posimpacto, son parte de un mismo fenómeno físico continuo.

d) *Trayectorias posteriores.*— Son las efectivamente descriptas por los protagonistas luego del impacto.

Se determinan a través de los indicios y las posiciones finales de los protagonistas.

Como las trayectorias posteriores ocurren luego de haber interactuado las fuerzas de la colisión, ergo, haberse producido los daños, suelen quedar rezagos entre el punto de impacto y el de posición final de cada protagonista.

Estos rezagos son útiles a los efectos de determinar las trayectorias posteriores, y a veces para ayudar a determinar las previas, así como la velocidad de impacto.

Estos indicios pueden ser:

— Huellas de frenado, o bloqueo de algún neumático.

— Arañazos o marcas en el piso dejadas por partes duras de los protagonistas, frecuentemente por haberse dañado en el impacto.

— Partes de carrocería o cargas desprendidas en el impacto.

— Regueros líquidos, los cuales dan una buena idea de la dirección de aquel móvil del que manaban.

En todos los residuos fluidos cabe la posibilidad de escurrimientos, debido a pendientes locales, por lo que además de tener en cuenta su forma y ubicación deberá atenderse a la eventual necesidad de hacer correcciones por este motivo.

— La industria automotriz utiliza tres tipos de cristales (inclusive en un mismo auto):

Vidrio común: se usa frecuentemente en las ópticas o faros delanteros.

Cristal templado: de uso general en ventanillas y en muchos parabrisas y lunetas. Se rompe en pequeños trozos, asemejando sal gruesa.

Cristal de seguridad o tipo "sandwich": son dos capas de cristal laminado adheridas a una capa de polímero transparente y muy resistente.

Muchos parabrisas son de este material, el cual es de uso obligatorio en algunos países, ya que al astillarse no se desprende con facilidad. Se rompe en trozos grandes.

- Los restos de vidrio tienen comportamiento diferente, según cuál sea el origen de la rotura. Si se rompen por un impacto directo sobre sí mismos tienden a caer en forma gradual, por lo que, de alguna manera, van indicando la trayectoria recorrida desde su rotura.

- Si se rompen como consecuencia de una deformación estructural (compresión coplanar), los templados actúan casi como explotando, dispersándose mucho, pero con una suerte de dirección media, que sirve a los efectos de determinar la que llevaba el móvil al estallarle el, por ejemplo, parabrisas.

- Los cristales de seguridad, si son expulsados por una deformación estructural, permanecen sustancialmente unidos, de modo que también pueden dar idea del movimiento del rodado en el momento de la rotura, sobre todo vinculando su posición final con algún otro punto de su trayectoria.

— Mal que nos pese, a veces son indicios útiles los restos de las víctimas, tales como sangre (que en forma de charcos, suele indicar el sitio de su posición final; como regueros, indica su dirección posimpacto, y como manchas pequeñas asociadas con trozos de epidermis o pelo, o bien residuos de ropa, puede indicar sitios donde golpeó la víctima).

— Los cuerpos proyectados por un embestimiento se

deslizan y ruedan (poco) entre el punto en el que golpean contra el piso y aquel donde finalmente yacen (posición final), por lo que suele quedar esa zona como *barrida* por ellos. Tal *barrido* indica la dirección del movimiento del cuerpo al recorrer dicha zona.

e) *Daños a las cosas*.— Al referirnos a los elementos anteriores de la reconstrucción, ya hemos hecho referencia a muchas cosas que, por estar dañadas de determinada manera, representan indicios útiles para cada uno de ellos; acá abundaremos específicamente en la cuestión.

En estas páginas denominamos *punto* a la ubicación témporo-espacial de un suceso, y *parte* a la zona o zonas de los protagonistas a las que se hace referencia (parte frontal; parte trasera, etcétera).

Los daños que sufren las cosas, correctamente interpretados, dan buena idea de las direcciones de los esfuerzos que solicitaron a los materiales hasta dañarlos (deformaciones, roturas, cambios de posición).

La interpretación debe ser realizada muy cuidadosamente por quien tenga acabados conocimientos sobre el comportamiento y resistencia de los materiales de que se trate, pues las direcciones buscadas (llamadas principales) suelen estar enmascaradas por deformaciones inducidas o indirectas.

Cuando una fuerza actúa sobre un material, éste se deforma en la misma dirección de la fuerza que origina la deformación, pero simultáneamente se deforma en direcciones perpendiculares a la principal.

Para visualizar esto, tómese una goma de mascar y comprímase entre dos dedos; se notará que, a medida que se la comprime en una dirección, la goma se ensancha en las direcciones perpendiculares a la de compresión.

Con todos los materiales sucede lo mismo, aunque modificándose las características de respuesta para cada uno.

Entonces, cuando un esfuerzo provoca deformaciones en la dirección de su carga, también las provoca en dos direcciones perpendiculares a ella. Dicho de otro modo, para todo material es imposible reducir su longitud sin aumentar en ancho y en altura.

Éstas son las *deformaciones inducidas* por un esfuerzo, el que provoca *deformaciones principales* en su propia dirección.

Al conjunto de deformaciones provocadas por la acción directa de la carga (principales e inducidas) suele denominárselo *deformaciones directas*.

Además, es dable encontrar daños (deformaciones) que llamamos *indirectos*. Son los causados por la transferencia de esfuerzos (o por deformación) de las partes afectadas directamente a otras con las que se hallan vinculadas; fenómeno que se propaga reduciéndose, debido a la amortiguación que la elasticidad de los materiales provee, y a la disipación de energía que las deformaciones provocan.

Hay autores que también llaman daños indirectos a los producidos en el accidente, pero no como consecuencia directa del impacto sino del cambio de velocidad; por ejemplo, los ocurridos por proyección de objetos sueltos.

A la confusión que pueden provocar sobre la dirección principal los daños inducidos y los indirectos, aun cabe agregarle la que puede producir el *pandeo* de las estructuras.

El pandeo es un fenómeno complejo, vinculado a la resistencia de los materiales, a las características de cada estructura, y al tipo de cargas que lo solicitan.

Groseramente puede decirse que es un comportamiento de la estructura que provoca que su deformación sea distinta a la teóricamente previsible. Ejemplo de ello resulta ser una barra delgada sometida a compresión axial, la que sólo debería acortarse longitudinalmente y ensancharse; sin embargo, en la realidad observamos que se deforma arqueándose lateralmente (flexionándose).

Para comprender esto más fácilmente imaginemos que tenemos dos resortes cilíndricos, del mismo material y diámetro; uno tendrá una longitud del orden de su diámetro, en el otro la longitud será cincuenta veces su diámetro.

Si comprimimos el primero veremos que se acorta axialmente, pero cuando aplicamos el mismo proceso al segundo comprobamos que se arquea lateralmente.

Las estructuras esbeltas, en las que al menos una de sus dimensiones es ínfima en relación con las otras, son especialmente sensibles al pandeo. Tal es el caso de las chapas de los rodados.

Salvo la tracción pura, todos los tipos de solicitaciones o combinaciones de las mismas pueden provocar pandeo, y es precisamente la tracción el único tipo de sollicitación ausente en una colisión.

Como surge de los dos últimos párrafos, en casi toda colisión de magnitud se producirá pandeo de alguna de las partes comprometidas, lo que aumentará la dificultad de determinar la dirección de la carga principal.

Pese a todo el enmascaramiento aún es válida la idea de que las deformaciones brindan una buena idea de la dirección del impacto, a condición de que se lo tenga en cuenta y se analice la cuestión concienzudamente.

A tal fin es conveniente resaltar que cuanto más sólidas y rígidas sean las estructuras dañadas, con tanta más seguridad podrán indicar la dirección de la carga que las deformó.

Ejes, parrillas de suspensión, columnas de dirección, llantas, chasis, etc., son, a estos fines, mucho más precisos que los paneles de chapa, especialmente ante grandes daños con deformaciones de magnitud.

De todos modos, aun las deformaciones puramente de chapa, analizadas globalmente pueden indicar la dirección del esfuerzo, para lo cual debe tratarse de reconstruir la trayectoria de cada parte desde su posición original hasta su ubicación final. No debe perderse de vista que impactos distintos pueden provocar improntas similares.

Por ejemplo, un rodado que choca frontal y excéntrica-mente con otro (parte de contacto inicial guardabarros delantero izquierdo) puede mostrar una impronta similar a la que le habría producido un embestimiento en la misma parte pero a 45°.

Sin embargo, la *trayectoria* de, por ejemplo, el triedro del guardabarros necesariamente habrá de ser distinta; en el primer caso habrá retrocedido, pero manteniendo aproximadamente su misma posición transversal, mientras que en el segundo caso, además de retroceder algo, se habrá acercado sensiblemente al eje longitudinal del coche.

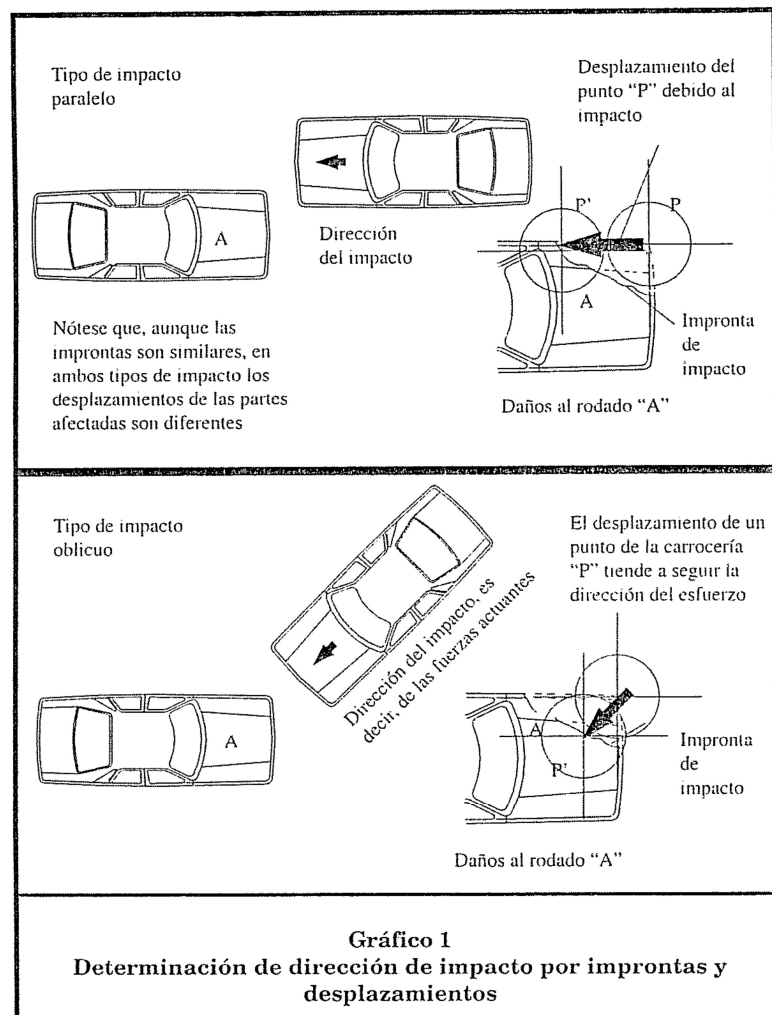
(ver gráfico 1, p. 50)

Otra cuestión que deberá considerarse es la referida a la elasticidad de los materiales; como hemos visto, todo material sometido a una carga se deforma del modo que le impone la misma.

Ahora bien, hasta que la carga alcanza un cierto límite, al retirarse la misma el cuerpo recupera su forma y dimensiones previas, pero cuando dicha carga ha superado el límite en cuestión, el cuerpo, al ser descargado quedará con deformaciones remanentes.

El valor de la carga que hace que el material deje de comportarse elásticamente es el llamado *límite elástico*, y depende de cada material específico.

Debe destacarse que el hecho de superarse el límite elástico no implica necesariamente que el material, una vez descargado, presente las deformaciones máximas que sufrió. Por el contrario, normalmente tiende a recuperar sus formas y dimensiones originales, aunque por haberse superado su período elástico presente finalmente deformaciones permanentes. Esto debe ser tenido en cuenta en la reconstrucción, ya que frecuentemente, mencionamos que las improntas de daños directos deben encastrar, lo cual es cierto, pero el encastre perfecto sólo ocurre en el momento de deformaciones



máximas, las que se reducen apenas separados los protagonistas. Dicho de otro modo, al observar cualquier daño podemos tener la certeza de que las deformaciones habidas durante el impacto fueron mayores a las remanentes que estamos viendo.

Se ha comprobado que las deformaciones máximas habidas en un choque (*dynamic crush*) son de entre un 10 y un 20% mayores a las deformaciones remanentes (*static crush*).

1. *Lámparas.* Otro indicio puede provenir de los filamentos de los faros de un rodado siniestrado, en casos en que se discuta si llevaba o no, luces encendidas. Si el bulbo se ha roto cuando las luces estaban encendidas, el filamento generalmente aparece recubierto de un óxido blanquecino, que se puede identificar a simple vista.

Si el bulbo no se ha roto, pero el filamento sí, deberá utilizarse una lupa potente o microscopio para analizar la rotura, ya que, si en su extremo aparece una formación globular de su mismo material fundido, estaremos ante un filamento roto mientras estaba encendido.

2. *Cristales.* Ya hemos mencionado algo sobre rotura de cristales, aunque cabe agregar que en los de seguridad, cuando la rotura se debe a un impacto directo sobre el mismo, presenta un aspecto radial, con centro en la zona de impacto, formando una figura similar a una tela de araña; en cambio, si la rotura es debida a una deformación estructural, presenta líneas paralelas.

Lo anterior puede ser útil a la hora de determinar si un peatón embestido golpeó directamente un parabrisas o éste se rompió porque el cuerpo cayó sobre el techo del rodado.

f) *Posiciones finales de los protagonistas.*— Definimos como posición final de cada protagonista aquella en la cual se estabiliza su situación dinámica.

Generalmente las posiciones finales son de reposo (sitio donde permanecería indefinidamente si no actuaran fuerzas exteriores).

A veces la situación dinámica se estabiliza para alguno de los protagonistas cuando recupera el control de sus acciones.

Por ejemplo, cuando un automovilista, luego de atropellar a un peatón, continúa su marcha sin detenerse, es obvio que, en algún punto posterior al de impacto, ha logrado dominar su rodado.

En este caso estamos ante una estabilización dinámica en ese punto, el que deberá considerarse como punto de posición final, a los efectos accidentológicos.

Cuando la posición final obedece a una estabilización estática puede quedar registrada por quienes hacen la investigación de campo (instrucción policial), pero siempre habrá de ser necesario verificar si los protagonistas han sido movidos desde su verdadera posición final hasta aquella en la cual son registrados.

Muchas veces es imprescindible realizar tales movimientos para no comprometer la seguridad de los protagonistas o de terceros, o simplemente para permitir la fluida circulación.

Cuando se sospecha que ha habido modificaciones en las posiciones finales, o cuando las mismas no están debidamente registradas, debemos recurrir a la interpretación de indicios.

Por ejemplo:

— La posición final de un automóvil suele estar al fin de sus huellas de frenado, si éstas se prolongan luego del punto de impacto (debe considerarse para esto la zona de difusión de las huellas).

— Como ya hemos dicho, la presencia de charcos de fluidos derramados por un rodado suele indicar su posición de reposo.

— Análogamente sucede con la sangre y la situación de reposo de un cuerpo humano (eventualmente animales).

— A veces, la posición de reposo coincide con un choque secundario, por ejemplo, contra el cordón de la vereda, el que puede presentar secuelas del impacto.

g) *Lesiones a peatones.*— 1. *Trayectorias posimpacto de peatones embestidos.* El comportamiento de un cuerpo humano embestido por un rodado está influido por una serie de factores que se interrelacionan, como características de peso y talla, posición al momento del impacto, velocidades de desplazamiento (tanto del peatón, como del agente embestidor), forma del frente de este último, y si estaba o no frenando en el instante de contactar el cuerpo.

2. *Descripción genérica de un embestimiento.* El peatón es golpeado por el extremo frontal del rodado, generalmente el paragolpes, en sus piernas (*primer contacto*).

La parte del cuerpo tocada es acelerada, casi instantáneamente, hasta alcanzar la velocidad del rodado embistente.

Cuando el peatón se encuentra apoyado por su peso contra el piso, el rozamiento que existe entre el piso y su calzado se opone a tal aceleración.

Por otro lado, la inercia propia del cuerpo, que actúa en su centro de gravedad, tiende también a oponerse al movimiento.

Esto provoca que, generalmente, las piernas se arqueen tomando la forma del frente del vehículo, y que la parte superior del cuerpo, que tendió a permanecer en reposo, sea alcanzada por la parte más alta del frente del rodado, por lo que resulta acelerada hasta alcanzar la velocidad del mismo (*segundo contacto*). El cuerpo está ahora animado por un mo-

vimiento rototraslatorio impuesto por los sucesivos contactos que aceleraron partes del mismo.

El *primer contacto* le confirió al cuerpo una velocidad lineal "V" de su centro de gravedad, y una velocidad angular "ω" de giro alrededor de su CG dada por:

$$\omega = V/d$$

donde "V" es la velocidad debida al impacto, y "d" la distancia entre el punto del cuerpo afectado por este primer contacto y su centro de gravedad.

El *segundo contacto* acelera una parte del cuerpo ubicada por encima del punto del *primer contacto*, y su efecto será distinto en función de su posición relativa al centro de gravedad del cuerpo.

Cuando este *segundo contacto* se produce a una altura inferior a la del centro de gravedad del cuerpo —el que se encuentra aproximadamente a unos cinco centímetros por debajo del ombligo—, el punto alcanzado, que tenía una velocidad tangencial "V₂" (menor que "V", por ser "d₂" menor que "d", dada por:

$$V_2 = \omega \cdot d_2$$

en la que "d₂" es la distancia a su centro de gravedad), es acelerado hasta tener a "V" como velocidad tangencial, por lo que se incrementa la velocidad angular a "ω₁", tal que:

$$\omega_1 = V/d_2 \text{ (trayectorias III a VI)}$$

Cuando el segundo contacto tiene lugar por encima del centro de gravedad (CG), el razonamiento es análogo, pero como el cuerpo está animado de una rotación alrededor de ese punto, las partes del mismo que estén por encima del CG tendrán velocidades tangenciales, debidas al primer contacto, opuestas a la velocidad de embestimiento, pero en el segundo contacto toman su mismo sentido, obviamente tras una gran aceleración local (*trayectorias I y II*).

3. *Trayectorias típicas de peatones embestidos*. 1. *Trayectoria I: proyección frontal ("forward projection")*: Ya hemos visto que como consecuencia del contacto con el vehículo embistente, el cuerpo del peatón adquiere un movimiento rototraslatorio compuesto por una velocidad lineal "V", y una rotación alrededor de su centro de gravedad, "ω".

El punto del cuerpo sometido al segundo contacto será acelerado en la dirección del impacto; si este punto se encuentra por encima de su centro de gravedad la consecuencia de este segundo contacto será cambiar la dirección de la rotación, impulsando la parte superior del mismo en la dirección del embistente, es decir que tenderá a adelantarse y a caer hacia el piso por delante del rodado.

Si a partir del instante del impacto, el rodado disminuye su velocidad lo suficiente como para detenerse sin volver a contactar con el cuerpo, estaremos en lo que se denomina proyección frontal, o *forward projection*.

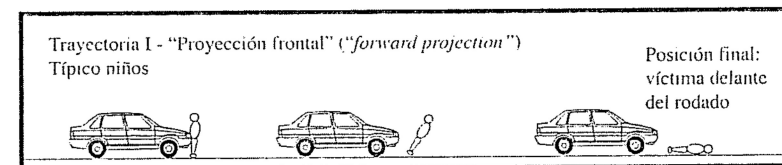


Gráfico 2

Gráficos 2-3: embestimiento por encima del CG

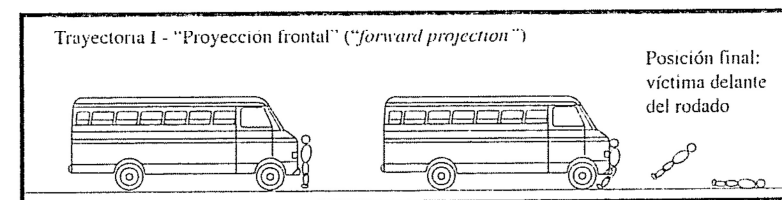


Gráfico 3

Nótese que las lesiones producidas por los impactos directos estarán en las zonas de los contactos primero y segundo, es decir, piernas y parte alta del torso y/o cabeza, zona donde el impacto es más violento.

Pueden aparecer daños en los miembros superiores, y lesiones debidas al golpe contra el piso en las zonas altas del cuerpo.

II. *Trayectoria II: arrollamiento ("run over")*: Existe arrollamiento en el caso en que un vehículo pasa por encima de una persona (o de un animal); sucede asimismo cuando una persona se encuentra en la trayectoria del vehículo.

Además de otras causas independientes, el yacer en el itinerario de un rodado hasta ser arrollado por él, puede deberse a una proyección frontal, en la cual el vehículo no se detiene antes de que lo haga el peatón proyectado por el impacto previo, motivo por el cual lo arrolla.

A las lesiones mencionadas para la trayectoria anterior deben agregárseles las correspondientes a la atricción.

Estas trayectorias ocurren cuando camiones, *kombis*, *pick-ups* o colectivos (en general vehículos grandes), atropellan a personas de cualquier tamaño, o bien debido al embestimiento de niños por automóviles estándar. Ello se debe a las posiciones relativas entre el punto del segundo contacto y el centro de gravedad de las personas involucradas.

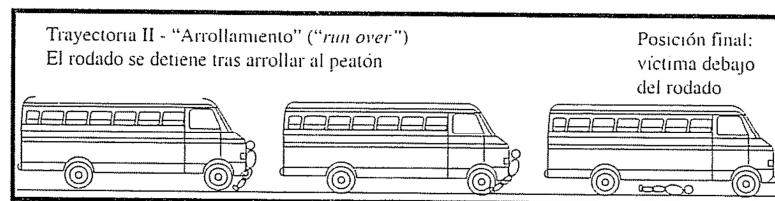


Gráfico 4

Gráficos 4-5: embestimiento por encima del CG

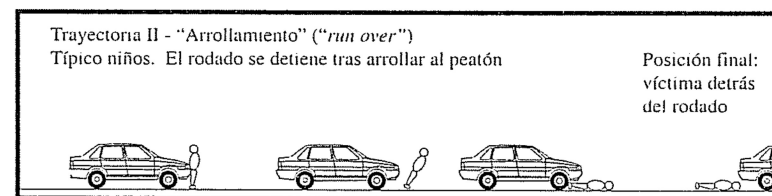


Gráfico 5

III. *Trayectoria III: montado sobre capó ("wrap trajectory")*: Cuando el segundo contacto ocurre en un punto por encima del inicial, pero por debajo del centro de gravedad de la persona, hemos visto que la rotación que le había impuesto el primer contacto se incrementa en magnitud.

Si el rodado no se detiene o disminuye sensiblemente su velocidad inmediatamente tras el segundo impacto, el cuerpo pivotará en la zona de contacto (típicamente, el extremo delantero superior de la trompa del vehículo).

Como el sentido de la rotación hace que la parte superior del cuerpo se dirija en contra del movimiento del rodado, ésta girará hasta golpear contra la estructura del móvil.

Durante unos instantes, el cuerpo del peatón embestido adopta la forma de la trompa del automóvil, a la que parece envolver, de allí el nombre en inglés: *wrap trajectory*.

Como la cabeza del peatón es la parte más alejada del centro de giro, estará animada de la mayor velocidad relativa, por lo que su impacto con el coche será el más violento.

Luego del impacto de la parte superior del cuerpo, éste permanece *cargado* sobre el capó, hasta que se separa del coche por la desaceleración del mismo, siendo proyectado hacia adelante, o hasta que el móvil se detiene, si frena suavemente.

En general se acepta que, cuanto mayor es la velocidad, tanto más hacia atrás del rodado golpea la víctima del embestimiento, pero esto, por lo que sabemos, aún no ha podido cuantificarse, aunque se ha propuesto la utilización de una

medida, llamada *wraparound*, a tal fin. Ella surge de considerar la altura, desde el piso, del borde delantero del paragolpes del rodado, en su posición de embestimiento; más la distancia entre éste y el borde delantero del capó; más la distancia entre este punto y aquel donde golpeó la cabeza del peatón.

La diferencia entre el *wraparound* y la altura del peatón, ha sido propuesta como índice de la velocidad de embestimiento, sin que hasta el momento haya tenido éxito.

Frecuentemente aparecen lesiones importantes en piernas, caderas, torso y cabeza por contacto directo entre peatón y vehículo, además de las provocadas por el golpe contra el piso, si existiera.

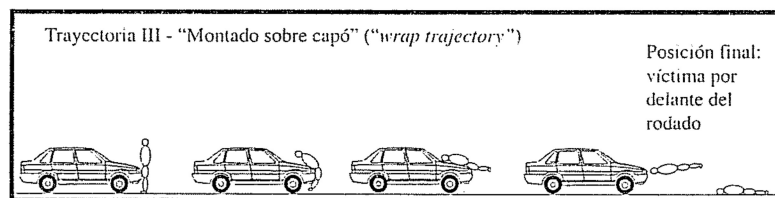


Gráfico 6

Gráfico 6: embestimiento por debajo del CG

IV. *Trayectoria IV: vuelta por guardabarros ("fender vault")*: Es un caso especial de la anterior, en la que el peatón, por ser embestido con una parte del frente del rodado cercano a su borde lateral y/o por estar animado el peatón de considerable velocidad propia, describe una trayectoria tal que, oblicuamente, lo lleva a pasar sobre el capó y el guardabarros, cayendo al suelo al costado del rodado.

No debe olvidarse que todo movimiento resultante de la combinación de otros, puede analizarse mediante el estudio de cada uno de sus componentes, y que en casos como el considerado, las fuerzas y los impulsos, así como los movimientos que generan, pueden siempre descomponerse según la di-

rección de avance y otra perpendicular; las fuerzas y los impulsos aludidos no provocan efectos en direcciones que forman ángulos de 90° con su recta de acción, en lo que a la cinemática se refiere.

Por lo dicho, al ser embestido un peatón que, por ejemplo, cruza corriendo transversalmente al rodado, pese a ser impulsado hacia adelante por el golpe, continúa con la componente de desplazamiento transversal al vehículo que tenía en el momento del embestimiento, es decir que sigue moviéndose hacia el costado del móvil, aunque lo haga también hacia su frente debido al impacto.

Esto hará que el cuerpo tienda a quedar fuera de la zona *barrida* por el rodado en su desplazamiento, salvo que fuera enganchado o que alguna fuerza contrarrestara su inercia transversal.

Además de las lesiones similares a las del caso anterior, suelen ser importantes las producidas por el golpe contra el piso; frecuentemente la cabeza no aparece lesionada, ya que puede no golpearse, aunque en estos casos suelen ser de importancia las lesiones del tórax y el cuello.

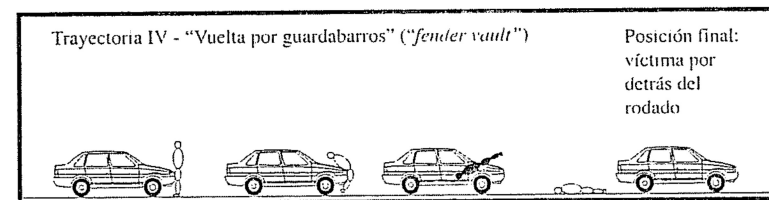


Gráfico 7

Gráfico 7: embestimiento por debajo del CG

V. *Trayectoria V: vuelta por el techo ("roof vault")*: Cuando el vehículo embistente es muy perfilado y/o la velocidad del mismo muy elevada, puede ocurrir que tras los primeros contactos, el rodado avance lo suficiente antes de que el cuerpo descienda por caída, por lo que al hacerlo golpea contra el techo y/o planos traseros del automóvil.

Ocurre que, en determinadas circunstancias, el giro iniciado alrededor del centro de gravedad es tal, que las piernas inmediatamente siguen la rotación, elevándose, es decir que el cuerpo se comporta más rígidamente que en los casos anteriores.

Esto parece deberse a combinaciones especiales de velocidad y posiciones relativas de las zonas de primer y segundo contacto.

Existen registros de accidentes en los cuales la víctima ha caído directamente al piso por detrás del rodado.

Como en este tipo de accidentes el impacto de la cabeza —si es que ocurre— puede no ser la causa principal de la disipación de la energía cinética de rotación del cuerpo, con frecuencia se presentan en ella lesiones de menor intensidad que en las trayectorias anteriores.

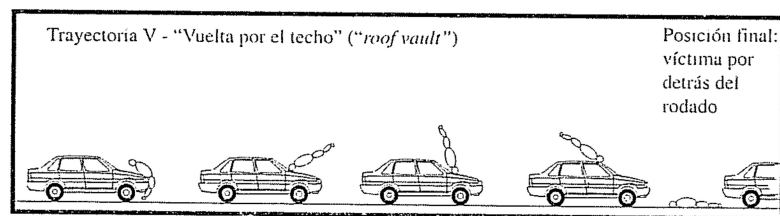


Gráfico 8

Gráfico 8: embestimiento por debajo del CG

VI. *Trayectoria VI: salto mortal ("somersault")*: Si en circunstancias como las descritas para la trayectoria anterior, es decir que provocan un comportamiento rígido del cuerpo, el rodado, en vez de meterse bajo el cuerpo, se detiene, el mismo completará su rotación, por lo que existirán grandes posibilidades de que golpee con su cabeza directamente contra el piso.

Este tipo de embestimiento presenta lesiones de importancia principalmente en cabeza y cuello, además de las de las piernas.

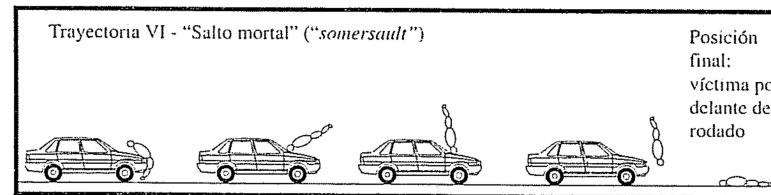


Gráfico 9

Gráfico 9: embestimiento por debajo del CG

Las cuatro últimas trayectorias mencionadas ocurren en embestimientos de personas cuyo centro de gravedad esté a una altura superior a la del punto del segundo contacto. En general adultos embestidos por automóviles de paseo.

Obviamente, las seis trayectorias típicas de peatones embestidos lo son a efectos descriptivos y de estudio, siendo frecuentes en la realidad las combinaciones de las mismas.

Estamos en conocimiento de la existencia de ciertas tablas que relacionan velocidades de embestimiento con las lesiones sufridas por peatones embestidos, pero analizando numerosos ensayos realizados con *dummies* y/o cadáveres hemos llegado a la conclusión de que tales tablas carecen del necesario rigor científico como para ser de utilidad en cuestiones judiciales.

h) *Lesiones en personas transportadas.*— En un choque, los ocupantes de un vehículo pueden sufrir lesiones debido a dos fenómenos, aunque el más frecuente es el de golpear contra partes del interior del *cockpit* debido a la inercia propia, ante la modificación de velocidad producida por el impacto.

Los cinturones de seguridad y las *air-bags* (bolsas de aire) reducen sensiblemente las posibilidades de lesiones atribuibles a la inercia.

El segundo fenómeno es debido a la deformación de la estructura del rodado, la que golpea y/o aprieta a los ocupantes.

Obviamente cuando se verifica esto, en realidad ha habido una combinación de ambos fenómenos

Las ecuaciones del movimiento de los ocupantes son diferenciales de segundo grado que caen fuera del alcance de estas páginas, y son necesarias en escasísimas oportunidades.

Valga resaltar que la dirección en la que se mueven las personas, debido a la inercia, es la que tenían al momento de producirse la modificación de la velocidad, y la violencia con que lo hacen es proporcional a dicha modificación.

i) *Nota general sobre lesiones.*— En general el ser humano sufre lesiones debidas al contacto directo y violento con objetos duros, por lo que tales lesiones suelen indicar la dirección relativa del impacto; por ejemplo, la pierna de un peatón embestido que presenta fractura de tibia o peroné, muy probablemente haya sido la que soportó el primer contacto estando apoyada.

Pero atención, ya que a veces se registran lesiones óseas en zonas relativamente alejadas de donde se recibiera el impacto; así suele ocurrir con los huesos del cráneo, los que pueden fracturarse en la zona opuesta al golpe, o con la parrilla costal, motivo por el cual la determinación de la dirección de la fuerza incidente en un cuerpo humano con base en las lesiones sufridas debe ser realizada únicamente por médicos avezados.

Las menciones realizadas lo han sido a modo ilustrativo y sólo para facilitar la interpretación de fenómenos correspondientes a otras disciplinas.

j) *Características ambientales.*— Ya hemos mencionado algunas en relación con la *ubicación* del accidente, pero su importancia merece un tratamiento específico.

Es frecuente oír hablar del *triángulo del accidente* cuyos vértices son *factor humano*, *factor ambiental*, *factor máqui-*

na, o variaciones de estos nombres; sin desconocer la utilidad del mismo, especialmente en problemas de seguridad vial, nos parece más conveniente, a los efectos de la reconstrucción y análisis del accidente, la organización presentada al inicio del capítulo, en la cual las condiciones ambientales son elementos a considerar.

Algunas características ambientales son relevantes en la reconstrucción del accidente, mientras que otras lo son para el análisis del mismo.

Entre las primeras encontramos las climatológicas, que afectan los comportamientos de los materiales; por ejemplo:

— El coeficiente de rozamiento tiende a disminuir con la temperatura, y en superficies mojadas será menor que en la misma superficie seca; en general, será menor aun si sobre el piso existe una capa de hielo, etcétera.

— El tipo de piso, y su estado es otra cuestión importante para la reconstrucción.

— El frío fragiliza los materiales, modificando su comportamiento, especialmente ante cargas dinámicas como las que resultan de un choque, por lo que los daños a las cosas resultan variables con la temperatura (en 1993 un comité internacional de expertos atribuyó a este fenómeno el hundimiento del "Titanic").

Entre las que intervienen en el análisis del accidente encontramos todas las que afectan la visibilidad, tales como oscuridad, niebla, lluvia, encandilamientos, obstáculos a la visión, enmascaramientos, lomas, curvas, etcétera.

— La posibilidad de encandilamiento solar debe tenerse en cuenta, especialmente en las dos horas posteriores al amanecer, y en las dos previas a la puesta del sol. Se debe considerar atentamente la fecha, ya que, como es sabido, la

posición relativa del sol se modifica, no sólo con la hora, sino también con la fecha, para un mismo sitio.

Esta cuestión, que puede ser trascendente, debe analizarse verificando el posible encandilamiento a la hora del accidente (es decir, si el sol se presentaba dentro de la visual directa de algún protagonista, o su luminosidad pudo impedir la visualización de otro), mediante la comprobación en los días inmediatos al accidente, o empleando cálculos basados en datos de almanaques náuticos.

Cabe recordar que la posición relativa del sol se modifica grandemente durante el año, lo que puede distorsionar conclusiones si las observaciones no son realizadas en la inmediatez de los sucesos, o no se las corrige con los cálculos adecuados.

— Ya que han sido mencionados, conviene recordar que los almanaques náuticos son útiles para determinar el grado de oscuridad en los entornos de los amaneceres o anocheceres.

— Si el accidente ocurre cuando uno de los protagonistas recorre o ha recorrido hacia arriba una cuesta pronunciada, puede ser útil verificar la posible incidencia del deslumbramiento solar.

— Dado que luego de un encandilamiento el ojo humano tarda unos cinco segundos en recuperar su capacidad visual, esta posibilidad debe tenerse presente siempre que un accidente haya ocurrido de noche en camino de doble mano de circulación, sobre todo ante choques con objetos o cuerpos sin luz propia, o escasamente iluminados.

— Baker recomienda a los agentes de policía de tránsito de Estados Unidos presumir defecto visual de aquellas personas que, de noche, no puedan distinguir a sesenta metros un peatón vestido con ropas oscuras, ante fondo oscuro, iluminado sólo con las luces medias de un coche.

Los sesenta metros son una cifra netamente conservadora, motivada en la estricta legislación que penaliza el falso arresto en ese país. El valor usual mínimo en esas condiciones es de unos cien metros; tal es el resultado de las experiencias realizadas por la Universidad de Michigan, por Hull y otros.

El encandilamiento reduce esta distancia en un 20%.

Si bien es cierto que con los limpiaparabrisas funcionando correctamente, no hay diferencias significativas en la posibilidad de avistamiento entre una noche lluviosa y una de buen tiempo, la incidencia de factores ambientales es tal que, por ejemplo, con una tormenta suficientemente fuerte como para acumular setenta y cinco milímetros caídos en una hora, un peatón es visible recién a veinte metros (nocturnidad).

El elemento que más influye en la visibilidad es el contraste con el escenario, ya que es lo que determina la conspicuidad del objeto.

En accidentología definimos *conspicuidad* como la propiedad de un objeto que hace que se lo vea distintamente en cualquier zona del campo visual, sin tener que ser buscado.

Éste es el motivo por el cual es recomendable para los automovilistas y motociclistas circular con las luces medias encendidas, aun de día, y para los peatones y ciclistas usar ropa clara, o mejor, retrorreflectante, o dispositivos luminosos.

En las mejores condiciones de iluminación diafanidad y contraste, un automóvil en ruta, de día, es visible a unos mil seiscientos metros aproximadamente; en condiciones usuales raramente es visible a más de ochocientos metros, pero si tiene sus luces encendidas es visible e identificable en cualquier condición a una distancia equivalente a la de las mejores condiciones.

— La niebla, obviamente, incide decisivamente en la visibilidad; de día, su alcance se reduce a los siguientes valores:

VISIBILIDAD CON NIEBLA DIURNA

500 a 1000 m, con niebla débil
200 a 500 m, con niebla moderada
50 a 200 m, con niebla moderada a fuerte
0 a 50 m, con niebla muy fuerte

Como ya hemos dicho, un peatón en noche *sin niebla* es visible a unos cien metros, por lo que es razonable tomar como distancias de visibilidad de un peatón en noche *con niebla* los siguientes valores:

VISIBILIDAD CON NIEBLA NOCTURNA

50 a 100 m, con niebla débil
20 a 50 m, con niebla moderada
5 a 20 m, con niebla moderada a fuerte
0 a 5 m, con niebla muy fuerte

En general, de día, la visibilidad de un coche con las luces medias encendidas es tal que se duplican las distancias de visibilidad con niebla correspondientes; de noche, el factor de incremento es mucho mayor, con nieblas débiles puede llegar a veinte veces, decreciendo tal incremento a medida que aumenta la intensidad de la niebla, de modo que para nieblas muy fuertes sólo se duplican las distancias.

CAPITULO II

EMBESTIDO - EMBISTENTE

Según expresamos en el prólogo a esta tercera edición, hemos constatado que existen demasiadas confusiones respecto de la adjudicación de los roles de embistente y embestido.

Si bien éstos son conceptos netamente físicos, tienen connotaciones jurídicas debido a ciertas presunciones jurisprudenciales, y hay quienes entienden que, sin más consideraciones, embistente es sinónimo de responsable y/o culpable.

Reiteramos que en estas páginas nos referimos sólo a cuestiones físicas, independientemente de las implicaciones y discusiones jurídicas que tales cuestiones pudieran suscitar.

Es decir, para nosotros *embistente* significa embistente *físico*, sin ninguna sinonimia con *responsable*, *culpable* u otros juicios jurídicos de valor.

Además de las confusiones mencionadas, y relacionadas con estos temas, hemos encontrado con grados de difusión importante entre pseudo expertos, absurdas creencias, como la llamada *ley o efecto martillo*, según el cual el móvil menos dañado sería el embistente y/o el que mayor velocidad desarrollaba.