

Road safety in rural roads of two lanes Seguridad vial en carreteras rurales de dos carriles

R. García ^{1*}, L. Abreu *

* Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara. CUBA

Fecha de Recepción: 14/07/2015
Fecha de Aceptación: 31/01/2016
PAG 54-60

Abstract

This research was performed in order to evaluate road safety in rural two-lane roads of national interest in the province of Sancti Spiritus, from the method developed by Central University of Las Villas (UCLV); this study explores the accident rate, identifies the most dangerous sections and identifies risk factors in the most dangerous sections. This information will be used to formulate the possible actions to implement in that section. After the actions are approved by the governing bodies, and implemented, they can be evaluated for their effectiveness after a period of time.

Keywords: Road safety, rural roads, accidents, dangerous, valuation

Resumen

La presente investigación se realiza con el objetivo de evaluar la seguridad vial en carreteras rurales de dos carriles de interés nacional en la provincia de Sancti Spiritus, a partir del procedimiento desarrollado en la Universidad Central de Las Villas (UCLV), donde se realiza la caracterización de la accidentalidad, la identificación de los tramos de mayor peligrosidad y la identifican los factores de riesgos, en el tramos de mayor peligrosidad, para con esta información formular las posibles acciones a efectuar en el tramo, las cuales luego de su aprobación por los organismos rectores de la vialidad se implementan, y transcurrido un período de tiempo pueden ser evaluadas para comprobar su efectividad.

Palabras clave: Seguridad vial, carreteras rurales, accidentalidad, peligrosidad, valoración

1. Introducción

Informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) plantean que anualmente debido a los accidentes del tránsito pierden la vida 1.3 millones de personas y quedan discapacitadas 50 millones. En los países de mejor registro (Suecia, Reino Unido y Holanda) reflejan una tasa alrededor de 5 fallecidos por cada 100 mil habitantes, mientras que en América Latina y el Caribe este indicador alcanza los 26 muertos por cada 100 mil habitantes.

Según los reportes de la Dirección Nacional de Tránsito en el año 2013 en Cuba ocurrieron 11 685 accidentes del tránsito, provocando la muerte a 685 personas para una tasa de 6.14 fallecidos por cada 100 mil habitantes, con volúmenes de circulación inferiores a los países de referencia, de allí la importancia de continuar el trabajo en el tema de la seguridad vial en todo el territorio nacional. En la actualidad la mayor severidad en la accidentalidad se encuentra en las zonas rurales, en las carreteras de interés nacional y en especial, las de dos carriles, que representan el 92% de las existentes en el país.

2. Desarrollo

La correcta detección de los factores de riesgo que contribuyen a los accidentes resulta del análisis de la mayor cantidad de información de que se pueda disponer, lo que implica obtener información de estudios anteriores, reportes de los administradores de las carreteras y la posibilidad de efectuar estudios específicos que puedan proporcionar información adicional para detectar problemas en la seguridad vial.

Algunos investigadores (Agent, 1973; Hauer y Persaud, 1984 y Nicholson, 1987) coinciden en afirmar que las primeras acciones sobre la seguridad vial deben estar concentradas en la corrección de riesgo en lugares donde han ocurrido gran cantidad de accidentes, por lo que una de las etapas más importantes del proceso es la identificación de los lugares de mayores deficiencias en la seguridad vial, donde se puedan obtener disminuciones en el número de accidentes de tránsito y sus consecuencias.

2.1 Procedimiento aplicado para el análisis de seguridad vial

El procedimiento que se propone seguir para la caracterización de la accidentalidad con vistas al análisis de seguridad vial fue desarrollado por la UCLV (García, 2012), el cual se divide en etapas y acciones:

❖ Etapa I. Caracterización de la accidentalidad

Delimitación de tramos de la red de carreteras

Determinación del período de análisis

Recopilación de la información primaria y procesamiento

¹ Autor de Correspondencia:

Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Construcciones,
Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, CUBA
E-mail: renegd@uclv.edu.cu



Caracterización a partir de índices de accidentalidad y el orden de peligrosidad

❖ **Etapa II. Identificación de riesgo**

Revisión de datos sobre accidentalidad

Obtención de datos adicionales

Determinación de los factores de riesgo

❖ **Etapa III. Análisis y propuesta**

Proposición de posibles mejoras

Evaluación y selección de medidas correctoras

❖ **Etapa IV. Implementación**

Implementación de la solución

Valoración

2.2 Análisis de caso. Provincia de Sancti Spíritus

2.2.1 Panorámica de la accidentalidad en la provincia de Sancti Spíritus

Según informes de la Comisión Provincial de Vialidad y Tránsito el promedio anual de accidentes, fallecidos y lesionados para las carreteras rurales de dos carriles de interés nacional en la provincia de Sancti Spíritus en el período comprendido entre los años 2003 y 2012, es de 190 accidentes, 18 fallecidos y 187 lesionados. En la Figura 1 se presenta el comportamiento por año.

El año con más problemas en la accidentalidad es el 2007, lo que está en correspondencia con el inicio de la recuperación de la circulación vehicular del territorio. Es el año de mayor cantidad de accidentes, accidentes con fallecidos y lesionados, y accidentes con lesionados, según la

clasificación de varios autores (PIARC, 2003; Highway Safety Manual, 2010 y García, 2012).

2.3 Análisis de seguridad vial

❖ **Caracterización de la accidentalidad**

2.3.1 Delimitación de tramos de la red de carreteras

La red vial de interés nacional en el territorio de Sancti Spíritus comprende 707.50 kilómetros, según la Resolución 162/2007 del Centro Nacional de Vialidad (CNV). Las cuales se agrupan en 73 tramos acorde a sus características geométricas y de tránsito.

Las vías rurales de interés nacional de dos carriles de circulación ascienden a 662.70 kilómetros, para un 93.67%, índice superior al nacional.

2.3.2 Determinación del período de análisis

Se determina como período de análisis tres años, desde enero del 2010 hasta diciembre de 2012.

2.3.3 Recopilación de la información primaria y procesamiento

Se procesan el 100% de los reportes de accidentes de tránsito ocurridos en carreteras rurales de dos carriles de interés nacional en la provincia de Sancti Spíritus, para un total de 547 modelos. Las deficiencias presentes en el llenado del modelo, debido al no completamiento de la información solicitada en el mismo, invalida su uso en la presente investigación (Tabla 1).

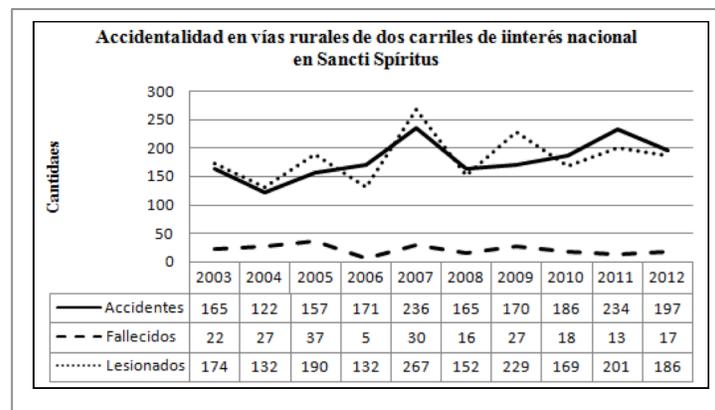


Figura 1. Accidentalidad rural en Sancti Spíritus

Tabla 1. Accidentalidad en las carreteras rurales

Año	Modelos analizados	Frecuencia	Fallecidos	Lesionados	Accidentes con presencia de:			
					Fallecidos	Fallecidos y lesionados	Lesionados	Solo daños materiales
2010	186	162	18	169	10	3	94	55
2011	234	210	13	201	6	5	117	82
2012	197	175	17	186	7	7	94	67
TOTAL	617	547	48	556	23	15	305	204



Como promedio 23 modelos de reporte de accidente son llenados anualmente de forma incorrecta y no es posible su empleo.

El mes de mayor accidentalidad es diciembre, con un segundo pico en septiembre. Por días de la semana, el lunes es el de mayor número de accidentes, un segundo día el sábado. La accidentalidad horaria se obtiene dos picos fundamentales, en los horarios de 15:00 a 18:00 (3:00 p.m. a 6:00 p.m.) y de 18:00 a 21:00 (6:00 p.m. a 9:00 p.m.).

La composición vehicular involucrada en la accidentalidad, se realiza atendiendo a lo establecido en el Código de Seguridad Vial (Gaceta Oficial No 40; 2010 pág. 49) (Tabla 2).

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 el segundo lugar, solo superado por los vehículos ligeros, que son los de mayor presencia en las carreteras.

Estas cifras constituyen un reflejo de la composición vehicular del territorio.

Los elementos obtenidos de las estadísticas de la accidentalidad permiten dirigir las acciones de control hacia los meses, días de la semana, horarios y tipos de vehículos de mayor incidencia en la accidentalidad.

2.3.4 Caracterización a partir de índices de accidentalidad y el orden de peligrosidad.

Los índices de accidentalidad que se valoran para determinar los tramos de carreteras con dificultades en la seguridad vial son: Frecuencia (f), Índice de accidentes por el tránsito (I_A), Índice de mortalidad (I_M), Índice de Daños Materiales Equivalente (DME) e Índice de Daños Materiales Equivalentes Promedio (DME_p).

Estos índices permiten determinar los tramos de concentración de accidentes (TCA) y el Orden de Peligrosidad (OP), según la Ecuación (1).

Tabla 2. Composición por tipo de vehículos accidentados

Año	Tipo de vehículo							
	Ligeros	Pesados	Ómnibus	Motos	Tracción animal	Ciclos	Tractores	Otros
2010	101	33	23	20	18	20	11	5
2011	149	40	26	28	18	18	16	3
2012	114	36	30	19	21	18	10	5
Total	364	109	79	67	57	56	37	13
%	46.5	13.9	10.1	8.6	7.3	7.2	4.7	1.7

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

Donde:

OP	Orden de Peligrosidad
R_i	número de orden obtenido por un emplazamiento para cada índice i calculado
n	cantidad de índices calculados

Además se determinan los Tramos de Concentración de Accidentes (TCA), según el procedimiento establecido por el Centro Nacional de Vialidad (CNV), los que representan un

4.55 % del total de tramos, con 10.30 kilómetros, y están contenidos dentro de los seis primeros por OP (Tabla 3).

Tabla 3. Orden de peligrosidad (2010 – 2012)

No	Nombre del tramo	Orden de Peligrosidad	TCA
7	Jatibonico – Límite Ciego de Ávila (CC)	1	
58	Circuito Sur – Cachahual	2	X
11	Límite Cienfuegos – Entrada Topes de Collantes (3	
16	Banao – Entrada Guasimal (CS)	4	
18	Entrada La Sierpe – Entrada Sancti Spíritus (CS)	5	
41	Trinidad – Casilda	5	X
56	San Pedro – Laguna El Taje	6	X

CC Carretera Central
CS Circuito Sur

❖ **Identificación de riesgos**

Revisión de datos sobre accidentalidad

Se ha determinado que el tramo de carretera rural de dos carriles de interés nacional de mayor peligrosidad en el territorio es Jatibonico – Límite Ciego de Ávila, razón por la cual se deben dirigir acciones para identificar los riesgos y eliminar o atenuar los efectos de la accidentalidad.

El tramo pertenece a la Carretera Central, localizado al este de la provincia de Sancti Spíritus, es el acceso a la provincia desde la parte oriental de Cuba. De lo anterior se infiere la importancia social y económica del tramo.

La accidentalidad del tramo se detalla por año en la Tabla 4, además se conocen las características geométricas y de tránsito del tramo.

El comportamiento de la accidentalidad en el tramo no está acorde al comportamiento provincial, el año de mayor accidentalidad es el 2012, priman los accidentes con solo daños materiales.

En la accidentalidad por meses se aprecian dos períodos picos, en octubre y noviembre, en este último existe

un gran número de fallecidos y lesionados. Ambos casos no coinciden con el comportamiento provincial.

Los días de la semana de mayor accidentalidad son domingo y martes, los resultados no coinciden con el comportamiento provincial.

Los resultados de la accidentalidad horaria se semejan al comportamiento de la provincia, al definir el primer pico de la accidentalidad horaria de 18:00 a 21:00 (6:00 p.m. a 9:00 p.m.). El segundo horario de mayor accidentalidad en el tramo no coincide con el comportamiento provincial, pues se localiza en el horario de 9:00 a 12:00 (9:00 a.m. a 12:00 p.m.).

Por tipo de vehículos involucrados en la accidentalidad del tramo (Tabla 5), se observa que la mayor incidencia corresponde a los vehículos ligeros, coincidiendo con el comportamiento provincial. Las cifras obtenidas demuestran la necesidad de valorar acciones que propicien una mayor seguridad vial a favor de estos tipos de vehículos en el tramo que se estudia.

Tabla 4. Accidentalidad en el tramo Jatibonico – Límite Ciego de Ávila

Año	Frecuencia	Fallecidos	Lesionados	Accidentes con presencia de:			
				Fallecidos	Fallecidos y lesionados	Lesionados	Solo daños Materiales
2010	15	3	9	3	-	8	4
2011	14	2	6	1	1	4	8
2012	19	5	59	-	1	6	12
TOTAL	48	10	74	4	2	19	23

Tabla 5. Composición por tipo de vehículos accidentados en el tramo analizado

Año	Tipo de vehículo							
	Ligero	Pesado	Ómnibus	Moto	Tracción animal	Ciclo	Tractor	Otros
2010	9	6	3	2	-	3	-	-
2011	12	2	3	1	1	2	1	-
2012	11	6	6	1	2	1	2	-
Total	32	14	12	4	3	6	3	-
%	43.2	18.9	16.2	5.4	4.1	8.1	4.1	-

Además se obtienen indicadores de relevancia relacionados con el comportamiento de la accidentalidad.

- Tipo de accidentes: colisión 77%, atropello 8% y vuelco 15%
- Configuración geométrica: recta 73%, paso superior 2%, otras curvas 4%, cambio de rasante 4%, intersección 2%, curva cerrada 6% y pendiente 9%
- Condiciones ambientales: buen tiempo 94% y lluvia ligera 6%
- Iluminación: amanecer 2%, pleno día 50%, atardecer 10%, buena iluminación de noche 2% y no iluminado de noche 36%
- Tipo de pavimento: asfalto 100%
- Condiciones de la superficie: normal 86%, mojada 9% y baches o rajaduras 5%
- Ancho de calzada: de cinco a nueve metros 100%
- Señales instaladas: buen estado 98% y no hay 2%
- Limitantes de visibilidad: buena visibilidad 94% y vehículos estacionados 6%

El análisis de la accidentalidad del tramo aporta información valiosa para la evaluación de la accidentalidad que permite dirigir las acciones de control hacia los meses, días de la semana, horarios, tipos de vehículos de mayor incidencia en la accidentalidad y otros elementos.

Obtención de datos adicionales. La obtención de datos adicionales en el tramo estudiado se inicia con el análisis de toda la información disponible en el gabinete para posteriormente realizar la observación detallada en el terreno, donde se chequearon los siguientes aspectos:

- Temas generales: la categoría de la carretera es acorde a sus características geométricas y funcionales; comportamiento inadecuado de los peatones, ciclistas, vehículos de tracción animal y tractores; la superficie del pavimento se encuentra en algunas zonas deteriorada.
- Drenaje: el diseño de las cunetas en algunas zonas no está acorde con el gasto hidrológico, además se encuentran obstruidas, accesos vehiculares que interrumpen los cauces, además de tubos obstruidos de dimensiones inadecuadas.
- Medio ambiente: no es habitual la presencia de neblina en la zona, no existen árboles o arbustos

que limiten la visibilidad, no se percibe humedad en el terreno ni en el pavimento.

- Elementos laterales de la carretera: las paradas de ómnibus están ubicadas de forma correcta, faltan elementos de protección lateral, pretiles de puentes y obras de fábricas se encuentran próximos a los carriles de circulación.
- Velocidad: la velocidad de diseño es menor de la permitida en el tramo (90 km/h).
- Sección transversal: la sección se mantiene constante a lo largo del trazado, con estrechamiento de los paseos en algunos puntos, la pendiente transversal de los carriles y paseos permite la rápida evacuación superficial del agua.
- Alineación: la alineación en planta y perfil y su combinación permite adecuada distancia de visibilidad.
- Intersecciones: la presencia de intersecciones a nivel con vías de menor categoría, sin señalización, con distancias de visibilidad adecuada y radios de giros que permiten maniobras sin la invasión del carril adyacente.
- Facilidad para los peatones: el tramo no cuenta con facilidades para peatones, ciclistas u otros tipos de vehículos.
- Dispositivos de control: la señalización vertical es la adecuada y está en buen estado, la señalización horizontal es valorada como en mal estado e inexistente en algunos casos.
- Tránsito: composición vehicular heterogénea, presencia elevada vehículos de tracción animal, motos y tractores, que ocasionan colas de vehículos para realizar las maniobras de adelantamiento.

Las dificultades detectadas corroboran lo planteado en las listas de chequeo, conocida la composición vehicular, estado de los elementos de la carretera y las características superficiales del pavimento.

Se agrupan los accidentes en segmentos de una longitud de 0.5 kilómetros, se calculan los índices de accidentalidad en cada segmento y el orden de peligrosidad, determinando como segmento de mayor peligrosidad dentro del tramo, el localizado entre el kilómetro 1.5 y el 2 del tramo (Segmento 4). En la Tabla 6 se presentan los accidentes ocurridos en el mismo.

Tabla 6. Información sobre accidentalidad en el segmento 4

Número	Mes/ Año	Severidad	Tipo de accidente	Vehículos involucrados	Iluminación
1	02/2010	1 herido	Colisión con objeto fijo	Pesado	Día
2	10/2010	Solo daños materiales	Colisión con objeto fijo	Ligero	Día
3	11/2010	1 herido	Atropello	Ligero y ciclo	Noche
4	06/2011	Solo daños materiales	Colisión con objeto fijo	Ligero	Día
5	09/2011	1 muerto	Vuelco	Ligero	Día
6	10/2011	Solo daños materiales	Colisión	Ligero y ligero	Noche
7	11/2011	Solo daños materiales	Vuelco	Ligero	Día
8	12/2011	1 herido	Colisión con objeto fijo	Ligero	Noche
9	03/2012	2 heridos	Colisión	Ligero y pesado	Noche
10	08/2012	1 herido	Vuelco	Moto	Atardecer



Determinación de los factores de riesgo. Los factores de riesgos detectados en el segmento 4 se describen a continuación un ejemplo de ellos se muestran en la Figura 2 y 3:

- Ausencia de la señalización horizontal
- Segmento no iluminado
- Superficie del pavimento deteriorada y desgastada
- Dificultad con el drenaje
- Velocidad de operación del segmento alta según el tipo de zona
- Paso superior del ferrocarril sobre la carretera
- Alto porcentaje de vehículos lentos en la composición vehicular, que obligan a maniobras peligrosas de adelantamiento
- Movimiento y circulación desordenada de los vehículos más vulnerable

La correcta identificación de los factores de riesgos a partir de la información disponible, las visitas al terreno y la obtención de datos adicionales, permite la formulación de medidas en beneficio de la disminución de la accidentalidad.

❖ **Análisis y propuesta**

Proposición de posible mejoras. Las posibles mejoras son:

- Realización la señalización horizontal
- Conservación de la señalización vertical
- Completamiento de la señalización vertical
- Iluminación del segmento en toda su longitud, priorizando la zona del paso superior con el ferrocarril

- Repavimentación de todo el segmento
- Reapertura de cunetas y rectificación de cauce
- Tratamiento a la intersección vehiculares existentes
- Incremento de la vigilancia policial

Evaluación y selección de medidas correctoras. Las medidas propuestas fueron examinadas en el consejo técnico del Centro Provincial de Vialidad, acordándose realizar de inmediato las que requieren menos financiamiento e incluir en la preparación técnica del municipio de Jatibonico para el año 2015 las restantes.

❖ **Implementación**

Implementación de la solución. Las medidas correctoras aprobadas se implementaron en el segmento bajo la supervisión del intendente municipal del CPV, sin efectos negativos sobre la seguridad vial y con la calidad requerida, durante el segundo semestre del 2014, entre ellas fueron: la realización de la señalización horizontal, conservación de la señalización vertical, completamiento de la señalización vertical, reapertura de cunetas y rectificación de cauce y tratamiento de la intersección.

Valoración. Una vez implementadas las medidas correctoras para poder valorar el comportamiento de la accidentalidad en el segmento es necesario esperar un período de tiempo, lo que en el presente estudio no ha sido posible.



Figura 2. Vista del segmento 4



Figura 3. Vistas del segmento 4

3. Conclusiones

- Se caracteriza la accidentalidad vehicular rural en la provincia de Sancti Spíritus, a partir de la información contenida en los modelos de reporte de accidentes de tránsito, logrando determinar los patrones de la accidentalidad por mes, día, hora y tipo de vehículo.
- El empleo de la combinación de índices, permite la determinación de los tramos de mayores deficiencias en la seguridad y ordenarlos, ello posibilita dirigir esfuerzos, recursos materiales y financieros hacia los lugares de mayores efectos.
- Al caracterizar la accidentalidad en la provincia de Sancti Spíritus, es posible conocer los tramos de carreteras rurales de dos carriles de mayores dificultades en la seguridad, los que se ordenan en función de la peligrosidad, para dirigir esfuerzos e intensiones hacia estos lugares, donde mayor efecto

sobre la accidentalidad tiene la implementación de medidas.

- Determinado el tramo de carretera rural de mayor peligrosidad, se realizan una serie de pasos encaminados a la identificación de riesgos, para lo que es fundamental el análisis de los accidentes de tránsito ocurridos en el período a evaluar y estudios adicionales que complementan la información para una valoración más precisa del problema.
- Al aplicar el procedimiento desarrollado por la Universidad Central de Las Villas para la evaluación de la seguridad vial en carreteras rurales de dos carriles de interés nacional en el tramo de carretera de mayor peligrosidad en la provincia de Sancti Spíritus, se determinan los segmentos de carreteras donde es necesario rectificar los posibles riesgos para disminuir la accidentalidad.

4. Referencias

- Agent K. (1973)**, Evaluation of the high accident location spot improvement program in Kentucky. Bureau of Highways. Report 357. Kentucky, USA.
- García R. (2012)**, Procedimiento para la valoración de la seguridad vial en carreteras rurales de interés nacional. [PhD Tesis], Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Villa Clara, Cuba.
- Hauer E. y Persaud B. (1984)**, Problem of identifying hazardous locations using accident data. Transportation Research Record 975, Transportation Research Board. Washington, DC. USA. pp 36-42.
- Highway Safety Manual (HSM) (2010)**, Highway Safety Manual. American Association of State Highway and Transportation Officials. Primera edición Vol. 2. pp 10-1 10-75.
- Nicholson A. (1987)**, The estimation of accident rates and countermeasures affectiveness. Traffic Engineering & Control. V28, N10, pp 518-523.
- Piarc (2003)**, Road Safety Manual. World Road Association. Technical Committee on Road Safety (C13). Route Market. Quebec, Canadá. 604 p.

