

# CARACTERIZACIÓN DE LA ACCIDENTALIDAD VEHICULAR Y ANÁLISIS DE LAS CAUSAS EN LA PROVINCIA DE VILLA CLARA, CUBA

## CHARACTERIZATION OF VEHICULAR ACCIDENTS AND ANALYSIS OF CAUSES IN THE PROVINCE OF VILLA CLARA, CUBA

RENÉ A. GARCÍA DEPESTRE

*Master (C), Profesor, Universidad Central de Las Villas, Cuba, renegd@uclv.edu.cu*

DOMINGO E. DELGADO MARTÍNEZ

*PhD, Profesor Universidad Central de Las Villas, Cuba, domingod@uclv.edu.cu*

EDUARDO E. DÍAZ GARCÍA

*PhD, Profesor, Instituto Superior Politécnico José A. Echevarría, Cuba, ediaz@civil.cujae.edu.cu*

RENÉ R. GARCÍA ARMENTEROS

*Ing. Civil, Centro Provincial de Vialidad, Villa Clara, Cuba, renega@cpvc.transnet.cu*

Recibido para revisar Abril 4 de 2011, aceptado Mayo 24 de 2012, versión final Junio 5 de 2012

**RESUMEN:** La investigación que se presenta tiene como objeto de estudio las carreteras rurales de interés nacional en la provincia de Villa Clara, localizada en la región central de Cuba, con el propósito de analizar la seguridad vial en los tramos que componen dicha red. Se realiza la caracterización de la accidentalidad vehicular, mediante un procedimiento que contempla cinco aspectos e incluye la determinación de un orden de peligrosidad. Además, se determina la influencia de cada uno de los elementos componentes del sistema de seguridad vial en la accidentalidad y su interrelación. El área de estudio es la provincia de Villa Clara, para la cual se particulariza en el aporte a la inseguridad vial, de los elementos relativos a la carretera, a partir del análisis de los modelos de reportes de accidentes de tránsito en tres momentos, contribuyendo de esta forma con la propuesta medidas, regulaciones o acciones de conservación a favor de la disminución de los accidentes de tránsito, como resultado de un mayor conocimiento de sus causas.

**PALABRAS CLAVE:** Seguridad vial, carreteras rurales, accidentalidad, peligrosidad, conservación.

**ABSTRACT:** The research presented aims to study rural roads of national interest in the province of Villa Clara, located in central Cuba, in order to analyze road safety in the sections that make up that network. Characterization is made of the vehicular accident, by a process that involves five aspects and includes the determination of an order of hazard. In addition, we examine the influence of each of the components of the system of road safety in the accident and their interrelation. The study area is the province of Villa Clara, which is particularized for the contribution to road safety, elements on the road from the analysis of patterns of traffic accident reports in three stages, contributing thus the proposed measures, regulations or conservation actions for the reduction of traffic accidents as a result of greater awareness of their causes.

**KEYWORDS:** Road safety, rural roads, accidents, hazard, conservation.

### 1. INTRODUCCIÓN

El empleo de los vehículos automotores es hoy imprescindible para el desenvolvimiento económico y social en el mundo moderno, adelantos de la ciencia y la técnica en función del vehículo incrementan la potencia, velocidad, comodidad y capacidad de carga entre otros aspectos, lo que ha contribuido al aumento del número de accidentes, siendo necesario mayor interés en el reconocimiento de las razones de esa inseguridad vial.

Si se desea caracterizar la accidentalidad es usual el empleo de índices con base en lo que se necesite demostrar, pero no se tiene referencia de un procedimiento que caracterice la accidentalidad rural en el país.

En el sistema de la seguridad vial intervienen tres elementos fundamentales que se relacionan entre sí, y de la forma que ellos actúan y como se acciona sobre ellos, será la seguridad de la carretera o de la red vial. Estos elementos son: el vehículo, el hombre y el entorno.

En el ámbito internacional existen múltiples trabajos que han abordado la responsabilidad en la accidentalidad de los diferentes elementos del sistema de seguridad vial y su interrelación a nivel territorial o de país, entre ellos se destacan varios autores [1, 2, 3, 4, 5, y 6]. En este ámbito uno de los trabajos más ambicioso al respecto es, el que intenta representar para distintos países dicho problema [7].

En los últimos años se han producido avances significativos en la comprensión del problema de los accidentes de tránsito, analizar las causas de la accidentalidad vehicular en el territorio, abre el camino a la identificación de claras responsabilidades, para la adopción de medidas que atenúen los efectos de la accidentalidad vehicular, a partir de la disponibilidad o factibilidad de datos estadísticos sobre la accidentalidad.

## DESARROLLO

### 1.- Caracterización de la accidentalidad

El procedimiento que se propone seguir en la caracterización de la accidentalidad con fines de análisis de seguridad vial, se fundamenta en el desarrollo de los siguientes aspectos:

- Tramificación de la red de carreteras
- Período de análisis
- Recopilación de la información primaria y procesamiento
- Caracterización a partir de índices de accidentalidad y jerarquización
- Interpretación de los resultados.

***Tramificación de la red de carretera.*** Se realiza en función de la categoría funcional y técnica, características geométricas del trazado en planta y perfil, sección transversal, volúmenes de tránsito, composición vehicular, zona de emplazamiento, topografía, localidades que sirven la carretera e interés económico de la zona, entre otros aspectos.

***Período de análisis.*** Se recomienda que el período de análisis sea de cinco años [8]. Prestar atención a que para el territorio las condiciones imperantes en el sistema de seguridad vial no cambien sustancialmente, se toma para ello año natural.

***Recopilación de la información primaria y procesamiento.*** Como fuente de información primaria se emplearon los modelos de reportes de accidentes de tránsito, prestando atención a sus limitaciones. Para el procesamiento se recomienda la ayuda de hojas de cálculo.

***Caracterización a partir de índices de accidentalidad y jerarquización.*** Los índices de accidentalidad más empleados en la caracterización de la accidentalidad en Cuba son: frecuencia ( $f$ ), índice de accidentes por el tránsito ( $I_A$ ) y en menor medida, índice de daños materiales equivalente ( $DME$ ) e índice de daños materiales equivalentes promedio ( $DME_p$ ), los que se toman en consideración para determinar los tramos de carreteras con dificultades en la seguridad vial.

Se define como punto negro (PN) aquel lugar donde, en el período de un año, ocurren tres o más accidentes. Es el procedimiento que se ha utilizado tradicionalmente, para la detección de emplazamientos con alta concentración de accidentes, sin valorar el volumen de tráfico, carácter aleatorio de los accidentes, y la severidad.

Tramo de concentración de accidentes (TCA) es determinado a partir de índices de accidentalidad relacionados con el tránsito, si los tramos en estudio duplican los indicadores de accidentalidad y mortalidad promedio nacional; este procedimiento no considera el carácter aleatorio de los accidentes, ni los bajos volúmenes de tránsito.

Se plantea [8, 9, 10, 11, y 12]; que índices de accidentalidad combinados permiten, identificar emplazamientos con alta concentración de accidentes, los que pueden ser ordenados de forma tal, que se establezca una prioridad para realizar el posterior diagnóstico de los factores de riesgo y la implementación de las correspondientes medidas correctoras.

A partir de los criterios anteriores Alba [13]; propone un procedimiento para la determinación de los lugares con dificultades en la seguridad vial, el que agrupa en conjunto índices de accidentalidad (frecuencia, índice de accidentalidad, daños materiales equivalentes y daños materiales equivalente promedio), aplicado a vías urbanas superando las limitaciones de los procedimientos PN y TCA, al ordenar los puntos o tramos analizados prioritariamente en función del

resultado. Se determina como:

$$OP = \frac{\sum R_i}{n} \quad (\text{Expresión 1})$$

Donde:

<i>OP</i>	Orden de peligrosidad
<i>R<sub>i</sub></i>	número de orden obtenido por un emplazamiento para cada índice calculado
<i>n</i>	cantidad de índices calculados

**Interpretación de los resultados.** Caracterizar la accidentalidad con el OP, a partir de índices relacionados con el tránsito por tramos, permite determinar el tipo de carretera de mayor peligrosidad, además de ordenar los tramos en función la seguridad vial. Esto puede ser utilizado para priorizar análisis, estudios, investigaciones o acciones de cualquier tipo a favor de una disminución de la accidentalidad vehicular.

## 2.- Causas de la accidentalidad

Un aspecto de vital importancia en el contexto de la investigación es establecer las causas de la accidentalidad, para determinar el peso de los elementos componentes del sistema de seguridad vial, y accionar sobre ellas con el propósito de eliminar o disminuir sus efectos en la accidentalidad.

Con objetivos similares diferentes autores [11, 13, y 14]; emplearon distintas técnicas investigativas, que pueden ser aplicadas en el acápite. Las mismas incluyen métodos de nivel teórico y empírico. Entre los métodos de nivel empírico se destacan el análisis bibliográfico y de documentos oficiales; entrevistas, encuestas y el análisis de casos. Rumar [15] realiza el análisis de las causas de la accidentalidad en tres momentos fundamentales: los problemas evidentes, incluso con una observación superficial (primer análisis); los problemas que requieren un análisis un poco más profundo (segundo análisis); y los problemas que están casi oculto (tercer análisis).

En la presente investigación para analizar las causas de la accidentalidad se ha decidido descomponer en tres partes fundamentales el análisis de las causas de la accidentalidad, de forma análoga a Rumar.

**Primer análisis.** En la propuesta de análisis a los problemas evidentes, Rumar contempla 13 aspectos los que para el caso de estudio se reagrupan en ocho. Los mismos no aparecen por orden de prioridad, ya que estos problemas interaccionan y se interfieren unos con otros.

- Velocidades demasiado elevadas
- Consumo de alcohol y de estupefacientes
- Seguridad vial insuficiente
- Defectos de trazado en las vías y en la concepción de los automóviles
- Dispositivos de seguridad insuficientemente utilizados
- Visibilidad del usuario insuficiente
- Desproporcionada presencia de ciclos, vehículos de tracción animal y de otro tipo
- Indisciplina vial por parte de los usuarios

En Cuba, los problemas evidentes se pueden detectar a partir del análisis de la información contenida en los modelos de reporte de accidente de tránsito, aunque es conveniente la realización de un segundo análisis.

**Segundo análisis.** Los problemas clasificados en la segunda aproximación no son muy evidentes, pero requieren análisis más detallado. En este segundo análisis, Rumar contempla seis aspectos, los que se reagrupan en cuatro para la presente investigación.

- Las exigencias asociadas a las licencias y reglas de circulación no son suficientemente eficaz
- Los controles de vías no toman suficientemente en cuenta los criterios de seguridad vial
- Los controles de vehículos no consideran suficientemente los criterios de seguridad vial
- La educación vial de los ciudadanos es pobre e insuficiente.

Muy importante en este segundo análisis las visitas e inspecciones a los lugares donde han ocurrido accidentes de tránsito con el propósito de valorar los aspectos comentados con anterioridad.

**Tercer análisis.** En la tercera aproximación se incluyen los problemas ocultos, es decir aquellos que no se visualizan en las estadísticas sobre accidentes

o lesiones. Estos problemas son relacionados con la organización y el rol de las políticas de seguridad vial tales como la centralización y el reparto de las responsabilidades, los procesos de decisión y la coordinación. Pueden también vincularse a la gestión de los procesos de seguridad vial y asimismo estar asociados a la sensibilización, a los valores y al conocimiento de las medidas de seguridad tal y como se representan los ciudadanos de una sociedad: decisores, políticos y actores de la seguridad vial como usuarios de la vía.

Los problemas más importantes del tercer análisis de la inseguridad vial, se contemplan en tres aspectos según Rumar [15] y para el presente estudio se reagrupan en dos.

- La conciencia de la gravedad de la inseguridad vial y el valor acordado a las acciones de seguridad por los decisores y los usuarios de la carretera son insuficientes
- El proceso actual de gestión de las acciones de seguridad vial es lento.

Los problemas ocultos en el caso de Cuba están dados por regulaciones y medidas aplicadas en los componentes del sistema de seguridad vial que contribuyen a la accidentalidad, así como hábito de los usuarios de las carreteras.

### 3.- ANÁLISIS DE CASO. PROVINCIA DE VILLA CLARA

#### 3.1- Panorámica de la accidentalidad en la provincia de Villa Clara

El promedio anual para la provincia de Villa Clara, en el período actual de la caracterización de la accidentalidad, comprendido entre los años 2000 y 2010 es de 491 accidentes de tránsito, 65 fallecidos y 537 lesionados, que representa de los nacionales el 4,8%; 7,3% y 6,9% respectivamente; esto ubica al territorio entre los primeros en las tasas de accidentalidad, mortalidad y morbilidad a nivel nacional, después de Ciudad de La Habana y La Habana.

La mortalidad en el territorio por accidentes del tránsito en Villa Clara, en el período comprendido entre los años 2000 y 2010, supera cinco veces los fallecidos por el SIDA, por lo que se hace necesario dedicar atención al tema de la accidentalidad vehicular.

En la provincia de Villa Clara los accidentes del tránsito en las zonas urbanas superan ligeramente a los que se desencadenan en las zonas rurales, con tendencia al incremento de la mortalidad y morbilidad de estos últimos, lo que está acorde al comportamiento nacional. La anterior afirmación se puede constatar en la Figura 1, la cual presenta el porcentaje de accidentalidad, fallecidos y lesionados para la zona rural en el período de análisis.

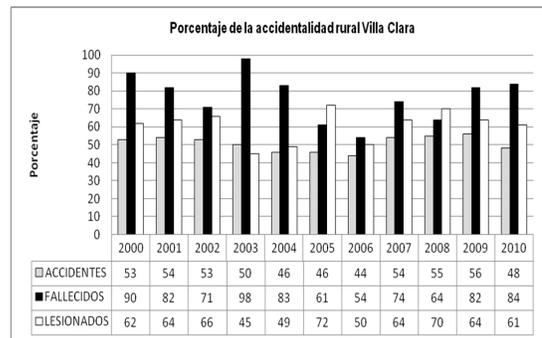


Figura 1. Porcentaje de accidentalidad rural

El comportamiento de la accidentalidad para las carreteras rurales de la provincia de Villa Clara se aprecia en la Figura 2 durante el período 2000-2010, donde se confirma la necesidad de estudio de esta problemática, de ella se aprecia que los años de mayor accidentalidad son: 2005, 2007 y 2008, los que corresponden con la mayor cantidad de lesionados, con tendencia en general al crecimiento sobre el año 2006.

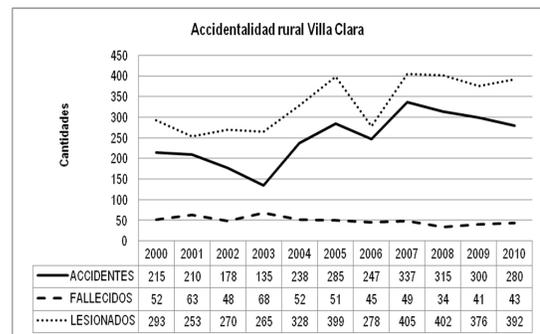


Figura 2. Accidentalidad rural en Villa Clara

#### 3.2- Caracterización de la accidentalidad en la provincia de Villa Clara

**Tramificación de la red de carreteras.** La red vial del territorio clasificada como de interés nacional asciende a 1 264,49 km según el Centro Provincial de Vialidad (CPV), de ellas el 93,1% es rural, y se agrupan en 87 tramos con una longitud promedio de 11,60 km.

Las carreteras rurales de dos carriles de circulación, asciende a 905,10 km, para un 89,8% con respecto a las carreteras rurales y el 85,1% con relación al total de las vías de interés nacional de la provincia, proporción que hacen a este tipo de carreteras considerarlas en los análisis de accidentalidad vehicular.

En la presente investigación la población está constituida por la accidentalidad en la red vial rural de interés nacional de la provincia de Villa Clara; en un período de tiempo en el que las condiciones de la carretera no varíen.

**Período de análisis.** Enero de 2005 hasta diciembre de 2009.

**Recopilación de la información primaria y procesamiento.** El proceso de análisis de los accidentes se inicia con el estudio de lo plasmado en los modelos de reportes de accidentes de tránsito, donde se procesa el 100% de los modelos de accidentes de tránsito ocurridos en carreteras rurales de interés nacional, para un total de 1 622 accidentes; deficiencias en el reporte, al no ser completada la información solicitada en el mismo, invalida su uso.

Anualmente alrededor de diez modelos de reporte de accidente presentan invalidez por diferentes razones. Una de las mayores dificultades detectadas es no ubicar el lugar exacto de los accidentes al no disponer las carreteras de hitos kilométricos, usando referencias no adecuadas que impiden la localización del siniestro en la investigación.

El año de mayor accidentalidad es el 2007, inicio de la recuperación de la circulación vehicular, el mes de mayor accidentalidad en el período de análisis es agosto, en el que gran parte de la población está de receso laboral, seguido por el mes de enero. Las franjas horarias con mayor incidencia de accidentes se encuentran entre las 4:00 y 7:00 de la mañana y entre las 3:00 y 6:00 de la tarde, los principales aspectos que motivan esta mayor incidencia son: factores atmosféricos, composición de la corriente vehicular, velocidad de circulación, agotamiento del conductor, entre otros.

Un elemento adicional, que justifica la elección del objeto de estudio, son los mayores problemas de seguridad vial que presentan las carreteras rurales de dos carriles frente a las carreteras de múltiples carriles en la provincia de Villa Clara. En la Tabla 1 se puede observar la accidentalidad en las carreteras rurales, dividido en los dos tipos existentes.

**Tabla 1.** Accidentalidad en las carreteras rurales

Año	Carreteras de dos carriles			Carreteras multicarriles		
	Accidentes	Fallecidos	Lesionados	Accidentes	Fallecidos	Lesionados
2005	271	39	326	47	7	36
2006	236	36	286	32	6	38
2007	300	46	353	48	9	49
2008	278	41	336	61	8	43
2009	244	34	335	56	7	41
Total	1329	196	1636	244	37	207

La composición vehicular involucrada en la accidentalidad, se realiza atendiendo a lo establecido

en el Código de Seguridad Vial (Gaceta Oficial No 40 2010), Tabla 2.

**Tabla 2.** Composición por tipo de vehículos accidentados

Año	Tipo de vehículo							
	Ligero	Pesado	Ómnibus	Moto	Tracción animal	Ciclos	Tractor	Otros
2005	178	81	21	50	16	66	16	2
2006	190	53	13	43	17	35	20	3
2007	171	58	18	51	26	50	9	0
2008	199	74	33	45	17	55	16	0
2009	165	63	19	45	24	34	18	1
Total (%)	903 (45,3)	329 (16,5)	104 (5,2)	234 (11,7)	100 (5,0)	240 (12,0)	79 (4,0)	6 (0,3)

En la Tabla 2 se observa que la mayor incidencia en la accidentalidad le corresponde a los vehículos ligeros, pesados en segundo lugar y ciclos en tercero, si se agrupan los vehículos de mayor vulnerabilidad, (motos, vehículos de tracción animal, ciclos tractores y otros) el porcentaje que interviene en la accidentalidad llega hasta la tercera parte del total, solo superado por los vehículos ligeros, que son los de mayor presencia en las carreteras, resultado acorde a la composición vehicular del territorio. En el caso específico esto contribuye a otros análisis de accidentalidad.

**Caracterización a partir de índices de accidentalidad y jerarquización.** La caracterización de la accidentalidad se realiza a partir de índices descritos anteriormente. En la Tabla 3, se muestra un resumen para carreteras de dos carriles.

**Tabla 3.** Índices de accidentalidad

Índice	Dos carriles	Multicarril
F	1329	244
$I_A$	152,78	22,98
$I_M$	61,47	8,74
DME	116,68	161,25
$DME_j$	11,18	11,42

$I_A$  accidentes/ $10^6$ vehículos-kilómetros

$I_M$  fallecidos/ $10^6$ vehículos-kilómetros

Se constata en la Tabla 3; que las carreteras de dos carriles de circulación tienen una mayor frecuencia

de accidentes y mayores índices de accidentalidad y de mortalidad. Este resultado concuerda con la cantidad de tramos y kilometraje de ellas en el territorio, mientras que los daños equivalentes y promedio son superiores en las carreteras multicarriles debido a la mayor velocidad de circulación lo que eleva la severidad de los accidentes.

Los resultados de la accidentalidad obtenidos a partir de los índices del territorio coinciden con los esperados, cuantificando la problemática por tipo de carretera atendiendo al número de carriles de circulación, lo que forma parte de la caracterización de la accidentalidad.

La determinación de los tramos con dificultades en la seguridad vial se realiza atendiendo a los criterios descritos con anterioridad. El OP por tramos se obtuvo al aplicar la expresión 1, ejemplo tramo Santa Clara - Hatillo.

Índice	Valor	Orden
f	46	5
$I_A$	203,96	16
DME	406,50	29
$DME_j$	8,84	1
OP	12,75	1

Como muestra se relacionan los diez primeros tramos de carreteras de dos carriles en la Tabla 4. A estos tramos se les debe brindar una atención especial, en relación a la seguridad vial.

**Tabla 4.** Orden de peligrosidad en el período 2005-2009

No	Nombre del tramo	Orden de Peligrosidad	Valor numérico	PN	TCA
44	Santa Clara – Hatillo	1	12,75	X	X
8	Límite Matanzas - Mordazo (CC)	2	17,25	X	X
47	Santa Clara – Universidad	3	20,50	X	X
16	Placetas - Límite Sancti Spiritus (CC)	5	21,00		X
20	Quemado de Güines - Sagua (CN)	6	23,75	X	X
25	Entronque CAI B. Santa Clara - Vueltas (CN)	8	25,00	X	X
13	Esperanza - Santa Clara (CC)	9	25,50	X	
19	Rancho Veloz - Quemado de Güines (CN)	10	26,75		X
23	Calabazar - Encrucijada (CN)	11	27,25		X
27	Entronque Vueltas - Remedios (CN)	12	28,25		

CC - Carretera Central - CN – Circuito Norte

La determinación de los PN, asciende a 16 tramos, para un 18,3 % con respecto al total de tramos, con una longitud de 235,80 km, con coincidencia de seis tramos dentro de los diez primeros en el OP.

Al aplicar el procedimiento establecido para TCA, se declaran 28 tramos, lo que representa un 32,2 % del total de tramos, con 274,90 km. Ocho de estos tramos están contenidos en el OP.

Los resultados obtenidos con el OP, los tramos de carreteras se ordenan en función de la seguridad vial.

**Interpretación de los resultados.** De los resultados obtenidos con el OP para la provincia de Villa Clara se propone sustituir el procedimiento para determinar los PN y TCA por el OP, para determinar los tramos críticos, con la ventaja de organizarlos atendiendo a su inseguridad, lo que permite en caso necesario determinar prioridades en función del resultado.

A partir de los resultados en la provincia de Villa Clara se recomienda a los rectores de la vialidad las carreteras donde se deben implementar acciones de intervención en función de los recursos disponibles, con medidas, regulaciones, acciones de conservación u otras formas de intervención, aunque no haya la posibilidad de medir su efectividad.

Ejemplo de ello es; la determinación de repavimentar el tramo Santa Clara – Hatillo; recrecimiento de paseos en Santa Clara – Universidad y la finalización

y conservación de la señalización horizontal y vertical en los tramos con mayores dificultades.

La composición vehicular que interviene en la accidentalidad es el 45,3% para los vehículos ligeros, el 21,7% para los vehículos pesados y ómnibus y 33,0% para el resto de los vehículos, siendo los de mayor vulnerabilidad sobre los cuales se deben dirigir acciones, ver Tabla 2.

**4.- Determinación de las causas de la accidentalidad en la provincia de Villa Clara**

**4.1- Participación de los elementos componentes del sistema de seguridad vial.** La determinación de las causas de la accidentalidad en el periodo analizado para la provincia de Villa Clara, se realiza en atención al análisis en los tres momentos comentados con anterioridad y se llega a que la accidentalidad no solo es atribuida a la influencia negativa que ejerce el hombre, además influyen la carretera y el vehículo, evidenciándose los resultados presentados en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Causas de accidentes

Año	Hombre	Vía	Vehículo	Hombre - Vía	Hombre - Vehículo	Vía - Vehículo	Hombre-Vía - Vehículo
2005	131	73	28	34	17	17	18
2006	120	54	22	21	14	17	20
2007	229	30	22	26	8	18	15
2008	169	39	12	68	30	10	11
2009	145	78	24	11	16	9	17
Total (%)	797 (50,7)	274 (17,4)	105 (6,7)	160 (10,2)	85 (5,4)	71 (4,5)	81 (5,1)

Se complementa el análisis del modelo de reporte de accidentes con visitas al terreno, para constatar el contenido del mismo y poder valorar de forma directa las condiciones del emplazamiento, además se realizaron entrevistas y encuestas, la selección de la muestra para aplicarlas es no probabilística, ya que depende de las causas relacionadas con las características del estudio. En el caso de las encuestas se consideraron sólo conductores implicados en accidentes en el 2009. En el caso de las entrevistas se consideraron especialistas a los ingenieros y técnicos con experiencia en la actividad.

El resultado de las encuestas a los conductores y las entrevistas a especialistas aportó datos importantes para el desarrollo de la investigación.

Resultado de estas encuestas y entrevistas, son la apreciación de las interacciones entre los elementos que intervienen en el sistema de seguridad vial, donde se valora por parte de los conductores que la primera causa de la accidentalidad es la carretera con un 60%, seguida por el hombre y el vehículo con el 55%, mientras que para los especialistas la primera causa es, el hombre con 56%, la carretera con el 54% y el vehículo con 52%.

La valoración realizada por los conductores contradice los resultados de los análisis del reporte de accidente y entrevista a los especialistas al considerar a la carretera como la causa de mayor peso en la accidentalidad. Se observa que se sobrevalora el papel de la carretera y se disminuye el del hombre, lo que se considera como un indicador razonable de la importancia que le dan a este elemento en el contexto cubano.

No fue necesario realizar el tercer análisis para establecer la participación de los elementos componentes del sistema de seguridad vial en las causas de la accidentalidad.

El análisis realizado a partir de los modelos de reportes de accidentes en tres niveles de profundidad, se considera más cercano a la realidad. Los resultados son; 71,4% responsabilidad del hombre, 37,2% la vía y 21,7% el vehículo, los que reflejan la problemática del territorio en relación a las causas de la accidentalidad.

La incidencia de cada uno de los factores componentes del sistema de seguridad vial y su interrelación en la accidentalidad, para algunos países se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Porcentaje de Causas de los accidentes del tránsito en algunos países

País	Hombre	Vía	Vehículo	Hombre - Vía	Hombre - Vehículo	Vía - Vehículo	Hombre - Vía - Vehículo
EEUU	57	3	2	27	6	1	3
Reino Unido	65	2	2	24	4	1	1
México	80	13	7	sd	sd	sd	sd
Colombia	85	6	9	sd	sd	sd	sd
Argentina	65	3	2	24	4	2	2
Australia	65	2	2	24	4	1	1

sd: sin datos al respecto

Al comparar resultados de la Tabla 5; con los obtenidos de la revisión bibliográfica (Tabla 6), se observa que el hombre ocupa el mayor porcentaje de incidencia en la accidentalidad, lo que corresponde con la revisión bibliográfica realizada, aunque no en la misma proporción; en segundo lugar la carretera, donde están contemplados todos los elementos que de ella intervienen en el siniestro y como tercer lugar se aprecia el vehículo. Los resultados obtenidos en la Tabla 5 son coherentes, cuando se valoran las limitaciones locales relacionadas con la gestión y el tránsito.

#### 4.2- Causas de la accidentalidad relacionadas con la carretera.

La determinación de las causas de la accidentalidad vehicular relacionada con la carretera se realiza tomando en consideración los análisis comentados con anterioridad, a partir de los reportes de accidentes de tránsito.

La clasificación de las causas de la accidentalidad relacionadas con la carretera se han agrupados en la investigación en tres aspectos a valorar, luego del

análisis de los modelos de reportes de accidentes de tránsito y vistas al terreno:

1. Diseño geométrico. Contiene causas relacionadas con la sección transversal, distancia a obstáculos laterales, distancia de visibilidad y otros aspectos afines con el diseño.
2. Tránsito. Agrupa la diferencia de velocidad entre diferentes tipos de vehículos, composición de la corriente vehicular, niveles de servicio y otros aspectos relacionados con el tránsito.
3. Estado de los elementos y características superficiales del pavimento. Deterioros de la superficie del pavimento, paseos, señalización (horizontal y vertical), disminución del coeficiente de fricción, presencia de humedad, irregularidades de la superficie del pavimento y aspectos relacionados con la gestión.

Los resultados de inspecciones realizadas en lugares donde se reportaron accidentes de tránsito, como segundo análisis, coinciden con la información contenida en los modelos de reporte sobre las características geométricas, tránsito, estado de los elementos y deterioros superficiales del pavimento.

Resultado de encuestas y entrevista asegura que el estado de conservación de los elementos de la carretera influyen en la accidentalidad, estableciendo categorías de variación acorde con la experiencia y conocimientos del tema del entrevistado y encuestado, observando que los choferes definen intervalos de influencia más estrechos que los especialistas, el resultado final son intervalos de porcentajes de causas relacionadas con fricción, baches, señalización y paseos.

El tercer análisis para el estudio del peso relativo de los tres aspectos a valorar de la carretera, está contenido en el primer análisis, para el caso de estudio.

**Diseño geométrico.** Las causas de la accidentalidad vinculadas al diseño geométrico alcanzan el 20,4% de los accidentes, de las relacionadas con la carretera. Esto se puede explicar con la renovación del parque automotor, ya que los vehículos circulan por las carreteras a velocidades mayores a la velocidad de diseño incrementando la velocidad de operación en las carretas del territorio diseñadas para velocidades menores, dificultades con la visibilidad entre las de mayor significación, Tabla 7.

**Tabla 7.** Accidentalidad por el diseño geométrico

Año	Visibilidad	Diferencia de velocidad	Obstáculos
2005	9	7	2
2006	1	5	0
2007	4	8	0
2008	3	6	0
2009	3	17	2
Total	20	43	4

**Tránsito.** Aspecto necesario para incluir en los análisis de accidentalidad son las características actuales del tránsito por las carreteras del territorio [16]; caracterizada por flujos vehiculares mixtos y un parque vehicular heterogéneo, lo cual se traduce en diferencia de velocidad entre vehículos. Esto último contribuye con la accidentalidad, como puede observarse en la Tabla 8. Estos aspectos disminuyen el nivel de servicio que brindan las carreteras y representa el 9,1% de los accidentes causados por la vía.

**Tabla 8.** Accidentalidad por el tránsito

Años	Tránsito	
	Diferencia de velocidad	Composición vehicular
2005	7	2
2006	5	2
2007	2	0
2008	4	2
2009	6	0
Total	24	6

**Estado de los elementos y características superficiales del pavimento.** Son de los aspectos relativos a la carretera los de mayor porcentaje de incidencia con 70,5%, lo que adquiere mayor importancia cuando se conoce que los recursos y financiamiento asignado a la actividad de conservación no satisfacen las necesidades reales de la infraestructura vial. Los resultados del análisis de los elementos de la carretera a partir de los modelos de reportes de accidentes de tránsito se pueden valorar en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Accidentalidad por estado de los elementos y características superficiales del pavimento

Año	Estado de los elementos		Características superficiales del pavimento		
			Superficie de rodadura		Regularidad
	Paseos	Señales	Fricción	Textura	IRI
2005	13	2	15	9	9
2006	8	0	5	1	3
2007	17	3	11	6	5
2008	2	9	2	0	17
2009	34	3	3	7	3
Total	74	17	36	23	37

El elemento de la carretera de mayor incidencia en la accidentalidad es el paseo, siguiendo las características superficiales del pavimento relacionadas con la comodidad el índice de regularidad internacional (IRI) y posteriormente los vinculados con la seguridad (fricción y textura), en último lugar se encuentran las señales tanto horizontales como verticales con la salvedad de que las señales horizontales son inexistentes en la gran mayoría de las carreteras, aunque últimamente se ha visto una recuperación.

## CONCLUSIONES

- Se realiza el análisis de la accidentalidad estableciendo las causas de la misma y la interrelación entre los componentes del sistema de seguridad vial en el territorio. A demás se logra determinar el peso de las variables que intervienen en la accidentalidad relacionadas con la carretera, luego de realizar los tres análisis, lo que permite conocer las causas de la accidentalidad.
- Propuesta de un procedimiento metodológico que permite caracterizar la accidentalidad vehicular a partir de un conjunto de índices que jerarquiza la peligrosidad por tramos, lo que se puede emplear en acciones que favorezcan la seguridad vial.
- Se considera un aspecto novedoso los análisis desarrollados en tres niveles de profundidad, a partir de los modelos de reportes de accidentes, visitas al terreno, encuestas y entrevistas, al integrar los estudios que contribuyen a determinar el peso de las variables en la accidentalidad, lo que contribuye a la seguridad vial.
- Se caracteriza la accidentalidad vehicular en Villa Clara y se demuestra la validez y ventajas del procedimiento aplicado, estableciendo el orden de peligrosidad, que puede ser empleado en la toma de decisiones relacionadas con las acciones de prevención. Una ventaja adicional de este procedimiento es la posibilidad de ser replicado en otros territorios

## REFERENCIAS

- [1] USA, Washington, DC. Tri-level study of the causes of traffic accidents: Final report—Executive summary. Treat, J. et al. Institute for Research in Public Safety [Report No. DOT-HS-034-3-535-79-TAC], 1979.
- [2] Sabey, B. y Staughton, G., Interacting roles of road environment, vehicle and road user in accidents. 5th International Conference of the International Association for Accident and Traffic Medicine. London, England, 1979.
- [3] PIARC. Road Safety Manual, World Road Association, 2003.
- [4] Chile, Ministerio de Obras Públicas. Análisis estadística accidentes. Dirección de vialidad. Departamento de seguridad vial, 2006.
- [5] Colombia, Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. Accidentalidad, plan nacional de seguridad vial. Estrategias y acciones. Antecedentes de la accidentalidad en Colombia, 2006.
- [6] PIARC, Technical Committee 3.1 “Road Safety”. Road accident investigation guidelines for road engineers. Mikulík, J. et al., 2007.
- [7] Chile, Comisión Nacional de seguridad Tránsito (CONASET). Guía para realizar una Auditoría de Seguridad Vial. Dourthé, A. y Salamanca, J., 2003.
- [8] Ossenbruggen, P., A method of identifying hazardous highway locations using the principle of individual lifetime risk. Risk, Health, and Environment, Volume 83, 1998.
- [9] USA, Washington, DC. Problem of identifying hazardous locations using accident data. Hauer, E. y Persaud, B. Transportation Research Record 975, Transportation Research Board (TRB), 1984.
- [10] USA, Washington, DC. A comparison of techniques for the identification of hazardous locations. Hagle, J. y Hecht, M. Transportation Research Record, 1238, TRB, 1989.
- [11] USA, Washington, DC. Identification of sites with promise. Hauer, E., Transportation Research Record, Vol. 1542. TRB, 1996.
- [12] Ogden, K., Safer roads: A guide to road safety engineering. Institute of Transport Studies. Department of Civil Engineering. Monash University. Melbourne, Australia, 1996.
- [13] Alba, M., Metodología para el tratamiento de los emplazamientos con alta concentración de accidentes en vías urbanas. Tesis de doctorado. Facultad de Ingeniería Civil. ISPJAE. Ciudad Habana, Cuba, 2008.
- [14] Crespo, R., Desarrollo de la accidentalidad en Cuba. Medias de Control, Ministerio del Transporte, 2000.
- [15] Rumar, K., Components of traffic safety. United Nations/Nations Units: workshop on traffic safety, Sept 28-Oct 4, 1987, Linköping, Sweden, 1999.
- [16] Jiménez, M. y Sarmientos, I., Sistema adaptativo de control y optimización del tráfico en un corredor vial semaforizado. Aplicación a la ciudad de Medellín. Dyna año 78, No 168, pp.71-78, Medellín 2011.