

## Artículo 135. Indemnización por traumatismos menores la columna vertebral.

### PARTE SEGUNDA / Sumario

#### 3. Criterios de causalidad... Cuestiones previas

##### 3.4. El criterio de intensidad

##### 3.4.1. **Intensidad del accidente**

###### 3.4.1.1. Factura Reparación del Vehículo

###### 3.4.1.2. El Informe Biomecánico del Ingeniero

- El DELTA  $t$ . Un criterio de causalidad básico ignorado como suma frecuencia
- Análisis del Informe biomecánico de un Ingeniero
- Fuerzas G y calculo del Potencial Lesivo del Ocupante

##### A.- Calculo Delta $t$

**Primer supuesto: para un coeficiente de restitución  $e = 0.25$**

**Segundo supuesto: para un coeficiente de restitución  $e = 0.30$**

**Discusión y consideraciones.** (DC): DC1 y DC2

##### B.- Cálculo del Potencial lesivo en el Ocupante (PLO)

###### B.1 **Primer supuesto: para un coeficiente de restitución $e = 0.25$**

Potencial lesivo (PL) para un Delta  $t$  de 90 milisegundos

PL para un Delta  $t$  de 100 milisegundos

PL para un Delta  $t$  de 120 milisegundos

###### B.2 **Segundo supuesto: para un coeficiente de restitución $e = 0.30$**

Potencial lesivo (PL) para un Delta  $t$  de 90 milisegundos

PL para un Delta  $t$  de 100 milisegundos

PL para un Delta  $t$  de 120 milisegundos

#### 3.4.2. y las demás variables

#### Apéndice.-

- **Documento n° 1.-** *Diffusing the Defendant's Biomechanical Engineer. Testimony in a Low-Impact Collision Case.* Trial Diplomacy Journal, Vol. 21, 1-7 (**1998**). Princeton, New Jersey. Bruce H. Stern.
- **Documento n° 2.** *Crash reconstructionists and some of the common approaches they promote to opine the risk of injury is low.* June 2014. Frank McDiarmid, D.C., FRCCSS (Canada).
- **Documento n° 3.-** *Whiplash in low speed rear impact collisions* (Reprinted from IMPACT, 14, 2, 2005). GRAHAM GREATRIX, Forensic Investigator, Hartlepool, UK.
- **Documento n° 4.-** *Variation of crash severity and injury risk depending on collisions with different vehicle types and objects.* 2006. HELENA STIGSON, ANDERS YDENIUS, ANDERS KULLGREN. Karolinska Institutet, Sweden, Folksam Research, Sweden.

• **Documento nº 5** 1. EMORI RI, Horiguchi J. *Whiplash in low speed vehicle collisions*. SAE 900542. 1990,103-108. 2. SIEMUND GP, KING DJ, LAWRENCE JM, *et al*. *Head/neck kinematic response of human subjects in low-speed rear-end collisions*. 41st Stapp Car Crash Conference, 1997. SAE 973341;357-385

• **Documento nº 6** *The Effect of Collision Pulse Properties on Six Proposed Whiplash Injury Criteria* (Sigmund GP<sup>1</sup>, Heinrichs BE, Chimich DD, DeMarco AL, BRAULT JR, <sup>1</sup>Maclnnis Engineering Associates, 11 - 11151 Horseshoe Way, Richmond, BC, Canada V7A 4S5. *Accid Anal Prev*. 2005 Mar;37(2):275-85)

• **Documento nº 7**. *Influence of crash severity on various whiplash injury symptoms: a study based on real-life rear-end crashes with recorded crash pulses*. Maria Krafft, Anders Kullgren, Sigrun Malm, Anders Ydenius. Folksam Research and Karolinska Institutet, Sweden. Paper Number: 05-0363. 19th International Conference on the Enhanced Safety Vehicles (ESV); Washington DC, USA. 2005.

• **Documento nº 8**. *Acceleration pulses and crash severity in low velocity rear impacts – real world data and barrier tests*. Astrid Linder Chalmers University of Technology Sweden Monash University Accident Research Centre (MUARC) Australia Matthew Avery The Motor Insurance Repair Centre, Thatcham United Kingdom Maria Krafft Anders Kullgren Folksam Research, Sweden Mats Y. Svensson Chalmers University of Technology Sweden Paper Number 216.

**ANEXO** FOLKSAM Insurance, 2009. *¿Es seguro tu coche?*

**3.4.- Criterio de intensidad**, “que consiste en la adecuación entre la lesión y el mecanismo de su producción considerando: 1).- la intensidad del accidente y 2) y las demás variables que afectan a la probabilidad de su existencia”.

(Para algunos es el “producto estrella” para desbaratar y romper el nexo causal del accidente).

**Resumen.-** La expresión “intensidad del accidente” es poco calificadora. Es un error identificar la intensidad del impacto a la vista de los daños del vehículo. Contemplado tal “intensidad” reducida a una “intensidad-apariencia” en modo alguno prejuzga las posibles lesiones. Esta afirmación cobra mayor fuerza en los casos de colisiones a baja velocidad ligadas al mecanismo del Latigazo Cervical y situaciones asimiladas. Interesando las lesiones del ocupante, el vehículo no es en absoluto una caja negra del accidente. En cualquier caso el accidente de tráfico constituye una singularidad traumática que ha de situarse en un escenario en donde se deben tener en cuenta tres fases: pre-impacto, impacto y post-impacto, cada una de las cuales tienen o pueden tener una influencia decisiva en la configuración del Potencial Lesivo del Ocupante (PLO). Ahora en especial considerando las lesiones cervicales por hechos de la circulación, se recalcan los siguientes extremos:

1.- El criterio de intensidad (artículo 135) se ha de involucrar como un elemento más de la realidad traumática, del mecanismo lesional, aunque no es el único. Es uno más entre otros muchos. Por eso que hay examinar “las demás variables” que concurren en la producción de lesiones por accidente de tráfico.

2.- La “causalidad” se remite al nexo causal, que con carácter general busca la relación entre la CAUSA y el EFECTO.

3.- La CAUSA se identifica ahora con la realidad traumática (RT) del accidente de tráfico (AT) que lleva a colacionar sus tres fases (pre-impacto, impacto y post-impacto).

4.- La CAUSA tiene un contenido multifactorial. Da entrada a una pluralidad de factores causales, que se proyectan a través de un MECANISMO. Causa y Mecanismo se remiten a la Patogenia, en el diagnóstico médico: análisis del mecanismo mediante el cual el agente morboso / agresor actúa en el organismo para producir un determinado proceso patológico.

Entre esos factores, y con carácter meramente demostrativo, se citan: a) geometría de los segmentos corporales previamente al impacto (preimpacto) como posición de la cabeza y del cuerpo, posición relativa de las articulaciones... las manos en el volante; b) propiedades mecánicas pasivas de los tejidos biológicos (en especial resistencia); c) intensidad de la fuerza impactante, dirección / sentido del vector de impacto; e) modo en que actúa las fuerzas concurrentes sobre el organismo del accidentado (Incidencia, Asimilación, Distribución y Traslación); f) cualidades individuales: envergadura, peso del ocupante; circunferencia del cuello, diámetro del canal medular; resistencia de los ligamentos a las fuerzas de tracción; g) patología previa: antecedentes médicos de la víctima; h) estado de preparación del sujeto cuando recibe el impacto; h) grado de protección del sistema asiento-apoyacabezas; i) otras características: geometría de los vehículos, compatibilidad, incompatibilidad, ángulo de ataque, fatiga de materiales...

5.- MECANISMO y CAUSA no han de ser confundidos. La CAUSA es un marco que contiene factores causales, pero se queda en lo descriptivo.

6.- El MECANISMO es consustancial a un dinamismo. El mecanismo puede entenderse como el modo y orden en que actúan los factores causales cuando se ven activados, condicionando el potencial resultado lesivo, que inciden, se proyectan y desarrollan sobre el organismo víctima de la agresión. El mecanismo, pues, deviene en animador de los factores causales. Las respuestas serán muy variadas atendiendo a la víctima y las circunstancias de ese accidente en concreto.

7.- La fuerza que se proyecta en colisión ha de ser considerada siguiendo un orden secuencial. La fuerza (F) impactante en su magnitud es la misma para el vehículo que para el ocupante; no así sus consecuencias. En primer término F incide localmente en la estructura del vehículo, para a continuación repercutir de forma variable sobre el ocupante. Es asimilada por el organismo agredido en función de su magnitud provocando la descomposición asimilativa; esa misma fuerza es distribuida, descompuesta y trasladada a otras partes del cuerpo de la víctima, promoviendo nuevas distribuciones, descompensaciones y traslaciones que concluyen con la asimilación de una parte de la carga / fuerza y la

*traslación del resto*. En resumen: *incidencia, asimilación, distribución y traslación* (HERNANDEZ CORVO) improntan dejando señal en la deformación del biosistema, temporal o duradera, por efecto de la confluencia de esa pluralidad de factores causales, en cuyas génesis hay que contar con movimientos comunicados, gestos motores, cadenas cinéticas y cinemáticas que se ponen en marcha ante aceleraciones y deceleraciones segmentarias y globales en un contexto biocinemático de acuerdo con la geometría del desplazamiento del cuerpo humano, y como respuesta a la activación del *sistema hombre-maquina-entorno* ante una violencia que irrumpe súbitamente propiciada por un escenario hostil.

8.- El resultado de la canalización de esa fuerza (F) va íntimamente unido a las *propiedades mecánicas pasivas de los tejidos biológicos* como huesos, músculos, articulaciones, vasos sanguíneos... (REMIZOV). Las propiedades de las estructuras humanas conocen una amplia gamma de variaciones, no sólo atendiendo a la edad de la persona, sino por las características propias de cada individuo, y las circunstancias en que se produce el accidente. Esto explica que ante un mismo impacto, con un valor de intensidad determinado, las respuestas de los ocupantes puedan ser tan variadas, desde ilesos, heridos leves, graves e incluso muerte en el acto.

9.- Los análisis cuantitativos sobre las fuerzas físicas presentes en los accidentes por impacto trasero se remiten a una situación de “incertidumbre” como cuando no han dado ningún valor preciso de la fuerza aplicada a la cabeza. **“Hay demasiadas variables mecánicas y biomecánicas implicadas que no se pueden cuantificar”**. “Por ejemplo, **factores variables relevantes incluyen** el diseño de los vehículos implicados, el tamaño relativo de los vehículos, la fuerza de los vehículos en los puntos de impacto, el diseño del parachoques, la edad del vehículo, el historial del vehículo, el diseño del asiento, la posición del respaldo de asiento, posición de los reposacabezas, los cinturones de seguridad, longitud del cuello del ocupante, posición de la cabeza, la posición del torso, de sensibilización del impacto inminente, las características físicas de los ocupantes, la historia lesión anterior, y otras características físicas de los ocupantes”. (Documento nº 3. *Whiplash in low speed rear impact collisions*. GRAHAM GREATRIX).

10. Entre los parámetros invocados para el estudio de las fuerzas físicas que pudieron verse involucradas en el accidente, además del Delta V (cambio de velocidad) y la aceleración hay que considerar el ► Delta t o tiempo que dura el impacto remitido en cuanto al ocupante en el tramo donde el cambio de velocidad (DV) concentra el mayor potencial lesivo. (La literatura científica argumenta a favor de un Delta t por debajo de los 100 milisegundos - se expresa DV 100 ms- . ERIKSSON Y BOSTRÖM, 1999, entre otros).

11.- “El valor de  $\Delta V$  (delta V) NO representa un predictor concluyente de lesión de la columna cervical en la vida real de los accidentes automovilísticos”. En el Potencial lesivo del Ocupante (PLO) la aceleración de la cabeza (AC) repercute decisivamente en el cuello, pues el par cabeza-cuello es indisoluble. Y los cambios de velocidad (Delta v) NO son directamente PROPORCIONALES a la ACELERACIÓN de la CABEZA (AC) de los ocupantes

12.- “El delta-t es tan importante como delta-V” (*Whiplash in low speed rear impact collisions*, GRAHAM GREATRIX). El delta t es el tiempo que dura el impacto. ► Es este un parámetro ignorado como suma frecuencia. El delta-V es simplemente un cambio en la velocidad. La fuerza incidente por el impacto es proporcional a la variación de la velocidad dividido por el tiempo, delta t. El delta t para una colisión elástica / cuasi elástica (sin daños en el vehículo) como en una colisión a baja velocidad será claramente más corto que el delta t para un choque en el que el tiempo que se invierte más tiempo para dañar los vehículos, esto es, en el que hay daños en los vehículos.

► Teniendo en cuenta la fórmula que establece que la aceleración (a) resulta de dividir Delta V entre Delta t, está claro que cuanto mayor sea el Delta t, la aceleración disminuye, y con ello el Potencial Lesivo del Ocupante (PLO), pues dicho potencial (PLO) está ligado, es directamente proporcional, a la aceleración. El Delta t, en consecuencia, diluye el potencial lesivo; a = DV / Dt). Por el contrario, cuando el Delta t es breve el PLO aumenta, pues la aceleración de los segmentos corporales del ocupante es mayor, y entre otros del par cabeza-cuello.

13.- En un impacto trasero, por el mecanismo de Latigazo Cervical, ► “los primeros 100 ms-120 ms (milisegundos) de la aceleración de los ocupantes, es el marco de tiempo perjudicial”, esto es donde se concentra el mayor potencial lesivo para la víctima en las lesiones del cuello por Latigazo Cervical.

14.- Más aún, ► la literatura científica argumenta a favor de un  $\Delta t$  por debajo de los 100 milisegundos (DV 100 ms). Entre otros, ERIKSSON Y BOSTRÖM (1999) observaron una mayor correlación entre el NIC (Neck Injury Criteria / Criterio de Lesión en el Cuello) y el cambio de velocidad (Delta V) cuando tal cambio es considerado durante los primeros 85 milisegundos (DV 85ms).

15.- “Los **programas de reconstrucción de accidentes** de ordenador, tales como m-SMAC, m-CRASH, WinSmash, Crash3 y algoritmos de uso HVE-EDCRASH **NO son validados por los accidentes a baja velocidad**. ► La inexactitud de los programas de reconstrucción para accidentes menores se ha demostrado anteriormente (NIEHOFF Y GABLER, 2006).” Ref. *Minor crashes and 'whiplash' in the United States*. Ann Adv Automot Med. 2008 Oct; 52:117-2). El creador de PC CRASH III, TERRY DAY, advierte sobre el mal uso de sus datos específicamente en las colisiones de bajo impacto. Mr. DAY escribe: "Estos programas son los más adecuados-para el estudio de las colisiones en un intervalo ensayado para  $\Delta V$ , aproximadamente 10 a 40 mph (40-60 km/h). Resultados fuera de este rango pueden ser sospechosos".

16.- Los cambios en las características físicas del ocupante y la posición del cuerpo, así como la ausencia, presencia y / o ubicación de un reposacabezas pueden afectar en gran medida los resultados. Por esta razón, algunas personas en un accidente sufren lesiones importantes y graves, mientras que los demás ocupantes del vehículo no tienen ni un rasguño. La mayoría de las investigaciones y estudios de accidentes a baja velocidad han utilizado voluntarios sanos jóvenes sin deficiencias previas

17.- No es la aceleración promedio la que causa lesión de latigazo cervical, es la aceleración máxima lo que importa. ► La aceleración máxima puede ser más de 5 veces la aceleración media, pero por lo general será aproximadamente el doble de la media, alrededor de 9 g”. “Utilización por parte del experto de datos inadecuados. Valores promedio frente valores “pico”. “Un método utilizado por el ingeniero de la defensa es emplear ‘una táctica de prestidigitación’ en los colisiones de baja velocidad... En estos casos el experto utiliza de forma engañosa un valor medio de las fuerzas concurrentes, que por lo general es aproximadamente la mitad del valor pico” (Documento nº 1. *Diffusing the Defendant's Biomechanical Engineer. Testimony in a Low-Impact Collision Case*. Trial Diplomacy Journal, Vol. 21, 1-7. 1998. Princeton, New Jersey. Bruce H. Stern).

**Aceleración Media y Gravedad del Accidente.** “Estudios epidemiológicos y biomecánicos recientes han sugerido que la lesión de latigazo cervical se relaciona con la aceleración media de un vehículo en lugar del cambio de velocidad durante una colisión a posterior”. (“Recent epidemiological and biomechanical studies have suggested that whiplash injury is related to a vehicle’s average acceleration rather than its speed change during a collision” 2005, Documento nº 6). En esta investigación hay que señalar: ▪ se opera con un  $\Delta t$  por debajo de los 100 milisegundos; ▪ si bien “se encontró una correlación entre la duración de los síntomas y la gravedad del impacto, midiendo la aceleración media y cambio de velocidad” los autores advierten que “los resultados se basan en siete modelos diferentes de un (mismo) fabricante de automóviles. Los límites en la gravedad del accidente con los diferentes grados de lesión puede ser, por tanto, diferente para otros vehículos”. Por otro lado el que se haya “sugerido” una “correlación entre la duración de los síntomas y la gravedad del impacto, midiendo la aceleración media” no quiere decir que se vaya a desconocer la lógica de que los picos y los valores máximos de aceleración han considerarse en la configuración del potencial lesivo, en la forma señalan diversos investigadores.

18.- “El Comisionado de Seguros de Arizona (USA) ha ido tan lejos como para adoptar normas que prohíben específicamente a las compañías de seguros confiar el estudio de la causa del daño al análisis biomecánico. El mismo comisionado consideró que el análisis biomecánico no constituye una investigación razonable ante una reclamación”. (Estado de ARIZONA. Departamento de Seguros. Circular 2000-2).

19.- “No es de extrañar que esa fuerza puede causar lesiones de tejidos blandos e incluso lesión cervical. **“Parece que las lesiones de latigazo cervical es probable que sean la regla y no la excepción durante un impacto trasera a baja velocidad” (Documento nº 3, o.c., Whiplash in low speed rear impact collisions, o.c. GRAHAM GREATRIX, Forensic Investigator, Hartlepool, UK).**

20.- “Cuando los resultados de las pruebas de imagen y otros procedimientos de prueba no son consistentes en atención al el examen clínico, los hallazgos clínicos deberían tener mayor peso”. (*New York State Workers’ Compensation Board Proposed Medical Treatment Guidelines- Cervical Spine Injur.* Revised 01-19-10 Cervical Spine Injury Medical Treatment Guidelines© Proposed by the State of New York Department of Insurance to the Workers’ Compensation Board). Pensar de otro modo supone negar la esencia del ejercicio médico.

(Y ahora, si están animados, sigan leyendo)

**Cuestiones previas.** La “causalidad” se refiere a la relación entre la causa y el efecto, tanto que el nexo causal trata de establecer el vínculo entre la misma causa y el efecto.

El artículo 135- 1 al referirse a los “traumatismos cervicales menores” alude a unos “criterios de **causalidad genérica**” cuales son: “exclusión, cronológico, topográfico y de intensidad”. La redacción del legislador dista de ajustarse al rigor científico. Por eso, antes que nada, en este marco de los accidentes por hechos del tráfico, hay que hacerse preguntas sobre los siguientes aspectos: a) qué se entiende por causa; b) actuación de la causa; c) elementos que componen la causa.

● a) **La causa**, ahora y en sentido amplio, se remite al accidente de tráfico. La **causa** de las lesiones por hechos del tráfico arranca / radica en la realidad traumática (RT), esto es, el accidente propiamente dicho. A su vez, también es necesario preguntarse ¿que se entiende por accidente?

► Un error muy extendido, y es circunscribir las consecuencias lesivas en los accidentes de automóvil al impacto, en la impronta que el “golpe” deja en el vehículo, cuando en realidad en todo análisis cinemático (geometría del movimiento) hay que considerar tres fases: **pre-impacto**, **impacto** y **post-impacto**. (Ref.- Nexo causal en lesiones y secuelas por Accidente de Tráfico. Un concepto precario: la “intensidad del Impacto”. [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com) 27 enero 2015).

El **preimpacto**, por ejemplo, tiene una importancia decisiva en los choques traseros, dada que la posición inicial del ocupante / conductor en su caso, condiciona seriamente las consecuencias lesivas del impacto; influye de forma decisiva como se va a desarrollar el impacto, y sus consecuencias.

Así en los accidentes en rotondas, tan frecuentes en los impactos posteriores, o estando el vehículo detenido en un semáforo (ver abajo imágenes) el conductor muchas veces tiene girada la cabeza, al mismo tiempo que separada considerablemente del apoya cabezas. Entre otros aspectos, vinculados a tal preimpacto, es importante “la posición exacta de la columna cervical”. Tales posturas influyen negativamente en el NIC (\*) como también lo hace la calidad y rendimiento del apoya cabezas para reducir (que no evitar) las consecuencias del choque, para lo cual ha de estar debidamente colocado y que la distancia de la cabeza la mismo sea mínima, pues de lo contrario aumenta el PLO

(\*) NIC (Neck Injury Criteria /Criterio de Lesión en el Cuello) que compara velocidad y aceleración de cabeza con la aceleración primera vértebra dorsal.

En los últimos años varios estudios han mostrado que los sistemas de reposacabezas y asientos activos SAHR de SAAB y WHIPS de VOLVO reducen las lesiones aproximadamente en entre un 40 y un 50%. Pero el contacto del reposacabezas debe ser en un tiempo inferior a 70 milisegundos. Y es que la curva S, también se dijo, se produce antes de los 100 milisegundos.



En cuanto al **impacto** no se pueden desconocer los gestos, movimientos y actos ligados al accidente que dentro del vehículo, como los movimientos comunicados, gestos motores, cadenas cinéticas y cinemáticas que se ponen en marcha ante aceleraciones y deceleraciones segmentarias y globales. Por ejemplo, y como lesiones añadidas, durante el impacto al sujeto es muy frecuente que no pierda el control de sus extremidades, y surjan lesiones.

En el **post-impacto** pueden darse gestos y movimientos bruscos de la víctima del accidente una vez finalizado el choque, ya activos, ya imprimidos pasivamente. Así, finalizado el impacto la víctima puede

salir del vehículo por sí misma y al notar un dolor brusco en el cuello y parte occipital **bruscamente echa la mano a esa región**, y con ocasión de tal movimiento el manguito rotador puede lesionarse, más todavía en sujetos predispuestos (como en aquellos que por razones de su oficio sufren un desgaste / adelgazamiento considerable del mismo). Las condiciones de evacuación o/y la salida del vehículo y tampoco han de olvidarse. Son importantes pues las lesiones que por sí misma se provoca la víctimas después del impacto o provocados por la intervención inadecuada de terceros.

- **b) actuación de la causa. El mecanismo lesional.** La causa ya asimilada como realidad traumática toma un dinamismo que no es otra cosa que el mecanismo lesional. Causa y mecanismo se remiten a la patogénesis lesional, que en su globalidad pretende explicar como incide, se conduce y despliega un agente morboso sobre el organismo.

- ▶ Mecanismo y causa no han de ser confundidos, pues se les quiere imprimir matices diferentes. La causa se queda en lo descriptivo. El mecanismo por el contrario se ha de entender el modo y orden en que actúa la causa responsable del hecho traumático. La manera en que incide, se proyecta y desarrolla sobre el organismo. El mecanismo tiene un carácter marcadamente activo, y se pone en marcha una vez que la causa se presenta, que en su despliegue dinámico genera y produce, provoca y ocasiona la lesión. El mecanismo, pues, adquiere un carácter animador de la causa, que conocerá respuestas variadas en atendiendo a la persona sobre la que se proyecta y las circunstancias de ese accidente en concreto.

Si se observan los tres primeros criterios que cita el artículo 135-1 (exclusión, cronológico, topográfico) en realidad no se involucran activamente en el mecanismo lesional. Más que nada son elementos que debidamente considerados podrán ser invocados en su momento para en un razonamiento lógico rechazar o admitir el nexo causal, lo que es diferente ser tenidos en cuenta como participantes activos en la génesis del resultado lesivo.

- **c) elementos que componen la causa.** Si el accidente hay que situarlo en un *escenario*, la activación de la causa cobra un dinamismo plurifactorial, ya no sólo desde los momentos antes del accidente (pre-impacto) sino más allá de la producción material del mismo (impacto), esto es, considerando también la evacuación del lesionado hasta su traslado hasta la llegada al centro sanitario de asistencia (post-impacto) sin desconocer tampoco la evolución y complicaciones relacionadas con el primitivo hecho traumático.

Ciertamente, diversos factores confluyen en el accidente condicionando el resultado por ese “modo y orden” de su intervención cuando se ven activados los elementos causales. Así, a título meramente demostrativo: geometría /posición de los segmentos corporales previamente al impacto (preimpacto); propiedades mecánicas pasivas de los tejidos biológicos (en especial resistencia); la Intensidad de la fuerza impactante; proyección de la misma fuerza en el organismo agredido (incidencia, asimilación, distribución y traslación); cualidades individuales de lesionado; patología previa.

Por ello, el criterio de intensidad (artículo 135) se ha de involucrar como un elemento más de la realidad traumática, aunque no es el único. Esto es, un elemento más dentro del mecanismo lesional, pero que en cualquier caso no se ha de hacer equivalente al ▶ “intensidad-apariencia” que algunos incluso relacionan con la factura de reparación. Entre los componentes del mecanismo lesional sin duda hay que colacionar la intensidad de la fuerza mecánica que pudo estar presente. No obstante considerar únicamente tal variable física (intensidad) para el conocimiento causal de un hecho traumático, y sus consecuencias, supone operar de forma restringida, pues no tal elemento que intervine en la configuración del daño junto a muchos otros, y por tanto no entenderlo así limita enormemente el esclarecimiento de los hechos.

La intensidad como dimensión física mecánicamente es capaz de producir un efecto, no obstante tal efecto varía de unos casos a otros. Así cuando una misma fuerza, de determinada intensidad, golpea a un automóvil, la experiencia demuestra que las consecuencias sobre los ocupantes del mismo vehículo son o pueden ser muy diferentes en cada uno de ellos, desde sujetos ilesos o muertos en el acto. La intensidad de esa fuerza es la misma, ▶ pero la respuesta no es homogénea.



En el criterio de intensidad en el caso de un accidente de tráfico interesa la fuerza (F) del elemento mecánico impactante, pero no sólo eso. Esa misma fuerza para producir y explicar sus potenciales efectos lesivos no basta como valor cuantitativo, sino que ha de ser analizada bajo los aspectos de “incidencia, asimilación, distribución y traslación” (HERNANDEZ CORVO). “Incidencia, asimilación, distribución y traslación” ha de encuadrarse dentro de ese modo y orden (mecanismo) en el marco en que actúa la causa responsable del hecho traumático (realidad traumática).

La fuerza que en su intensidad incide / impacta “in situ” ha de ser considerada pues siguiendo un orden secuencial, tal que esa fuerza (F) es asimilada, por una parte, en función de su magnitud provocando la descomposición asimilativa; pero al mismo tiempo esa misma fuerza es distribuida, descompuesta y trasladada a otras partes del organismo, promoviendo nuevas distribuciones, descompensaciones y traslaciones que *concluyen con la asimilación de una parte de la carga / fuerza y la traslación del resto*.

Todo esto va a su vez íntimamente unido a las *propiedades mecánicas pasivas de los tejidos biológicos* como huesos, músculos, articulaciones, vasos sanguíneos... (REMIZOV). Tales propiedades de las estructuras humanas conocen una amplia gamma de variaciones, y ya no sólo atendiendo a la edad de la persona, sino por las características propias de cada individuo, lo que explica que ante un mismo impacto, con un valor de intensidad determinado, las respuestas de los ocupantes puedan ser tan variadas. (Más ampliamente ver *Biocinématica del accidente de tráfico*, Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 1999)

En suma, la patogénesis lesional en su dinamismo, en su proyección como mecanismo, trata de explicar la deformación del biosistema, en la que confluyen pluralidad de agentes (movimientos comunicados, gestos motores, cadenas cinéticas y cinemáticas que se ponen en marcha ante aceleraciones y deceleraciones segmentarias y globales) en el contexto biocinémático de acuerdo con la geometría del desplazamiento del cuerpo humano, ante una violencia que irrumpe súbitamente, que no es otra cosa que la realidad traumática, cuyo alcance es siempre muy personal.

(RESUMEN)

**Patogénesis lesional -> CAUSA y MECANISMO**

- CAUSA -> Realidad Traumática (RT)...accidente vehiculo a motor (AVM)
- MECANISMO o animador de la causa, de los factores causales, que está en función de:
  - ▶ Geometría de los segmentos corporales previamente al impacto (preimpacto) posición de la cabeza y del cuerpo, posición relativa de las articulaciones...
  - ▶ Propiedades mecánicas pasivas de los tejidos biológicos (en especial resistencia)
  - ▶ Intensidad de la fuerza impactante, dirección / sentido del vector de impacto
  - ▶ Modo en que actúa las fuerzas concurrentes sobre el organismo del accidentado (incidencia, asimilación, distribución y traslación)
  - ▶ Cualidades individuales: envergadura / peso del ocupante; circunferencia del cuello / diámetro del canal medular; resistencia de los ligamentos a las fuerzas de tracción-

- ▶ Patología previa: antecedentes médicos de la víctima
- ▶ Estado de preparación del sujeto cuando recibe el impacto
- ▶ Grado de protección del sistema asiento / apoyacabezas.
- ▶ Otros: características de los vehículos.... geometría, compatibilidad / incompatibilidad, ángulo de ataque, fatiga de materiales...

### 3.4. 1.- Intensidad del accidente

¿Qué se ha de entender por intensidad del accidente? En general el término intensidad significa “grado de energía de un agente natural o mecánico” para producir un efecto.

¿Y cómo la van medir? Hay quienes piensan que lo van resolver con la factura reparación del vehículo y si es necesario recurrir al informe del ingeniero biomecánico, incluyendo el delta V... y desde un despacho, sin por supuesto saber nada del paciente, incluso ni del vehículo, y, como tantas veces, con unas simples fotografías...

Por otra parte, hay que reparar en esta respuesta que da la NHTSA al ser preguntada. *¿Hay una manera de determinar la velocidad a la que iba durante un choque trasero basado en el paragolpes dañado?*

No. Nosotros no recogemos ninguna información que sería útil para determinar la velocidad de impacto. Muchos parámetros tales como masas de vehículos, la velocidad de pre-impacto de ambos vehículos, los ángulos de impacto, resistencia al aplastamiento, fatiga de materiales, etc., afectan al comportamiento de los parachoques durante un impacto. Cada accidente debe ser analizada con respecto a todos los parámetros antes de que una estimación puede hacerse. (Ref. Bumper Questions and Answers - NHTSA /// La National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) es una agencia dependiente del gobierno de los Estados Unidos, y forma parte del Departamento de Transporte).

Al mismo tiempo hay que tener muy en cuenta que, por ejemplo en el impacto trasero, “la deformación nunca debe considerarse la del parachoques, sino la de la travesía posterior o los elementos deformables estructurales del vehículo” (*Biomecánica del latigazo cervical: conceptos cinemáticos y dinámicos*. Ingeniero Arregui-Dalmases y otros. Revista Española de Medicina Legal, 2012).

**Observaran que hay muchas repeticiones, pero la intención es reforzar la comprensión del lector**

#### 3.4.1.1. Factura Reparación del Vehículo

“La ausencia de daños en el vehículo no supone inexistencia de lesiones en los ocupantes” es un principio básico en para comprender las consecuencias de las colisiones a baja velocidad. Ligar los daños en el vehículo con las posibles lesiones de sus ocupantes descansa sobre conceptos vulgares, sin acogida científica.

Cuando un niño contempla un automóvil con destrozos por un accidente...puede pensar “que castaña se debieron de dar”. No siempre es así. A ese niño le impresiona “**la intensidad-apariencia**”. Tal entender, como ya se ha indicado en muchas ocasiones, es erróneo, en especial cuando se trata de **colisiones a baja velocidad**, como igualmente se ha venido repitiendo. Hasta ahora la factura de reparación del vehículo no tiene la categoría de documento clínico... aunque alguno sin ejercicio ni práctica en trato directo y diario con los enfermos pretendan otra cosa.

En un mismo accidente pueden seguirse consecuencias muy diferentes sobre los ocupantes que viajan en un mismo vehículo, desde sujetos ilesos, heridos leves, graves e incluso muertos. Hace unos meses, en una ciudad española, como consecuencia de impacto frontal poco aparatoso, las consecuencias lesivas fueron diferentes para los tres ocupantes del mismo vehículo: el de la plaza trasera resulto ileso, el conductor mostró únicamente molestias discretas en el cuello, en tanto que el viajaba en la plaza del “copiloto” sufrió un fractura esternal por impacto directo del cinturón de seguridad.

**NOTA**- También hay que cuestionar como se llevan a cabo algunas reparaciones. St. Juzgado de 1ª Instancia Motril, Granada, 2013 que obliga a la aseguradora a cambiar la pieza, el paragolpes trasero, por una nueva. “**Condenan a una aseguradora a pagar la sustitución del paragolpes de un coche**”. Una sentencia del Juzgado de Primera Instancia nº 2 de Motril (Granada, 2013) estimó una demanda en la que solicitaba la reposición del paragolpes trasero del vehículo, dañado tras un accidente de tráfico. **La compañía de seguros pretendía tan sólo pagar reparación del parachoques**. No obstante el Juez en su resolución considera que "en el caso presente no se puede obligar al actor, a que se conforme con una reparación frente a la sustitución de la pieza entera, máxime tratándose de una pieza de seguridad para el vehículo como es el paragolpes trasero, sin que por la demandada se haya acreditado que la reparación propuesta por MAPFRE, **dejara la pieza en perfectas condiciones**, no solo visuales, sino de prestar el fin para el que fue diseñado”. // **Se sospecha que ciertas "reparaciones" son más bien un remiendo que enlaza con la “chapuza”**. Una cosa es una reparación, esto es dejar la pieza con sus propiedades y rendimiento elástico plástico como estaba antes del accidente. Caso que esto no sea posible la seguridad de tal pieza, El parachoques, hay que ponerla en cuestión, que evidentemente no puede limitarse a una estética. Por ello hay que preguntarse si los paragolpes se pueden reparar. Opiniones consultadas indican que se pueden reparar si está fabricado en polipropileno, ABS, o policarbonato (prácticamente la mayoría de los parachoques están fabricados en este tipo de plásticos) pero es necesario disponer de las herramientas necesarias adecuadas y por un profesional competente para ello. Por eso los mismos técnicos advierten que “pocos talleres son los que disponen de trabajadores y herramientas que puedan reparar este tipo de daños, normalmente lo derivan a especialistas que recogen los paragolpes dañados a diario en el taller y los devuelven reparados” (ref. criticauto.com/los-paragolpes, 2 febrero/2015 de PJ).

● El parachoques “una pieza en evolución” (CESVIMAP). “En cualquier **impacto a baja velocidad por alcance trasero**, el primer elemento que sufre daños es la travesía del parachoques posterior. En ocasiones, la ductilidad del plástico del parachoques es tal, que este se deforma durante el impacto y recupera su forma sin que apreciemos rotura ni desperfectos notables, pero la travesía interior se ha **hundido**. **Son muchísimos los coches que circulan por nuestras carreteras con una travesía hundida y con el desconocimiento de sus propietarios**” (Ref.- [www.diariomotor.com](http://www.diariomotor.com) 2013 David Villarreal ( @davidvillarreal ) el 31 de octubre de 2013).

(Ref. Colisiones a baja velocidad. Una resolución inquietante Audiencia Provincial de Pontevedra, Sección 6. Sentencia 619/14, 03.11.2014... Apéndice.- ENSAYOS DE IMPACTO TRASERO MAZDA 3. [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com) 25 /abril / 2015).

El siguiente texto de la Audiencia Provincial de La Coruña, auto 26.02.2015 (publicada en [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com)) pone de manifiesto como los daños materiales del vehículo, o su ausencia, son independientes del las lesiones personales que se hubieran podido producir a raíz del accidente.

“...**Fundamentos de Derecho:** ...”CUARTO.- No se trata ya de que una colisión con mínimos desperfectos en los automóviles origine daños corporales (**de hecho el ponente de esta resolución tiene un antecedente histórico familiar de persona fallecida por desnucamiento sin concurrir ningún daño material**). **Es un conocimiento de física elemental** que la fuerza viva aplicada en el impacto puede transformarse en deformación o desplazamiento (la experiencia permitió incluso conocer supuesto de efecto de bola de billar: el que golpea en el lugar de la colisión y el otro de desplaza) o en ambas. Por eso no aporta ninguna seguridad extraer conclusiones sobre la velocidad basadas en la ausencia o escasa entidad de los daños, sin consideración de ninguna otra circunstancia, y con real desconocimiento de como sucedió el percance. En este sentido la parte ejecutada no respaldó de modo suficiente su tesis y, de ser admisible la cusa de oposición, no podría prosperar sobre la base de informes periciales operantes sobre meras suposiciones sobre el desarrollo de los acontecimientos (ni siquiera se propuso el interrogatorio de los ejecutantes). Tampoco puede pasarse por alto que los argumentos de los síntomas permitirían excluir siempre la indemnización de este tipo de patologías, con lo que es evidente que con toda probabilidad dejarían de repararse lesiones reales; es sabido que demostrar demasiado es demostrar nada”.

**NOTA**- Los parachoques en la actualidad se construyen pensando fundamentalmente en ahorrar gastos de reparación con ocasión de los impactos a baja velocidad, y no para proteger al ocupante. Los vehículos, en general, se construyen bajo un estándar con la finalidad de que puedan soportar impactos

entre 2,5 a 5 millas / h (4-8 km / h) sin que sufran daño; ahora bien, tales estándares no sirven para la seguridad del ocupante del automóvil, sino que están pensados para que el coste de la reparación del vehículo sea mínimo; a veces, según el modelo de vehículo de cada fabricante, pueden soportar impactos de 8-9 millas / hora (12,8-14,4 km / h) sin que el vehículo se deforme, pero en este caso la energía cinética absorbida se transmite al ocupante, con sus potenciales consecuencias lesivas, a lo que hay que añadir lo que se acaba de indicar, en el epígrafe anterior, y sus efectos: considerar al vehículo en un esquema de cadena cinética, abierta en un principio, que se transforma en abierta invertida tras la colisión. /// • AVERY, del Centro de Investigación del Seguro de Reparación del Motor, ha indicado que las lesiones por "whiplash" son ahora más probables que hace diez años, pues si bien el diseño en general del vehículo ha "mejorado", ciertas características particulares de ese diseño, la rigidez del propio vehículo para limitar los efectos de los golpes a baja velocidad, las características de asiento, junto con la geometría del apoyacabezas, y su rendimiento, desempeñan un papel a tener en cuenta en la severidad de la lesión, pudiendo conducir a un aumento de las lesiones en el cuello. /// • El mismo AVERY ya advirtió que existe un contraste marcado en el rendimiento entre dos vehículos, siendo un modelo de 1990 y otro del año 2000. Este último al disponer de una estructura más rígida junto a otros componentes que previenen un daño más severo, determina una reducción de los costes de reparación del vehículo. Sin embargo, esto mismo lleva a un aumento de los niveles de aceleración de los ocupantes. /// • En atención a todo lo anterior, parece desprenderse que los automóviles actuales en colisiones a baja velocidad se comportan de forma más elástica que los antiguos y, en cambio, para impactos a alta velocidad sus estructuras se deforman más que los de otro tiempo, con un comportamiento más plástico. En resumen, siendo así, en relación a los vehículos antiguos, los automóviles modernos son más elásticos a baja velocidad y "más plásticos" a alta velocidad, lo cual a su vez explica un mayor riesgo de "whiplash" ante impactos a baja velocidad. (Ref. *Latigazo cervical y colisiones de baja velocidad*, pág. 89. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 2003).

(\*) AVERY, M., Motor Insurance Repair Research Centre, Thatcham, England, dentro del programa **Whiplash Research**. (Investigación del Latigazo Cervical). "El mecanismo de lesión del whiplash se entiende mal, por ello es objeto de una investigación global intensa. El reciente trabajo se ha centrado en **la posibilidad del daño interno del nervio en el canal espinal** por la aceleración rápida de la cabeza con relación al cuerpo, **provocando modificaciones de presión en el canal que causarían inflamación y dolor**". [www.thatcham.org](http://www.thatcham.org).

► También hay que considerar los critérios actuales de fabricación los automóviles con Aceros Alto Limite Elástico (ALE), la tecnología USLAB (Ultralight Steel Auto Body) dan una mayor resistencia a la rotura a baja velocidad, con zonas plásticas más reducidas, menor deformación al romperse. En suma con todo esto se consigue una carrocería más económica, mas ligera y que en su modelo promedio presenta una Rigidez mayor (Ref.- *Estructuras del vehículo*. (Ediciones Paraninfo, 2010). Las "características elástico/plásticas" de los automóviles han variado considerablemente en los últimos años, lo que se traduce en choques más elásticos (con mayor Coeficiente de Restitución después del impacto. (Ingeniero ANIBAL O. GARCIA, *Acerca del Coeficiente de Restitución*, 2003, La Argentina)

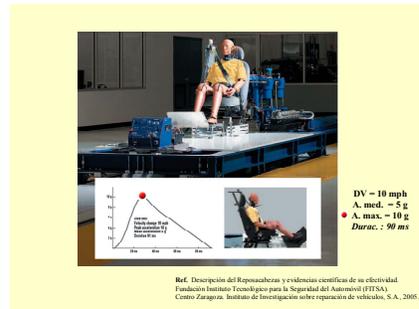
### 3.4.1.2. El Informe Biomecánico del Ingeniero (IBI)

Lo que interesa son los daños del ocupante, no los daños del vehículo.  
El vehículo no es una caja negra del accidente con respecto a las lesiones del ocupante.

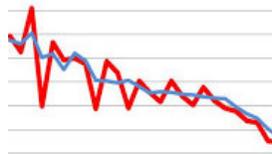
El Informe Biomecánico del Ingeniero - IBI - (no es el impuesto, aunque algunos lo traten de imponer) resulta totalmente inútil para los impactos traseros a baja velocidad y en lo que respecta a la realidad de un accidente en un caso concreto. Como ya se dicho, ante un mismo accidente, las consecuencias lesivas para los ocupantes de un mismo vehículo pueden ser muy diferentes. (Ver Accidentes de Tráfico y nexos causal de las lesiones y secuelas. Inutilidad del Informe Biomecánico del Ingeniero (Parte I y Parte II). [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com)).

**Observaciones**.- en general cuanto se recoge en estos trabajos, ya se ha adelantado en publicaciones anteriores en esta web [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com).

En la estimación de la aceleración como factor determinante del potencial lesivo del impacto, con el fin de no incurrir en errores, en la literatura científica se insiste en que "en las tácticas usadas por los expertos de las defensas para la reconstrucción de los accidentes, para darle a la colisión un aspecto relativamente insignificante" (CROFT y BATTEY) adviértase que: la aceleración ha de ser conocida en términos de aceleración máxima (no sus valores medios); la aceleración máxima ha de venir referida al ocupante (no la del vehículo). Ref.- Latigazo Cervical y Fraude (III) [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com), septiembre/2012). Y es que los "picos" de aceleración pueden ser altamente lesivos. Igualmente en (Ref. *Latigazo cervical y colisiones de baja velocidad*, pags. 77 y 78. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 2003).



La **aceleración instantánea** de un cuerpo es la que tiene ese cuerpo en un instante específico, en un punto determinado de su trayectoria. Se define la aceleración instantánea, o simplemente **aceleración**, como el límite de la aceleración media cuando el intervalo de tiempo considerado tiende a 0. Esto es, para definir la aceleración instantánea con precisión podemos partir de la *aceleración media* en un intervalo y hacer este *infinitamente pequeño* ( $\Delta t \rightarrow 0$ ).



En estos "picos de sierra" una cosa es su valor máximo y otra muy distinta el nivel medio de su altura. El mismo razonamiento sirve para distinguir entre aceleración media y los picos de aceleración como sus valores máximos

- **El DELTA t. Un parámetro ignorado como suma frecuencia**

**Consideraciones básicas.**- La aceleración del vehículo golpeado por el impactante no es la misma que la del ocupante, por lo que se explica que la falta de relación entre los daños del vehículo y los que se pudieron ocasionar en el viajero en el accidente. "Un cambio de velocidad de 4 km / h (2,5 mph) ya puede ser suficiente para producir lesiones en el ocupante" (C.G. DAVIS). Colisiones a velocidades relativamente bajas pueden dar lugar aceleraciones importantes en el ocupante (el ocupante en el interior del vehículo se desplaza a mayor velocidad que el vehículo golpeado y en el sentido hacia donde se recibe el golpe). Las aceleraciones de la cabeza y de los hombros del ocupante del automóvil que es golpeado pueden superar 2,5 veces la aceleración del vehículo en que viaja. "Una velocidad de impacto de 8 millas por hora (12.8 km/h) la aceleración del ocupante era de 2,5 veces la del vehículo" (THOMSON y COLBS. 1989); otros han demostrado que puede llegar a ser unas cinco veces mayor (WEST y COLBS.,

1993; ROSEN-BLUTH, 1994). Un velocidad de impacto de 20 mph (32 km / h) le puede imprimir a la cabeza una aceleración máxima de hasta 12 G durante la extensión. La variación de velocidad y de la aceleración con ocasión de un impacto es independiente de las velocidades absolutas de los vehículos. **La canalización de la energía del impacto sobre el vehículo se produce antes que el sujeto que está en su interior puede reaccionar.** La variación de la velocidad en el curso del choque, es lo que se conoce con el nombre Delta-V: la diferencia entre la velocidad de impacto y la velocidad después del choque, es el cambio de velocidad ( $\Delta V = V_f - V_i$ ;  $V_f = \text{velocidad final}$  y  $V_i = \text{velocidad inicial}$ ). Su denominación alude a la letra griega del mismo nombre que en términos matemáticos y de la ingeniería indica precisamente "cambio". Un ejemplo para comprenderlo y en líneas generales: si se trata de un impacto posterior de un vehículo a 10 km / h contra otro que está parado, este último experimentará un desplazamiento hacia adelante de 10 km / hora, por lo que su Delta V - o cambio de velocidad - es de 10 km / hora (10 km/h - 0 km / h = 10 km / h). Si el vehículo impactado se desplaza a 5 km / h y el impactante lo alcanza cuando está circulando a 10 km / h, en este caso el cambio de velocidad es de 10-5, por lo tanto el valor de Delta V es de 5 km / h. El sistema delta-V está muy extendido en la investigación de choques, pero tiene grandes limitaciones e insuficiencias cuando se pretende conocer el potencial lesivo del ocupante (PLO). Al mismo tiempo, NO ha de confundirse la expresión Delta -V con Delta-t, que alude a la duración de la colisión; la relación Delta-V/Delta-t remite a la aceleración.

► A muchos les han hablado del Delta V, pero quizá no tanto del Delta t...que es sumamente importante. El Delta t es el tiempo que dura el impacto.

Teniendo en cuenta la fórmula que establece que la aceleración (a) resulta de dividir Delta V entre Delta t, está claro que cuanto mayor sea el Delta t, la aceleración disminuye, y con ello el Potencial Lesivo del Ocupante (PLO) ya que dicho potencial está ligado a la aceleración. Un Delta t amplio, pues, diluye el potencial lesivo, pues  $a = DV / Dt$ .

Hay accidentes que siendo muy espectaculares, su potencial lesivo es bajo, dado que el Delta t es largo. Así por ejemplo sucede en algunos vuelcos, cuando la dispersión de la energía cinética se hace lentamente. Otro es el caso de último accidente de ALONSO (22. febrero 2015) que al perder la trazada correcta choca contra el muro lateral; en este caso el Delta t fue considerable, al tratarse de un raspado del vehículo contra el muro de contención de la pista de carreras.



Museo de Arte Contemporáneo.  
Centro G. POMPIDOU. Paris, 2006

Esto hay que llevarlo a los impactos con daños en el vehículo, en suma con deformación, ya que en el tiempo en que se va "a-r-r-u-g-a-n-d-o" el vehículo del Delta t se va haciendo mayor (mayor duración del impacto) al mismo tiempo que la energía de ese impacto se va "con-su-mi-en-do" en gran parte en el curso del a-plas-ta-mien-to / de-for-ma-ción. Por el contrario en los choques sin deformación, como en el caso de un impacto contra un árbol, con escasa deformación del vehículo, se traduce en un golpe "seco" de duración sumamente breve / instantáneo, y por lo tanto con Delta t también sumamente breve, pero enormemente lesivo para el ocupante, tantas veces mortal.

Esto quiere decir que cuanto “mas fuerte” / más “duro” sea el coche menos se va a deformar pero el delta  $t$  (duración del impacto) será muy breve propiciand un mayor Potencial Lesivo del Ocupante (PLO). Algunos, en su ignorancia, creyéndose más protegidos, dicen con satisfacción “mi coche es como un tanque”. No saben, por ejemplo, que en esos vehículos de guerra, se ha observado que sus ocupantes en caso de impacto sufren graves lesiones y sin daño externo del vehículo sufriendo irreversibles, como, entre otras, daños viscerales. La mayor rigidez del vehículo (y su mayor peso) disminuyen el delta  $t$ .

Igualmente, en los impactos traseros, sin deformación, el delta  $t$  es muy corto, lo que se observa todavía más **en los casos de impacto contra el gancho de remolque** o en la zona del vehículo donde se ubica el  **tiro de arrastre**, con especial resistencia a la deformación, tanto que el daño en el vehículo a veces no se aprecia.

La rigidez de distintas partes de la carrocería del vehículo, y donde se recibe el impacto, determina picos **de aceleración que se traducen en una elevación de los valores g**, o fuerzas g, que trasladan su potencial lesivo al ocupante (PLO). Los **picos de aceleración** que inciden sobre el ocupante tienen un valor promedio de al menos el doble de los que actúan sobre el vehículo en el que no hay deformación. Esto es, cuando en el vehículo hay deformación (daño, aplastamiento) la repercusión sobre el ocupante en las colisiones a baja velocidad suele ser menor. Físicamente hay que tener presente la formula que entiende que la aceleración (a) es igual al cuadrado de la velocidad ( $V^2$ ) dividido por dos veces la deformación sufrida en el vehículo (2d):  **$a = V^2 / 2d$** .



**El impacto contra el gancho de remolque o en la zona donde se ubica el tiro de arrastre propician un Delta  $t$  corto, explicando el Potencial lesivo del ocupante (PLO) sea alto.**

Imagínense un automóvil que a raíz de un choque queda deformado como un “acordeón”. Sucedió, por ejemplo, con el antiguo, simpático y humilde 2 CV (CITRÖEN dos “caballos” un vehículo que, para algunos, hasta la fecha, permítanme decirlo, no ha encontrado sustituto). El tiempo que tarda en producirse esa deformación absorbe y amortigua el golpe, y tal tiempo que el Delta  $t$  (el tiempo que dura el choque) se alarga. En cambio en el caso de un vehículo rígido, que raíz de un impacto no se deforma, el tiempo de impacto (Delta  $t$ ) es muy breve, y se registran unos picos de aceleración altos, y por lo tanto el Potencial Lesivo que se traslada al ocupante es también elevado. En el caso del 2 CV de la imagen el daño material a veces es una ruina para su propietario, pero a la vez una suerte para su integridad corporal. Por eso se ha dicho tantas veces que si “la arruga es bella” (frase “genial”) y ahora para estos casos diremos que *la deformación es buena*.



En suma **“el delta-t es tan importante como delta-V”** (*Whiplash in low speed rear impact collisions*, Reprinted from IMPACT, 14, 2, 2005). GRAHAM GREATRIX, Forensic Investigator, Hartlepool, UK. (Latigazo Cervical en colisiones baja velocidad en es de impacto trasero. Tomado de IMPACT, 14, 2, 2005). GRAHAM GREATRIX, es investigador forense. Hartlepool, Reino Unido). “No se puede predecir la probabilidad o la gravedad de una lesión solo calculando el Delta V (ALAN M. IMMERMANN, D.C. *Clinical Biomechanics of Whiplash Injuries Review of Care of Trauma Victims*. 2009).

**Nota** - pueden ver el trabajo *Scan 3.60, Delta v y otras tentaciones... que ya no se llevan. Preguntas para el Sr. Ingeniero "especialista" en biomecánica.* ([www.peritajmedicoforense.com](http://www.peritajmedicoforense.com), 17.03.2014). Manténganse atentos. Quizá a partir de ahora se va hablar mucho del Delta t, pues el Delta V no les ha "funcionado" aunque también ya se adelanta que desde algunas instancias se quiere distorsionar la realidad con la aceleración media (sigan leyendo). Otra forma de "aligerar" esa realidad es operar con un Delta V cada vez más bajo... y sospechoso.

Para abundar en lo dicho, repasando e insistiendo en lo dicho, se añade este apunte:

... hay que recordar también que el **Delta-v** (cambio de velocidad que experimenta el vehículo con ocasión del impacto) **hay que integrarlo / remitirlo al Delta t**, o tiempo de duración de la variación de la velocidad (Delta V). Cuando mayor sea Delta t las consecuencias lesivas sobre el ocupante serán menores. No ha de confundirse pues la expresión **Delta -V** con **Delta-t**, pues esta última alude a la duración de la colisión. La relación Delta-V/Delta-t remite a la aceleración (a). A mayor **delta t** menor aceleración y menores consecuencias lesivas sobre el ocupante. Por ejemplo, en los vehículos con mucha deformidad en la zona de impacto, el delta t es alto, ya que en la deformidad que se produce con ocasión del golpe se invierte tiempo, y la disipación de la energía que canaliza ese mismo golpe es mayor, y llega, en consecuencia, en menor medida al cuerpo del ocupante. Esto es, la energía queda "atrapada" en el trabajo de deformación del vehículo. Sucede por ejemplo en los autos de competición (como los de formula 1, que en su aplastamiento el delta t es alto). Por eso que en los automóviles actuales hoy se introducen sistemas de "deformación progresiva y programada" (predefinida) con "sacrificio componentes perimetrales", pero esta "deformación progresiva y programada" no entra en colisiones a baja velocidad, tanto que para que se "dispare" tal deformación programada" en un impacto trasero hay que situar la velocidad en torno los 35-38 km/h.

Si colacionamos la formula:  $a = V^2 / 2d$

quiere decir que la aceleración (a) es igual al cuadrado de la velocidad (V) dividido por dos veces la deformación (d). Se comprende que **a menor deformación** (escasos a nulos daños en el vehículo accidentado) **mayor aceleración del vehículo** y del ocupante (siendo esta siempre superior a la del vehículo). También se entiende que en estos casos de poca o nula deformación (escasos a nulos daños en el vehículo accidentado) el valor de *delta t* es muy reducido. Sabido esto se puede proferir la "blasfemia": a menor daño material en el vehículo el potencial lesivo del ocupante (PLO) puede ser mayor. De donde se deduce, una vez más, que "la ausencia de daños en el vehículo no supone inexistencia de lesiones en el ocupante".



Dos imágenes de un mismo modelo de vehículo, con siniestros diferentes. El de la derecha sin apenas daños aparentes a raíz de impacto, con un *delta t* bajo (corto). La deformación es poco visible, por lo tanto la factura de reparación es de bajo coste... que es lo que les gusta a las aseguradoras... para no pagar ni un duro a las víctimas de los accidentes. Pero... reprimir vuestra alegría y seguid leyendo... En cambio el vehículo de la izquierda ha sufrido una *importante deformación*, lo que implica un *delta t* elevado, a la vez que la caja del habitáculo del coche "aguanta" protegiendo al ocupante, y que se comporta a modo de "jaula" de seguridad que junto a elementos perimétricos de deformación amortiguan el golpe. Otra cosa es cuando la intrusión alcanza y contacto físicamente con el ocupante. No obstante el PLO del ocupante del de la **v. derecha** es potencialmente ALTO (poca o ninguna deformación) en tanto que el PLO del de la izquierda (gran deformación) es bajo. Por eso es inexacto cuando alguno dice "mira como quedó el coche, menuda leche se debieron de dar". El tiempo de deformación (que se remite al *delta t*) se consume en un aplastamiento del vehículo, disipando una energía cinética, que de otra modo habría de absorber / "chuparla" el ocupante. En suma la deformación amortigua el golpe y sus consecuencias lesivas.

- **Análisis del Informe biomecánico de un Ingeniero**

**Tabla Resultados**

<i>Eje X</i>	Vehículo 2	Vehículo 1
<i>Para e=0,25</i>	$\Delta V = -6,11$ a = -6,79	$\Delta V = 6,39$ a = 7,10
<i>Para e=0,30</i>	$\Delta V = -6,35$ a = -7,06	$\Delta V = 6,65$ a = 7,39

Un caso de lesiones por Impacto Trasero (alcance) por el Mecanismo de Latigazo Cervical. IMPACTO TRASERO: VEHICULO 2 = V. IMPACTANTE (V. bala / proyectil), VEHICULO 1 = V. IMPACTADO (v. “blanco”). Se recogen en el cuadro, y para el vehículo 1 (el impactado) dos valores de Delta V y dos de aceleración, según se haya considerada un coeficiente de restitución (e) de 0.25 (“delta V = 6,39 Kilómetros / hora y una aceleración 7,10 metros /s<sup>2</sup>”) ó de 0.30 (“delta V = 6.55 y aceleración de 7.39) respectivamente

Para lo que ahora se quiere explicar sólo se consideraran los valores referidos al Vehículo 1 (que es el impactado en una colisión trasera, impactado por el Vehículo 2, o proyectil / vehículo bala). Por ello se tomaran los valores de Delta V y aceleración referidos al vehículo 1. Y son: para e = 0.25, el informe del ingeniero que, apunta un “delta V = 6,39 Kilómetros / hora y una aceleración 7,10 metros /s<sup>2</sup>”; para e = 0.30 “delta V = 6.55 y aceleración de 7.39”.

Al ingeniero, en su caso, siempre se la ha de preguntar ¿cuál es el Delta t que ha considerado? De cualquier modo el Delta t a partir de los datos anteriores (Delta V y aceleración) se puede calcular fácilmente. El propio abogado puede hacerlo. Para ello se dan los pasos que se indican.

(\*) Además el ingeniero ha de especificar las cifras que ha manejado, y no sólo exponer fórmulas generales sin acompañar de las operaciones numéricas intermedias con los que llega a sus resultados. También hay que observar que a veces cuando se refieren al peso del vehículo estiman el que establece el fabricante, sin considerar el peso de los ocupantes, o, por ejemplo, si se trata de una furgoneta de reparto, habrá añadir a su peso el de la carga que transporta; así, en el caso de un impacto trasero no es lo mismo que el vehículo que golpea pese 1000 kilos que 1400.

En esta exposición se va a seguir este orden:

#### **A.- Calculo Delta t**

**Primer supuesto: para un coeficiente de restitución e = 0.25**

**Segundo supuesto: para un coeficiente de restitución e = 0.30**

**Discusión y consideraciones** (DC): DC1 y DC2

#### **B.- Cálculo del Potencial lesivo en el Ocupante (PLO)**

##### **B.1. Primer supuesto: para un coeficiente de restitución e = 0.25**

Potencial lesivo (PL) para un Delta t de 90 milisegundos

PL para un Delta t de 100 milisegundos

PL para un Delta t de 120 milisegundos

##### **B.2 Segundo supuesto: para un coeficiente de restitución e = 0.30**

Potencial lesivo (PL) para un Delta t de 90 milisegundos

PL para un Delta t de 100 milisegundos

PL para un Delta t de 120 milisegundos

• **A.- Calculo Delta t**

En este caso se va a considerar, como ya se dijo, sólo el Vehículo 1 (que es el impactado en una colisión trasera, impactado por el Vehículo 2 – o proyectil / vehículo bala)

1- fórmula para el cálculo: DELTA t = Delta V / aceleración

2.- Se opera con metros por segundo.

Por lo tanto del valor del Delta V que viene en kilómetros /hora se pasa a metros / segundo. La aceleración ya viene dada en metros /s<sup>2</sup>

• **Primer supuesto: para un coeficiente de restitución e = 0.25**

Delta V: en este caso 6.39 kilómetros / hora = 6.390 metros / 3600 segundos = 1.77 metros /segundo (que es el Delta V en metros/segundo).

En cuanto a la aceleración, se acaba de decir, ya viene expresada en metros / segundo: 7,10 metros /s<sup>2</sup>.

3.- Ya así, para conocer el Delta t se divide el Delta V por la Aceleración, según la fórmula señalada. DELTA t = Delta V / aceleración = 1.77 (Delta V) / 7.10 (aceleración)

1,77 / 7.10 = 0.249 segs = **249** milisegundos (1 seg. = mil milisegundos).

• **Segundo supuesto: para un coeficiente de restitución e = 0.30**

Fórmula para el cálculo: DELTA t = Delta V / aceleración

· Delta V: en este caso 6. 65 kilómetros / hora = 6650 metros / 3600 segundos = 1.84 metros / segundo

Por lo tanto · Delta V = 1.84 metros / segundo

· Aceleración (a) = 7.39 m / s<sup>2</sup>

Aplicando la fórmula (\*) conocemos DELTA t

(\*) DELTA t = delta V / aceleración = 1.84 / 7.39 = 0.248 segundos (= 248 milisegundos).

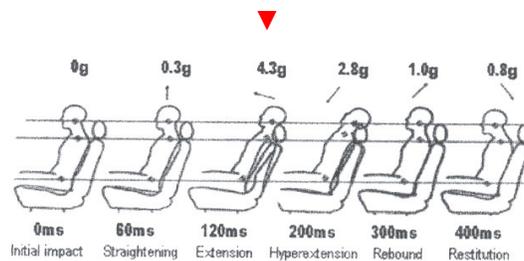
En estos casos tenemos pues un DELTA t en torno a los 250 milisegundos (muy amplio, como se explicará) y no representativo del Potencial Lesivo del Ocupante (PLO).

- **Discusión y consideraciones** (DC: DC1; DC2)

**DC-1.** En un impacto por alcance un DELTA  $t$  de 249 / 248 milisegundos es demasiado amplio, tanto que se diluye el potencial lesivo del ocupante. Obviamente se desconocen también los picos de aceleración que el ocupante pudo experimentar a raíz del impacto, lo que daría datos más precisos.

► Y es que **los primeros 100 -120 milisegundos de la aceleración de los ocupantes, son lo más dramáticos; “es el marco de tiempo perjudicial”**. (Ver Documento nº 2).

Los primeros 120 milisegundos es el tramo de mayor concentración del Potencial Lesivo para el Ocupante (PLO), ya que es donde los valores g (vinculados a dicho potencial lesivo) alcanza sus niveles más altos, en concreto entre los los 60 y 120 milisegundos es cuando llega a los 4.3 g.s. como lo acusa la imagen que sigue (McCONNELL, 1995).



McCONNELL (\*) distingue seis fases, con un Delta V de 7.8 km/hora

1.- **Impacto inicial**: el automóvil se acelera hacia adelante, pero el efecto de tal aceleración no alcanza de inmediato al ocupante, tardando unos 60 milisegundos, por lo tanto, en este tiempo el ocupante todavía no ha sido desplazado. (0 - 60 milisegundos).

2.- **Enderezamiento dorsal**: la fuerza del impacto comienza a ser transmitida a través del asiento contra la parte superior de la región dorsal, provocando cierta extensión de su parte superior, acompañado de flexión de zona cervical más bajas, determinando todo ello un enderezamiento de la cabeza. (60 milisegundos)

3.- **Extensión del Cuello**: la cabeza fuerza un movimiento en extensión, a medida que el torso se acelera hacia adelante. A veces el tronco puede desplazarse por encima del asiento (hacia arriba, "ramping»). (120 milisegundos).

4.- **Hiperextensión**: la cabeza se sigue desplazando hacia atrás con más fuerza. Su intensidad se relaciona directamente con la fuerza de la colisión, pudiéndose reducir con un apoyacabezas apropiados. (200 milisegundos).

5.- **Rebote**: en el final de la fase de extensión (300 milisegundos).

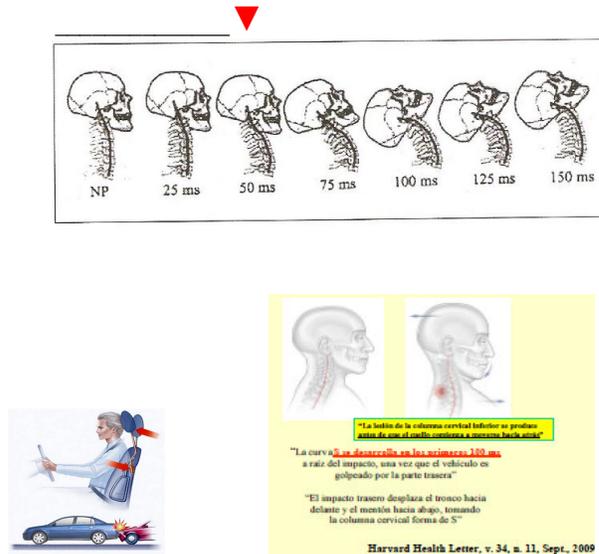
6.- **Restitución**: en el final de la fase de rebote, volviendo la cabeza - cuello a la posición neutral anterior al impacto (400 milisegundos)

(\*) Ref. *Latigazo cervical y colisiones de baja velocidad*, pag. 48 y 49, Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 2003. Tomado a su vez de BC Whiplash Initiative: *Natural Course of Injury and Pathophysiology*. [www.healthsciences.ubc.ca/whiplash.be/module1](http://www.healthsciences.ubc.ca/whiplash.be/module1).

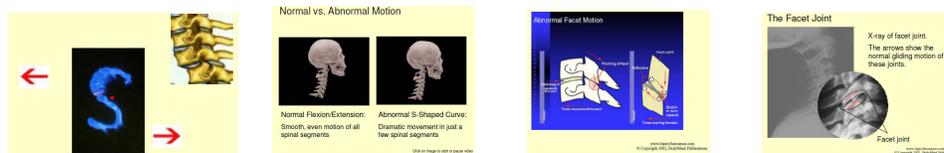
Al efecto es importante señalar que el sistema SAHR (SAAB) y WHIPS (VOLVO) REDUCEN las lesiones por latigazo cervical en un 40 y un 50%. Pero el contacto con el reposacabezas debe ser **en un tiempo inferior a 70 ms** (milisegundos) ya que ► **la curva S se produce en los primeros 100 milisegundos** (\*).

► Según lo que se acaba de decir en lo que interesa al ocupante, pues, el tiempo de impacto ha de ser referido por debajo de los 100 milisegundos, y, además, es en esta horquilla en donde hay que buscar los picos de aceleración.

En la imagen de abajo obsérvese como la curva S (\*) aparece ya a los 50 ms (milisegundos) en un impacto a 7.8 kilómetros / hora.



(\*) La **curva S** explica un movimiento anormal en doble sentido, desplazando por un lado la vértebra suprayacente y por otro, en sentido contrario, la vértebra infrayacente. Es entonces cuando diversas estructuras anatómicas de la región se pueden lesionar, el aparato ligamentoso, las articulaciones y capsulas articulares, y el propio disco intervertebral. En suma, el movimiento anormal ("dramático") del cuello es capaz de ocasionar lesiones por compresión cervical, deformación sigmoidal, lesiones por cizallamiento (ver Latigazo Cervical y Fraude (III) Anexo II.- Latigazo Cervical. Compatibilidad de Lesiones y daños estructurales en los vehículos. Epígrafe 11.- La curva S. Consideraciones cinemáticas. [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com)).



N.A.- Quizá por todo esto habrá que reflexionar sobre el alcance real de la protección de los reposacabezas activos. "La curva S de latigazo cervical se desarrolla en los primeros 100 milisegundos después de que un vehículo es golpeado por la parte trasera. La lesión de la columna cervical inferior se produce antes de que el cuello comience a moverse hacia atrás. La fuerza de la colisión trasera momentáneamente empuja el tronco hacia delante y la barbilla hacia abajo, girando la columna cervical en forma de S" (Harvard Health Letter, v.34, n. 11, Sept., 2009).

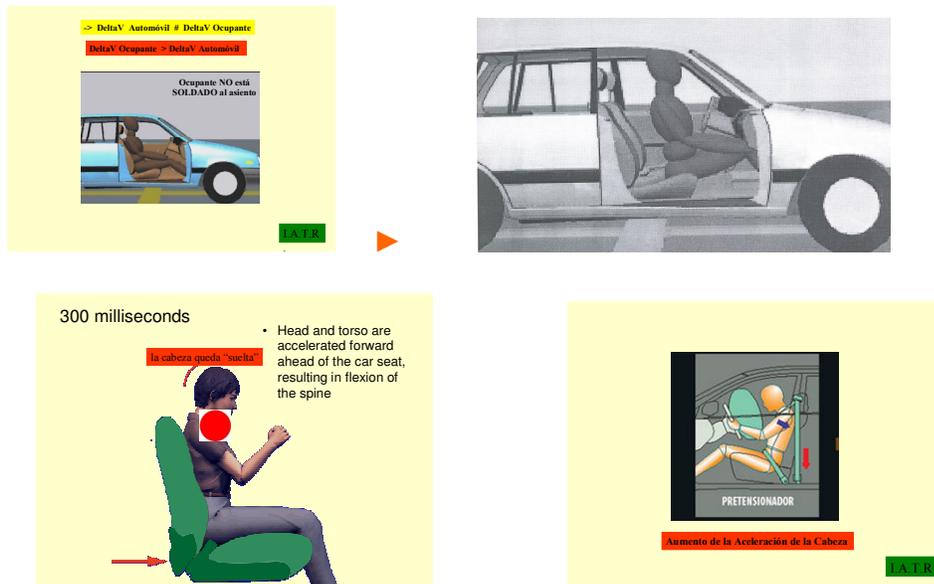
► La literatura científica argumenta a favor de un **Delta t por debajo de los 100 milisegundos** (DV 100 ms). Entre otros, ERIKSSON Y BOSTRÖM (1999) (\*) observaron una mayor correlación entre el NIC (Neck Injury Criteria / Criterio de Lesión en el Cuello) y el cambio de velocidad (DV) cuando tal cambio de es considerado durante los primeros 85 milisegundos (DV 85ms). Entre los criterios propuestos, la correlación NIC y DV 85ms (r<sup>2</sup> = 0,86) era un considerablemente mejor que la que se puede establecer entre el NIC y el Cambio de velocidad total (DV total, r<sup>2</sup> = 0,07).

(NOTA.- r<sup>2</sup> es un valor usado en un modelo estadístico cuyo principal propósito es predecir futuros resultados o probar una hipótesis. Establece la calidad del modelo para explicar los resultados.

(\*) ERIKSSON, L., and BOSTRÖM, O. (1999). *Assessing the influence of crash pulse, seat force characteristics, and head restraint position on NICmax in rear-end crashes using a mathematical BioRID dummy*. Proc. 1999 International IRCOBI Conference on the Biomechanics of Impact, pp. 213-230. IRCOBI Secretariat, Bron, France. /// (Valoración de la Influencia de los pulsos de impacto, las características del asiento, y la posición de la cabeza con NIIC máximo en impacto posteriores, utilizando un modelo (matemático) de un maniquí tipo BioRID. Conferencia Internacional de Biomecánica, celebrada en Bron, Francia, 1999).

**DC 2.-** En cualquier caso los valores de la aceleración apuntados (7,10 y 7.39 metros /s<sup>2</sup>) **▶ corresponde al vehículo, pero en modo alguno es equiparable a la aceleración que el ocupante experimenta en el interior del vehículo con ocasión del impacto. El tiempo de exposición al cambio de velocidad, la aceleración que causa una lesión al ocupante no es la media del vehículo.**

Una observación sencilla de la vida diaria confirma que cuando un automóvil se detiene bruscamente, lo hace a menor velocidad que el ocupante. Este último, el ocupante, se desplaza / acelera hacia delante a mayor velocidad (en la imagen). Y la cabeza, por el efecto del cinturón de seguridad (entre otras causas) todavía se acelera más que el cuerpo: la cabeza se “dispara”, queda “suelta” (un problema todavía sin resolver). Tal efecto se abunda con los cinturones con pretensor (imágenes en segunda línea).



Una cosa es aceleración comunicada al vehículo y otra distinta a la que se ve sometido el ocupante en estos casos. SEVERY (1955) y colbs. pusieron de manifiesto que la velocidad del ocupante es mayor que la del vehículo. a una velocidad de 8 millas por hora (12.8 Km/h) la aceleración del ocupante era de **2.5 veces la del vehículo** (THOMSON y colbs., 1989); otros investigadores han demostrado que  **puede llegar a ser unas cinco veces mayor** (WEST y colbs., 1993; ROSENBLUTH, 1994). Por otra parte, en las colisiones entre 3-10 G los ligamentos cervicales experimentan elongaciones por encima de la tolerancia fisiológica (CHOLEWIKI y colbs., 1997). Por lo tanto el umbral lesivo hay que situarlo a partir de 3 G.

En el IBI el ingeniero actuante en este caso equipara erróneamente la aceleración media del vehículo con la del ocupante, y extensivamente con la aceleración de la cabeza del mismo ocupante, lo que como se acaba de decir fue advertido por CROFT y BATTEY

Antes se apuntó que "entre las tácticas usadas por los expertos para la reconstrucción de los accidentes, para dar a la colisión un aspecto relativamente insignificante" manejan valores medios de la aceleración y únicamente referida al vehículo, no al ocupante. No es así. La aceleración ha de ser conocida como aceleración máxima (no en sus valores medios) y la aceleración máxima ha de ser referida al ocupante (no al vehículo).

**El “método” de la inducción engañosa.** El Ingeniero a partir de un dato cierto, la aceleración del vehículo, trata de introducir y concluir con datos inexactos para aplicarlos al ocupante. En su informe el mismo técnico si en un principio habla de la aceleración experimentada por vehículo, a lo largo de su exposición el mismo valor, posteriormente, lo remite al ocupante, y un poco más adelante se queda sólo con la cabeza del lesionado, al decir que esa es la aceleración que experimentó la cabeza del lesionado en el accidente (que hace coincidir con la misma del vehículo). Esto recuerda a una entrevista que en la radio le hicieron a un “decorador de interiores”; en el curso de la misma el locutor le dice “entonces usted es arquitecto de interiores” y pasando el tiempo, ya al final de la aquella “casa de la radio” el decorador salió de allí con el título de “arquitecto”.

Los ejemplos que siguen, aunque en una explicación burda, quizá sirve para entenderlo

- **Las puñaladas.**- Imagínense que en la sala de autopsias los forenses están investigando un crimen. El cadáver ha recibido treinta puñaladas. Se trata de un sujeto delgado. De ellas, 29 tienen una profundidad de 1 centímetro, aproximadamente, pero hay una, a nivel paraumbilical de la parte izquierda del abdomen que es de 11 centímetros, a lo que hay añadir, en su consideración, el recorrido por la depresión de la pared en el momento del empuje por el arma blanca, que es la que en realidad le causó la muerte, pues llegó hasta la aorta abdominal. Considerando que el nivel medio de profundidad de las heridas por el instrumento agresor es de 29 cmts. + 11 cmts = 40. Y 40 dividido por el número total de puñaladas (30) da el nivel medio de profundidad (media aritmética) de las puñaladas; es decir  $40 / 30 = 1,3$  cmts. Con tal media aritmética de profundidad la aorta no hubiera sufrido la lesión mortal. Pero fue la puñalada de 11 cmts, la mortal; esta es la que informa y explica el potencial / efecto lesivo que causó la muerte. Esto lo podemos trasladar para entender la diferencia en su alcance entre la aceleración media y aceleración máxima (extensible por analogía a los picos de aceleración). Esos 11 cmts se trasladan ahora el razonamiento a un valor de “aceleración máxima” o pico de aceleración.

- **JOAO SANTOS de OLIVEIRA**, de Viana do Castelo, patrón de *El Terror de los Mares*, en la noche de 2 de enero estaba faenando en el Gran Sol. No era todavía las cinco de la madrugada cuando su embarcación recibe varios golpes de mar que terminan abriendo en el costado de babor un gran boquete que le escora a 40°... una “herida de muerte” y ya con la sala de máquinas inundada, había que dar por perdido el buque. JOAO SANTOS de OLIVEIRA no lo pensó dos veces; de inmediato, fijando previamente el cabo a bordo, ordenó destrincar las balsas y lanzarlas al agua. JOAO SANTOS de OLIVEIRA, un auténtico “lobo de mar” con mucho oficio plagado de anécdotas, es un romántico. JOAO en más de una ocasión experimentó la tentación y debilidad de querer ser héroe, dispuesto a irse a las profundidades del océano con su barco, si eso era necesario para que sus hombres salvaran la vida... imaginándose en el trance unos violines que no dejaba de tocar, como en la catástrofe de aquel trasatlántico a principios del siglo pasado... Esta vez hubo suerte, y cuando toda la tripulación ya estaba en las balsas JOAO también pudo saltar en el último instante. Cortado el cabo que unía la balsa al barco, alejados casi una milla de la zona del siniestro, JOAO y sus compañeros de tragedia pudieron observar como *El Terror de los Mares* era engullido por un mar inmisericorde....Pero no acabaron aquí las desventuras para JOAO. .. En la lucha con la aseguradora le dijeron que lo que le había pasado a su barco no fue un accidente. “JOAO tu barco estaba muy viejo, el casco era como papel de fumar... no servía para navegar” y añadieron: “la noche del naufragio, y mientras estabas faenando, según los *datos oficiales*, había muy buena mar, y la altura media de las olas, desde las 22 horas hasta las 6 de la mañana del día siguiente, no superaron un metro. Por lo que tu historia no es creíble”. Ciertamente dijo JOAO. No obstante entre las 4.40 y las 4.55 fuimos repentinamente y envueltos por olas de 15 metros, levantando el barco varias veces. Con sucesivos estruendos provocados por aquel súbito e inesperado mar embravecido, todos con horror percibían como el barco se resquebrajaba... lo que pretendéis desconocer”. JOAO siempre vivió estigmatizado, pues se daba la circunstancia, decían, que era sobrino nieto del “pirata” GALVAO que el 21 de enero de 1961 secuestró al barco de pasaje SANTA MARÍA frente las costas americanas. En privado los-de-la aseguradora rumiaban “es peor que su abuelo, y ahora quiere estafar a la compañía de seguros...”.

Y es que esa que a la que llaman “Estadística” es de vida azarosa, conducta traviesa y promiscua, capaz de satisfacer todos; y sus próximas, Moda, Media y Mediana tampoco son de fiar.

- **B.- Cálculo del Potencial lesivo en el Ocupante (PLO)**

- B.1. Primer supuesto: para un coeficiente de restitución  $e = 0.25$**

Potencial lesivo (PL) para un Delta  $t$  de 90 milisegundos

PL para un Delta  $t$  de 100 milisegundos

PL para un Delta  $t$  de 120 milisegundos

**Conceptos Previos.**- Las fuerzas de la gravedad (fuerzas  $g$ ) que se proyectan sobre el ocupante en caso de impacto son importantes para configurar el potencial lesivo. Cuando un vehículo en un choque posterior impacta contra otro, la energía del vehículo impactante es transferida al impactado en forma de movimiento de aceleración. • **El Potencial Lesivo (PL) viene dado por las Fuerzas  $g$** , o valores  $g$ 's. Con carácter general el PL está establecido a partir de 3  $g$ 's. “La investigación científica ha constatado que los ligamentos cervicales experimentan elongaciones por encima de la tolerancia fisiológica entre 3 y 10  $g$ 's” (CHOLEWICKI, 1997). //// • Los valores  $g$ 's se calculan a partir de la aceleración. Para transformar la cifra de la aceleración (que se expresa en  $m/s^2$ ) a valores  $g$ 's hay que dividir por 9.81. O lo que es lo mismo, para saber cuantos  $g$ 's son una determinada aceleración (en  $m/s^2$ ) se divide esa aceleración en por 9.81. Y es que  $1 g = 9.81 m/s^2$ . Así se conoce la aceleración medida en  $g$ 's.

- **El conocimiento de los valores  $g$ 's es importante**, ya que un cuerpo pesa en función de los  $g$ 's a los que está sometido. En condiciones normales la cabeza de un adulto promedio pesa 5 kilos (esto es, sometida a 1  $g$ ; esto es,  $5 \times 1 g = 5$  kilos). No obstante cuando el valor  $g$  aumenta, por ejemplo a 4  $g$ , quiere decir que el peso de la cabeza se multiplica por 4, esto es,  $5 \times 4 g = 20$  kilos. Está claro que **el conjunto cabeza/cuello forman un par mecánicamente indisoluble**; y en caso de un impacto posterior el desplazamiento de la cabeza sometida a 4  $g$ 's le comunica al cuello esa fuerza, con posibilidades de lesiones en la columna cervical.

**Respecto a los Coeficientes de Rigidez, en el** • **Documento nº 1.- *Diffusing the Defendant's Biomechanical Engineer. Testimony in a Low-Impact Collision Case.*** Trial Diplomacy Journal, Vol. 21, 1-7. 1998. Princeton, New Jersey. Bruce H. Stern (Ver apéndice)  
En este documento se indica:

\* **Coeficiente de rigidez.** Para el cálculo del *Delta V* con el programa CRASH 3 requiere entre otros factores el *coeficiente de rigidez del vehículo* en particular. Cuanto más rígido es el vehículo (como un tanque) menos energía se va a absorber o disipar en el curso del accidente, y, **en cambio, mayor es la energía que se proyecta sobre los ocupantes del vehículo.**

Los coeficientes de rigidez se pueden obtener ya sea de la Administración Nacional de Seguridad de Carreteras y Transporte (NHSTA) o de un laboratorio de pruebas independiente. Los datos que proporciona el Gobierno no son específicos para ningún vehículo en particular. Más bien lo que hace NHSTA es clasificar los automóviles en grupos como subcompacto, compacto y similares. Para determinar el coeficiente de rigidez a partir de datos de la NHSTA, se ha de poner en relación el automóvil involucrado en el accidente en cuestión con la categoría NHSTA aplicable. **Sin embargo los estudios que utilizan datos que indican la NHSTA, en los accidentes de bajo impacto, subestiman el DeltaV en caso de impactos traseros (7).**

(7). National Center for Statistics and Analysis, U.S. Department of Transportation, Accuracy and Sensitivity of Crash, March 1982 Technical Report DOT HS-806 152, at 40 (available from National Technical Information Service, Springfield, VA 22161)

Algunos ingenieros, en lugar de utilizar los datos NHSTA acuden a los datos recogidos de forma privada, tales como *Neptune Engineering in California*. Lamentablemente los datos *Neptune* se obtuvieron a partir de colisiones a mayor velocidad con un mayor DeltaV. *Neptune Engineering in California*, pues, **no proporciona coeficientes de rigidez para utilizar en impactos a baja velocidad.**

En este caso, el Informe Biomecánico (IBI) daba un aceleración de  $7.10 m/s^2$ . En consecuencia, si esta cifra la dividimos entre  $9.81 m/s^2$  se obtiene un valor de  $0,72 g$ 's ( $7.10 / 9.81 = 0.72$ ). Pero estos  $0.72 g$ 's, como ya se ha dicho, corresponden al vehículo, NO al ocupante.

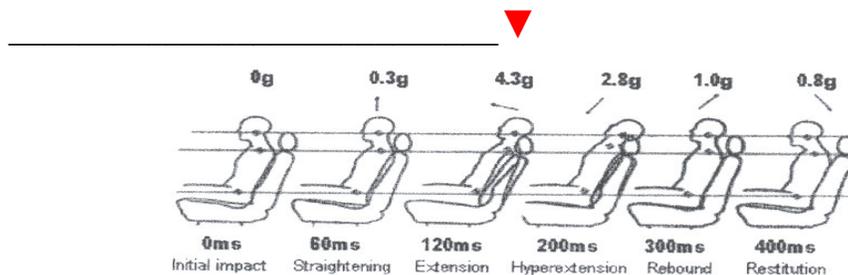
Al mismo tiempo NO hay que olvidar, que este valor  $g$  de  $0.72$  ha sido relacionado en un contexto con un Delta  $t$  de 249 milisegundos (=  $0.249$  segundos).

Es evidente, por lo ya explicado, que con esta cifra de 0,72 g's, que, insistiendo, en cualquier caso corresponde al vehículo, en términos generales, no hay potencial lesivo para el ocupante, pues se entiende a la partir de 3 g's.

**NOTAS y aclaraciones.** Las cifras que proporciona el IBI (Informe Biomecánico) NO son las adecuadas para calcular dicho Potencial Lesivo del Ocupante (PLO) por las siguientes razones:

a) por un lado, como se dijo, toman un tiempo muy largo para de la duración del impacto (249 / 248 milisegundos, un delta  $t$  muy amplio). En el ejemplo de McCONNELL (de nuevo abajo) se ve como con un Delta V de 7.8 km/hora la extensión de la cabeza alcanza la mayor aceleración a los 120 milisegundos, con 4.3 g's. (figura abajo). Incluso “la literatura científica argumenta a favor de un Delta  $t$  por debajo de los 100 milisegundos”.

b) por otro lado, igualmente la cifra de la aceleración del IBI, 7.10 m/s<sup>2</sup>, NO corresponde al ocupante, tan sólo al vehículo (el ocupante, dentro del vehículo se acelera a mayor velocidad que el vehículo).



Por lo tanto para intentar acercarse a un proceder más correcto, se propone:

► **Primero**, se va a remitir el Delta  $t$  a un tiempo de 120 milisegundos (= 0.12 segundos), 100 milisegundos (= 0.10 s.) y 90 milisegundos (0.09 s.). Y es que ya se dijo que en los primeros 100 - 120 milisegundos es donde se alcanzan mayores aceleraciones de la cabeza, y es donde radica el potencial lesivo sobre el cuello. Por lo tanto el Delta  $t$  referido al Delta V no ha de ser superior a los 120 milisegundos, por lo que interesa que este comprendido entre 120 y 85 milisegundos: DV 85-120 ms.

Es más, la literatura científica argumenta a favor de un Delta  $t$  por debajo de los 100 milisegundos (DV 100 ms). Entre otros, ERIKSSON Y BOSTRÖM (1999) observaron una mayor correlación entre el NIC (Neck Injury Criteria / Criterio de Lesión en el Cuello) y el cambio de velocidad cuando tal cambio de es considerado durante los primeros 85 milisegundos (DV 85ms). Entre los criterios propuestos, la correlación NIC y DV 85ms ( $r^2 = 0.86$ ) era un considerablemente mejor que la que se puede establecer entre el NIC y el Cambio de velocidad total (DV total,  $r^2 = 0.07$ ).

► **Segundo**, conocida la aceleración del vehículo en esa horquilla entre 120 y 90 milisegundos, vamos a intentar aproximarnos a la aceleración del ocupante dentro del vehículo (el ocupante se acelera dentro del vehículo al menos el doble que el vehículo) y que es básico para acercarse a su potencial lesivo.

Una cosa es aceleración comunicada al vehículo y otra distinta a la que se ve sometido el ocupante en estos casos. SEVERY (1955) y colbs. pusieron de manifiesto que la velocidad del ocupante es mayor que la del vehículo. a una velocidad de 8 millas por hora (12.8 Km/h) la aceleración del ocupante era de 2.5 veces la del vehículo (THOMSON y colbs., 1989); otros investigadores han demostrado que puede llegar a ser unas cinco veces mayor (WEST y colbs., 1993; ROSENBLUTH, 1994). “... en los AT (accidentes de tráfico) a baja velocidad, el ocupante del vehículo golpeado acelerada a 3-5 veces en relación al vehículo” El pico de la aceleración del ocupante del vehículo es lo que causa una lesión... Una vez más, aceleración máxima es lo que causa una lesión, no su promedio”. (“Peak acceleration is what causes injury, not average”). (Documento n° 2. *Crash reconstructionists and some of the common approaches they promote to opine the risk of injury is low.* June 2014. Frank McDiarmid, D.C., FRCCSS Canadá).

En efecto lo vamos a calcular pues la aceleración en estas condiciones. Sabemos que  $a$  (aceleración) = DV / Dt. El Delta V en este caso es de 6,65 Kilómetros / hora). Se pasa a metros / segundo. En este caso 6.39 kilómetros / hora = 6.639 metros / 3600 segundos = 1.77 metros /segundo. En suma **Delta V = 1.77 metros /segundo**.

- **Potencial Lesivo (PL) para un Delta t de 90 milisegundos (0.09 segundos).**

De aquí se sigue que aceleración (a) = 1.77 metros / segundo dividido por 0.09 (delta t). Resultado = 19.66 m/ s<sup>2</sup>. Esta es la aceleración del vehículo (para 0.09 segundos). Esta misma aceleración pasada a valores g's (para lo que se divide por 9.81) es igual a 2.00 g's (19.66 / 9.81 = 2.00)

Pero si el ocupante se acelera dentro del vehículo al menos el doble, entonces el valor g para el ocupante sería de 2.00 g's multiplicado por 2 = 4.00 g's. De esta forma el ocupante ha alcanzado, y superado, el umbral lesivo de los 3 g's (que es igual o mayor a 3 g's).

- **PL para un Delta t de 100 milisegundos = 0.10 segundos.** La aceleración (a) sería de 1.77 (Dv) dividido por 0.10, lo que es = 17.77 m/ s<sup>2</sup>. Esta última cifra dividida a su vez por 9.81 (para calcular el valor g) es igual a 1.81 g's. El cuerpo del ocupante pues estaría sometido igualmente a un aceleración del al menos el doble en atención a la que experimenta el vehículo (2 x 1.81) con lo que alcanzaría los 3 g.s (umbral lesivo)

- **PL para un Delta t de 120 milisegundos = 0.12 segundos,** la aceleración sería 1.77 (Dv) dividido por 0.12 = 14.75 m/ s<sup>2</sup>. Como antes, esta cifra dividida por 9.81 nos da 1.50 g's (valores g). Y 1.50 g's x 2 = 3 g's, con lo que con lo que alcanzaría igualmente los 3 g.s (ya em umbral lesivo).

Recuérdese que “los primeros 100 ms-120 ms, de la aceleración de los ocupantes, es el marco de tiempo perjudicial”, esto es donde se concentra el mayor potencial lesivo para la víctima. En este caso, con un delta t de 120 milisegundos, el cuerpo del ocupante estaría sometido igualmente a un aceleración del al menos el doble en atención a la que experimenta el vehículo, con lo que alcanzaría los 3 g.s (umbral lesivo).

#### **Coefficiente de Restitución e = 0.25**

Delta t (ms)	Aceleración Vehículo (m/ s <sup>2</sup> ) / Valores g's vehículo	Aceleración Ocupante (m/ s <sup>2</sup> ) / Valores g's ocupante (*)
90	19.66 m/ 2.00 g's	≥ 2 x 19.66 m/ s <sup>2</sup> / ≥ 2 x 2.00 g's ≥ <b>4 g's</b>
100	17,77 m/ s <sup>2</sup> / 1,81 g's	≥ 2 x 17.77 m/ s <sup>2</sup> / ≥ 2 x 1.81 g's ≥ <b>3.62 g's</b>
120	14.75 m/ s <sup>2</sup> 1.50 g's	≥ 2 x 14.75 m/ s <sup>2</sup> / ≥ 2 x 1.50 g's ≥ <b>3.00 g's</b>

(\*) **NOTA** - El Umbral lesivo estimado para el ocupante es igual o mayor (≥) a 3 g's.  
La aceleración del ocupante se considera **que es al menos el doble de la que sufre el vehículo.**

- **B.2. Segundo supuesto: calculo del Potencial lesivo para un coeficiente de restitución e = 0.30**

Potencial lesivo (PL) para un Delta t de 90 milisegundos  
 PL para un Delta t de 100 milisegundos  
 PL para un Delta t de 120 milisegundos

- **Para un Delta t de 90 milisegundos** (0.09 segundos).

De nuevo, sabemos que  $a$  (aceleración) =  $DV / Dt$ . En este caso teníamos que Delta V: en este caso 6.65 kilómetros / hora = 6650 metros / 3600 segundos = 1.84 metros / segundo.  $DV = 1.84$  metros /segundo.

La aceleración para un Delta  $t = 90$  milisegundos (0.09 segundos) es:

Aceleración (a) = 1.84 metros / Segundo dividido por 0.09 (delta t).

Resultado, aceleración (a) = 20.44 m/ s<sup>2</sup>.

Esta es la aceleración del vehículo para un delta  $t$  de 90 milisegundos

Esta misma aceleración 20.44 m/ s<sup>2</sup> se pasa a valores g's (para lo que se divide por 9.81) y es igual a 2.08 g's (para el vehículo).

En consecuencia el cuerpo del ocupante estaría sometido a un aceleración del al menos el doble en atención a la que experimenta el vehículo (2 multiplicado por 2.08 = 4.16) con lo que superaría los 3 g.s del umbral lesivo

- **Para un Delta t de 100 milisegundos** = (0.10 segundos) la aceleración (a) sería de 1.84 (Dv) dividido por 0.10 = 18.40 m/ s<sup>2</sup>. Esta última cifra dividida a su vez por 9.81 (para calcular el valor g) es igual a 1.87 g's (para el vehículo).

Otra vez el cuerpo del ocupante pues estaría sometido igualmente a un aceleración del al menos el doble en atención a la que experimenta el vehículo, con lo que superaría los 3 g.s del umbral lesivo (1.87 x 2 = 3.75).

- **Para un Delta t de 120 milisegundos** = 0.12 segundos, la aceleración sería 1.84 (Dv) dividido por 0.12 = 15.33 m/ s<sup>2</sup>. Igual que antes, esta cifra dividida por 9.81 nos da 1.56 g's (valores g para el vehículo) con lo que con lo que superaría igualmente los 3 g.s (umbral lesivo) (1.56 x 2 = 3.12).

**coeficiente de restitución  $e = 0.30$**

Delta $t$ (ms)	Aceleración Vehículo (m/ s <sup>2</sup> ) / Valores g's vehículo	Aceleración Ocupante (m/ s <sup>2</sup> ) / Valores g's ocupante (*)
<b>90</b>	20.04 m/ s <sup>2</sup> / 2.08 g's	≥ 2 x 20.04 m/ s <sup>2</sup> / ≥ 2 x 2.08 g's ≥ <b>4.16 g's</b>
<b>100</b>	18.40 m/ s <sup>2</sup> / 1.87 g's	≥ 2 x 18.40 m/ s <sup>2</sup> / ≥ 2 x 1.87 g's ≥ <b>3.74 g's</b>
<b>120</b>	15.33 m/ s <sup>2</sup> / 1.56 g's	≥ 2 x 15.33 m/ s <sup>2</sup> / ≥ 2 x 1.56 g's ≥ <b>3.12 g's</b>

(\*) **NOTA.**- El Umbral lesivo estimado para el ocupante es igual o mayor (≥) a 3 g's. La aceleración del ocupante se considera que es **al menos el doble de la que sufre el vehículo.**

Por otro lado, es importante volver a señalar que lo determinante en el Potencial Lesivo del Ocupante (PLO) es **la aceleración de la cabeza (AC)** por la impronta que tiene tal aceleración sobre el cuello. Por una parte “El **valor de  $\Delta V$  (delta V) no representa un predictor concluyente** de lesión de la columna cervical en la **vida real** de los accidentes automovilísticos”. “Deceleration during real life motor vehicle collisions a sensitive predictor for the risk of sustaining a cervical injury”. (Ref. MARTIN EBEL, MICHAEL KRAMER, MARKUS HUBER-LANG, ERICH HARTWIG, AND CHRISTOPH DEHNER. Journal Patient Safety in Surgery. Published: 8 March 2009). El riesgo de síntomas iniciales del cuello se incrementa con el cambio de velocidad (delta-v), pero la **aceleración** (de la cabeza) parece ser más importante que el Delta-v como un factor de predicción de las consecuencias a largo plazo (KRAFFT, 2000, KULLGREN et al, 2000).

Se vuelve a recordar que un cuerpo pesa en función de los g's a los que esta sometido. Así la cabeza de un ocupante, si 5 kilos, por ejemplo, si es acelerada a 4 g's su peso se transforma en 6 multiplicado por 4, es decir que la aceleración de 4 g's hace que la cabeza pase a pesar 20 kilos (lo que obviamente en el caso de un impacto trasero repercute en el cuello, en los ligamentos del cuello y otras estructuras anatómicas, en forma de potencial lesivo).

Al mismo tiempo los cambios de velocidad (Delta v) NO son directamente PROPORCIONALES a la ACELERACIÓN de la CABEZA (AC) de los ocupantes. Y es que el Delta V prescinde de la singularidad del lesionado, singularidad que obviamente no se termina en el peso de su cabeza. Como hemos visto hay otros muchos factores que en esa individualidad hay que tener presentes. En experimentos realizados, un Delta V de 17 mph, provocó en un caso una A.C. 10.3 g's; pero en otro caso un Delta V 5.2 mph se acompaña de una A.C. 12.5 g's. (Ref. The Spine Research Institute of San Diego, in conjunction with the Center for Research into Automotive Safety and Health, and Texas A&M University). Al mismo tiempo esto quiere decir que sin instrumentos de medición “in situ” los cálculos del potencial lesivo se convierten en especulaciones.



Los cambios de velocidad (D-v) NO son directamente PROPORCIONALES a la ACELERACIÓN de la CABEZA de los ocupantes

Ejemplo:

<b>Delta v 17 mph</b>	<b>-&gt;</b>	<b>A.C. 10.3 g's</b>
<b>Delta v 5.2 mph</b>	<b>-&gt;</b>	<b>A.C. 12.5 g's</b>

The Spine Research Institute of San Diego, in conjunction with the Center for Research into Automotive Safety and Health, and Texas A&M University

**\* D-v prescinde de la singularidad de la víctima**

Estudios en profundidad indican que el pico máximo de pulso de aceleración del choque tiene una mayor influencia en la severidad de la lesión en el cuello que la cantidad de energía transmitida. Ref. “Whiplash: Ingeniería y Medicina en el Estudio del Síndrome del Latigazo Cervical”. Conferencia pronunciada el Jueves 23 de Enero 2003. Sala de Actos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (ETSEIB).

- **Observación importante:** Aceleración Media y Gravedad del Accidente. “Estudios epidemiológicos y biomecánicos recientes **han sugerido** que la lesión de latigazo cervical se relaciona con la aceleración media de un vehículo en lugar del cambio de velocidad durante una colisión a posterior”. (“*Recent epidemiological and biomechanical studies have suggested that whiplash injury is related to a vehicle’s average acceleration rather than its speed change during a collision*” 2005). Pero al mismo tiempo se aprecia que se opera con un delta t por debajo de los 100 milisegundos. (**Documento n° 6.** *The Effect of Collision Pulse Properties on Six Proposed Whiplash Injury Criteria.* MacInnis Engineering Associates, Richmond, BC, Canada, Accid Anal Prev. Marzo 2005). La Investigación de la aseguradora Folksam y el Instituto Karolinska, Suecia, 2005, entre sus conclusiones dice que “se encontró una correlación entre la duración de los síntomas y la gravedad del impacto, midiendo la aceleración media y cambio de velocidad”. No obstante los autores de este estudio advierten que “los resultados se basan en siete modelos diferentes de un (mismo) fabricante de automóviles. Los límites en la gravedad del accidente con los diferentes grados de lesión puede ser, por tanto, diferente para otros vehículos”. Por otro lado el que se haya “sugerido” “correlación entre la duración de los síntomas y la gravedad del impacto, midiendo la aceleración media” no quiere decir que se vaya a desconocer la lógica de que los picos y los valores máximos de aceleración han considerarse en la configuración del potencial lesivo, en la forma señalan diversos investigadores.

**Documento n° 7.** *Influence of crash severity on various whiplash injury symptoms: a study based on real-life rear-end crashes with recorded crash pulses*. Con el grabador Crash Pulse Recorder (CPR) que se monta bajo el asiento, midiendo los movimientos en caso de impacto trasero, se encontró una correlación entre los grados de síntomas asociados al Latigazo Cervical de acuerdo con la Clasificación de Quebec y la gravedad del choque medido con aceleración media y el cambio de la velocidad.

**Documento n° 8.** *Acceleration pulses and crash severity in low velocity rear impacts – real world data and barrier tests.* University of Technology Sweden; Monash University Accident Research Centre (MUARC) Australia; The Motor Insurance Repair Centre, Thatcham United Kingdom; Folksam Research, Sweden Mats Y. Svensson Chalmers University of Technology Sweden). “Dado que tanto entre el Delta V y la aceleración media se ha encontrado que pueden influir en el riesgo de lesiones en el cuello (AIS I) es importante tomar estos hallazgos en consideración para definir un procedimiento de ensayo de evaluación para el diseño de una asiento de seguridad”.

“El análisis biomecánico no constituye una investigación razonable’ ante una reclamación”. (Estado de ARIZONA. Departamento de Seguros. Circular 2000-2. Como se indica más adelante el mismo Departamento de Arizona adoptó normas que prohíben específicamente a las compañías de seguros confiar el estudio de la causa del daño al análisis biomecánico por parte de los ingenieros. El origen de tal circular venía de la gran cantidad de quejas recibidas de los ciudadanos ante la dependencia que tales aseguradoras establecían entre los estudios “biomecánicos” y las lesiones en los accidentes de tráfico, fórmula escogida por aquellas para negar las reclamaciones”.

“Hay demasiadas variables mecánicas y biomecánicas implicadas que no se pueden cuantificar”. (**Documento n° 3.** *Whiplash in low speed rear impact collisions* (Reprinted from IMPACT, 14, 2, 2005). GRAHAM GREATRIX, Forensic Investigator, Hartlepool, UK. (Latigazo Cervical en colisiones baja velocidad en es de impacto trasero (Tomado de IMPACT, 14, 2, 2005). GRAHAM GREATRIX, es investigador forense. Hartlepool, Reino Unido).

- **Hasta la fecha no hay un método de predicción evolutiva suficientemente fiable como para hacer un pronóstico de este tipo de lesiones.** Es pretencioso pronunciarse de otra forma. Las dificultades del problema persisten. Desde distintos sectores se continúan haciendo estudios con el fin evitar la alta tasa de cronicidad por las lesiones provocadas por latigazo cervical. Y para ello se propone una mejor gestión con el fin de identificar indicadores pronósticos que puedan ser de ayuda para la evaluación precoz. Así en el trabajo que se anota (\*) los puntos clave con los que concluye son: a) las manifestaciones agudas del latigazo cervical son heterogéneas, lo que sugiere el establecer un sistema de triage para llegar a un diagnóstico individualizado y tomar decisiones en consecuencia; b) es urgente el manejo del dolor moderado o severo; c) es necesaria la información, formación y rehabilitación física y psicológica pero no de forma arbitraria; d) se requiere una investigación adicional sobre los daños que tienen lugar en los tejidos blandos.

(\*) *Toward Optimal Early Management After Whiplash Injury to Lessen the Rate of Transition to Chronicity.* (Hacia una gestión óptima y precoz de las lesiones por latigazo cervical con el fin de reducir su tasa de cronicidad). Ref. SPINE Volume 36, Number 25S, pp S335–S342, ©2011, Lippincott Williams & Wilkins).

► De cualquier modo una cosa son los trabajos en fase y términos de experimentación, y en el contexto epidemiológico, pero muy diferente colacionar todas las “circunstancias de hecho” que concurren en cada caso en particular, y también sin atender a la realidad del paciente que percibe el médico. Por otra parte, los Informes Biomecánicos que trasladan los Ingenieros en relación con accidentes reales, operan con la aceleración media para el Delta  $t$  que estiman. Por ello cuando se comprueba que ese Delta  $t$  es superior a 100 milisegundos, hay que recordarles que “**la literatura científica se argumenta a favor de un Delta  $t$  por debajo de los 100 milisegundos** (DV 100 ms). Entre otros, ERIKSSON Y BOSTRÖM (1999) observaron una mayor correlación entre el NIC (*Neck Injury Criteria* / Criterio de Lesión en el Cuello) y el cambio de velocidad cuando tal cambio de es considerado durante los primeros 85 milisegundos (DV 85ms)”.

**En todo caso considérese lo que se dice en el • Documento n° 1.- *Diffusing the Defendant's Biomechanical Engineer. Testimony in a Low-Impact Collision Case.* Trial Diplomacy Journal, Vol. 21, 1-7. 1998. Princeton, New Jersey. Bruce H. Stern (Ver apéndice). “Utilización por parte del experto de datos inadecuados.- Valores promedio frente valores “pico”. Un método utilizado por el ingeniero de la defensa es emplear “una táctica de prestidigitación” en los colisiones de baja velocidad. Se debe entender que en una colisión, la cantidad de fuerza aplicada por el vehículo bala (el del acusado, el vehículo impactante) sobre en el vehículo blanco (el del demandante, vehículo impactado) se debe representar en forma de “curva” y no de forma lineal. Es decir, en algún momento durante la colisión la fuerza de impacto es mayor (valor “pico”). Por ejemplo, cuando impactan dos vehículos inicialmente la fuerza es pequeña, pero a medida que progresa la colisión, la fuerza es mayor y (a continuación) disminuye de nuevo cuando los coches se separan. **En estos casos el experto utiliza de forma engañosa un valor medio de las fuerzas concurrentes, que por lo general es aproximadamente la mitad del valor “pico”.** El ingeniero compara entonces los valores  $g$  en valor de fuerza media de una colisión en particular con los estudios West y Allen. Sin embargo West en su estudio, utiliza un valor  $g$  fuerza máxima. Por lo tanto, es impropio, inmoral e injusto, para comparar un  $g$  fuerza media con un  $g$  fuerza máxima”.**

### 3.4.2.- y las demás variables

Este subepígrafe puede hacer pensar que en la práctica es un brindis al sol. Pero NO. En realidad eso es lo que realmente tiene trascendencia en cuanto conecta con la individualidad del lesionado y sus circunstancias en el accidente. Y es que los casos concretos, esto es, en la vida real de los accidentes interesa muchas veces más lo cualitativo que lo cuantitativo.

• **El lesionado ha de ser considerado en su individualidad.** Las especulaciones biomecánicas ante un accidente concreto, tomando como referente experimentos teóricos, pretendiendo obtener conclusiones escapan al rigor científico.

• Los **patrones lesionales**, como los que manejan los ingenieros en la industria automotriz sirven para desarrollar sistema de prevención, pero tienen un carácter muy general. Esto explica que estén muy alejados de la que sucede en particular en la vida real de un accidente, como se comprueba en el ejercicio médico.

Se dijo en repetidas ocasiones el *Delta-V es tan sólo un factor entre muchos más* para la del **potencial lesivo en el ocupante** (PLO). Cabe enumerar otros factores (hay autores que citan más de trece) que tienen un carácter esencial, como:

- 1. dirección del vector de impacto
- 2. tipo de asiento
- 3. posición de la cabeza y del cuerpo
- 4. envergadura / peso del ocupante
- 5. antecedentes médicos de la víctima
- 6. preparación del sujeto cuando recibe el impacto
- 7. estado de tensión músculos estabilizadores del cuello
- 8. posición relativa de las articulaciones

- 9. circunferencia del cuello / diámetro del canal medular
- 10. resistencia de los ligamentos a las fuerzas de tracción

**Otros factores.** Se ha de considerar como que en la práctica **no hay Datos de los Accidentes Reales** sobre: Postura del Conductor; Inclinação del Respaldo Asiento; Distancia de las Extremidades Superiores al Volante y la Posición de la Mano/s. Todos ellos, y otros más, influyen en posiciones del hombro y curvatura de la columna. Ref.- *Basics for developing a female occupant model for investigating Cervical Spine Distortion injury* (CSD). Chalmers, 2010. S Schick1, A Kullgren2, E Tomasch3, L Jakobsson4, A Linder5, N Gales1, W Hell1, K-U Schmitt. Y dado que **“hay muchos factores que complican la evaluación y aplicación de los hallazgos los patológicos”** y las solicitudes a las que pudieron ser sometidos los ocupantes con ocasión de un accidente en la vida real resulta imposible su determinación, pensando en la reconstrucción del accidente. Es evidente que la necesidad de estos datos dista mucho de los modelos matemáticos “enlatados” que con el concurso de maniqués usan los ingenieros en los laboratorios de investigación. Esto último es otra cosa, sumamente importante, pero que está muy lejos de la auténtica patogénesis lesional (causa y mecanismo) de las víctimas por accidente de tráfico.

**La posición exacta de la columna cervical en el momento del accidente.** “En los casos de latigazo cervical se produce en situaciones distintas en los diferentes accidentes de tráfico. Los datos que pueden ser relevantes para la comprensión de cómo se lesionó el cuello han de ser registrados...” “Hay muchos factores que complican la evaluación y aplicación de los hallazgos los patológicos. No sólo hay **diferencias entre los pacientes** en términos de anatómica de pre-trauma y condición fisiológica, pero también por la magnitud y dirección del impacto, así como la posición exacta de la columna vertebral cervical en el momento del efecto traumático, aspectos que todos ellos son significativos, para el grado de impacto en las diversas estructuras de la columna cervical”. (Ref.- WHIPLASH INJURIES. The Swedish Society of Medicine and the Whiplash Commission Medical Task Force. Stockholm, 2006 /// Entorses cervicales. Société Suédoise de Médecine et Groupe de Travail de la Commission Whiplash/// Latigazo Cervical. Diagnóstico y Tratamiento Precoz. Grupo de Trabajo de la Sociedad Sueca de Medicina, 2006 (publicado en [www.peritajemedicoforense.com](http://www.peritajemedicoforense.com)).

NA.- En efecto la “posición exacta de la columna vertebral cervical” en el momento del impacto es de suma importancia. “Un aumento significativo en la duración de lesión se produjo cuando la cabeza del ocupante está a más de 4 pulgadas (10.16 cms) de distancia del reposacabezas”. OLSSON, I. 1990. International Conference on Biomechanics of Impacts, Bron-Lyon, France.

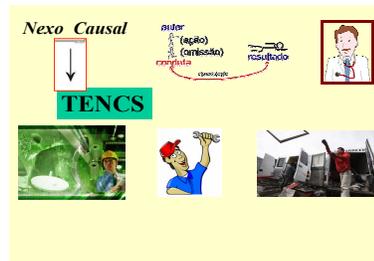
Igualmente, ya se anotó, KRAFFT (1998) mostró que los modelos de automóviles con ► motores montados longitudinalmente causan mayores daños riesgo que los coches con motores montados transversalmente. Ref. *Variation of crash severity and injury risk depending on collisions with different vehicle types and objects*. 2006. Helena Stigson, Anders Ydenius, Anders Kullgren Karolinska Institutet, Sweden, Folksam Research, Sweden.

► La imposibilidad de calcular con precisión la aceleración ocupante quedó claramente demostrado por SIEGMUND et al. En este estudio, muy bien hecho, los autores realizaron 39 colisiones de prueba con los ocupantes vivos a 8 km / h (aproximadamente 5 mph). Cuidadosamente controladas, las pruebas que utilizaron el mismo vehículo, el asiento y las **condiciones de prueba exactas** para cada choque (a pesar de ello) se encontraron con que las fuerzas G sobre los ocupantes oscilaron entre 6,7-12,0. Esto es casi el doble, y en un entorno, como se dijo, cuidadosamente controlado. ► En el mundo real, estas diferencias se magnifican a tal grado, que no podíamos ni siquiera empezar a predecir lo que podrían ser las fuerzas que inciden sobre los ocupantes. (Ver de nuevo Documento nº 5, EMORI RI, Horiguchi J. *Whiplash in low speed vehicle collisions...*)

Además conviene recordar que “las lesiones por Latigazo Cervical no es sólo un problema de impacto trasero” (Ref. WHIPLASH INJURIES, NOT ONLY A PROBLEM IN REAR-END IMPACT. Hans Cappon, Michiel van Ratingen, Jac Wismans.TNO Automotive. The Netherlands. Wolf Hell and Dina Lang. German Institute for Vehicle Safety (GDV). Germany.Mats Svensson. Chalmers University of Technology.Sweden. Paper # 214.

- “Desmedicalizar” las lesiones por hechos del tráfico quizá es lo que pretendan algunos con este “criterio” de intensidad, valiéndose “de argumentos” para desautorizar al médico en algo tan básico en su oficio en el estudio de las lesiones como es el diagnóstico etiopatogénico (causa y mecanismo)

Parece que eso es lo que buscan los que abogan por el *diagnóstico a gusto del pagador*; y para tal “deslocalización” contratan elementos extraños como los TENCS, técnicos expertos en nexo causal, el ingeniero, el mecánico, el chatarrero etc. que marginan al médico a la vez que no puede disimular su perplejidad.



- **Una ocurrencia que llega tarde.** El Comisionado de Seguros de Arizona (USA) ha ido tan lejos como para adoptar normas que prohíben específicamente a las compañías de seguros confiar el estudio de la causa del daño al análisis biomecánico. El mismo comisionado consideró que el análisis biomecánico no constituye una investigación razonable ante una reclamación”. (Estado de ARIZONA. Departamento de Seguros. Circular 2000-2).

- El origen de tal circular surgió por la gran cantidad de quejas recibidas de los ciudadanos ante la dependencia que tales aseguradoras establecían entre los estudios “biomecánicos” y las lesiones en los accidentes de tráfico, fórmula escogida por aquellas para negar las reclamaciones.

En un caso de colisión trasera, la Corte Suprema de Justicia en el condado de Nueva York, el Juez permitió experto propuesto por el demandado, un ingeniero biomecánico, testimoniar sobre las fuerzas involucradas en el accidente, pero NO si dichas fuerzas podrían haber causado las lesiones del reclamante. (Ref. *Biomechanical Expert Permitted to Testify as to Forces, But Not Injuries*. by MJPOSPIS, october 2, 2013).

Un razonamiento implacable, es el invocado por la Corte Suprema del Estado de Delaware (al sur de New York) 13 de febrero 2004; y es que “si la ciencia intenta descubrir la universalidad que se esconde en los particulares, los jueces y tribunales intentan descubrir los detalles se esconden entre esa universalidad...” verdad que remite a la indispensable intervención y tutela Judicial.

21/ enero/ 2016  
Miguel Rodríguez Jouvencel  
mail: [mrjouvencel@gmail.com](mailto:mrjouvencel@gmail.com)

## Apéndice

- **Documento n° 1.-** *Diffusing the Defendant's Biomechanical Engineer. Testimony in a Low-Impact Collision Case.* Trial Diplomacy Journal, Vol. 21, 1-7 (**1998**). Princeton, New Jersey. *Bruce H. Stern*.
- **Documento n° 2.** *Crash reconstructionists and some of the common approaches they promote to opine the risk of injury is low.* June 2014. Frank McDiarmid, D.C., FRCCSS (Canada).
- **Documento n° 3.-** *Whiplash in low speed rear impact collisions* (Reprinted from IMPACT, 14, 2, 2005). GRAHAM GREATRIX, Forensic Investigator, Hartlepool, UK.
- **Documento n° 4.-** *Variation of crash severity and injury risk depending on collisions with different vehicle types and objects.* 2006. HELENA STIGSON, ANDERS YDENIUS, ANDERS KULLGREN. Karolinska Institutet, Sweden, Folksam Research, Sweden.
- **Documento n° 5** 1. EMORI RI, HORIZUCHI J. *Whiplash in low speed vehicle collisions.* SAE 900542. 1990,103-108. 2. SIEMUND GP, KING DJ, LAWRENCE JM, et al. *Head/neck kinematic response of human subjects in low-speed rear-end collisions.* 41st Stapp Car Crash Conference, 1997. SAE 973341;357-385
- **Documento n° 6** *The Effect of Collision Pulse Properties on Six Proposed Whiplash Injury Criteria* (Siegmond GP<sup>1</sup>, Heinrichs BE, Chimich DD, DeMarco AL, BRAULT JR. <sup>1</sup>MacInnis Engineering Associates, 11 - 11151 Horseshoe Way, Richmond, BC, Canada V7A 4S5. Accid Anal Prev. 2005 Mar;37 (2):275-85)
- **Documento n° 7.** *Influence of crash severity on various whiplash injury symptoms: a study based on real-life rear-end crashes with recorded crash pulses.* Maria Krafft, Anders Kullgren, Sigrun Malm, Anders Ydenius. Folksam Research and Karolinska Institutet, Sweden. Paper Number: 05-0363. 19th International Conference on the Enhanced Safety Vehicles (ESV); Washington DC, USA. 2005.
- **Documento n° 8.** *Acceleration pulses and crash severity in low velocity rear impacts – real world data and barrier tests.* Astrid Linder Chalmers University of Technology Sweden Monash University Accident Research Centre (MUARC) Australia Matthew Avery The Motor Insurance Repair Centre, Thatcham United Kingdom Maria Krafft Anders Kullgren Folksam Research, Sweden Mats Y. Svensson Chalmers University of Technology Sweden Paper Number 216.
- **Documento n° 1.-** *Diffusing the Defendant's Biomechanical Engineer. Testimony in a Low-Impact Collision Case.* Trial Diplomacy Journal, Vol. 21, 1-7. **1998**. Princeton, New Jersey. *Bruce H. Stern*.

De este documento conviene anotar:

“El ingeniero para calcular el DeltaV en un accidente concreto, por lo general usa un programa de ordenador como CRASH III, SMA, C o EDCRASH. Hoy en día, la mayoría de los ingenieros utilizan CRASH III, una versión actualizada del programa original desarrollado por el gobierno de Estados Unidos”.

“A tales programas es preciso que se les suministren una entrada de información por parte del ingeniero, como los datos del vehículo, datos del lugar del accidente y los daños del vehículo (datos por aplastamiento). Es entonces cuando el programa informático calcula el DeltaV. Una vez que el ingeniero comprueba el Delta V, puede determinar las *fuerzas g* (gravedad) que se aplicaron al vehículo en la colisión”. /// “Una vez conocido esto, se precisa averiguar como ha afectado ese *Delta V* (cambio de velocidad) a las *fuerzas g* sobre el lesionado, esto es, el análisis de la dinámica humana”

“Con este enfoque, el ingeniero ha de introducir las *fuerzas g* o DeltaV con los datos de característica personal específica sobre el lesionado en concreto (en su caso el demandante individual) utilizando un segundo programa de ordenador, con el fin de determinar si el choque fue de fuerza y velocidad suficientes como para causar los daños reclamados. Esta metodología, utilizada por investigadores de la

industria automotriz, **cuantifica los datos para un actor específico**. Los datos que han de introducir incluyen altura, peso, la especial rigidez del asiento, la ubicación del reposacabezas (si está presente), el uso de cinturones de seguridad, y otros datos específicos del lesionado **y su posición concreta** (exacta) en el vehículo. Con estos programas de ordenador (ATB, ZMVM-2D o CVS-3D) se pueden generar datos específicos que describen las fuerzas que se aplicaron en el caso de **ese lesionado en concreto**. Estos programas cuantifican las cantidades de tensión cortante y de compresión que se aplica en el cuello de la persona y la cantidad de fuerza aplicada...”

En tal sentido conviene considerar lo que se recoge en un trabajo posterior, 2006, en los Anales de Asociación Americana para el Avance de la Medicina del Automóvil. “**Los programas de reconstrucción de accidentes de ordenador**, tales como m-SMAC, m-CRASH, WinSmash, Crash3 y algoritmos de uso HVE-EDCRASH basan en las pruebas de choque de barrera y requieren un factor medible para determinar el delta-V del vehículo. **Estos programas NO son validados por los accidentes a baja velocidad**. La inexactitud de los programas de reconstrucción para accidentes menores se ha demostrado anteriormente (NIEHOFF Y GABLER, 2006).” Ref. *Minor crashes and 'whiplash' in the United States*. Ann Adv Automot Med. 2008 Oct;52:117-2).

\* **Utilización por parte del experto de datos inadecuados**

**Valores promedio frente valores “pico”**. Un método utilizado por el ingeniero de la defensa es emplear “**una táctica de prestidigitación**” en los colisiones de baja velocidad. Se debe entender que en una colisión, la cantidad de fuerza aplicada por el vehículo bala (el del acusado, el vehículo impactante) sobre el vehículo blanco (el del demandante, vehículo impactado) se debe representar en forma de “curva” y no de forma lineal.

Es decir, en algún momento durante la colisión la fuerza de impacto es mayor (valor “pico”). Por ejemplo, cuando impactan dos vehículos inicialmente la fuerza es pequeña, pero a medida que progresa la colisión, la fuerza es mayor y (a continuación) disminuye de nuevo cuando los coches se separan. **En estos casos el experto utiliza de forma engañosa un valor medio de las fuerzas concurrentes, que por lo general es aproximadamente la mitad del valor “pico”**. El ingeniero compara entonces los valores  $g$  en valor de fuerza media de una colisión en particular con los estudios WEST Y ALLEN. **Sin embargo West en su estudio, utiliza un valor  $g$  fuerza máxima**. Por lo tanto, es impropio, inmoral e injusto, para comparar un  $g$  fuerza media con un  $g$  fuerza máxima.

\* **Coefficiente de rigidez**. Para el cálculo del *Delta V* con el programa CRASH 3 requiere entre otros factores el *coeficiente de rigidez del vehículo* en particular. Cuanto más rígido es el vehículo, menos energía se va a absorber o disipar en el curso del accidente, **y, en cambio, mayor es la energía que se proyecta sobre los ocupantes del vehículo**.

Los coeficientes de rigidez se pueden obtener ya sea de la Administración Nacional de Seguridad de Carreteras y Transporte (NHSTA) o de un laboratorio de pruebas independiente. Los datos que proporciona el Gobierno no son específicos para ningún vehículo en particular. Más bien lo que hace NHSTA es clasificar los automóviles en grupos como subcompacto, compacto y similares. Para determinar el coeficiente de rigidez a partir de datos de la NHSTA, se ha de poner en relación el automóvil involucrado en el accidente en cuestión con la categoría NHSTA aplicable. **Los estudios que utilizan datos NHSTA indican, sin embargo, que en los accidentes de bajo impacto, los datos subestiman el DeltaV en caso de impactos traseros (7)**.

(7). National Center for Statistics and Analysis, U.S. Department of Transportation, Accuracy and Sensitivity of Crash, March 1982 Technical Report DOT HS-806 152, at 40 (available from National Technical Information Service, Springfield, VA 22161)

Algunos ingenieros, en lugar de utilizar los datos NHSTA acuden a los datos recogidos de forma privada, tales como *Neptune Engineering in California*. Lamentablemente los datos *Neptune* se obtuvieron a partir de colisiones a mayor velocidad con un mayor DeltaV. *Neptune Engineering in California*, pues, **no proporciona coeficientes de rigidez para utilizar en impactos a baja velocidad**.

La razón por lo cual los coeficientes de rigidez son diferentes en impactos a baja velocidad frente a los impactos a alta velocidad es debido a que en impactos a alta velocidad, hay más aglomeración de porciones más rígidas del vehículo. Por ejemplo, la rigidez de un parachoques es menor que la rigidez del marco. Utilizar los datos de Neptuno es inapropiado para impactos a baja velocidad. Además, en el uso de esos datos en las colisiones de bajo impacto se subestiman gravemente el DeltaV. Si bien los datos de la NHSTA se subestiman, esa subestimación se puede cuantificar. No existen tales estudios utilizando los datos de Neptuno. Por lo tanto, **es imposible calcular un DeltaV de forma adecuada...**

\* **Impacto en la persona y no en el automóvil.** Programas informáticos como Crash III y otros similares cuantificarán Delta V y las fuerzas g del impacto únicamente en el vehículo, pero no en la persona en particular. Esto debe hacerse con un programa de análisis de la dinámica humana adecuado. Sin embargo, **muchos expertos simplemente calcular las fuerzas g aplicada al vehículo y no a la persona.** Una vez más, el ingeniero simplemente examina el impacto del vehículo y compara esas fuerzas g con las fuerzas g utilizados por WEST Y ALLEN. Sin embargo cuando se examinan los datos de WEST a 3.3 gs, la aceleración de la cabeza en el ocupante es de 8,3 gs. Es aconsejable, entonces, la declaración de un experto en reconstrucción de accidentes y experto en biomecánica. De este modo si se puede conocer que las fuerza g concurrentes que serian capaces de causar las supuestas lesiones. Es entonces cuando después de declarar al experto en reconstrucción de la defensa se pueden conocer las fuerzas g realmente aplicados en el cuerpo del ocupante, que son mayores a las que inciden en el vehículo.

\* **PC CRASH III no es útil para las colisiones a velocidad baja.** Gran parte de los datos utilizados en este campo se han obtenido con pruebas de choque con un Delta V a más de 20 mph (32 kmh). El creador de PC CRASH III, TERRY DAY, advierte sobre el mal uso de sus datos específicamente en las colisiones de bajo impacto. Mr. DAY escribe: "Estos programas son los más adecuados-para el estudio de las colisiones en un intervalo ensayado para DeltaV, aproximadamente 10 a 40 mph. Resultados fuera de este rango pueden ser sospechosos" (8). **Por lo tanto, en caso de impacto de baja velocidad donde DeltaV es menos del 5 mph, es impropio utilizar este software.**

(8). Day TD and Hargens RL. "Application and Misapplication of Computer Programs for Accident Reconstruction. SAE paper 890738 (1989).

**Una opinión general.** A menudo la parte demanda traerá un experto en reconstrucción de accidentes para calcular DeltaV y las fuerza gs, pero no a un médico. En su lugar acudirá a un ingeniero biomecánico para que preste su testimonio indicando si las fuerzas actuantes han sido o no suficientes para causar los daños. Y el médico con frecuencia no proporciona ninguna base fáctica sobre ese dictamen.

Si bien el testimonio experto cualificado es admisible para ayudar al juzgador de los hechos, tiene que haber una base fáctica y científica en que se apoye la opinión de un experto<sup>(9)</sup>. Las posibilidades y pruebas no cuantificadas son inadmisibles como "opinión general"<sup>(10)</sup>. Como dijo el Tribunal Supremo del Estado "las razones de la afirmación son más importantes que la propia afirmación."<sup>(11)</sup>

(9). Federal Rule of Evidence 702. (10). BUCKELEW V. GROSSBARD, 87 N.J. 512, 524 (1981). (11). Dwyer v. Ford Motor Co., 36 N.J. 487, 494 (1962).

Es importante también determinar si el médico está cualificado para hacer sus afirmaciones. • Hay opiniones médicas sin considerar el alcance de Delta V, o que basándose en el Delta V y valores g calculados (-por el ingeniero-) entienden que en el demandante no pudo haberse producido la lesión. Para vencer este fraude hay que cuestionar al médico en lo que respecta a esa línea (frontera) entre lesión y no lesión ante un caso concreto y en relación con la evidencia en la cual el médico se baso para llegar a su dictamen. El médico probablemente se quede sin argumentos una vez que se distancia de los estudios de impacto de baja velocidad analizados en este artículo.

\* **En la utilización de estudios,** aún cuando los expertos estén cualificados, hay que tener cuidado con el uso que esos expertos hacen de las pruebas científicas y experimentales. Es importante determinar si las circunstancias de hecho del caso en cuestión son idénticas, similares o diferentes a la metodología de prueba utilizada en los estudios a los que se remite el experto.

Los cambios en las características físicas del ocupante y la posición del cuerpo, así como la ausencia, presencia y / o ubicación de un reposacabezas pueden afectar en gran medida los resultados. **Por esta razón, algunas personas en un accidente sufren lesiones importantes y graves, mientras que los demás ocupantes del vehículo no tienen ni un rasguño.** La mayoría de las investigaciones y estudios de accidentes a baja velocidad han utilizado voluntarios sanos jóvenes sin deficiencias previas<sup>(12)</sup>. WEST y sus colegas contaron con hombres de 25-43 años de edad que eran de condición física normal para su edad y ninguno de los cuales tenían las deficiencias de la vertebrales preexistentes<sup>(13)</sup>. Con ALLEN participaron ocho sujetos sanos, cuatro hombres y cuatro mujeres, entre las edades de 19 y 50 años.<sup>(14)</sup>

(12). Szabo TJ, Welcher JB, Anderson, RD, Rice MM, Ward JA, Paulo LR and Carpenter NJ. "Human Occupant Kinematic Response To Low Speed Rear-End Impacts." SAE Paper 940532 (1994). (13). West, supra. at 22.

(14). Allen, supra. at 1297.

Una sociedad de Ingeniería Automotriz da este análisis: si se gira la cabeza hacia un lado en el inicio de una colisión trasera... los músculos del cuello dispondrán de tiempo para responder ante la aceleración de la cabeza, transfiriendo una carga mayor sobre los ligamentos, y en estas condiciones el cuello puede ser más susceptible a las lesiones.<sup>(15)</sup> Entre los **malos usos de la literatura científica** esta el pretender igualar la situación de un choque en particular con estudios (en general) existentes de colisiones de bajo impacto. Es importante no permitir que el abogado equipare el accidente del caso en cuestión con las condiciones en que se realizaron los estudios científicos.

(15). SAE Highway Vehicle Report. "Human Tolerance To Impact Conditions As Related To Motor Vehicle Design." SAE Paper JA 85 (1986).

\* **Tiempo de duración del impacto.** La duración de la colisión en un accidente de un vehículo de motor es extremadamente pequeña, medido en milisegundos. **Un accidente, en función de la dinámica del vehículo, puede durar entre 60 milisegundos a 120 milisegundos.** ► El cálculo de duración es importante para que el efecto de las fuerzas G aplicadas, que serán diferentes en función de la duración del accidente. Cuanto más corta sea la duración, mayor es el (efecto) del impacto en el análisis de la dinámica humana. Por el contrario, cuanto mayor sea la duración, menos grave será su efecto. Mientras que algunos expertos utilizan 100-120 milisegundos como duración, la duración del impacto en realidad dependerá de la rigidez y el peso de los vehículos implicados.

● **Documento n° 2.** *Crash reconstructionists and some of the common approaches they promote to opine the risk of injury is low.* June 2014. Frank McDiarmid, D.C., FRCCSS (Canadá).

Respecto al interés de la **Aceleración Máxima** es importante considerar que **“los primeros 100 ms-120 ms, de la aceleración de los ocupantes, es el marco de tiempo perjudicial. El tiempo de exposición al cambio de velocidad la aceleración que causa una lesión no es la media del vehículo.** Se necesita mucho más tiempo de 100 ms-120 ms para desacelerar por un cambio repentino del tráfico. Tratar de decir que la duración total choque fue 500ms-600 milliseconds, es absurdo.... **En los AT (accidentes de tráfico) a baja velocidad, el ocupante del vehículo golpeado acelerada a 3-5 veces en relación al vehículo. El pico de la aceleración del ocupante del vehículo es lo que causa una lesión... Una vez más, aceleración máxima es lo que causa una lesión, no su promedio**”. (“Peak acceleration is what causes injury, not average”).

● **Documento n° 3.-** *Whiplash in low speed rear impact collisions* (Reprinted from IMPACT, 14, 2, 2005). GRAHAM GREATRIX, Forensic Investigator, Hartlepool, UK. (Latigazo Cervical en colisiones baja velocidad en impacto trasero (Tomado de IMPACT, 14, 2, 2005). GRAHAM GREATRIX, es investigador forense. Hartlepool, Reino Unido).

“Las fuerzas transmitidas a los ocupantes dependerán de la delta-V causada por la colisión. El Delta-V es considerado por casi todas las investigaciones de prueba como ser el único o el principal parámetro de importancia. **Sin embargo, delta-V es simplemente un cambio en la velocidad. La fuerza es proporcional a la variación de la velocidad dividido por el tiempo, delta t, que se toma para que se produzca ese cambio .** ► **Por lo tanto, delta t es tan importante como delta-V.** El delta t (o tiempo que dura el impacto) para una colisión elástica (sin daños en el vehículo) y por lo tanto de una colisión a baja

velocidad será claramente más corto que el delta  $t$  para un choque en el que el tiempo que se emplea para dañar los vehículos, esto es, en el que hay daños en los vehículos”.

**“...no es la aceleración promedio la que causa lesión de latigazo cervical, es la aceleración máxima que importa.** La aceleración máxima puede ser más de 5 veces la aceleración media, pero por lo general será aproximadamente el doble de la media, alrededor de 9 g”.

**“La masa de una cabeza humana es de unos 4,5 kilogramos. Una aceleración súbita de 9 g implica una fuerza de corte repentino en el cuello el peso de 40 kilogramos”**

**“No es de extrañar que esa fuerza puede causar lesiones de tejidos blandos e incluso lesión cervical. Parece que las lesiones de latigazo cervical es probable que sean la regla y no la excepción durante un impacto trasera a baja velocidad”**

En el artículo anterior también se recoge que:

“La pregunta que surge es si los investigadores de colisión pueden proporcionar de forma realista una evaluación cuantitativa de las fuerzas que se transmitieron al cuello del reclamante. Incluso si eso es posible, ¿cómo se relaciona la fuerza con la gravedad de la lesión? **Los mecanismos precisos de transferencia no se entienden bien y hay demasiadas variables e incertidumbres. ► Cada caso es esencialmente único en sus circunstancias**”.

“Los expertos se basan en pruebas de simulación que se han llevado a cabo con voluntarios, muñecos, animales e incluso cadáveres. El número de pruebas e interpretaciones son legión. Sólo poniendo + *latigazo cervical* + *"baja velocidad"* en un motor de búsqueda de Internet producirá más de 9000 artículos”.

“En general, las pruebas intentan establecer un umbral a partir del cual las lesiones se producen. Por ejemplo, WEST et al (1993) y SZABO et al (1994 y 1996) llegaron a la conclusión de que con diseños reposacabezas adecuados y ajustados, impactos traseros de 5 mph pueden ser tolerados por los ocupantes razonablemente sanos y sin lesiones. Otros investigadores han llegado a conclusiones similares. Las conclusiones sugieren que existe un umbral delta-V de 5 mph por debajo del cual no deberían producirse lesiones”.

“Por otro lado BRAULT et al (1998) encontraron que 29 por ciento y 38 por ciento de los ocupantes expuestos a impactos traseros con una delta-V de 2,5 mph (4 km/h) y 5.0 mph (8 km/h) respectivamente experimentaron síntomas leves de latigazo cervical”

“CASTRO et al (1997) probó con 17 voluntarios en un promedio delta-V de 7 mph (11.2 km/h). Un 29 por ciento de los sujetos dio síntomas del tipo de latigazo cervical. Un sujeto permaneció sintomático durante 7 días y otro había reducido el rango de movimiento durante 10 semanas. Está claro que algunos sujetos en estas pruebas resultaron lesionados. A pesar de ello, los autores concluyeron que el "límite de inocuidad" de las tensiones que surgen de los impactos finales traseros con respecto al cambio de velocidad se encuentra entre 6 y 9 mph.

► “Por desgracia, **hay dificultades de interpretación con todas las pruebas citadas.** En primer lugar, **las muestras son una representación de la población general.** Los voluntarios son generalmente de sexo masculino, jóvenes y saludables. Están **sentados en condiciones ideales, mirando hacia delante con asientos debidamente ajustados y reposacabezas.** También saben lo que va a suceder y cuándo. En segundo lugar, **el tamaño de la muestra es invariablemente muy pequeña,** por lo general de menos de 10 a sólo 3 sujetos. **No hay pruebas de que las pruebas que se han llevado a cabo tengan significación estadística** para determinar la pertinencia de los resultados de la muestra a la población general”.

“**Incertidumbre.** El breve análisis cualitativo que he descrito anteriormente no ha dado ningún valor preciso de la fuerza aplicada a la cabeza de un reclamante. **Hay demasiadas variables mecánicas y biomecánicas implicadas que no se pueden cuantificar**”

“Por ejemplo, **factores variables relevantes incluyen** el diseño de los vehículos implicados, el tamaño relativo de los vehículos, la fuerza de los vehículos en los puntos de impacto, el diseño del parachoques, la edad del vehículo, el historial del vehículo, el diseño del asiento, posición en el asiento, posición de los reposacabezas, los cinturones de seguridad, longitud ocupante cuello, posición de la cabeza, la posición del torso, de sensibilización del impacto inminente, las características físicas de los ocupantes, la historia lesión anterior, y otras características físicas de los ocupantes”.

► **“Las pruebas de simulación son objeto de críticas por los siguientes motivos:**

- (a) Número reducido de voluntarios por lo que es difícil sacar conclusiones generales válidas
- (b) Los resultados no son comparables con la vida real
- (c) Los voluntarios no son representativos de pacientes reales
- (d) Los voluntarios suelen ser jóvenes y saludables
- (e) Las condiciones de choque están idealizadas, no son las mismas que condiciones de la vida real
  
- (f) Los voluntarios son conscientes de lo que va a pasar
- (g) Los reposacabezas se ajustan correctamente
- (h) Los voluntarios están perfectamente colocados /sentados para la colisión.
- (i) Los voluntarios se someten (enfrentan) directamente durante la prueba”.

“También hay factores presentes que se sabe que aumentan el riesgo de lesión de latigazo. Por ejemplo, las mujeres tienen mayor riesgo. **La gravedad de la lesión será mayor para una cabeza girada**, que cuando miran directamente hacia delante. Cuando los ocupantes no son conscientes de un impacto inminente también tienen un mayor riesgo: **la investigación ha demostrado que tales ocupantes son 15 veces más propensos a sufrir un latigazo cervical que aquellos ocupantes que esperan un impacto.** (STURZENEGGER et al, 1994)

Aunque las fuerzas medias y aceleraciones se pueden estimar en situaciones simplistas, **la aparición de lesiones cervicales y la gravedad dependerán de las fuerzas pico y no pueden ser cuantificados de forma fiable.**

En mi opinión, **no es posible que un investigador de accidentes evalúe con un SI o con un NO una reclamación por latigazo cervical.** ► La sugerencia de que si no hay daños en el vehículo es igual a que no hay ninguna lesión ocupante es claramente inválida. (The suggestion that no vehicle damage equals no occupant injury is clearly invalid). La cuestión principal es si un ocupante sufrió lesiones o no. ► Esta cuestión es para que la determinen los médicos expertos en lugar de los investigadores de accidentes”.

• **Documento nº 4.-** *Variation of crash severity and injury risk depending on collisions with different vehicle types and objects.* 2006. HELENA STIGSON, ANDERS YDENIUS, ANDERS KULLGREN. Karolinska Institutet, Sweden, Folksam Research, Sweden. /// (Variación de gravedad del choque y riesgo de lesiones en función de los vehículos y diferentes objetos).

“Los accidentes de la vida real con automóviles equipados con grabadoras de impulsos de choque a bordo se utilizaron para estudiar la influencia de la colisión, tanto cuando impactan dos vehículos como en un solo, y para conocer la gravedad del choque y el riesgo de lesión. La gravedad del choque fue menor en accidentes de un solo vehículo en comparación con los choques de dos vehículos”. “El registrador de impulsos de choque tiene un nivel de activación de aproximadamente 3 g. En las colisiones con objeto deformable la aceleración será relativamente baja en comparación con las colisiones con objetos rígidos”.

“En las colisiones traseras el tamaño del coche sólo parece tener una menor influencia en la aceleración media. KRAFFT (1998) encontró una correlación entre el peso en vacío del coche golpeado y el resultado de lesiones”. “La influencia de la relación entre el peso en vacío y la estructura frontal del coche en una colisión trasera, se ha estudiado en la vida real colisiones (KRAFFT 1.998). ► **Un coche más pesado parece aumentar el riesgo de lesiones de largo plazo** y la discapacidad por una lesión en el cuello AIS 1, pero hay una gran diferencia en el riesgo de lesión entre coches diferentes modelos con peso en vacío idénticos”

“Otros parámetros del vehículo tienen efecto sobre el riesgo de la lesión... KRAFFT (1998) mostró que **los modelos de automóviles con motores montados longitudinalmente causan mayores daños riesgo que los coches con motores transversales**. Además es necesario el conocimiento a partir de datos de la vida real para establecer la influencia de la colisión y la gravedad del choque y con ello también de los riesgos de lesiones en choques traseros.

“Los resultados indican que existen otros parámetros del vehículo o accidente parámetros de gravedad que influyen en el riesgo de lesiones de tejidos blandos en choques traseros. Estudios anteriores, basado en colisiones reales, han encontrado una correlación entre la aceleración media y lesiones de latigazo cervical”. “**Las discordancias de la geometría del automóvil influyen en la incompatibilidad de colisión**, dado que las estructuras de absorción de energía no podrán involucrarse en los choques entre vehículos de diferente geometría... Podría esto explicar las pequeñas diferencias en el promedio de aceleración media en distintos accidentes con diferentes categorías de vehículos que se utilizaron en este estudio”.

► “**La mayoría de las lesiones de latigazo cervical que conducen a la discapacidad a largo plazo se producen entre 3 y 6 g** (KRAFFT et al., 2005). El riesgo de lesiones aumenta rápidamente por encima de los 4g y la aceleración media debe por lo tanto, mantenerse por debajo de este nivel. Por lo tanto las pequeñas diferencias encontradas en este estudio pueden tener una gran influencia en el número de heridos en choques traseros”.

“En los choques traseros, se ha encontrado una correlación con el riesgo de lesiones entre la aceleración y cambio de la velocidad (KRAFFT et al. 2002, KRAFFT et al 2005. “En los impactos en la parte trasera la variación media de la velocidad en los accidentes con vehículos de pasajeros era 9.8 km / h, mientras que fue de 16,3 km / h en las colisiones con camiones. Los valores promedio de aceleración fueron 3,7 g y 4,4 g, respectivamente. Las diferencias correspondían a un riesgo medio duplicado del latigazo cervical con síntomas durante más de un mes”. “Las curvas de riesgo utilizadas para correlacionar el promedio de la gravedad choque con el riesgo de lesiones, YDENIUS Y KULLGREN (2006) y KRAFFT et al (2005), se basan en su mayoría en datos de un fabricante de automóviles. Por lo tanto no es posible generalizar los resultados al conjunto de vehículos en general. Además las curvas de riesgo no reflejan la influencia de la intrusión en el riesgo de lesiones, sólo los parámetros relacionados con la aceleración del vehículo”.

• **Documento nº 5** 1. EMORI RI, HORIZUCHI J. *Whiplash in low speed vehicle collisions*. SAE 900542. 1990,103-108. 2. SIEMUND GP, KING DJ, LAWRENCE JM, et al. *Head/neck kinematic response of human subjects in low-speed rear-end collisions*. 41st Stapp Car Crash Conference, 1997. SAE 973341;357-385 (Tomado de Advance Spine & Rehabilitation. Dr. ROBERT MCKNIGHT, DC, Dr. ROGER RUSSELL, DC. MS, FACO).

En este trabajo se analizan diversos aspectos relacionados con lo que se esta ahora tratando.

En primer lugar, la masa de cada vehículo es relativamente fácil de medir. ► Sin embargo, los coches rara vez, o nunca, se pesan, y por lo general la masa se determina por los datos publicados para cada modelo de automóvil. Esto puede ser inexacto, especialmente si uno de los vehículos llevaba una carga pesada o un número (elevado) de pasajeros, o si los coches fueron modificados de ninguna manera. Así, inmediatamente tenemos cierta incertidumbre en el análisis.

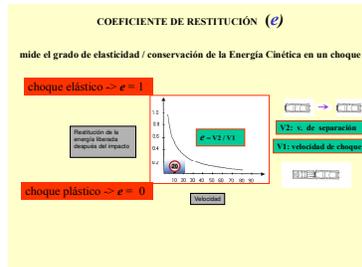
La segunda cuestión es la velocidad de cierre (\*) del accidente. Sin un equipo “sofisticado” colocado en ambos vehículos para medir las velocidades de cada uno en el momento del impacto, no hay manera de determinar con precisión esta cifra. Algunos reconstructores de accidentes (AR) sólo pueden hacer una estimación por lo que afirman los testigos después del accidente.

(\*) La “velocidad de cierre” es la velocidad de impacto cuando el vehículo impactado está inmóvil.

Un ingeniero experto podrá examinar los daños a los coches, y proporcionar una estimación aproximada de la velocidad de cierre, pero sería una estimación de una serie de posibles velocidades, y no una velocidad definitiva. Por otra parte, este tipo de análisis rara vez se realiza en vehículos en los accidentes de baja velocidad. Con frecuencia, el reconstructor de accidentes (AR) simplemente hace una estimación a la baja de la velocidad de cierre, en base a lo que dice el conductor como la velocidad de impacto.

En tercer lugar, el **coeficiente de restitución (\*)** también es fuente de problemas para el reconstructor de accidentes (AR) porque la única manera para determinar numéricamente es tomar coches idénticos, en condiciones idénticas a la colisión, y medir la cantidad de elasticidad. El AR simplemente utiliza una estimación para que no puede ser conocido con certeza.

(\*) NOTA.- El Coeficiente de restitución ( $e$ ) está ligado a la capacidad de rebote de un cuerpo en el curso de un choque. En los choques elásticos (bolas de billar) tiende a uno mientras que en los choques plásticos (ej. Con bolas de plastilina) es 0. Mide la elasticidad del choque y la conservación de la cantidad de energía. Resumidamente se puede formular bajo el cociente entre la velocidad de separación ( $V_2$ ) y la velocidad de choque ( $V_1$ );  $e = V_2/V_1$ .



Estas cifras son prácticamente imposibles de determinar. ¿Cuáles son las fuerzas externas en los vehículos? Para calcular tendría que saber si los coches estaban en una pendiente, las condiciones de la superficie de la carretera, si alguno de los ocupantes pisó el freno, etcétera. Simplemente no hay manera de medir con precisión estos factores.

En cuanto a la **duración de la colisión**, o la  $\Delta t$ , una colisión típica varía de 0,1 a 0,2 segundos, pero de nuevo, esto es un rango de valores, y no proporciona ninguna certeza.

**La conclusión** es que no podemos hacer una estimación precisa del  $\Delta V$  del vehículo impactado, sin estos importante elementos de información. Podríamos ser capaces de conocer un rango de posibles  $\Delta V$  después de un análisis cuidadoso por un ingeniero, pero esto sigue siendo sólo sería una *gama de valores*. El cambio de velocidad, es importante, ya que se utiliza para calcular la aceleración. La súbita aceleración del ocupante es lo que puede causar lesiones en un accidente.

► A pesar del hecho de que no se puede calcular con precisión el  $\Delta V$  después de un accidente, muchos reestructores de accidentes van aún más lejos, y proporcionar un "cálculo" de la aceleración "pico" de los ocupantes. Esto es imposible. En primer lugar, ni siquiera sabemos cuál fue el  $\Delta V$  de la colisión, y debido a eso, no podemos calcular la aceleración del vehículo impactado.

Incluso aún pudiendo saber la aceleración máxima del vehículo, sin embargo, ► todavía **no tendríamos ni idea de la aceleración de los ocupantes**, simplemente debido a la gran cantidad de variables que entran en juego (es decir, el tipo de elementos seguridad, material de la superficie del asiento, ángulo del asiento, masa del ocupante, la posición de los ocupantes, el género de los ocupantes, posición de la cabeza, etcétera).

► La imposibilidad de calcular con precisión la aceleración ocupante quedó claramente demostrado por SIEGMUND et al. En este estudio, muy bien hecho, los autores realizaron 39 colisiones de prueba con los ocupantes vivos a 8 km / h (aproximadamente 5 mph). Cuidadosamente controladas, las pruebas utilizaron el mismo vehículo, el asiento y las condiciones de prueba exactas para cada choque se encontraron con que las fuerzas G sobre los ocupantes oscilaron entre 6,7-12,0. Eso es casi el doble, y en un entorno, como se dijo, cuidadosamente controlado. En el mundo real, estas diferencias se magnifican a tal grado, que no podíamos ni siquiera empezar a predecir lo que podrían ser las fuerzas que inciden sobre los ocupantes.

• **Documento nº 6** *The Effect of Collision Pulse Properties on Six Proposed Whiplash Injury Criteria* (Siegmond GP, Heinrichs BE, Chimich DD, Demarco Al, Brault JR, MacInnis Engineering Associates, 11 - 11151 Horseshoe Way, Richmond, BC, Canada V7A 4S5. Accid Anal Prev. 2005 Mar; 37(2):275-85)

Hay algunas investigaciones, cuya finalidad es mejorar el diseño de los automóviles para disminuir las lesiones por latigazo cervical, que se remiten a la aceleración media. Como este trabajo.

“Estudios epidemiológicos y biomecánicos recientes **han sugerido** que la lesión de latigazo cervical se relaciona con la aceleración media de un vehículo en lugar del cambio de velocidad durante una colisión a posterior”. (“*Recent epidemiological and biomechanical studies have suggested that whiplash injury is related to a vehicle’s average acceleration rather than its speed change during a collision*”).

Para profundizar en este estudio se utilizó un trineo programado y sentando al maniquí BioRID II, cuantificando diversos factores (parámetros y criterios) durante la colisión trasera.

Cinco parámetros han sido considerados: aceleración máxima (1.3 a 4.4 g), el cambio de velocidad (3-11 km / h), la duración (52 a 180 ms), el desplazamiento (26.2 cm) y la geometría del vehículo, para ver como los cambios afectan a las variables cinemáticas y cinéticas de los ocupantes que están potencialmente relacionados con el riesgo de latigazo cervical.

NOTA.- El maniquí BioRID fue desarrollado en su momento especialmente para estudiar los movimientos relativos entre la cabeza y el torso (SVENSSON et al. 2000).

• “Los resultados de este estudio ayudarán a identificar cuáles de los criterios propuestos explican mejor los datos epidemiológicos de las lesiones cervicales y si su duración se correlacionan con la aceleración media del vehículo y, en menor grado, con el cambio de velocidad (KRAFFT et al., 2000; 2002)”.

• “Los criterios para el estudio de las lesiones en última instancia se utilizan para mejorar la seguridad de los vehículos y reducir las lesiones de los ocupantes”. “Desde esta perspectiva, un criterio de lesiones cervicales basado en un maniquí con una respuesta similar a la humana y el mecanismo real de la lesión de latigazo cervical, puede dar a los diseñadores la oportunidad para mejorar los asientos con el fin de reducir o eliminar las lesiones cervicales”.

El objeto del estudio, pues, es partir de datos epidemiológicos y con fines preventivos introducir mejoras en los automóviles y disminuir las causas por las que en estos últimos años se ha observado un aumento de lesiones por latigazo cervical. ▶ “Las razones del aumento del riesgo de lesiones cervicales no están claras, pero se han propuesto al menos dos razones mecánicas: primero, los asientos nuevos son más rígidos y puede inducir una mayor dinámica de cabeza y cuello (PARKINS et al., 1995; KRAFFT, 2002); y segundo, los nuevos paragolpes son a la vez más rígido y más resistente que los antiguos y pueden causar más altas aceleraciones y mayores cambios de velocidad debido al aumento de la restitución (-coeficiente de restitución-) para una velocidad de cierre determinada. (SIEGMUND Y KING, 1997; KRAFFT, 2002)”.

“El cambio de velocidad del vehículo ha sido históricamente la medida favorita para estimar la gravedad de la colisión cuando se está evaluando el potencial de lesiones cervicales de colisión trasera”. “Suponiendo que los criterios de lesiones de latigazo cervical evaluados aquí están relacionados con el riesgo de latigazo cervical, los resultados del presente estudio también indicaron que la aceleración media del vehículo es mejor medida del potencial de lesiones cervicales que el cambio de velocidad del vehículo”. “El estudio no se basa en un solo parámetro de la colisión, sino captando todos los efectos en los datos observados”. “Si los criterios de lesiones que aquí han sido evaluados están relacionados con el riesgo de latigazo cervical, están indicando que la reducción de lesiones por latigazo cervical podría conseguirse mediante la reducción de la rigidez del parachoques y de la restitución (coeficiente de restitución) del parachoques.”

▶ “De hecho, los datos actuales sugieren que el aumento de la restitución de los parachoques y su rigidez, causada por el uso creciente de un montaje rígido y parachoques con espuma, pueden ser en parte responsable del aumento de las lesiones por latigazo cervical en las décadas precedentes anteriores (v KOCH et al., 1994; MORRIS y THOMAS, 1996; TEMMING y ZOBEL, 1999)”.

“Estos datos también sugieren que las **normas de seguridad diseñadas para reducir las lesiones por latigazo cervical** debe actuar sobre el parachoques, asientos y reposacabezas como un sistema, y así

animar a los fabricantes de vehículos para optimizar combinaciones parachoques / asiento para reducir la lesión de latigazo cervical”.

“Los resultados actuales son concordantes con un trabajo previo en el que los cambios simultáneos en aceleración y la duración del cambio de velocidad alteraba las respuestas de los ocupantes (NILSON et al., 1994; ERIKSSON y BOSTRÖM, 1999; BOSTRÖM et al., 2000)”.

► .... “ERIKSSON y BOSTRÖM (1999) también observado una correlación más fuerte entre el NIC y el cambio de velocidad cuando el cambio de velocidad se considera sólo durante los primeros 85 ms (DV 85 ms / milisegundos)”. De los seis criterios propuestos para el estudio del latigazo cervical, NIC y DV 85ms ( $r^2 = 0,86$ ) era considerablemente mejor que la correlación entre la NIC y cambio de velocidad total de (DV total);  $r^2 = 0,07$ .

(DV = cambio de velocidad; DV85 expresa el cambio de velocidad dentro de los primeros 85 millsegundos - ms -. NIC = criterio de lesión en el cuello; DV total = cambio de velocidad estimada durante todo el tiempo que dura la colisión;  $r^2$  valor estadístico que alude la coeficiente de correlación).

**Comentario.-** Es importante la remisión a un DV 85 ms, esto es, considerar el cambio de velocidad dentro de esa horquilla, pues, como ya se ha dicho, el potencial lesivo, y en concreto la curva S, se desarrolla antes de los 100 ms (milisegundos). DV 85 ms indica que el Delta  $t$  ( $\Delta t$  = duración del impacto) es tan importante como del DV (delta V). Es evidente que en los accidentes que se suceden en la vida real no se puede determinar los picos de aceleración máxima, y, ante esta carencia, hay que considerar que el menos en los cálculos que se hagan para aproximarse al potencial lesivo del ocupante, y en atención a lo ya dicho, del Delta  $t$  (duración del impacto) ha de estar por debajo de los 100 milisegundos. Se recuerda que el delta  $t$  obedece a la fórmula Delta V dividido por la aceleración. ( $\Delta t = DV / a$ ).

“La aplicabilidad general de los resultados actuales está limitada por el uso de un solo asiento, una única postura sentada y una sola posición reposacabezas. Estos factores se sabe que afectan a la respuesta del ocupante (HÅLAND et al., 1996; SVENSSON et al., 1996; SIEGMUND et al., 1999; BOSTRÖM et al., 2000; WELCHER y SZABO, 2001).

“Se necesita más trabajo para evaluar el efecto de estas variables sobre las relaciones observadas aquí. Los resultados actuales también están limitados al maniquí y BioRID. Es preciso trabajo adicional para determinar si presentan Híbrido III u otros maniquies para el estudio del latigazo cervical presentan sensibilidades similares ante las diferencia cinemáticas ante el pulso de colisión”. El estudio actual también ha manejado pulsos idealizados para permitir que la combinaciones de los parámetros cinemáticos, lo que ha de ser considerado frente a lo que ocurre en los accidentes de la vida real”.

• **Documento nº 7.** *Influence of crash severity on various whiplash injury symptoms: a study based on real-life rear-end crashes with recorded crash pulses.* Maria Krafft, Anders Kullgren, Sigrun Malm, Anders Ydenius. Folksam Research and Karolinska Institutet, Sweden. Paper Number: 05-0363. 19th International Conference on the Enhanced Safety Vehicles (ESV); Washington DC, USA. 2005. /// Influencia de gravedad en accidente de lesiones whiplash basado en accidentes de la vida real, en un estudio con grabación de impulsos en impacto trasero.

**RESUMEN.-** Las lesiones cervicales resultantes de impactos traseros son una de las categorías de lesiones más importantes con respecto a consecuencias lesivas a largo plazo. La mayoría de estos impactos no conducen a ninguna lesión, o sólo síntomas que son temporales. Aquellos impactos en los que la duración de los síntomas difiere necesitan ser separados en su análisis con el fin de aislar las lesiones por latigazo por impacto trasero en las que se producen lesiones de larga duración.

Desde 1995, aproximadamente 60.000 vehículos en el mercado sueco ha sido equipado con accidente grabadoras que miden el tiempo de aceleración en impactos traseros. El grabador Crash Pulse Recorder (CPR) se monta bajo el asiento, midiendo los movimientos en caso de impacto trasero; el desplazamiento se registra en una película fotográfica. Se encontró una correlación entre los grados de síntomas asociados al Latigazo Cervical de acuerdo con la Clasificación de Quebec y la gravedad del choque medido con aceleración media y el cambio de la velocidad.

El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de la gravedad del choque sobre la duración de los síntomas por trastornos asociados al latigazo cervical separando los hombres de las mujeres y para los diferentes grados de acuerdo con la Clasificación de Québec (1-3).

El conocimiento de la correlación entre la gravedad del accidente y el riesgo de lesiones es esencial para prevenir lesiones en accidentes automovilísticos. Los datos utilizados en este estudio constituyen una oportunidad única para analizar cómo la aceleración influye en el riesgo de latigazo cervical.

► Se insisten en que “han de ser separados en su análisis los impactos traseros que produce lesiones de larga duración”. Los sujetos sometidos a estudio fueron clasificados así: a) sin síntomas; b) con síntomas de menos de un mes de duración; c) síntomas de más de un mes de duración; d) síntomas de más de seis meses de duración. En el caso del estudio el número total de participantes fue de 207;

Se consideraron 254 accidentes. En 150 casos fue posible obtener el registro mediante la grabadora eventos; en los 104 restantes no se llegó a disparar el grabador de impulsos, por lo que no fueron incluidos en este estudio. De 207 sujetos, 90 fueron hombres, 105 mujeres, y en 12 casos el sexo fue desconocido (10 eran pasajeros de los asientos delanteros, conductores ilesos y 2 tuvieron síntomas iniciales pero la recuperación se produjo dentro de un mes). Se constataron 122 ilesos. Teniendo en cuenta la misma gravedad del choque, las mujeres tenían un mayor riesgo de síntomas iniciales WAD (trastornos asociados al latigazo cervical) que los hombres.

Se encontró que el riesgo de síntomas asociados al latigazo cervical (WAD) de más de un mes de duración aparecía en un 20% de los casos con un cambio de la velocidad de aproximadamente a 8 km / h, y con una aceleración media aproximadamente 5 g. Todos los otros ocupantes con síntomas durante más de un mes tuvieron una media aceleración por encima de 3,3 g. ► Sólo uno de los 24 ocupantes con síntomas de más de un mes de duración tenía una aceleración media por debajo de 3 g (2,8 g).

	Males			Females		
	N	$\Delta v$	Mean acc.	N	$\Delta v$	Mean acc.
All	90	10.6	3.7	105	10.4	3.7
Uninj.	64	9.0	3.4	58	9.0	3.5
< 1 m	17	12.5	4.2	32	9.6	3.6
1-6 m	2	13.5	4.6	5	17.3	5.6
>6 m	7	19.9	5.2	10	17.6	5.1

En la tabla número (N) de conductores masculinos (males) y femeninos (females) y pasajeros de los asientos delanteros (All / total 90 varones + 105 hembras ; Uninj / ilesos 64 varones + 58 hembras); delta V ( $\Delta v$ ), aceleración media (Mean acc.) y tiempo de duración de los para diferentes síntomas: a) con síntomas de menos de un mes de duración (< 1 m) : 32 mujeres; 17 hombres; b) síntomas de más de un mes de duración (entre uno y seis meses, 1-6 m): 5 mujeres y 2 hombres; c) síntomas de más de seis meses de duración (> 6 m) : 10 mujeres y 7 hombres. Ante la misma severidad del accidente, las mujeres demostraron un mayor riesgo de síntomas iniciales asociados al latigazo cervical que los hombres.

Las conclusiones indican: a) se encontró una correlación entre la duración de los síntomas y la gravedad del impacto, midiendo la aceleración media y cambio de velocidad; b) el riesgo de síntomas asociados al latigazo cervical de más de un mes de duración se presentó en un 20%, para un cambio de la velocidad de aproximadamente 8 km / hay una aceleración media aproximadamente 5 g.; c) se vio una correlación entre los grados de trastornos asociados al Latigazo Cervical (según la Clasificación de Québec) y la gravedad del choque atendiendo a aceleración media y al cambio de la velocidad; e) de todos los accidentes registrados sólo uno de los 207 ocupantes tubo síntomas asociados al Latigazo Cervical de más de un mes de duración con una aceleración media por debajo de 3,0 g; f) ante la misma severidad del choque las hembras tenían un mayor riesgo de síntomas iniciales asociados al latigazo cervical que los hombres.

No obstante los autores de este estudio advierten que “los resultados se basan en siete modelos diferentes de un (mismo) fabricante de automóviles. Los límites en la gravedad del accidente con los diferentes grados de lesión puede ser, por tanto, diferente para otros vehículos” (Hay que señalar además que los sistemas de protección de tal fabricante para aminorar las consecuencias traumáticas del latigazo cervical esta catalogado entre los que se ha demostrado que es bueno).

**Es importante observar** que en los casos de la tabla arriba reseñada, en todos los casos, el Delta *t* mayor encontrado es de 100 milisegundos (ms). En concreto los valores se traducen así: MUJERES /Delta V: 10.4 Delta *t* 79 ms; Delta V 9.0 Delta *t* 70 ms; Delta V 9.6 Delta *t* 75 ms; Delta V 17.3 Delta *t* 80 ms; Delta V 17.6 Delta *t* 90 ms. HOMBRES / Delta V: 10.6 Delta *t* 80 ms; Delta V: 9,0 Delta *t* 70 ms; Delta V: 12.5 Delta *t* 84 ms; Delta V: 13.5 Delta *t* 80 ms; Delta V: 19,9 Delta *t* 100 ms.

<u>Mujeres</u>	Delta V	Ac. Media	Delta <i>t</i>	<u>Hombres</u>	Delta V	Ac. Media	Delta <i>t</i>
	10.4	3.7	79 ms		10.6	3.7	80 ms
	9.0	3.5	70 ms		9.0	3.4	70 ms
	9.6	3.6	75 ms		12.5	4.2	84 ms
	17.3	5.6	80 ms		13.5	4.6	80 ms
	17.6	5.1	90 ms		19.9	5.2	100 ms

La obtención del valor del Delta *t* se hace siguiendo lo dicho anteriormente. Esto es acudiendo en primer término a la fórmula Delta *t* = Delta V dividido por aceleración (a). Es importante volver a recordar que se opera en metros por segundo. Tal modo de operar del ejemplo que sigue es aplicable al resto. Así en el caso de la columna de los hombres, en la parte inferior: Delta V 19.9 (kilómetros hora) y aceleración media 5.2 (que está expresada en valores g's). Vamos a calcular entonces del Delta *t*.

1º) pasar todo a metros por segundo el valor del Delta V. Delta V = 19.9 kilometros / hora = 19.900 metros /36000 segundos = **5.52** metros / segundo

2º) La aceleración significada en el cuadro viene como viene expresada en valores g's, en este caso = 5.2 g's. Para pasarla a metros segundo se multiplica por 9.81. Resulta 5.2 x 9.8 = **50.96** (aceleración en metros /s<sup>2</sup>)

3º) Aplicación de la formula que calcula del Delta *t*. Dicha fórmula es la ya dicha: Delta *t* = Delta V dividido por aceleración (a)

En esta caso resulta Delta *t* = 5.52 / 50.96 = 0.10 segundos = 100 milisegundos.

	Hombres				Mujeres			
	Nº	Delta V	Aceler. media	Delta <i>t</i>	Nº	Delta V	Aceler. media	Delta <i>t</i>
<b>TODOS</b>	90	10,6	3,7	80 ms	105	10,4	3,7	79 ms
<b>Ilesos</b>	64	9,0	3,4	70 ms	58	9,0	3,5	70 ms
<b>&lt; 1 mes</b>	17	12,5	4,2	84 ms	32	9,6	3,6	75 ms
<b>1-6 meses</b>	2	13,5	4,6	80 ms	5	17,3	5,6	80 ms
<b>&gt; 6 meses</b>	7	19,9	5,2	100 ms	10	17,6	5,1	90 ms

• **Documento nº 8 .** *Acceleration pulses and crash severity in low velocity rear impacts – real world data and barrier tests.* Astrid Linder Chalmers University of Technology Sweden Monash University Accident Research Centre (MUARC) Australia Matthew Avery The Motor Insurance Repair Centre, Thatcham United Kingdom Maria Krafft Anders Kullgren Folksam Research, Sweden Mats Y. Svensson Chalmers University of Technology Sweden Paper Number 216. /// Pulsos de aceleración y gravedad del choque en impactos traseros a baja velocidad... Universidad Tecnológica de Chalmers, Suecia. Universidad de Monash Centro de Investigación de Accidentes (MUARC) Australia. Mateo Avery: Centro de Reparación de seguro de vehículos automóviles, Thatcham, Reino Unido. María Krafft. Anders Kullgren, Folksam Investigación, Suecia. Mats Svensson Y. Universidad Tecnológica de Chalmers, Suecia.

Este estudio muestra que se puede establecer una relación entre el delta V las aceleraciones medias, y los picos de aceleración. Dado que tanto entre el Delta V y la aceleración media se ha encontrado que pueden influir en el riesgo de lesiones en el cuello (AIS I) es importante tomar estos hallazgos en consideración para definir un procedimiento de ensayo de evaluación para el diseño de una asiento de seguridad. Los resultados de este estudio muestran que una gran variación de impulsos de aceleración pueden darse en impactos traseros en los automóviles fabricados durante la década de 1990. Puede haber posibilidades de reducir el riesgo de AIS 1 de lesión en el cuello mediante el diseño adecuado de la estructura trasera del vehículo, y especialmente en relación con el diseño del asiento. La variación en los datos de pulso encontrados en este estudio sugiere su utilización en cualquier prueba que tiene por objetivo evaluar el riesgo de lesiones en el cuello. Dado que se produce gran variación en los pulsos en los en impactos reales, y con diferentes vehículos “bala”, es importante tratar de reducir el riesgo de lesiones en el cuello.

\*\*\*

## ANEXO

### **FOLKSAM Insurance, 2009. ¿Es seguro tu coche?**

Este documento se ha tomado de la aseguradora sueca Folksam Insurance, y entre otros aspectos, proporcionan información acerca del grado de protección que dispensan en los casos de latigazo cervical (whiplash).

En el mismo se indica que “según los datos de seguros, las lesiones por latigazo cervical constituyen alrededor del 60 por ciento de todas las lesiones por accidentes de automóvil. Se están introduciendo sistemas de protección más eficaces en los nuevos vehículos, cada vez a un ritmo más rápido, y es importante evaluar cómo protegen a los ocupantes de los vehículos, en caso de accidente.

De algunos modelos existen resultados a partir de accidentes reales, pero especialmente, para juzgar sus propiedades protectoras, se deben utilizar los datos extraídos de las pruebas de impacto. Los estudios realizados por FOLKSAM demostraron un cierto grado de protección en los casos de latigazo cervical, la llamada “moderación reactiva”. La protección no es igual para las mujeres que para los hombres. La investigación trata de establecer también las razones de estas diferencias.

Los requisitos para la aprobación de una protección ante el Latigazo Cervical (Whiplash Protection) son:

- Que la protección sea eficaz en accidentes del mundo real, es decir, que el nivel de protección haya demostrado que es bueno, como la que proporciona Volvo, Saab y Toyota;
- Que el asiento de seguridad haya logrado el mejor resultado al menos en una de cada tres pruebas. Estas son realizadas por Folksam y el Transporte de Suecia Administración (STA), IIWPG (una asociación internacional de las entidades del seguro) o Euro NCAP con el fin de reflejar el riesgo de lesiones por latigazo cervical

Los resultados relativos sobre la protección ante el Latigazo Cervical se expresan como sigue: “aprobado”; “aprobado como accesorio”; “no aprobado”; “no probado”.

- Whiplash protection**
-  Approved
  -  Approved with whiplash protection as an optional extra
  -  Not approved
  -  Not tested

**Nota** - este documento, dado su volumen (“peso”) se colgará de forma independiente en esta web.

