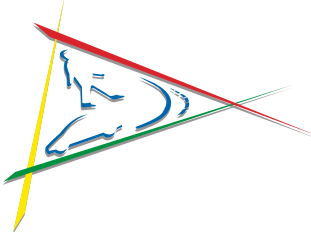


Reconstrucción virtual de accidentes viales



técnica de medición de distancias
fotogrametría informática



isev

Instituto de Seguridad y
Educación Vial

Defensa 1328 - C1143AAD
Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina
Tel.Fax: (54 11) 4361-4818 / 4986 / 4988
e-mail: info@isev.com.ar
<http://www.isev.com.ar>

Por: **Fernando Ferro**

Imaginación y tecnología

La representación de una escena en 3 dimensiones, partiendo de una imagen en solo dos, plantea ciertos desafíos a la imaginación.

El conocimiento de conceptos básicos de geometría ayuda a los accidentólogos a visualizar los distintos planos en las imágenes fotográficas, y con ellos, recrear la escena del hecho.

Y la fotogrametría, como técnica de medición de distancias en fotografías, puede convertir los numerosos indicios contenidos en esas imágenes en datos útiles para los cálculos.

En las fotografías de accidentes de tránsito, es común ver elementos que pueden ser representados por paralelepípedos, perpendiculares al plano del suelo, y con vértices y aristas bien definidos.

Tales objetos pueden ser carteles de señalización, puentes, las líneas demarcatorias de los carriles de tránsito, las luminarias, las casas y edificios que rodean a los vehículos, con sus paredes, puertas y ventanas

Todos estos objetos deben ser inmóviles, permitiéndonos entonces volver al lugar del hecho en cualquier momento para medirlos.

Esto los hace ideales para ser usados como objetos de referencia. Sus vértices, de coordenadas conocidas, se agregan como datos, en los programas informáticos de fotogrametría, para encontrar el punto de vista desde donde fueron fotografiados, y sobre todo para averiguar algunas características de la cámara fotográfica empleada, como la distancia focal, y la distorsión producida por el sistema de lentes, lo que resulta fundamental para mantener bajo control el margen de error resultante.

Las lentes más costosas son esféricas, y no introducen errores al pasar los rayos de luz por

ellos. En cambio, las lentes más comunes, presentes en toda cámara de tipo hogareño, son pulidas con radio constante, para bajar costos en el proceso de manufactura. Eso introduce un error muy fácil de observar en imágenes con líneas rectas próximas a los extremos de las mismas.

Estos programas de computación contemplan el error y lo resuelven con complicados algoritmos de corrección, permitiendo que cámaras fotográficas comunes puedan ser utilizadas para cálculos en fotogrametría con precisión.

Tecnología y conocimientos

Pero para aplicar estas herramientas con seguridad, es necesario tener un mínimo conocimiento de cómo operan estos programas. Y sobre todo, saber también principios básicos de óptica y geometría.

Las soluciones informáticas que se aplican sin un cabal conocimiento y control por parte del operador no son confiables.

Y si este comprende los fundamentos que las sostienen podrá advertir inconsistencias, detectar errores y sobre todo sostener o defender los resultados.

Incluso en algunos casos sencillos no será necesaria la computadora para tomar medidas en imágenes fotográficas.

Simplemente con crear sobre una hoja de papel un modelo geométrico de la escena representada, hallando algunos puntos de fuga, planos etc. se podrán realizar mediciones con precisión más que aceptable, para calcular por ejemplo largo de huellas de frenada, distancias relativas o deformaciones en los vehículos.

En estos tiempos, tenemos nuevas fuentes de información como las cámaras de los medios de información, de los testigos o

incluso las cámaras colocadas en las autopistas para control o seguridad.

En el caso de cámaras de video, estas pueden usarse no solo para medir distancias, sino también para calcular velocidades. Solo deben capturarse cuadros del video grabado a intervalos establecidos y trabajar con ellos como si fueran simples fotografías.

El proceso de medición entre los diferentes cuadros o fotogramas determinará la distancia recorrida, y el tiempo transcurrido entre cuadros aportará la variable faltante para completar la fórmula de velocidad.

No en todos los casos se podrán obtener resultados aceptables, y estas técnicas no reemplazan a la inspección ocular. Pero en muchas ocasiones no contamos con otra posibilidad ya que la vía de tránsito puede haber sido alterada, los vehículos reparados y las piezas y partes críticas, descartadas.

Análisis de un caso real

A continuación veremos un caso resuelto exclusivamente con herramientas de dibujo tradicional.

La imagen con los fotogramas superpuestos se imprimió en papel fotográfico y se incluyó en una hoja de papel de mayor tamaño para dar espacio al dibujo manual.

Los pasos se detallan para comprender el procedimiento y poder repetirlo, con la idea de percibir el método y evaluar su posible empleo en otras situaciones.

El caso real en estudio se trata de un accidente en una autopista concesionada, el conductor de un vehículo con desperfectos, trata de repararlo en el carril de tránsito rápido. Otro conductor no lo observa a tiempo y lo embiste. (Ver Fig. 1 y 2).

Una cámara de seguridad captó toda la secuencia y ese video sirvió para calcular la velocidad del vehículo embistente. La grabación es del tipo VHS (video hogareño), y su calidad de imagen, bastante mala. Aun así sirve para obtener resultados aceptables y es entonces una buena muestra de lo que puede lograrse con este tipo de fuentes de información.

Como mencionamos antes, puede calcularse el tiempo transcurrido en un video, contando la cantidad de cuadros (o fotogramas) entre dos instantes dados. En el caso de Argentina, la norma o estándar adoptado es PAL, lo que implica que cada segundo de video contiene 25 fotogramas (25 fps). La otra posibilidad es NTSC, que incluye 30 fotogramas por segundo (30 fps).

Para el accidente en estudio, consideramos como tiempo inicial el cuadro en que aparece

Fig. 1 y 2



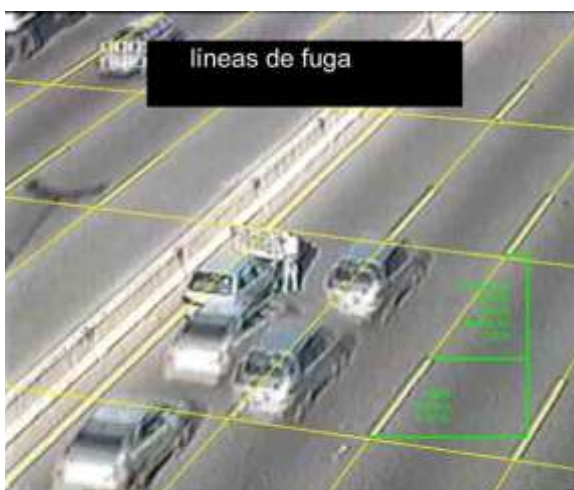
el vehículo embistente por completo. Y para el tiempo final, el instante inmediatamente anterior al impacto.

La diferencia entre ambos es de 5 fotogramas, o sea que el tiempo transcurrido es de $5/25 = 0,20$ segundos.

Es cierto que la velocidad no puede presumirse constante sin introducir un error, pero este puede despreciarse debido a que el lapso de tiempo es muy pequeño (1/5 seg.) Lo que falta para resolver el problema es la distancia recorrida durante el intervalo.

Para eso debemos superponer ambos fotogramas, controlando que la cámara no cambió de posición entre ellos, y obteniendo en una misma imagen las dos posiciones del vehículo en cuestión.

Fig. 3



En la Figura 3 puede apreciarse que se debe identificar en la imagen un mismo punto en el vehículo para ambos instantes de tiempo. El paso siguiente será construir un modelo geométrico que permita medir esa distancia recorrida.

Para esto, lo primero será determinar una escala sobre el plano de apoyo, preferentemente en la dirección de marcha del vehículo en estudio. Las líneas divisorias de carril son ideales pues cumplen todos los requisitos: Pueden ser medidas con

posterioridad en el lugar, son paralelas entre sí, en tramos constantes y en la dirección de marcha.

Toda medición implica una comparación entre una distancia conocida y una desconocida. La distancia conocida será entonces la medida del segmento de pintura blanca, y la desconocida la recorrida por una parte identificada del vehículo. Pero para que el procedimiento sea correcto, ambas deben ser trasladadas sin deformaciones hasta quedar contenidas en una misma recta. Esto se llama en geometría "proyectar".

Debe "construirse" entonces un plano que contenga ambas dimensiones, en este caso llamado "plano de apoyo" y que se corresponderá con la vía de tránsito. Aquí otra vez se introduce un error, al asumir que el suelo mantiene su altura constante y sin irregularidades.

Considerando el área involucrada en la dinámica completa, este error también es despreciable.

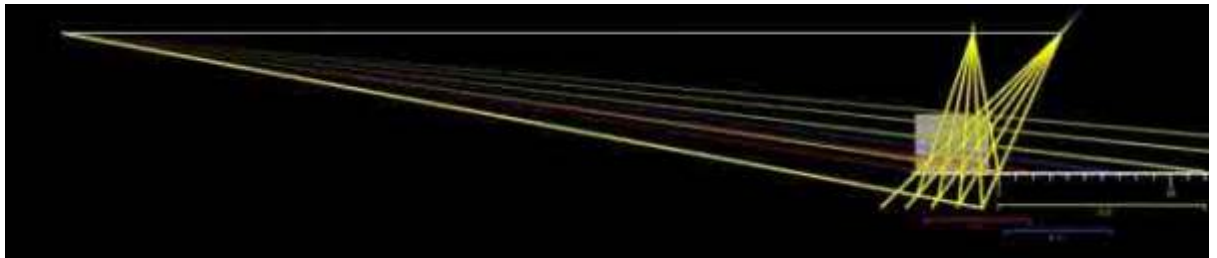
Para definir un plano en geometría, es suficiente conocer las coordenadas de tres puntos.

La prolongación hasta la intersección de líneas paralelas determina un punto llamado "punto de fuga", y en este caso tenemos varias líneas paralelas gracias a las divisorias de carril mencionadas.

Unas van en la dirección de marcha. Y otras en forma perpendicular, al unir los extremos de cada segmento entre líneas. Por último, las diagonales entre extremos de segmentos, por ser módulos equidistantes, también determinan líneas paralelas entre sí. Todos los puntos de fuga se encuentran en el "plano de apoyo" pues las líneas paralelas que los contienen también se encuentran en ese plano.

Entonces la unión de esos puntos, tres en total, nos permiten "construir" el plano necesario para nuestros cálculos.

Fig. 4



La unión de dos puntos de fuga define una línea llamada "línea de horizonte". Y esa línea se corresponde con la altura del punto de vista del observador proyectado hacia el infinito.

Es en esta línea en donde pueden hacerse mediciones, pero para facilitar el dibujo, la trasladaremos en forma paralela hasta un lugar más conveniente. Ver Fig. 4.

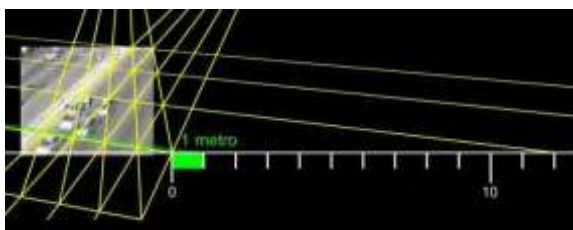
La distancia dato, o sea la suma del segmento de pintura blanca (7 mts.) más el espacio hasta el próximo segmento (5 mts.) da un total de 12 mts.

La proyectamos desde su lugar original, hasta la "línea de horizonte", en dirección opuesta al punto de fuga. Al hacer esto nos estamos asegurando de que mantiene su proporción.

Ahora podemos dividir esa distancia en 12 partes iguales, lo que nos permite obtener una unidad de medida de 1 metro. Al dividir este en 100 partes iguales nos da la posibilidad de tomar medidas de hasta 1 centímetro.

Disponemos entonces de una regla convenientemente ubicada. Y para tomar medidas en la escena bastará con realizar el proceso inverso, es decir, proyectar una medida conocida desde la regla hasta sitio de interés.

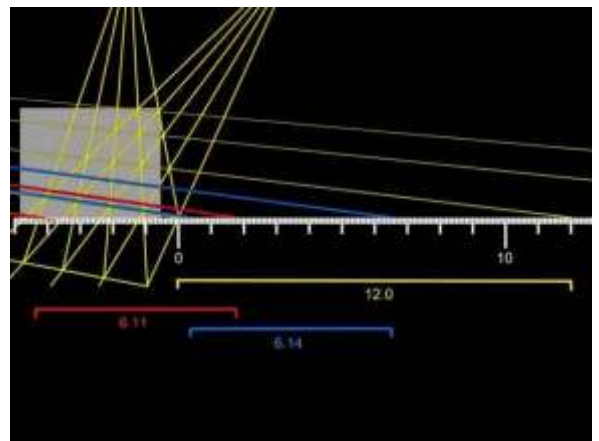
Fig. 5



Se trazan entonces dos líneas. Una que una el punto de fuga con el punto de interés en el vehículo en movimiento, y se prolonga hasta la intersección con la regla. Para la otra línea, se repite lo anterior pero para el segundo instante de tiempo.

Esas dos líneas determinan una distancia que puede medirse sobre la regla.

La distancia calculada por este método fue de 6.11 mts. Dividida por los 0.20 seg. transcurridos nos da una velocidad de 30.55 mts/seg. o 110 Km/H.



La medida dato o patrón debe ser escogida cuidadosamente. No solo debe ser el resultado de una medición correcta y sólida, sino que también debe estar en el mismo plano de interés.

De nada valdría la opción escogida en este caso, si la intención fuera medir la altura alcanzada por la víctima.

Además, si se encuentra próxima al objeto a

medir y en la misma dirección mejor.

Con relación al error inherente al sistema de medición, este es variable y dependiente de la calidad y tamaño de la imagen, la calidad del sistema óptico de la cámara y sobre todo del punto de vista desde donde se fotografía el objeto a medir.

En el ejemplo aquí presentado se empleó una imagen de 720x480 píxeles. La diagonal de esta mide 865 píxeles y muestra una distancia máxima aproximada de 50 mts.

El error mínimo absoluto entonces es de +/- 0.06 mts. o 6 cm.

Es cierto que en muy pocos casos el perito cuenta con un video grabado del hecho en tiempo real, pero simples fotografías dejadas de lado pueden ahora ser miradas con otros ojos.

Si se entiende el concepto, este puede adaptarse a innumerables situaciones. Y como en toda disciplina, su constante práctica preparará al especialista para detectar el método de construcción más apropiado a cada situación.

Para una mayor versatilidad y precisión, la fotogrametría por computadora ofrece una alternativa a estos cálculos manuales.

Estos programas pueden trabajar con una cantidad mayor de imágenes, relacionando puntos en común entre ellas.

Así se pueden construir los mismos modelos geométricos, pero obteniendo al final una serie de valores complementarios que permiten auditar el proceso en busca de errores, para optimizarlo y que agregan solidez al informe final.

Pero la simpleza y rapidez que ofrecen estas herramientas no debe confundirnos.

La resolución de problemas por fotogrametría informática puede ser una necesidad.

La comprobación manual de los resultados por parte del especialista, una obligación.

El departamento accidentología del ISEV, pone a disposición de las empresas u organismos que así lo requieran el servicio de investigación accidentológica.

Para mayor información:
www.isev.com.ar
info@isev.com.ar

Autor del presente documento:
Fernando Ferro
www.reconstruccionvirtual.com
info@reconstruccionvirtual.com