
LA RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES DESDE EL PUNTO DE VISTA POLICIAL

- Capitán Fco. Javier Sánchez-Ferragut Andreu, Jefe del Equipo de Reconstrucción de Accidentes de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil con sede en Madrid (ERAT).
 - Capitán José Luis Díaz Sánchez, del Equipo de Reconstrucción de Accidentes de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil con sede en Madrid (ERAT).
-

INTRODUCCIÓN

Las sociedades modernas centran su actividad diaria en el uso del automóvil, ya sea desde el punto de vista profesional para el transporte de mercancías y pasajeros por carretera, como para un uso cotidiano familiar en el desplazamiento al trabajo y en las actividades de ocio de los ciudadanos. En España, el coche ha dejado de ser un artículo de lujo para convertirse en objeto de primera necesidad. Esta demanda ha originado una gran expansión y modernización de las infraestructuras, la construcción de modernas vías de comunicación que favorecen el mercado económico y las interacciones personales y, por supuesto, un aumento espectacular en el número de vehículos matriculados que circulan por la tela de araña asfáltica que tapiza el territorio nacional. Lamentablemente, el uso de un medio de transporte, a pesar de su tecnificación y mejoras en la seguridad, conlleva un riesgo para sus usuarios que se traduce en tasas de siniestralidad, con el consiguiente coste de vidas humanas y desgaste emocional para el que le toca sufrir un accidente y para sus familiares y allegados que, en ocasiones, reciben como herencia el dolor de por vida. Tampoco hay que olvidar la enorme repercusión económica que supone para el resto de los ciudadanos.

Para comprender el alcance de la siniestralidad española en las vías de circulación nada mejor que exponer brevemente algunas cifras publicadas por el Observatorio Nacional de Seguridad Vial de la Dirección General de Tráfico, Ministerio del Interior. En 2003 se produjeron 99.987 accidentes con víctimas en España (48% en carretera y 52% en zona urbana), **falleciendo 5.399 personas**, provocando lesiones graves a otras 26.305, y heridas leves a 124.330. La situación de España en el contexto europeo, en el año 2002, le situaba en el puesto 11 de 15 en el macabro “ranking” de muertos por millón de habitantes (132 fallecidos en 2002 y 128 en 2003). Como resumen de la gravedad: **“Los accidentes de circulación son la PRIMERA CAUSA DE MUERTE de la población española de menos de 35 años”**.

La Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, desde su fundación en agosto de 1959, viene velando por la seguridad de todos los usuarios de las vías españolas mediante la dura y poco reconocida labor de la prevención (misión asignada a la Especialidad de MOTORISTAS), haciendo cumplir y respetar la normativa vigente en materia de Seguridad Vial y de Transportes por Carretera, ordenando el tráfico cuando la situación lo requiere y auxiliando en primera instancia a las víctimas de un accidente, evitando que se agrave su situación. Pero cuando la prevención no es suficiente y desgraciadamente se produce un siniestro, hay que determinar las causas y circunstancias del accidente con el fin de que las autoridades competentes adopten las medidas necesarias que ayuden a mejorar la seguridad vial, además de auxiliar a los jueces en la determinación de las oportunas responsabilidades civiles y penales de los implicados (misión encomendada a la Especialidad de ATESTADOS).

FASES EN EL ESTUDIO DE UN ACCIDENTE DE TRÁFICO

Una vez que se ha producido un accidente de tráfico, éste se puede analizar desde distintos puntos de vista, ya que son numerosas las disciplinas que intervienen en su análisis (medicina, psicología, ingeniería de construcción, ingeniería de diseño de vehículos, mecánica, biomecánica, dinámica, etc). Además, existen numerosas Instituciones, Organismos y Autoridades que demandan datos e informes al respecto, según su ámbito de competencia: Jueces, Dirección General de Tráfico, Dirección General de Transportes, Fuerzas y Cuerpos de Seguridad con competencias en materias de Tráfico (Guardia Civil, Mossos de Esquadra, Ertzaintza, Policía Foral de Navarra, Policías Locales y Municipales), compañías de seguros, e incluso particulares que solicitan informes a peritos privados para aportarlos en una causa, Es decir, la sociedad necesita que se aclaren los motivos, las circunstancias y las consecuencias que se derivan de la producción de un accidente de tráfico.

Desde un punto de vista policial, lo que se persigue es dar respuesta a esta necesidad remitiendo los correspondientes informes a las autoridades que competan según el caso. De este modo, el esclarecer el “¿QUÉ, DÓNDE, QUIÉN, CUÁNDO, CÓMO y POR QUÉ?” de un accidente se convierte en un enigma a resolver, procediéndose al análisis de las tres fases fundamentales para poder darle respuesta:

- **INVESTIGACIÓN DEL ACCIDENTE:** El Diccionario de la Real Academia de la lengua Española define Investigación como: “*Acción de realizar actividades intelectuales y experimentales de modo sistemático con el propósito de aumentar los conocimientos sobre una determinada materia*”. Por lo

tanto, en esta fase se **recabará toda la información posible** sobre aquellos hechos observables directamente en el escenario de un accidente: Fotografías y mediciones de huellas de neumáticos, marcas en la carretera y restos de los vehículos, características del terreno que tienen influencia en el desarrollo del accidente (obstáculos visuales, características de fricción del terreno, pendiente y bombeo de la calzada, ...), daños que han sufrido los vehículos, lesiones que han recibido las personas, así como las posiciones finales de impacto y aquellas que requieran su anotación para posterior estudio; toma de manifestaciones a implicados y testigos, identificaciones de personas y vehículos, y un largo etcétera de datos que se constituirán en pruebas cuyo objetivo será el de tener un **conocimiento claro sobre los factores que intervienen en todo accidente de tráfico: vehículos, entorno y personas implicadas.**

Una vez recogidos los datos necesarios se plasmarán en un informe técnico que junto a un esquema gráfico o croquis, el informe fotográfico correspondiente y las declaraciones de las personas involucradas, permitirán pasar al siguiente nivel del estudio, la RECONSTRUCCIÓN DEL ACCIDENTE.

- **RECONSTRUCCIÓN DEL ACCIDENTE:** El Diccionario de la Real Academia de la lengua Española define Reconstrucción como: “*Acción de unir, allegar, evocar recuerdos o ideas para completar el conocimiento de un hecho o el concepto de algo*”. Por lo tanto, en esta fase del estudio de un accidente lo que se persigue es averiguar el “**¿CÓMO?**” se produjo éste. Basándose en todos los datos aportados en la fase de investigación, y en la ampliación de aquellos otros que requieren un mayor estudio y pormenorización, se emplearán métodos y técnicas científicas con los que establecer la secuencia del accidente como si se tratara de una película en la que un fotograma lleva a otro ineludiblemente hasta la conclusión (posiciones finales conocidas). En esta fase sólo se hace uso de datos objetivos, planteándose distintas hipótesis como método de trabajo para esclarecer cuál de todas ellas es la correcta. Nunca se partirá de una idea preconcebida, sino que las pruebas y datos finales recogidos en la fase de investigación formarán el hilo director y nexo de unión que transportará al Reconstructor de un accidente hasta el punto inicial donde se desencadenó el mismo. Las valoraciones subjetivas del investigador y las declaraciones de testigos e implicados sólo sirven para plantear hipótesis, nunca se podrán tomar como datos ciertos, pues la psicología del ser humano que se ve involucrado en un accidente le lleva a hacer suyos comentarios de otros, a percibir la realidad desde distintas perspectivas del espacio y tiempo, y a no poder precisar con exactitud datos que su cerebro ha

procesado incorrectamente o que debido al “shock” del accidente han sido bloqueados. La reconstrucción utiliza únicamente datos objetivos, y su principal herramienta son los principios de la Mecánica Clásica, mediante las Leyes del Movimiento desarrolladas por Isaac Newton, base teórica de todo el desarrollo de la Física Dinámica (fuerzas y movimiento):

- 1ª Ley de Newton: “Todo objeto permanece en su estado de reposo o de movimiento uniforme sobre una línea recta a menos que existan fuerzas externas que actúen sobre él y le obliguen a cambiar su estado”.

$$\text{Si } \sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{a} = 0$$

- 2ª Ley de Newton: “La fuerza es igual a la variación de la cantidad de movimiento (masa por velocidad), por unidad de tiempo. Para una masa constante, la fuerza es igual a la masa por su aceleración”.

$$\sum \vec{F} = m \vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$

- 3ª Ley de Newton: “Para cada acción, existe una reacción igual pero de sentido contrario”.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

- **ANÁLISIS DE LAS CAUSAS:** En esta última fase, se intenta dar respuesta a la pregunta “**¿POR QUÉ?**”, y sólo se puede llegar a ella superando correctamente las dos fases anteriores. La falta de información puede llevar a no poder establecer el “¿CÓMO?”, y sin él, será imposible aventurar las posibles causas de producción del accidente. De todos modos, aún completando las dos primeras etapas, el “¿POR QUÉ?” no siempre es factible llegar a establecerlo debido a que, sobre todo, en el caso de las causas debidas a fallos humanos, es imposible analizar lo que pasa por la mente de una persona o llegar a saber qué hecho ocurrió en el interior del vehículo en el momento de producirse el accidente. No hay soluciones mágicas que puedan explicar las causas de todos los accidentes pero lo que sí es posible determinar casi con certeza en la mayor parte de los accidentes, siempre y cuando se haya realizado una buena labor de investigación y existan **datos en cantidad y calidad suficientes**, es el ¿CÓMO se produjo dicho accidente?

- **CASO PRÁCTICO DE EJEMPLO:** En una carretera con un carril para cada sentido de la circulación se produce un accidente de tráfico en el que se determina que el impacto entre dos turismos “A” y “B” es fronto-angular, con daños en las esquinas anterior izquierda de ambos vehículos con una extensión en anchura equivalente a la de sus faros. Se sabe que el vehículo “A”, que invade el carril contrario con un ángulo muy suave, tenía el neumático anterior izquierdo reventado bastante antes de la colisión; es de noche y este vehículo “A” no lleva luces. De la **Investigación** se desprende que el estado anímico de la persona que conduce el vehículo “A” era depresivo y que él mismo manifiesta posteriormente su intención de que quería suicidarse. En el impacto fallece el conductor del turismo contrario “B” por posterior vuelco, el cual no reaccionó por no percibir al vehículo “A” invadiendo su carril por la falta de iluminación de la vía y del turismo “A”. De la **Reconstrucción** se conoce que el vehículo “A” venía circulando ya con el neumático delantero izquierdo reventado y que lo hizo por su carril hasta momentos antes de la zona de impacto, y que de los daños del vehículo, del bloqueo de los neumáticos y de las posiciones finales de ambos vehículos, se conoce que la invasión del carril por parte de “A” es suave y progresiva.

En este supuesto, ¿sería lógico establecer como causa del accidente una maniobra de giro voluntaria del conductor “A” para suicidarse? Está claro que aunque las circunstancias (fundamentalmente su estado depresivo y posterior declaración) pueden apuntar a ello, la intención no es algo que un investigador o reconstructor de accidentes pueda evaluar con los datos objetivos del accidente. Y también cabe la posibilidad de que siendo un fallo humano, la causa del accidente no radique en una voluntariedad de invadir el carril contrario sino en una falta de acción sobre la dirección del vehículo que tiene el neumático delantero izquierdo reventado, lo que provoca que éste gire suave y progresivamente hacia su izquierda invadiendo el carril contrario (conocido por la fase de **RECONSTRUCCIÓN**).

Con este ejemplo se quiere destacar que en una investigación y reconstrucción policial se puede concluir lo que objetivamente se desprende de las pruebas analizadas, que la invasión no fue brusca y que se debió a una falta de control sobre la dirección para compensar la normal tendencia del vehículo a irse hacia la izquierda de su sentido de marcha. Esta explicación no elimina el posible suicidio pero lo que sí es objetivo es que tampoco lo confirma.

LA RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES EN LA GUARDIA CIVIL DE TRÁFICO

La Guardia Civil de Tráfico tiene a gala gozar de un prestigio de buen hacer e imparcialidad en el estudio de los accidentes, siendo un apoyo fundamental para la Autoridad Judicial que tiene que tomar una decisión respecto de las posibles responsabilidades que se derivan de la implicación de vehículos y personas en un accidente de tráfico. Hasta el año 1998, la Guardia Civil de Tráfico, dentro de su ámbito de competencia, disponía únicamente del personal de ATESTADOS como personal cualificado para realizar reconstrucciones de accidentes de tráfico, y éstas se realizaban analizando las pruebas recogidas y estudiadas en el lugar del accidente. El disponer de la información de primera mano, el llegar en los primeros momentos al lugar del accidente, la formación especializada sobre Investigación recibida durante meses en un centro de formación propio cualificado y con tradición, y el estar en continua práctica, por el volumen de accidentes que debe atender un Equipo de Atestados durante su servicio, hace que en la mayoría de los casos sea bastante claro el poder asociar los daños en los vehículos, las marcas en la vía y las posiciones finales de vehículos y personas, con las trayectorias post-impacto, punto o zona de impacto y definir unas posiciones y trayectorias pre-impacto que servirán para establecer las oportunas responsabilidades y explicaciones de cómo pudo ocurrir el accidente.

El croquis y el informe fotográfico se configuran como herramientas fundamentales para explicar el suceso y no requerir un mayor nivel de profundización. Pero también es cierto que existen técnicas y cálculos físico-matemáticos que habilitan el poder esclarecer casos en los que los movimientos de los vehículos no están tan claros o en los que el cálculo de determinadas variables, como son velocidad, aceleración, distancia o tiempo, son fundamentales para una mejor valoración del accidente. El descender a un mayor nivel técnico exige una formación más especializada, una mayor dedicación en el tiempo y disponer de unas herramientas más exactas que hagan más precisos los cálculos iniciales. Además, las características de los vehículos actuales, las mejoras en la infraestructura vial y el aumento del parque automovilístico han disparado el número de accidentes en los últimos años, haciendo más complejo el estudio y reconstrucción de muchos de ellos. También han evolucionado las exigencias de la Sociedad, que demanda una mayor información y exige aumentar la capacidad y amplitud de respuesta a sus problemas. Por ello, las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad deben actualizarse, manteniéndose al día y cubriendo las necesidades que la Sociedad requiere. En este sentido, la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil ha sido pionera en España al introducir y hacer uso de los primeros programas informáticos dedicados a la reconstrucción de accidentes, primero **SINRAT** y desde el **año 1998**, la Escuela de Tráfico de la Guardia Civil, con su personal docente especializado, viene empleando el programa

informático **PC-CRASH** para apoyar y complementar la realización de reconstrucciones de accidentes de tráfico complicados. Además, en la actualidad dispone de uno de los mejores laboratorios para el análisis de discos de tacógrafos en España. La buena labor realizada por la Escuela durante esos años, llevó a que en el año 2000 se decidiera especializar a varios Oficiales de la Agrupación y a personal seleccionado de la Especialidad de Atestados para que fueran capaces de constituir el núcleo de las actuales Unidades dedicadas a la Reconstrucción de Accidentes de Tráfico, dentro de la Guardia Civil, que si bien actualmente son pequeñas, son el embrión de la futura renovación de la Especialidad de Atestados.

LAS UNIDADES DE RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES DE LA AGRUPACIÓN DE TRÁFICO

Los especialistas de la Agrupación de Tráfico encargados de la reconstrucción de accidentes de tráfico están organizados en dos unidades, compuestas por unas 15 personas en total, de distintos empleos:

- **Departamento de Investigación y Reconstrucción de Accidentes de Tráfico (DIRAT) de la Escuela de Tráfico de Mérida**, donde se compatibilizan las tareas de docencia con las operativas, garantizando el poder integrar con facilidad el trabajo realizado con la docencia de los Equipos de Atestados.
- **Equipo de Reconstrucción de Accidentes de Tráfico (ERAT), del Órgano Central de la Agrupación de Tráfico de Madrid.**

Ambas Unidades han recibido formación y actualización especializada mediante diferentes cursos y seminarios, abarcando tanto el ámbito nacional como internacional. Sirvan como ejemplo los siguientes: Curso de Investigación y Reconstrucción de Accidentes y Dinámica de Vehículos, impartido por la Northwestern University, EEUU; Curso de Reconstrucción de Accidentes con PC-Crash, Escuela de Tráfico de Mérida; Cursos de Reconstrucción y Simulación de Accidentes con HVE, EEUU; Seminarios de Trabajo con PC-Crash, Linz (Austria); Curso Avanzado de Reconstrucción, CESVIMAP, Ávila; Curso en el Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles Duque Santomauro de la Universidad Carlos III de Madrid, y cursos a distancia con el Instituto Universitario del Tráfico y Seguridad Vial de la Universidad de Valencia.

Las Unidades de Reconstrucción de Accidentes de Tráfico de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil son las responsable de realizar las reconstrucciones de aquellos accidentes en los que se estime conveniente profundizar, debido a su complejidad, trascendencia o por que así lo solicite una Autoridad Judicial, llevando a cabo para ello tareas de investigación y obtención de datos en campo, para su posterior análisis y estudio en gabinete, volcando las conclusiones obtenidas durante el proceso en los oportunos **Informes Periciales**. Igualmente, se encargan de asesorar al Mando de la Agrupación de Tráfico en todo lo relacionado con la investigación y reconstrucción de accidentes de tráfico.

Sus misiones son las siguientes:

- Reconstruir accidentes de tráfico, ya sean ordenados por el Mando de la Agrupación o por la Autoridad Judicial.
- Representar a la Guardia Civil en aquellos eventos internacionales que estén relacionados con la investigación y reconstrucción de accidentes de tráfico.
- Realizar pruebas de ensayo y prácticas de campo para realizar pequeños estudios que ayuden a la resolución de aquellos casos en los que sea necesario obtener datos empíricos para su resolución, y para poder ayudar a profundizar o mejorar técnicas de investigación.
- Auxiliar y apoyar a los Equipos de Atestados o a otros Equipos de Reconstrucción en los casos en que así lo soliciten por conducto.
- Asesorar al Mando en todo lo relacionado con la investigación y reconstrucción de accidentes y proponer la adquisición de nuevos medios materiales e implantación de nuevos métodos y técnicas de trabajo.

PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN

Requerida la intervención, ya sea por una vía u otra, la reconstrucción del accidente se debe comenzar con la obtención y recopilación de datos, *fase de campo o INVESTIGACIÓN*, donde se hará acopio de la información básica y complementaria relativa a los tres factores de todo accidente de tráfico (personas, vehículos y vía), proveniente de

diferentes documentos: atestado, informe técnico, croquis, informe fotográfico e informes periciales; y del propio estudio y observación en el lugar del accidente practicada por el propio Equipo de Reconstrucción, con objeto de estudiar el terreno “in situ” y llevar a cabo un análisis de los daños de los vehículos implicados que estén disponibles, además de realizar las correspondientes grabaciones de vídeo en las mismas condiciones de luz que en el momento del accidente, ejecutar pruebas de frenada para la obtención de coeficientes de fricción y comprobar la señalización y visibilidad en las distintas zonas de la vía afectadas por el accidente.

Posteriormente se inicia la *fase de gabinete o RECONSTRUCCIÓN*, es decir, la reposición de cada elemento o factor que intervino en el accidente para cada elemento y lugar en que fue actualizándose el evento, principalmente en las situaciones “antes”, “durante”, y “después” del impacto, adjudicándosele a cada unidad de tráfico un comportamiento u otro en función de las acciones y sus resultados. Se realizarán cálculos físico-dinámicos de aceleraciones, velocidades y posiciones, por métodos analíticos y deductivos, complementándolos con los resultados obtenidos mediante el empleo de los programas informáticos de simulación y reconstrucción (HVE y PC-CRASH), en los casos en que sea viable. Y se confeccionarán croquis e informes fotográficos complementarios, junto con una presentación multimedia gráfica de cómo tuvo lugar el accidente, que junto con el Informe Pericial en el que se expondrán las hipótesis, estudios de visibilidad, evitabilidad y causas que se hayan podido determinar, se unirán en un soporte CD-ROM al informe por escrito remitido a la Autoridad Judicial competente.

El personal que desea hacerse cargo de una reconstrucción debe poseer una serie de conocimientos específicos (fruto de la formación ya mencionada), entre los cuales se incluye la dinámica vehicular, el análisis de energías, el estudio de momentos, la correcta lectura e interpretación de los datos objetivos previamente recogidos y la comprensión de la percepción, atención y reacción humana así como sus circunstancias modificantes.

La incorporación de las modernas técnicas de reconstrucción de accidentes permite llegar a conclusiones de forma rápida y exacta, mejorando de forma muy notable la comprensión de cómo ocurrió el accidente y, por añadidura, las causas del mismo, **facilitando por un lado la labor de los tribunales de justicia y por otro el posterior estudio y análisis para la prevención.**

Estas nuevas incorporaciones son básicamente la aplicación de los medios informáticos a gran parte de las técnicas ya utilizadas en reconstrucción de accidentes de tráfico. Aún así, se debe tener en cuenta que la informática no

reemplaza el conocimiento, sino simplemente permite a aquellos que ya comprenden el análisis de un accidente de tráfico llegar a conclusiones de forma más directa, rápida y precisa.

MODELOS DE RECONSTRUCCIÓN

Llegados a este punto es innegable que el accidente en estudio posee todos los requisitos para considerarse merecedor de una reconstrucción exhaustiva, la cual variará según el caso. En aras de buscar no sólo la eficacia sino la eficiencia es importante modelizar las reconstrucciones, es decir, clasificarlas y así, sistematizar una línea de trabajo en función de la clase de accidente. Es obvio que cada accidente es diferente, pero es posible englobarlos en grupos homogéneos que cumplan toda una serie de características que haga que su estudio pueda seguir una misma pauta o línea de investigación, evitándose así la dispersión o disgregación del trabajo, y el empleo de los métodos más adecuados para cada caso.

Estos modelos son fundamentalmente los siguientes (aunque no por ellos los únicos), los cuales igualmente pueden dividirse en subtipos:

- **Colisiones colineales** (frontales y alcances, normalmente con ángulos de impacto $0-10^\circ$): Se utilizarán métodos en los que se analicen los daños y se introducen como datos conocidos las energías de deformación y las velocidades de salida o post-impacto, derivándose posteriormente los resultados de los Impulsos, las variaciones de velocidad por el impacto y finalmente las velocidades pre-impacto. De este modo podrán conocerse las posiciones, trayectorias y posibles maniobras previas al impacto. En este tipo de accidentes, el Principio de la Conservación de la Cantidad de Movimiento, aunque siempre se cumple, se convierte en demasiado sensible para ser aplicado pues un error en la estimación del ángulo de impacto producirá grandes variaciones en los resultados.
- **Colisiones oblicuas** (ángulos de impacto $>10^\circ$). El método a emplear es el de la Conservación de la Cantidad de Movimiento, para lo cual se deben calcular las velocidades post-impacto y los ángulos de entrada y salida respecto del punto de impacto y las posiciones finales, teniendo en cuenta todo tipo de movimientos como rotaciones, vuelcos, etc durante la fase post-impacto.

- **Atropellos de peatones o ciclistas.** Se requiere conocer las posiciones finales de peatón o ciclista y vehículo, las zonas de contacto entre ambos, lesiones del peatón o ciclista, pero lo fundamental es llegar a conocer el punto aproximado de atropello. En este tipo de casos son esenciales los estudios de visibilidad y el conocer las maniobras realizadas por el vehículo que atropella al peatón o ciclista, así como establecer unos tiempos de reacción apropiados para cada uno de los intervinientes.
- **Salidas de vía.** El papel que desempeña la Investigación es fundamental pues se hace necesario conocer las maniobras que realizó el vehículo previamente a la salida de vía, analizando la forma en que ésta se produce. Y por supuesto, como en todo caso, el tener perfectamente reflejado las posiciones finales en que quedaron vehículos y ocupantes.

MEDIOS EMPLEADOS EN LA RECONSTRUCCIÓN DE ACCIDENTES

La herramienta principal de un especialista en reconstrucción de accidentes reside en su imaginación para asumir un suceso tan complejo como es un accidente en un proceso mental que le lleve de una manera metódica a ir procesando y filtrando el gran volumen de datos que debe manejar; además, contará con una elevada capacidad crítica y un marcado sentido de la objetividad. Pero qué duda cabe que el avance tecnológico también ha beneficiado al investigador. En la actualidad, las Unidades de Reconstrucción de Accidentes de la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil disponen de un equipamiento técnico puntero en España en este campo de trabajo:

- **Programas Informáticos de Simulación y Reconstrucción de Accidentes de Tráfico:** Existen dos programas de reconocido prestigio internacional que son ampliamente utilizados por especialistas de la reconstrucción de accidentes del sector oficial y privado, y que han pasado controles de validación para comprobar que el margen de error entre lo calculado por el programa y lo medido en la realidad se encuentran en torno a un 5% a 10%. La principal ventaja de estos programas es que los resultados gráficos que originan son el resultado de la aplicación directa de las Leyes Físicas de la Dinámica. Además de su potencia de cálculo, permiten analizar hipótesis para comprobar su coherencia o proceder a descartarlas. Además, incorporan rutinas de chequeo y control interno sobre los resultados para informar de errores que esté cometiendo el usuario y que violan las leyes fundamentales de la física clásica. Incluyen procedimientos automatizados que varían las condiciones pre-impacto para conseguir un resultado lo más parecido a las posiciones finales conocidas. También permiten visionar los daños para

correlacionarlos con los reales. El empleo de estos programas exige tener un alto conocimiento de los procedimientos teóricos y ser capaz de ser crítico con la manera de introducir datos y con los resultados arrojados por el programa para asumirlos como válidos y coherentes o no. Suelen moverse en un rango por debajo del 10% de error en los casos en los que se puede aplicar. Aún así, los programas no son una varita mágica en la que se meten unos datos y se obtiene la película de cómo ocurrió el accidente. Exigen una calidad y cantidad adecuada de datos y tienen algunas limitaciones de las que hay que ser consciente. En este punto conviene tener claras las tres categorías de programas informáticos que podemos encontrar en el estudio de accidentes:

- **SIMULACIÓN**: Implica introducir unas condiciones iniciales de posición y velocidad pre-impactos, y unas maniobras de conductor (frenada, giros, aceleración, bloqueo de ruedas) para ver si el resultado final coincide con el real. **Método PRUEBA-ERROR (PC-CRASH y HVE).**
- **RECONSTRUCCIÓN**: Se introducen los datos conocidos reales (posiciones finales, posiciones de impacto y análisis de daños de los vehículos implicados) y el programa nos proporciona la velocidad pre-impacto y características del impacto. **Método DIRECTO (SÓLO EDCRASH de HVE).**
- **ANIMACIÓN**: Son programas de infografía y CAD en 3D, como puede ser el tan conocido 3D Studio Max, en el que el resultado mostrado no tiene ningún rigor científico, pues carecen de las debidas validaciones y procedimientos de cálculo y análisis de variables adecuados. Se puede resumir diciendo que son croquis en 3D en los que el usuario anima (da movimiento) los vehículos y personas según su juicio y conveniencia. La manipulación de los resultados que genera la animación es total por parte del usuario. Si se quiere que un coche vuele lo hará y si decidimos que gire a derechas cuando recibe un impacto por el que el par de fuerzas resultante le haría girar en sentido a izquierdas, también lo hará. Sólo es un método válido en casos en los que se quiere mostrar una interpretación particular y personal del accidente por parte del encargado de analizarlo, avalándolo con el correspondiente informe técnico detallado. Nunca puede ser válido por sí solo.
- **Acelerómetro VERICOM 3000 PC**. Es un instrumento que permite obtener valores de aceleración (positiva y negativa) para un vehículo que acelera o frena en el lugar de la prueba, obteniendo unos valores de frenada de los que poder deducir el coeficiente de fricción de ese vehículo para ese tramo de terreno donde se realiza la prueba.

De este modo se obtienen valores más cercanos a la realidad que los que supone tener que escoger de una tabla de datos con un rango bastante amplio de posibilidades. El factor de arrastre de un vehículo (aceleración del mismo expresada en “ges”: $g=9.81 \text{ m/s}^2$), también llamado coeficiente de fricción corregido, es un dato esencial para los cálculos matemáticos y físicos del análisis de un accidente de tráfico.

- **Inclinómetro BOSCH.** Permite obtener pendientes longitudinales y laterales de la calzada, que deben tenerse en cuenta para corregir el coeficiente de fricción de la vía.
- **Programa de croquis GEATEST-SMARTSKETCH.** Programa CAD en 2D que combina una elevada precisión con una gran sencillez de manejo. Los croquis que se obtienen permiten obtener mediciones directamente del papel con total precisión y fiabilidad, salvo errores en la toma de datos.
- **Escáner por láser 3D,** (adquisición en trámite administrativo). Instrumento de alta tecnología que escanea el escenario real con una velocidad de más de 1.000 puntos por segundo, a un intervalo entre punto y punto definible por el usuario, pero con márgenes de error máximo de 6 milímetros a 50 metros. Permite llevarse el escenario real a la oficina, con asignación de colores reales a los píxeles obtenidos, de modo que las mediciones se harán con total seguridad, rapidez y fiabilidad. De manera que se puede modelar escenarios, vehículos y cualquier objeto que se quiera incorporar a los programas informáticos. También permite el análisis y medición de daños con mayor precisión y rapidez, además de servir de topógrafo virtual.
- **Programa de fotogrametría PHOTODELER.** Permite obtener coordenadas de puntos y mediciones que aparezcan en una o varias fotografías para el análisis de mediciones sobre objetos o marcas que ya no existen en la actualidad. Combinado con el escáner por láser en 3D simplifica su uso y rapidez. De aquí la importancia de contar con abundantes fotografías en panorámicas y en detalle con varios ángulos, tomadas en el momento del accidente.
- **Cámaras de fotografía y vídeo digital.** Permiten mostrar con calidad la escena del accidente y los daños de los vehículos, así como registrar las trayectorias seguidas por los vehículos implicados previamente al impacto, y analizar visibilidades y obstáculos.