



## **ALTERNATIVAS PARA ESTIMAR VELOCIDADES EN ACCIDENTES DE TRÁNSITO PRODUCIDO POR MOTOCICLETA**

### **ALTERNATIVES TO ESTIMATE SPEEDS IN TRAFFIC ACCIDENTS CAUSED BY MOTORCYCLE**

Alejandro Bolívar Suárez\*  
Simón Bolívar Cely\*\*  
Segundo Agustín Martínez Ovalle\*\*\*

Recepción 21 /09/2010  
Evaluación 02/05/2011  
Aprobado 06/06/2011

### **Resumen**

En este artículo presentamos tres alternativas para calcular la velocidad más probable que lleva un motociclista en los instantes previos a una colisión frontal. El primer modelo es aplicable a una situación física en la cual el motociclista sale disparado en movimiento parabólico después del impacto. Los otros dos recursos son modelos matemáticos tomados de la literatura, los cuales usan como único parámetro la distancia de acortamiento entre los ejes de la motocicleta accidentada. Complementamos este trabajo con un software de cálculo.

**Palabras clave:** Parabólico, ejes, ángulo de tiro, colisión, accidentes.

\* Magíster, Profesor programa de Física, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

\*\*Magíster, Profesor programa de Física, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

\*\*\*Doctor, Profesor programa de Física, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. E-mail: sfisico@ugr.es

## Abstract

This paper presents three alternatives to calculate the most probable speed that has a motorcyclist in the moments before a collision. The first model is applicable to a physical situation in which the motorcyclist is thrown in parabolic motion after the impact. The other two resources are mathematical models from the literature that use as a unique parameter the distance of shortening between axes of the crashed motorcycle. We added this work with calculus software.

**Keywords:** Parabolic, axes, firing angle, collision, accidents.

## Introducción

En Colombia y en general en todo el mundo, ocurre a diario gran número de accidentes de tránsito en los que uno de los vehículos afectados es una motocicleta. La aparente facilidad de maniobra y mínimo espacio físico para operar estos vehículos, sumado al exceso de confianza y a las altas velocidades de desplazamiento del motociclista, parecen ser las causas de estos accidentes. La determinación de la velocidad que lleva un motociclista en los momentos previos a un accidente, es algo que inquieta a las autoridades competentes con el fin de establecer responsabilidades. Así pues, nuestro interés es el de contribuir con el cálculo de la velocidad más probable, mediante la propuesta de un modelo matemático deducido de un posible movimiento parabólico efectuado por el motociclista desde el punto de colisión hasta el punto de contacto con el suelo, el cual involucra parámetros geométricos medibles en el sitio del accidente. Sugerimos dos modelos matemáticos tomados de la literatura, los cuales emplean como parámetro único la distancia de acortamiento entre los ejes de la motocicleta accidentada. Los tres modelos se recopilan en un software de cálculo para un procesamiento de datos rápidos y eficientes.



## Principios físicos y modelos matemáticos

A continuación se describen tres alternativas para estimar velocidades de motocicletas involucradas en accidentes de tránsito.

### Colisión con motociclista disparado en parabólico

En la Figura 1, se ilustra el posible caso.



**Fig. 1.** Se muestra la posible colisión de un motociclista con un auto. El motociclista sale disparado en movimiento parabólico en un ángulo teta ( $\theta$ ), recorriendo una distancia total  $X$ .

El modelo matemático para estimar la velocidad con la que va el motociclista en los instantes previos a la colisión con el auto u otro obstáculo, se obtiene considerando una situación física en la cual el motociclista sale disparado con ángulo de tiro  $\theta$ , comenzando el vuelo a una altura  $a$ , que representa la altura del centro de gravedad del motociclista en posición de jinete respecto del suelo. El valor de  $a$  se determina como la suma de la altura de la moto más unos 30cm. aproximadamente. También se tiene en cuenta que el motociclista recorre una distancia horizontal total  $X$  en parabólico, desde el asiento de la moto hasta el punto de contacto del motociclista con el piso. El ángulo  $\theta$  se mide en grados y se determina en campo trazando una horizontal al piso, la cual comienza a una altura igual al valor de  $a$ . Se colocan dos paralelos perpendiculares al piso: uno que pasa por el punto asiento de la moto que, a su vez, es comienzo de la parábola, y el otro por la intersección de la parábola con la horizontal, punto cercano al punto de

contacto del motociclista con el piso. Se mide la distancia entre el punto final de vuelo y la segunda estaca asignándole la identificación *b*. El ángulo de tiro se determina entonces como:

$$\tan g(\theta) = \frac{a}{b} \quad (1)$$

El modelo matemático obtenido para estimar la velocidad que llevaba el motociclista está dado por la ecuación 2.

$$V = X \left( \frac{g}{2a \cos^2(\theta) + X \sin(2\theta)} \right)^{1/2} \times 3,6 \quad (2)$$

*g*, es el valor de la gravedad ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ). El valor numérico que resulte de aplicar la ecuación 2, tiene unidades en  $\theta$ . Los valores de *a*, *b* y *X* se miden en metros y  $\theta$  en grados.

### Métodos alternativos por deformación residual de la motocicleta

Los siguientes dos métodos, alternativos al expuesto en la sección anterior, son tomados de la literatura (Motta, 2005), y se pueden emplear para estimar la velocidad más probable que llevaba el motociclista en los instantes previos al accidente. El primero fue propuesto en 1970 por D.M. Severy y la Universidad de Southern, California, por medio de pruebas con motocicletas involucradas en colisiones frontales contra el costado de automóviles. El modelo matemático está dado por la ecuación 3.

$$V_{\text{impacto}} = (2,18 \times k) + 10,3 \quad (3)$$

La constante *k*, representa la distancia de acostamiento entre ejes de la motocicleta accidentada medida en pulgadas. La velocidad de impacto así calculada, queda expresada en millas/h.

El segundo modelo matemático alternativo expresado en la ecuación 4, fue propuesto por el investigador forense Rudolf Limpert en 1989.



$$V_{\text{impacto}} = (38,36 \times D) + 4,6 \quad (4)$$

La constante  $X = 14,1 \text{ m}$  representa la distancia de acortamiento entre ejes de la motocicleta accidentada expresada en metros. La velocidad de impacto así calculada se expresa en m/s.

### Herramienta de cálculo y análisis de resultados

Para llevar a cabo un procesamiento rápido y confiable de resultados, elaboramos un software de cálculo en lenguaje de programación Fortran. El software realiza tres tareas que están relacionadas con los tres modelos matemáticos expresados por las ecuaciones 2, 3, 4. El siguiente caso es una situación particular de aplicación del primer modelo matemático. Disponemos de los siguientes datos: distancia total de vuelo,  $X = 14,1 \text{ m}$ , altura del centro de gravedad (altura de la moto+30 cm. aproximadamente),  $a = 1,10 \text{ m}$ , ángulo de tiro,  $\theta = 17^\circ$ .

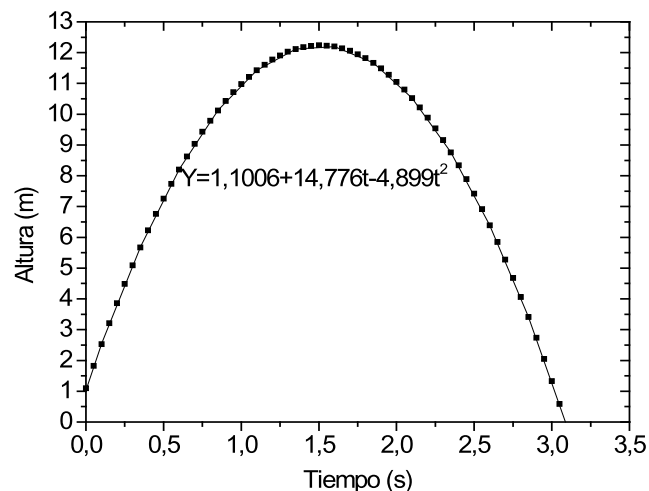


Fig. 2. Reproducción del movimiento del motociclista sobre el eje Y, con su respectiva ecuación particular, empleando datos de un accidente típico.

Empleando el software de cálculos se obtiene una velocidad inicial de vuelo del motociclista, que corresponde a la velocidad que llevaba en el momento de producirse el accidente de  $50,54 \text{ km/h}$

El valor anterior, junto con los parámetros de entrada, deben reproducirse si descomponemos el movimiento parabólico en dos movimientos. Uno sobre el eje X que da la distancia horizontal recorrida por el motociclista en cualquier instante hasta la posición final, con comportamiento lineal, y un movimiento sobre el eje Y, que da la altura del motociclista, empezando su vuelo desde el valor del centro de gravedad hasta que cae al piso. En la Figura 2 se ilustra el resultado para el movimiento sobre el eje Y, con su ecuación particular, obtenida de un ajuste polinómico de segundo grado por mínimos cuadrados.

## Conclusiones

Los accidentes de tránsito son de las principales causas de muerte a nivel mundial, en algunos países se considera como un problema de salud pública, la física a través de un análisis pericial busca establecer las posibles causas que originaron el accidente, al igual que su evitabilidad.

En los últimos años los índices de accidentes por motocicletas se ha incrementado debido a múltiples factores, los modelos acá planteados, nos permiten estimar las velocidades posibles de tránsito de una motocicleta en una colisión frontal, y con esto poder mejorar en los requerimientos hechos por las autoridades judiciales, con el fin de establecer culpabilidades.

## Lista de referencias

- Alonso, M. & Finn, E. J. (2003). *Mecánica*. (5ª Ed.). s.l.: Fondo Educativo Interamericano.
- Bolívar, A. (2005). *Modelos físicos aplicados al análisis de accidentes de tránsito*. Trabajo de grado no publicado. Especialización en Análisis de Accidentes de Tránsito, Escuela de Policía General Santander, Bogotá.
- Bolívar, S. (2007). *Software de programación en Fortran*. Tunja, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC.
- Motta, J. M. (2005). *Los accidentes de tránsito*. México. Recuperado de [http:// criminalística.com.mx](http://criminalística.com.mx)