

Auditorias de seguridad vial. Ejemplo de aplicación metodológica

Road safety audits. Example of methodological application

GARZÓN, Mario [1](#); ESCOBAR, Diego [2](#); GALINDO, Jorge [3](#)

Recibido: 09/04/2017 • Aprobado: 11/05/2017

Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Metodología](#)
- [3. Resultados](#)
- [4. Conclusiones](#)
- [Agradecimientos](#)
- [Referencias](#)

RESUMEN:

En el presente artículo se presenta una metodología general de aplicación en Auditorías de Seguridad Vial – ASV. Dicha metodología pretende ver más afondo cada uno de los problemas manifestados en los proyectos viales, desde el punto de vista geométrico, señalización y demarcación, y funcional y de transporte.

Adicionalmente se desea intervenir en cada uno de los problemas, dando prioridad a cada uno de los conflictos que más afectan dicha seguridad. Para esto posteriormente también se ejemplificó, aplicando una auditoría de seguridad vial en Manizales, Caldas, Colombia.

Palabras clave Accidentalidad, auditorias en seguridad vial, amenaza vial, movilidad sostenible, riesgo vial, vulnerabilidad vial.

ABSTRACT:

This article, show the general application methodology about of the safety roads audits. This methodology pretend to see more in depth each of the problems manifested in road projects, from a geometric point of view, signaling and demarcation, and functional and transportation. Additionally, it is desired to intervene each problem by prioritizing each conflict that most affect the security, because of this that was applied the safety roads audits in Manizales, Caldas, Colombia.

Keywords Accident, Safety roads audits, road threat, sustainable mobility, road risk, road vulnerability.

1. Introducción

La seguridad vial es de suma importancia en el desarrollo de proyectos de infraestructura vial, estando este rubro presupuestal presente desde el inicio de la historia de las vías (Tripp, 1938). En muchos casos la seguridad vial no es tenida en cuenta al momento de hacer estudios y proyectos de infraestructuras vial, tanto en las etapas de prefactibilidad como de factibilidad; como consecuencia se ha tenido el alcanzar altas tasas de accidentalidad y mortalidad, esto

también debido al aumento de los kilómetros de vías y el número de vehículos. Es importante que en el tema de movilidad se busque un enfoque de seguridad vial y no un enfoque solamente dirigido hacia la mejora de las condiciones de movilidad y capacidad vial (Tingvall y Haworth, 1999). En la mayoría de los casos es más costosa la solución de problemas de seguridad vial después de la implementación de un proyecto que al momento del diseño inicial, los costos de infraestructura como los costos sociales son altos, encontrando estudios que establecen que las lesiones constituyen el 50% del valor de los costos totales de la accidentalidad en países de altos, medianos o bajos ingresos (Wijnen y Stipdonk, 2016).

Hay muchos factores que generan accidentalidad en las vías, la infraestructura y el comportamiento de los usuarios son las principales ramas de análisis, teniendo en cuenta que las velocidades de operación son cada vez más altas y realzan la gravedad de los accidentes, a pesar de las formas de mitigación planteadas para los impactos y la frecuencia de los mismos (Shalom Hakker y Gitelman, 2014). Algunos estudios estadísticos tratan de relacionar las causas y efectos con las frecuencias de choque de los vehículos automotor, de este modo se pretende contar con una metodología que permita predecir algunas eventualidades, no obstante, algunos problemas para la aplicación de la misma radican en la poca disponibilidad de datos relacionados con el comportamiento en la conducción (aceleración, información de frenado y dirección, respuesta del conductor a los estímulos, etc.) y datos relacionados con el evento registrado (de cajas negras de vehículos), situación que disminuye drásticamente la precisión que puede alcanzarse en los análisis de accidentalidad.

"Cuando estos datos estén disponibles para toda la comunidad investigadora, podría abrirse una dirección completamente nueva de investigación, que ofrecería nuevas e interesantes ideas sobre las relaciones fundamentales de causa y efecto en relación con las frecuencias de choque de los vehículos de motor". (Lord y Mannering, 2010).

El presente artículo de investigación presenta la metodología para la ejecución de ASV usada en la ciudad de Manizales (Colombia), en el cual se tomaron como puntos de análisis los sitios en los que se registraron accidentes mortales durante el año 2015.

Se exponen las etapas ejecutadas en los estudios de seguridad vial y la propuesta de priorización de los puntos a intervenir, dependiendo del análisis de una serie de factores que influyen directa o indirectamente en la accidentalidad vial. Es importante tener en cuenta que hay muchas intervenciones que se pueden guiar hacia la sostenibilidad de la seguridad, involucrando por ejemplo la movilidad de ciclistas y peatones (Wei y Lovegrove, 2012); se resalta que estos dos tipos de usuarios, que son los no motorizados, son los llamados usuarios vulnerables de las vías, ya que están desprotegidos en comparación con los usuarios motorizados (Dissanayake, Aryaija, y Wedagama, 2009).

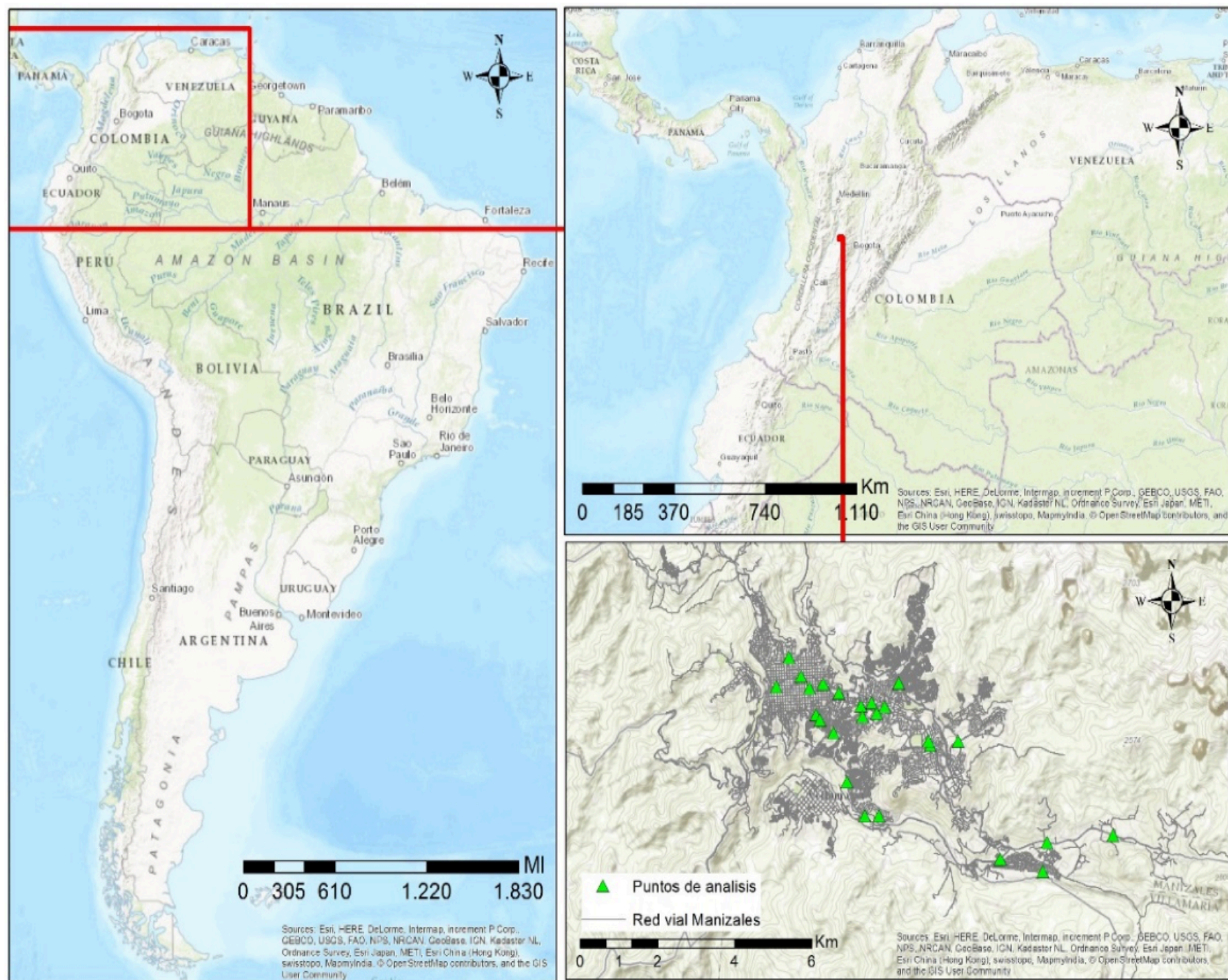
Existen 10 apartados relacionados con los estudios de seguridad vial de los cuales en la metodología planteada en este artículo se utilizaron siete (Persia et al., 2016), tratando de abarcar muchas de las variables que influyen en la accidentalidad y sus posibles formas de mitigación y nivel de daño.

La aplicación del estudio se hace sobre el área de la ciudad de Manizales (Caldas), esta ciudad se encuentra ubicada en la zona centro-occidental de Colombia (Ver Figura 1) sobre la prolongación de la cordillera andina a 2150 msnm y unas coordenadas de 5.4° de latitud norte y 75.3° de Greenwich, municipio que cuenta con un área de 477 Km² que corresponde al 6.09% del área del departamento de Caldas y una población de 361422 habitantes, de este modo dando una densidad urbana poblacional media de 103 h ab/Ha.

La ciudad de Manizales es catalogada en la actualidad como la de mejor calidad de vida de Colombia (Red Colombiana de Ciudades Como Vamos, RCCCV, 2015), con un índice de satisfacción del 80% de la población satisfecha con los modos habituales de transporte (Manizales Como Vamos, 2015), a pesar de estar tan bien calificada en varios sentidos, hay algunos factores como lo son el crecimiento del parque automotor, falta de políticas de movilidad definidas e incluyentes, accidentalidad, falta de continuidad en mejoras de la

infraestructura, etc. Esto influenciara de manera negativa los hábitos de la población, generando problemas de movilidad y de seguridad, dichas situaciones se ven y verán reflejadas en los índices de accidentalidad.

Figura 1: localización de Manizales (Caldas – Colombia).



Fuente: Elaboración propia

Los datos de Manizales Como Vamos muestran que hubo una tendencia en el año 2014 de 340 vehículos por cada 1000 habitantes, mientras que para todo el territorio colombiano era de 233, indicando que los niveles de crecimiento vehicular son más altos en el municipio con respecto a los nacionales, así manifestándose la importancia del control vehicular y disminución de la accidentalidad que se pueda generar, de este modo disminuir las tasas de mortalidad y problemas de movilidad.

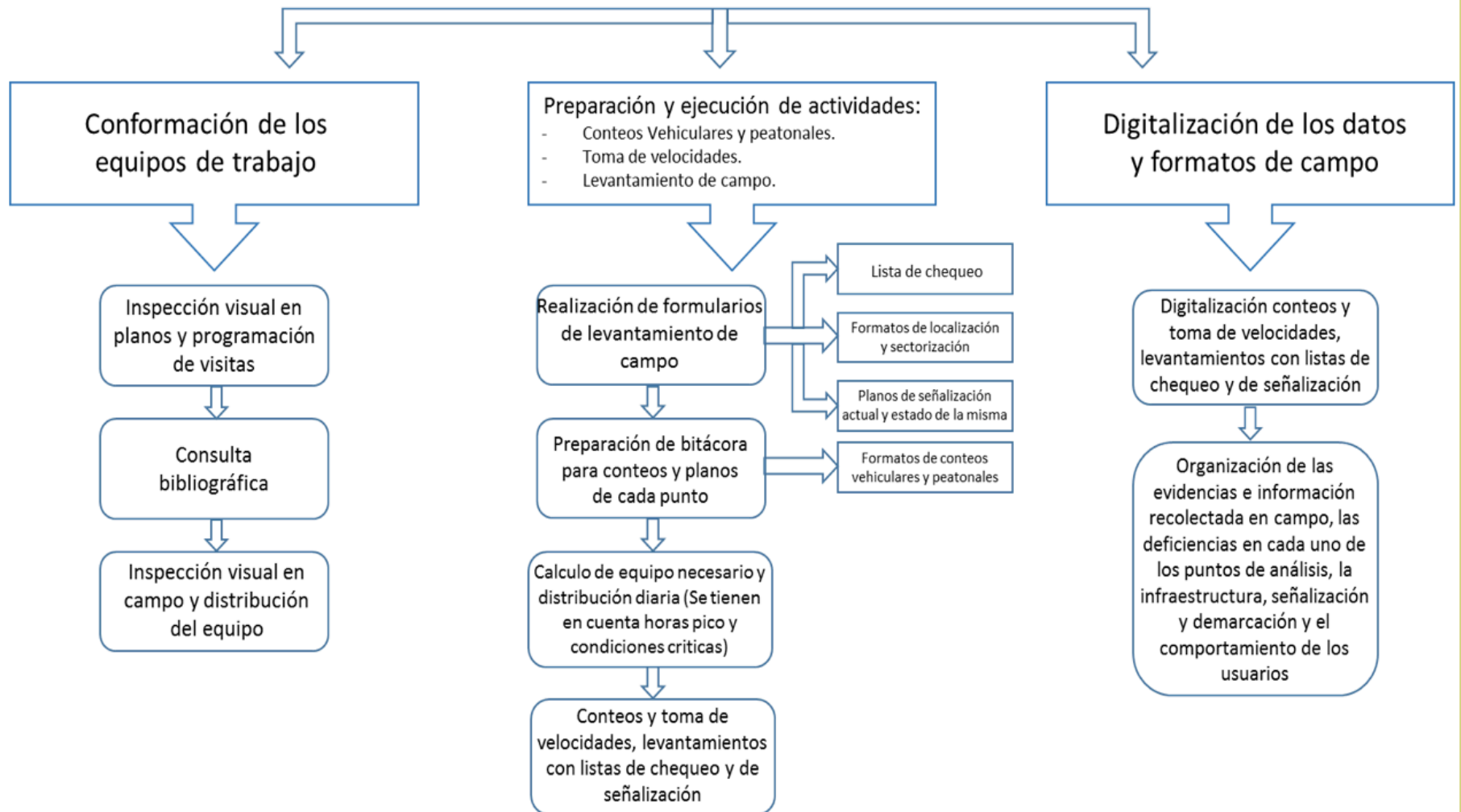
2. Metodología

Para el desarrollo de los estudios en seguridad vial de los veintiocho (28) puntos donde se presentaron muertes por accidentes de tránsito, se usó una metodología que es aplicable a lugares donde no haya información de accidentalidad previa, sea porque hay obras de corto tiempo o por falta de recolección de datos de sucesos ocurridos (Agarwal, Patil, y Mehar, 2013; Amundsen y Elvik, 2004).

Algunos puntos de estos establecidos son en zona netamente urbana, otros en zona semi-urbana y otros en zona rural, principalmente fueron intersecciones que es donde normalmente surgen la mayor cantidad de accidentes como por ejemplo en EE.UU, Noruega con porcentajes de 43% y 40% de accidentes fueron en cruces como lo expresa (Tay, 2015) a partir de (Elvik, Vaa, Høye, y Sorensen, 2009; Lord y Mannering, 2010) y Australia que es uno de los países que inicio en los estudios de seguridad vial es de 54,2% (RTA, 2010); cabe tener en cuenta que hay grandes diferencias al analizar una intersección urbana a una en zona rural (Tay, 2015). De este modo teniendo los puntos criticos de referencia, se definieron los siguientes trabajos de campo (Ver Figura 2):

Figura 2: diagrama de flujo metodológico.

TRABAJO DE CAMPO



Fuente: elaboración propia.

- **Fichas Descriptivas:** Se realizará un inventario detallado de la infraestructura vial general que se encuentra en el área de influencia del punto a estudiarse. En esta se caracteriza la red de transporte, teniendo en cuenta un análisis de influencia y usos del suelo, jerarquización de la vía, geometría, etc.
- **Conteos vehiculares y peatonales:** Se identificarán los conflictos existentes entre diferentes modos de transporte y los peatones; se analizará la composición vehicular; se evaluará el comportamiento de los usuarios no motorizados. Los conflictos entre los modos de transporte y los horarios definidos para los conteos se tomaron en relación a los usos del suelo, tipología de usuarios habituales, características de la red vial e instituciones educativas.

Los conteos vehiculares se realizaron en tiempos de dos horas, divididas en periodos de 15 min, teniendo en cuenta a su vez los diferentes modos de transporte (vehículos livianos, motos, camiones de diferentes ejes, transporte público y bicicletas), para los aforos peatonales los cuales constituyen los usuarios más vulnerables, los periodos de conteos se distribuyeron en 5 min, así mismo se discriminaron también en usuarios infractores y no infractores.

- *Velocidades de Operación:* En las zonas donde las características operativas muestren que los vehículos transitan a velocidades considerables, se realizará un estudio de velocidad de punto. Este aforo se realizó tomando la distancia suficiente (no menos de 50 metros) para la llegada a la intersección, glorietas o curvas y así obtener datos verídicos. Se ubican dos personas para el análisis de un segmento, el primero posee una bandera para indicar el paso de los vehículos y el segundo está ubicado a 25 mts para tomar el tiempo y así hacer el cálculo de la velocidad con relación a la distancia. Esta toma de velocidades se hace para cada uno de los modos de transporte y así poder identificar cual es el que transita a una mayor velocidad.
- *Lista de chequeo:* A partir de listas de chequeo especializadas, se definen las diferentes características que desean ser evaluadas en cada punto de análisis, la manera de hacerlo es cuestionando acerca de cada uno de los factores influyentes en una vía, como lo son el drenaje, la señalización vertical y la demarcación horizontal, iluminación, infraestructura peatonal, superficie de rodadura y condiciones ambientales, entre otros. Estas preguntas son respondidas con un Si, No o NA (No Aplica), adicionalmente se dan observaciones a cada uno de los cuestionamientos pertinentes.
- *Obtención de Hallazgos:* Se realizarán visitas de campo que permitan la obtención de hallazgos que se consideren detonantes importantes en la ocurrencia de siniestros. Los hallazgos se toman con fotografías de las deficiencias físicas permanentes en la infraestructura y videos que identifiquen los comportamientos de los usuarios de dicha vía.

2.1. Cálculo del riesgo

El estudio involucra la generación de una matriz de riesgo, la cual se basa en todos y cada uno de los hallazgos identificados. Se obtiene de un análisis de los factores de vulnerabilidad y amenaza en cada uno de los hallazgos identificados en cada uno de los puntos, que pueden influir en la accidentalidad.

La seguridad vial ha ido exigiendo su presencia a través de los años debido los altos niveles de riesgo existentes, teniendo que la Comisión Europea tituló y reconoció la Seguridad Vial como un problema social de gran importancia debido al gran número de personas fallecidas y heridas en accidentes de tráfico (Laurinavičius et al., 2012).

2.1.1. Amenazas

La amenaza, en términos de seguridad vial y accidentalidad, es la probabilidad de que se presente un accidente de tránsito, dadas las condiciones de la infraestructura vial, o atribuible a comportamientos inapropiados de los usuarios, teniendo como resultado, muertes, heridos, daños a la infraestructura o daños al medio ambiente. Con el análisis de la información recolectada se busca extraer los potenciales contribuyentes a la accidentalidad o amenazantes, para así proponer acciones que mitiguen la posibilidad de que este tipo de eventos se presenten.

Los factores amenazantes se clasifican en funcionales y de comportamiento, los primeros son factores relacionados con el diseño geométrico de la vía, accesos y características de operación vehicular, que influyen directamente en la capacidad y niveles de servicio ofrecidos por la infraestructura; los segundos son los relacionados, como su nombre lo indica, con el comportamiento de los usuarios en el punto. La escala de calificación de cada uno de los factores amenazantes es la siguiente:

- Amenaza baja (1). Dadas las condiciones de infraestructura y el comportamiento de los usuarios, la probabilidad de que se presenten eventos o accidentes de tránsito es considerada baja.
- Amenaza media (2). Dadas las condiciones de infraestructura y el comportamiento de los usuarios, la probabilidad de que se presenten eventos o accidentes de tránsito se considera moderada.
- Amenaza alta (3). Dadas las condiciones de infraestructura y el comportamiento de los usuarios, la probabilidad de que se presenten eventos o accidentes de tránsito se considera Alta.

2.1.2. Vulnerabilidad

Esta definición tiene que ver con los niveles de pérdida, daño o afectación de los usuarios (peatones, ciclistas, conductores y vecinos) que usan una vía o al amueblamiento urbano (Infraestructura vial y urbana, naturaleza, etc.) como consecuencia de un accidente de tránsito. Para esta calificación se toman como referencia las mismas variables que se mencionaron anteriormente en la amenaza. La escala para esta calificación es la siguiente.

- Vulnerabilidad baja (1). En caso de ocurrencia de un accidente solamente existen probabilidades de afectación a la infraestructura del amueblamiento urbano.
- Vulnerabilidad media (2). En caso de ocurrencia de un accidente, existe una alta probabilidad de generar afectación a la infraestructura del amueblamiento urbano y alta probabilidad de personas lesionadas.
- Vulnerabilidad alta (3). En caso de ocurrencia de un accidente, existe una alta probabilidad de provocar pérdidas humanas.

2.1.3. Riesgo

Se refiere al efecto causado por un accidente, comprometiendo vidas, actividades económicas, daños a propiedades. Este se define como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad, cruzando los valores de éstas dos variables calificadas previamente.

La calificación del riesgo se hace a partir de los usuarios vulnerables primordialmente, presentes en una vía debido a los usos del suelo, (peatones, motociclistas, ciclistas y conductores), por otra parte se analizan los factores que amenazan dichos usuarios, estos factores pueden ser físicos, comportamiento, y detonantes, definiéndose estos últimos como sucesos inesperados que causan como resultado un evento. El riesgo se califica como alto, medio o bajo, como se presenta en la Figura 3.

Figura 3: Matriz de calificaciones del riesgo.

RIESGO		Factor de Amenaza				
		Alta (3)	Media (2)	Baja (1)		
Factor de Vulnerabilidad	Alta (3)	9	6	3		
	Media (2)	6	4	2	Alto	6 - 9
	Baja (1)	3	2	1	Medio	3 - 5,9
					Bajo	1 - 2,9

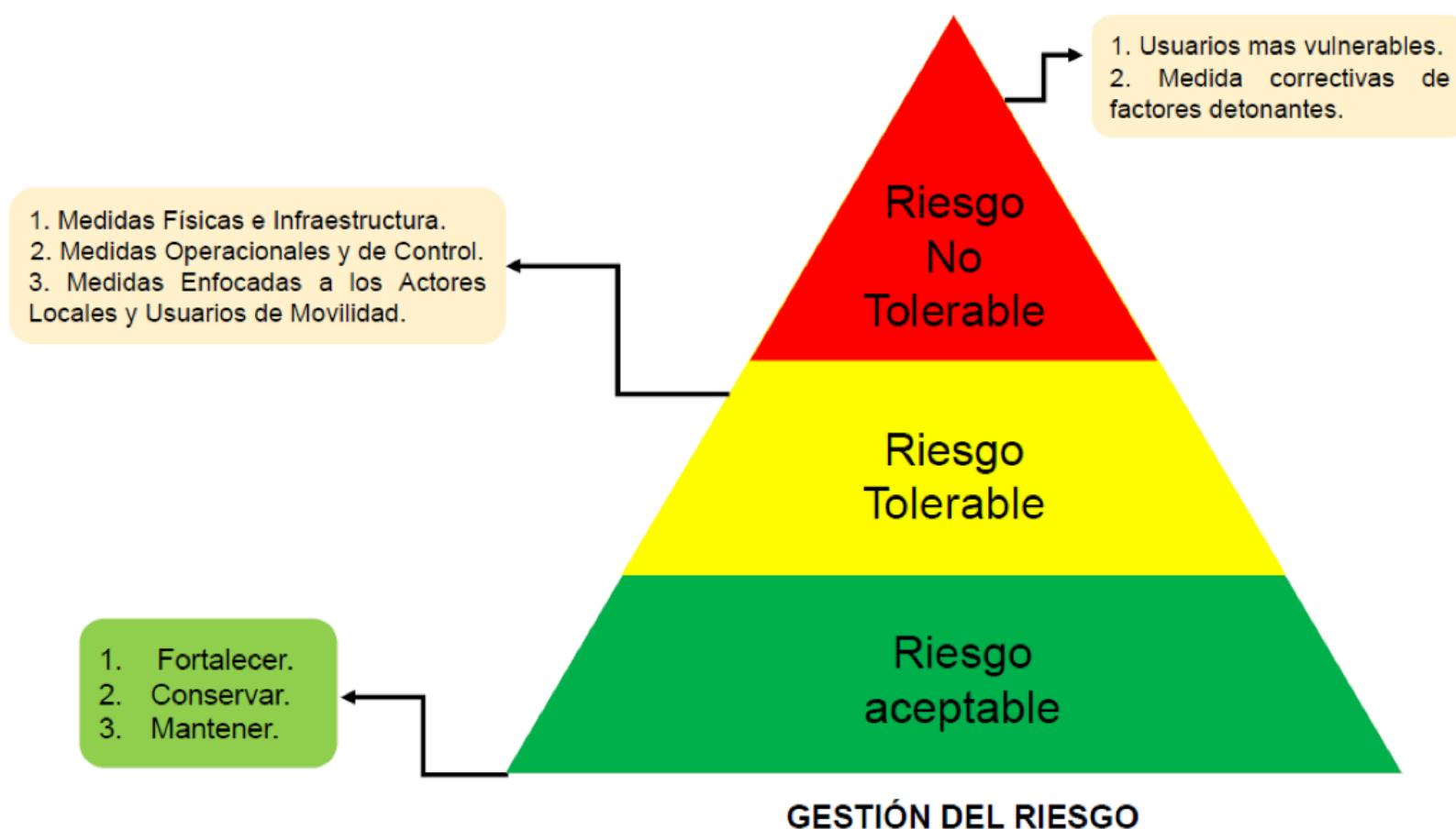
Fuente: elaboración propia.

Dependiendo de los niveles de riesgo encontrados en el tramo de vía de estudio, se analizan los factores a priorizar, teniendo en cuenta los potenciales de mitigación de los conflictos encontrados. Para este caso de investigación, los riesgos se definieron como sigue (Ver Figura 4).

- Riesgo no tolerable: es aquel en que los niveles de amenaza y vulnerabilidad son altos, derivando un riesgo alto, aumentando los potenciales de accidentalidad y los niveles de daño, haciendo que su plazo de priorización sea de inmediatez. Su calificación está en el rango de 6 a 9.
- Riesgo tolerable: los niveles de amenaza y vulnerabilidad arrojan un riesgo medio, siendo de importancia para la reducción de los niveles de daño y así poder llegar a un nivel de riesgo aceptable, la calificación de esta varía entre 3 a 5,9.
- Riesgo aceptable: en este se representan unos niveles bajos tanto de amenaza como de vulnerabilidad, en este se tienen comportamientos e infraestructuras adecuadas, lo que se busca en

este es que se conserve este nivel de riesgo, esto se logra conservando y mejorando periódicamente las condiciones de comportamiento e infraestructura. Su calificación varía de 1 a 2,9.

Figura 4: piramide del riesgo.



Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se da orden de prioridad a las intervenciones propuestas en cada uno de los problemas identificados, teniendo como referencia, ciertos plazos de priorización.

2.2. Temporalidad de las intervenciones propuestas

Con el riesgo analizado anteriormente, se procede a priorizar y definir los plazos para la intervención de cada uno de los hallazgos. La matriz permite tener mayor claridad en los conflictos que requieren una mayor atención, así mismo teniendo en cuenta los costos de cada una de las intervenciones a realizar. Entendido esto, los plazos de priorización se definen de la siguiente manera.

- INMEDIATO (hasta un máximo de 6 meses)
- CORTO PLAZO (hasta un máximo de 1 año)
- MEDIANO PLAZO (hasta un máximo de 2 años)
- LARGO PLAZO (hasta un máximo de 3 años)

3. Resultados

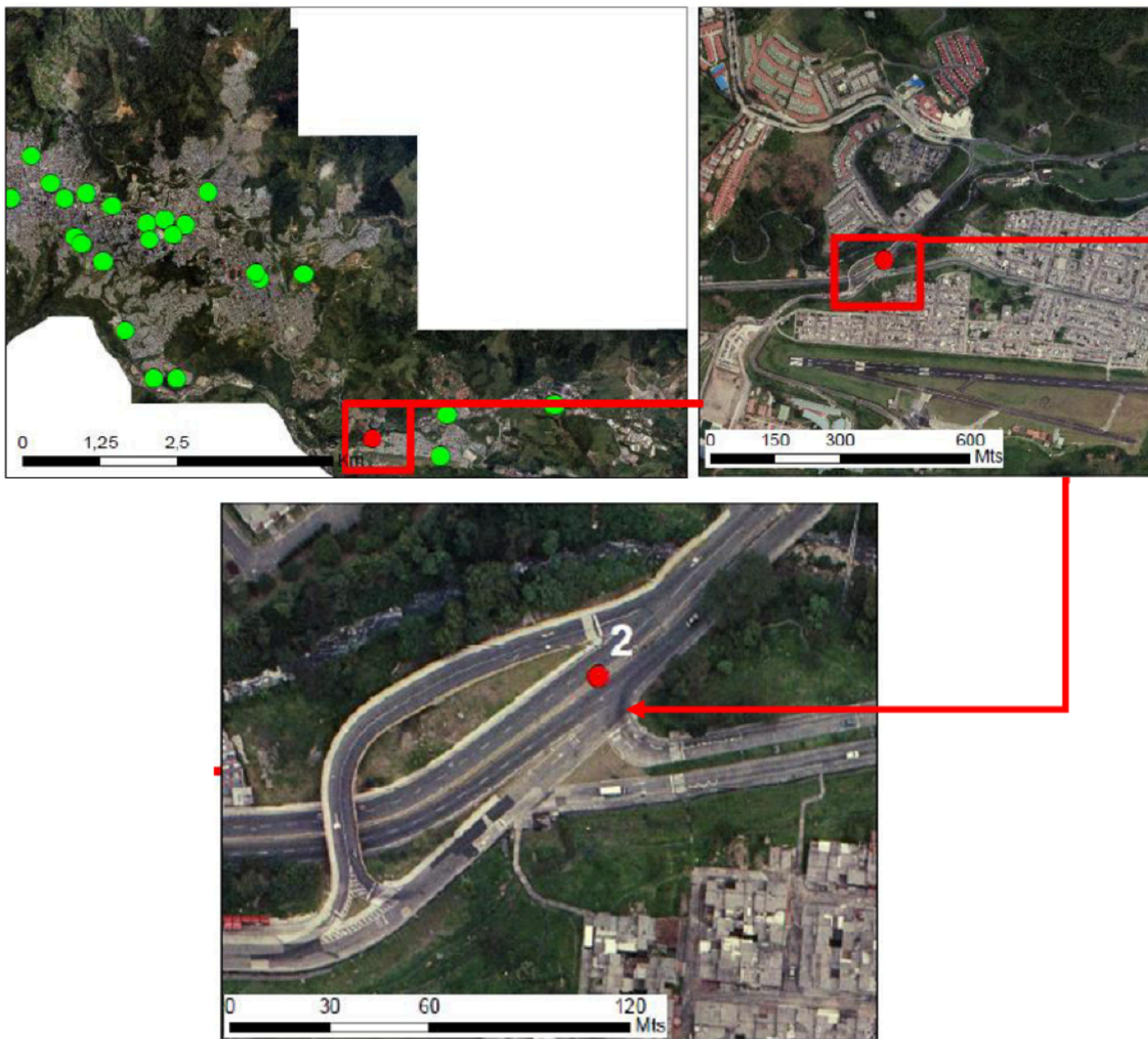
Aplicando la metodología mostrada anteriormente a los puntos de análisis, en éste artículo se presenta el ejemplo de aplicación de esta metodología en uno de los puntos que actualmente refiere mayor problemática en la ciudad (Ver Figura 5), debido a la diversidad de tipos de vía que convergen, usos del suelo y confluencia de variados tipos de usuarios del sector.

Lo inicialmente realizado fue la visita de campo para definir los sectores en los cuales se dividirá el análisis, ya que cada tipo de vía o tipo de usuario en ésta, pueden dar diferentes connotaciones de seguridad vial que deben ser debidamente analizadas; posteriormente a través de la llamada lista de chequeo se identifican todos los hallazgos. Luego de haber construido la matriz de hallazgos, éstos son calificados de acuerdo al grado de vulnerabilidad y al grado de amenaza. A partir de estas calificaciones se obtiene la calificación del riesgo en

cada uno de los sectores del punto de análisis; en la Tabla 1 se observa la calificación de los sectores identificados en el punto de estudio. Como se observa el riesgo es alto en todos los sectores identificados en el punto de estudio y el promedio de los mismos arroja un valor de riesgo alto de 7,7, de acuerdo a la escala planteada anteriormente.

La priorización de las intervenciones propuestas se establece dependiendo del nivel de mitigación del riesgo que ésta aporte al problema encontrado, de este modo la priorización se encuentra de la siguiente manera. En la Tabla 2 se observa que para la mitigación de los hallazgos identificados se recomiendan llevar a cabo un total de 62 acciones, de las cuales el 61% (38 acciones) son de carácter inmediato, el 19% (12) se proponen al corto plazo, 16% (10) se proponen al mediano plazo y el 3% (2) se proponen a largo plazo. También es posible identificar que 4, 5 y 6 son los que tienen mayor cantidad de propuestas de intervención, tanto en valor total como en priorización inmediata.

Figura 5: localización del punto de estudio y aplicación



Fuente: elaboración propia.

Tabla 1: Niveles de riesgo promedio por sector.

Sector	Riesgo Total	Número Hallazgos	Riesgo Medio
1	30	4	7,5
2	39	5	7,8
3	48	6	8,0
4	51	6	8,5
5	55	8	6,9
6	30	4	7,5
Riesgo Promedio Total			7,7

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2: priorizaciones de intervención.

Sector	Priorización				Total	
	IN	CP	MP	LP		
1	4	1	1	1	7	11%
2	3	3	3	0	9	15%
3	4	1	3	0	8	13%
4	8	4	1	0	13	21%
5	9	2	1	0	12	19%
6	10	1	1	1	13	21%
Total	38	12	10	2	62	100%
	61%	19%	16%	3%	100%	

Fuente: elaboración propia.

4. Conclusiones

La mayoría de los proyectos viales implementados en la actualidad no cuentan con estudios de seguridad vial, lo que hace que haya un sin número de falencias, que hacen que posteriormente se incrementen más los costos al momento de solucionar o asumir las consecuencias de accidentalidad.

La mayor parte de los problemas viales se encuentran en la falta de mantenimiento, la señalización ineficiente y el diseño geométrico, por el lado físico, adicionalmente del más importante para que haya un buen resultado en seguridad vial como lo es la cultura vial.

Los niveles de riesgo ideales son lo que se encuentran en un rango de 0 a 3, siendo un riesgo tolerable en el cual se busca un sostenimiento constante de las vías en dicha situación.

Las auditorias de seguridad vial visualizan más a fondo cada una de las falencias existentes en los proyectos viales, ayudando a dar soluciones puntuales en las cuales se pueden obtener

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de los estudiantes pertenecientes al Semillero de Investigación en Movilidad Sostenible del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales.

Referencias

- Duarthé, A, Salamanca, J. (2003). Guía para Realizar una Auditoría en Seguridad Vial (1a ed.). Comuna de Providencia, Santiago, Chile.
- Agarwal, P. K., Patil, P. K., y Mehar, R. (2013). A Methodology for Ranking Road Safety Hazardous Locations Using Analytical Hierarchy Process. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 104, 1030–1037.
- Amundsen, A. H., y Elvik, R. (2004). Effects on road safety of new urban arterial roads. *Accident Analysis y Prevention*, 36(1), 115–123.
- Dissanayake, D., Aryaija, J., y Wedagama, D. M. P. (2009). Modelling the effects of land use and temporal factors on child pedestrian casualties. *Accident Analysis y Prevention*, 41(5), 1016–1024.
- Elvik, R., Vaa, T., Høye, A., y Sorensen, M. (2009). The handbook of road safety measures. *Emerald Group Publishing Limited*. Emerald.
- Laurinavičius, A., Grigonis, V., Ušpalytė-Vitkūnienė, R., Ratkevičiūtė, K., Čygaitė, L., Skrodenis, E., ... Bobrovaitė-Jurkonė, B. (2012). Policy instruments for managing eu road safety targets: road safety impact assessment. *The baltic journal of road and bridge engineering*.
- Lord, D., y Mannering, F. (2010). The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(5), 291–305.
- Persia, L., Usami, D. S., De Simone, F., Beaumelle, V. F. D. La, Yannis, G., Laiou, A., ... Salathè, M. (2016). Management of Road Infrastructure Safety. *Transportation Research Procedia*, 14, 3436–3445.
- RTA. (2010). Road Traffic Crashes in New South Wales: Statistical Statement for the Year Ended 31 December 2010.
- Shalom Hakkert, A., y Gitelman, V. (2014). Thinking about the history of road safety research: past achievements and future challenges. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 25(PART B), 137–149.
- Tay, R. (2015). A random parameters probit model of urban and rural intersection crashes. *Accident Analysis y Prevention* (Vol. 84).
- Tingvall, C., y Haworth, N. (1999). Vision Zero - An ethical approach to safety and mobility.
- Tripp, H. A. (1938). Progress in road safety measures. *Police Journal*. London, 11, 428–449.
- Wei, V. F., y Lovegrove, G. (2012). Sustainable road safety: A new neighbourhood road pattern that saves VRU lives. *Accident Analysis and Prevention*, 44(1), 140–148.
- Wijnen, W., y Stipdonk, H. (2016). Social costs of road crashes: An international analysis. *Accident Analysis y Prevention*, 94, 97–106.
-

1. Ingeniero Civil. Especialista en vías y transporte. Estudiante de la Maestría en Ingeniería – Infraestructura y Sistemas de Transporte. Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales. Email: maagarzonmo@unal.edu.co
2. PhD en Gestión del Territorio e Infraestructuras del Transporte. Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales. Email: daescobarga@unal.edu.co
3. PhD. en Arquitectura. Profesor Titular de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales. Email: jagalindod@unal.edu.co

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]