

**INCIDENCIA DE LOS REDUCTORES VIRTUALES DE
VELOCIDAD EN LA PACIFICACIÓN DEL TRÁNSITO EN EL
ANILLO VIAL DE CARTAGENA**



**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE VÍAS Y TRANSPORTE
CARTAGENA, BOLÍVAR
2015**

**INCIDENCIA DE LOS REDUCTORES VIRTUALES DE VELOCIDAD EN LA
PACIFICACIÓN DEL TRÁNSITO EN EL ANILLO VIAL DE CARTAGENA**

Grupo de investigación: INVITRA

Línea de investigación: *Pacificación del tráfico en las vías urbana, caso Cartagena*

Director

Profesor RAMÓN TORRES ORTEGA

Ingeniero civil

Co investigador

JAIME LUIS FUENTES SILVA

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE VÍAS Y TRANSPORTE

CARTAGENA, BOLÍVAR

2015

Tabla de Contenido

1.	RESUMEN	- 1 -
2.	INTRODUCCIÓN	- 2 -
3.	MARCO DE REFERENCIA	- 3 -
3.1	Resaltos virtuales.....	- 5 -
3.2	Accidentalidad vial.....	- 6 -
3.3	Generalidades sobre <i>Tráfico calmado</i>	- 7 -
3.4	Velocidad	- 8 -
4.	OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO.....	- 10 -
4.1	Objetivo general	- 10 -
4.2	Objetivos específicos.....	- 10 -
4.3	Alcance.....	- 10 -
5.	METODOLOGÍA	- 11 -
5.1	Tipo de investigación.	- 11 -
5.2	Revisión bibliográfica	- 11 -
5.3	Trabajo de campo	- 12 -
5.3.1	Inspección	- 12 -
5.3.2	Recolección de datos primarios	- 12 -
5.3.3	Análisis de datos	- 15 -
6.	RESULTADOS.....	- 16 -
6.1	Tablas de resultados	- 18 -
7.	CONCLUSIONES	- 20 -
8.	RECOMENDACIONES.....	- 22 -



CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

Fecha de diligenciamiento: 18 de Marzo de 2015.

Nombre del director: Ramón Torres Ortega

Grupo de investigación: _____

Línea de investigación: _____

Título de la propuesta de trabajo de grado que se entrega: Incidencia de los reductores virtuales de velocidad en la pacificación del tránsito en el Anillo vial de Cartagena

Estudiante: Jaime Luis Fuentes Silva

Yo, Ramón Torres Ortega, manifiesto estar de acuerdo con el presente documento: con sus objetivos, alcance, justificación, metodología, cronograma, presupuesto, conclusiones y recomendaciones. Este trabajo lo he leído y revisado minuciosamente.

Firma

Docente

Cartagena, 18 de Marzo de 2015

Señores

PROGRAMA D EINGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

Afectuoso saludo.

Mediante la presente dejo constancia de que lideré la investigación INCIDENCIA DE LOS REDUCTORES VIRTUALES DE VELOCIDAD EN LA PACIFICACIÓN DEL TRÁNSITO EN EL ANILLO VIAL DE CARTAGENA, que es el trabajo de tesis del estudiante Jaime Luis Fuentes Silva. En esta investigación participo como Investigador y asesor del estudiante.

El documento presentado como INFORME FINAL ya ha sido revisado por mí en varias ocasiones, haciendo las recomendaciones del caso, y siendo estas acatadas por el estudiante investigador auxiliar Jaime Luis Fuentes Silva, y por tanto estoy de acuerdo totalmente con su contenido.

Atentamente,

Ramón Torres Ortega
Ingeniero Civil

Firma de los evaluadores

Ing. Pedro José Guardela Vásquez

Ing. Raúl Castro Cabarcas

Cartagena, 16 de Marzo de 2015

Señores

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

Afectuoso saludo.

Mediante la presente pongo a su disposición el Informe final de tesis (requisito necesario para obtener el título de Ingeniero civil) para su evaluación.

El nombre del trabajo es INCIDENCIA DE LOS REDUCTORES VIRTUALES DE VELOCIDAD EN LA PACIFICACIÓN DEL TRÁNSITO EN EL ANILLO VIAL DE CARTAGENA, y el investigador principal y asesor es el Ingeniero Ramón Torres Ortega, siendo yo, Jaime Luis Fuentes Silva, el investigador auxiliar.

Esta investigación hace parte de una línea de investigación de la Universidad de Cartagena, que trata de los distintos factores que afectan el tráfico en la ciudad, llamado *Tráfico calmado en las vías urbanas, caso Cartagena*. El grupo de investigación que lidera este proyecto se llama INVITRA (investigaciones en infraestructura del tránsito y transporte).

Atentamente,

Jaime Luis Fuentes Silva

Código. 0210010025

C.C.: 19.768.357

1. RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la efectividad real de los reductores de velocidad virtuales ubicados sobre el Anillo vial de Cartagena, entre el barrio Crespo y el corregimiento de La Boquilla. Los datos se obtuvieron con mediciones directas sobre la vía mediante el “método del cronómetro”, que consiste en hacer una marca con pintura en el pavimento 25m antes del resalto, y luego otra similar 25m después, de tal modo que entre marca y marca quede una longitud total de 50m. El observador se ubica en un punto estratégico donde pueda divisar claramente ambas marcas. Entonces, cuando el vehículo pisa con las llantas delanteras la primera marca, se activa el cronómetro, y se detiene cuando las mismas llantas tocan la segunda marca. Con la distancia de 50 m. y el tiempo medido se obtienen las velocidades puntuales. Los resultados fueron los esperados: los reductores virtuales de velocidad no reducen la velocidad del tráfico, ni en vehículos con matrícula local ni con matrícula foránea. Para que funcionen deben acompañarse de otras medidas como resaltos físicos reglamentarios, taches, o franjas vibratoras.

Abstract

This research aimed to determine the actual effectiveness of virtual speed bumps located on “Anillo vial de Cartagena” (ring road of Cartagena), between Crespo neighborhood and La Boquilla village. The data were obtained by direct measurements on the track using the "stopwatch method", which involves making a mark with paint on pavement 25m before the bump, and then, another similar 25m after, so that between mark and mark has a total length of 50m. The observer is located at a strategic point where he can see both marks. Then, when the vehicle with the front tire treads the first mark, the timer is activated, and stops when the same tires touch the second mark. With the distance of 50m. and the measured time point velocities are obtained. The results were as expected: the virtual speed bumps located on Anillo vial de Cartagena don't reduce the speed of traffic on vehicles with local registration or foreign registration.

2. INTRODUCCIÓN

Los principales antecedentes de esta investigación se encuentran en la Universidad de Cartagena: tesis de grado que pertenecen a la misma línea y grupo de investigación del presente estudio. Las tesis de grado de los Ingenieros civiles David Fernández y Eduardo Guzmán en 2006¹; la de los ingenieros Said Castaño y Jorge Gómez²; y también la de Luis Alandete y Aymara Palomino³. Las citadas investigaciones nos muestran en sus conclusiones el grado de desorden e improvisación que impera en Cartagena en cuanto a la pacificación del tránsito. Por ejemplo, muestra como los barrios El Cabrero, Marbella y el Barrio militar los elementos de pacificación del tránsito no cumplen con ninguna norma vigente, además de estar en mal estado. Sin embargo, estos métodos rudimentarios son efectivos reduciendo la velocidad en cerca de un 40%.

Así las cosas, el problema existente es claro: en la ciudad de Cartagena se cuenta con pocos estudios que lleven a cambiar la realidad actual de las técnicas de pacificación de tránsito. Cada día las velocidades de operación aumentan dada el avance en la tecnología automotriz, al igual que aumenta el número de vehículos circulando, mientras que las medidas públicas para apaciguar el tránsito se quedan en esfuerzos empíricos de particulares o en medidas infructuosos de las autoridades.

La importancia del presente estudio radica en la que las autoridades de tránsito de la ciudad contarán con unas pruebas certeras de que los mecanismos que se usan actualmente en la zona de estudio no funcionan. Este estudio se convierte en una nueva herramienta de los encargados para demandar más recursos y estudios para la correcta aplicación de las técnicas de tráfico calmado.

El presente estudio, sumado a los otros realizados por la Universidad de Cartagena es la muestra de que la Universidad está cumpliendo una de sus labores sociales, como es la de brindar herramientas y conocimientos a los directivos de la ciudad para hacer de ésta un mejor lugar para vivir.

¹ (Fernández & Guzmán, 2006)

² (Castaño & Gómez, 2008)

³ (Alandete & Palomino, 2008)

3. MARCO DE REFERENCIA

En Cartagena y Bolívar, la entidad abanderado de los estudios de Pacificación del Tránsito es la *Universidad de Cartagena*, quien a través de su grupo de investigación INVITRA ha realizado varios estudios. Entre los más recientes están los que llevan como título: *Incidencia de la señalización en los accidentes de vías urbanas en la ciudad de Cartagena* (Fernández & Guzmán, 2006); *Tipificación de los reductores físicos usados en nuestro medio* (Castaño & Gómez, 2008); e *Incidencia de los reductores físicos en la velocidad de los vehículos* (Alandete & Palomino, 2008).

La tesis *Tipificación de los reductores físicos usados en nuestro medio*, nos muestra formalmente el grado de desorden e improvisación reinante en las zonas de estudio (zona norte: Crespo, El cabrero, Marbella y Barrio militar. Zona sur: Blas de Lezo, El socorro, Los caracoles), en cuanto a los métodos de *pacificación del tránsito* utilizados.

El estudio anterior (Castaño & Gómez, 2008) tiene entre las conclusiones que “...*las dimensiones de los elementos para calmar el tráfico, utilizados en las zonas estudiadas, al ser comparadas con las normas, se observa que no cumplen con los parámetros establecidos concluyendo que la cultura de tráfico calmado es netamente empírica en nuestra ciudad...*”.

El tipo de reductor de velocidad más utilizado en las zonas de estudio es el reductor virtual de concreto (resalto) o *policía muerto*, con una frecuencia de 68.4%, seguido de la cabuya con un 14.7%. El cruce peatonal o *cebra* tiene una frecuencia del 11.3%, y se encuentran principalmente en zonas de alto tráfico y zonas escolares. Por último se encuentra el cerramiento con un 3.4%, las bandas sonoras con 1.7% y la chicana con un 0.6%.

El estudio revela adicionalmente el mal estado en que se encuentran todos los reductores de velocidad mencionados, a excepción de la chicana. Estructuralmente están deteriorados, no cuentan con la señalización vertical adecuada ni con la pintura reflectora, tampoco con las medidas adecuadas según dictan las normas técnicas para cada caso.

A pesar de lo anterior, los reductores de velocidad de concreto (*policías muertos*) son los más efectivos para reducir la velocidad. Los vehículos transitaban con una velocidad de operación

entre 22.5Km/h y 49.54Km/h en una calle sin reductores de velocidad, y entre 7.96 Km/h y 13.6 Km/h con tres reductores de velocidad, es decir, una reducción promedio de aproximadamente el 70% en la velocidad.

Para el cruce peatonal (cebra), los vehículos sin el reductor de velocidad estaban entre 23.53 y 42.86 Km/h, y entre 20.47 Km/h y 73.03 Km/h con el reductor de velocidad; el cruce peatonal (cebra) es el más afectado porque las velocidades son muy similares o incluso mayores cuando hay presencia de este tipo de reductor de velocidad, sobre todo en vías de alto volumen vehicular.

De otro lado, la tesis ***Incidencia de los reductores físicos en la velocidad de los vehículos***, que tuvo como zona de estudio los barrios de estrato 4 y 5 de la ciudad de Cartagena, arroja como principal conclusión: “...Después de realizar un análisis comparativo de cada una de las mediciones de velocidad realizadas entre los barrios residenciales estratos 4 y 5 de la ciudad de Cartagena, que tienen instalados reductores físicos (resaltos, mesetas y cabuyas) y los que carecen de estos se determinó que los dispositivos reducen la velocidad promedio de los vehículos de 31 Km/h a 19 Km/h aproximadamente, mostrando una disminución del 38.71%“.

Este estudio también revela que las mesetas causan las mayores demoras y mayor disminución de velocidad ocasionando un gasto de operación moderado en los vehículos. En cambio, las cabuyas son los dispositivos menos eficientes para reducir la velocidad a pesar de encontrarse separadas menor distancia que las mesetas o *policías muertas*; estas ocasionan menos demoras, incomodidad y desgaste a la suspensión de los vehículos.

En el resto del mundo se han estado tomando medidas respecto al tráfico vehicular de las ciudades. En 1963 en Gran Bretaña se publicó el documento *Tráfico en las ciudades* que habla de cuánto tráfico puede soportar una ciudad, restringiendo también el acceso de ciertos vehículos a zonas específicas.

En la década de 1980 en Holanda se empezó a diseñar o rediseñar algunas vías seleccionadas para desestimular el tráfico vehicular, haciendo así las zonas adyacentes más amigables con el medio ambiente.

Desde 1949 la ONU empezó a desarrollar un programa para unificar las señalizaciones viales en todo el mundo, haciendo así las vías más seguras tanto para ciudadanos locales como para visitantes de otros países. Los acuerdos logrados en cuanto a unificación de señalamiento vial se empezaron a implementar en América Latina después de 1967. Se logró la unificación entre la normativa de Estados Unidos y la Europea.

En 1977 el *Ministerio de obras públicas y transporte de Colombia* hizo una adaptación del manual existente, para las condiciones del país; y en marzo de 1985, se publicó por parte del Ministerio, como reglamento oficial en materia de señalización vial, la primera edición del *Manual sobre dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras*.

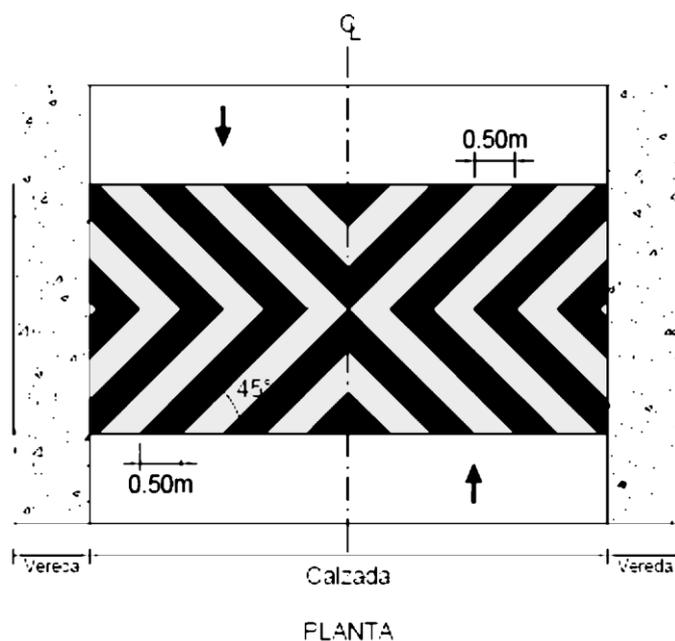
3.1 RESALTOS VIRTUALES.

De acuerdo con el documento *Reductores de velocidad tipo resalto*, publicado por el Ministerio de transportes y comunicaciones de la República de Perú en 2007, “...se denomina *resalto virtual* a una marca en el pavimento, el cual genera en el conductor la sensación de estar observando un resalto, con el propósito de inducirlo a disminuir la velocidad del vehículo. Por lo general se utiliza para complementar resaltos en serie.”

Dimensiones, visibilidad y demarcación. Para los resaltos virtuales la dimensión recomendada es de 4 metros de ancho a lo largo de la calzada.

Será pintado con franjas diagonales alternadas, de color negro y amarillo, de cincuenta (50) centímetros de ancho, y con una inclinación de cuarenta y cinco grados (45°) hacia ambos lados respecto al eje del camino, abarcando todo el ancho del reductor, para que sea visible en cualquier sentido del tránsito vehicular, tal como lo muestra la siguiente figura, tomada de *Reductores de velocidad tipo resalto*, publicado por el Ministerio de transportes y comunicaciones de la República de Perú en 2007:

Ilustración 1. Esquema de resalto.



Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones de la República de Perú, 2007)

3.2 ACCIDENTALIDAD VIAL

Accidente de tránsito⁴: acontecimiento no deseado que interrumpe la normalidad en el desplazamiento de un vehículo motorizado que puede producir lesiones en las personas y daños en las cosas.

Según lo anterior, la gran mayoría de los accidentes de tránsito se pueden tipificar de la siguiente forma, según la fuente antes citada (Mutual de seguridad C Ch C):

- Atropello: un peatón es impactado por un vehículo en movimiento.
- Caída: generalmente pasajeros que, por pérdida del equilibrio, caen desde un vehículo.
- Colisión: impacto entre dos vehículos en movimiento.
- Choque: impacto entre un vehículo en movimiento y un elemento fijo del terreno.
- Volcamiento: el vehículo rota sobre su eje longitudinal.
- Despiste: el vehículo sale de la vía sin que medie la voluntad del conductor.
- Incendio: destrucción total o parcial de un vehículo por la acción del fuego.
- Múltiple: hay intervención de dos o más vehículos y un peatón.

⁴ (Mutual de seguridad C Ch C)

- En cadena: accidentes enlazados entre sí, considerando cada uno de ellos como consecuencia del anterior. Generalmente, ocurren en vías de tránsito rápido.

En cuanto a las **causas de los accidentes viales**, hay tres factores preponderantes:

- **Factor humano:** el factor humano es causante de la mayoría de los accidentes viales. Según la OMS, la conducción incorrecta de los vehículos (exceso de velocidad, conducción bajo efectos de drogas o alcohol, uso de teléfonos, etc.) causan entre el 85% y el 95% de los accidentes de tránsito.
- **Factor vehículo:** este factor incide en los accidentes principalmente debido a fallas mecánicas y el aumento del parque automotor.
- **Factor ambiental:** este factor incide principalmente por las malas condiciones de la vía (trazado, pavimento), señalización ausente o deficiente, congestión vehicular y condiciones climáticas.

La edad del conductor juega un factor muy importante según estudios realizados en España⁵: “Un déficit en la memoria producido por la edad puede influir en el conocimiento de la normativa de tráfico. El presente estudio analiza las diferencias en el conocimiento de la normativa en función de la edad e importancia para la **seguridad vial**. Participaron 300 personas (18-75 años). Se elaboró un cuestionario de conocimiento sobre normativa de tráfico, según la importancia que desempeñan para la **seguridad vial** (poco importantes, importantes y muy importantes). En general, el conocimiento de los conductores sobre la normativa de tráfico fue pobre. Contrario a lo esperado, el rendimiento de los conductores mayores no siempre fue inferior al de los otros grupos de edad, presentando mejores resultados en preguntas poco importantes y muy importantes”.

3.3 GENERALIDADES SOBRE *TRÁFICO CALMADO*

Las *pacificación del tránsito* de vehículos tiene dos objetivos principales: la disminución de los accidentes (y la gravedad de los mismos) de tránsito y el mejoramiento del medio ambiente. Según el *Fondo de Prevención Vial*, en su publicación de marzo de 2002, “*La pacificación del tránsito o tránsito calmado*”, “...una disminución de la velocidad del tráfico vehicular en 1

⁵ (Vargas, Castro, Martos, & Trujillo, 2012)

Km/h. reduce en un 5% el número de los accidentes". Así, se puede definir el tránsito calmado como "...una política de transporte y medio ambiente que promueve además la circulación peatonal, el uso de la bicicleta en las vías como medio alternativo, a la vez que refuerza el uso del transporte colectivo ambientalmente aceptable", según reza en "La pacificación del tránsito o tránsito calmado", publicación del Fondo de Prevención vial de marzo de 2002.

A rasgos generales, son técnicas de pacificación del tránsito: legislación y control; deflexiones verticales; deflexiones horizontales; tratamiento superficial; y señalamiento vial (señalización vertical y señalización horizontal).

3.4 VELOCIDAD

En general, el término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Generalmente expresada en kilómetros por hora (km/h). Para el caso de una velocidad constante, esta se define como una función lineal de la distancia y el tiempo, expresada por la fórmula: $V = d/t$.

3.4.1 Velocidad puntual. Es la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de una carretera o de una calle. Como dicha velocidad se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto, también se le denomina *velocidad instantánea*.

3.4.2 Estudios de velocidades de punto. La mayor parte de los estudios de velocidad se refieren a la velocidad de los vehículos en determinados puntos de una carretera o de una calle. Los estudios de velocidad de punto están diseñados para medir las características de la velocidad en un lugar específico, bajo condiciones prevalecientes del tránsito y del estado del tiempo en el momento de llevar a cabo el estudio, que permiten obtener la distribución de velocidades por grupo de usuarios. Las características de velocidad de punto tienen las siguientes aplicaciones:

- Determinación de las reglamentaciones y equipos adecuados para el control de tránsito: límites de velocidad máximos y mínimos; zonas de "NO PASE"; rutas, zonas y cruces escolares; ubicación de semáforos y/o detectores; ubicación de señalización de tránsito.

- Estudio de zonas con alta accidentalidad para determinar el tratamiento correctivo apropiado.
- Análisis de áreas críticas donde los problemas sean evidentes o para los cuales se hayan recibido quejas.
- Evaluación de la efectividad de mejoras de tránsito mediante estudios de "antes y después".
- Determinación de zonas para ser vigiladas selectivamente e investigar la efectividad de actividades de vigilancia de tránsito.
- Selección de elementos en el diseño geométrico de carreteras:
- Establecimiento de tendencias de velocidad para diferentes tipos de vehículos mediante muestreos periódicos de flujo discontinuo de tránsito en áreas seleccionadas.
- Cálculo de costos operacionales en los análisis económicos de carreteras y mejoras al tránsito.
- Estudios de investigación que involucren flujos de tránsito.

4. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO.

4.1 OBJETIVO GENERAL:

Determinar la incidencia los reductores virtuales de velocidad en la pacificación del tráfico.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Determinar la reducción de velocidad promedio causada por los reductores virtuales de velocidad en los vehículos.
2. Determinar para cada caso particular la velocidad puntual promedio en el área de influencia del reductor de velocidad virtual.
3. Identificar la incidencia de los reductores virtuales en los tipos de conductores.
4. Identificar mediante estudios existentes la incidencia de los reductores en la velocidad.

4.3 ALCANCE:

La zona de estudio seleccionada está ubicada en el Anillo vial, entre el Club de suboficiales y el corregimiento de La Boquilla, en un trayecto de vía de aproximadamente 2.3 Km.

En la zona hay ubicados 4 resaltos virtuales así (sentido Cartagena – La boquilla):

1. Frente al Club de suboficiales.
2. Frente al Hotel Las Américas.
3. Frente al edificio Holiday Inn.
4. A la altura del corregimiento La Boquilla, a 50 metros de Restaurante Hotel Pa'l anillo.

El tipo de reductor virtual de velocidad a estudiar es el **resalto virtual**.

5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El tipo de investigación es descriptiva, ya que concuerda con lo que dice el *Manual de técnica de la investigación educacional*: “El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Los investigadores no son meros tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento”.⁶

Sin embargo, la presente investigación también se puede clasificar como “*documental*” y “*de campo*”, o dicho de otra manera, “*mixta*”, ya que según el autor Santiago Zorrilla “...la investigación documental es aquella que se realiza a través de la consulta de documentos (libros, revistas, periódicos, memorias, anuarios, registros, códigos, constituciones, etc.). La de campo o investigación directa es la que se efectúa en el lugar y tiempo en que ocurren los fenómenos objeto de estudio. La investigación mixta es aquella que participa de la naturaleza de la investigación documental y de la investigación de campo”.⁷

5.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Para la elaboración de este trabajo se han investigado algunas tesis realizadas por estudiantes de pregrado de la Universidad de Cartagena, cuyo tema principal es la “Pacificación del tránsito”, dentro de las cuales se destacan *Incidencia de la señalización en los accidentes de vías urbanas en la ciudad de Cartagena* (2006)⁸, *Tipificación de los reductores físicos usados*

⁶ (Van Dalen & Meyer)

⁷ (Zorrilla, 1993)

⁸ (Fernández & Guzmán, 2006)

en nuestro medio (2008)⁹ e *Incidencia de los reductores físicos en la velocidad de los vehículos* (2008)¹⁰.

La otra gran fuente de información para preparar la presente tesis de grado son las publicaciones en internet del “*Fondo de prevención vial*”, quien con sus estadísticas y manuales ha ayudado a conocer la magnitud del problema.

La revisión bibliográfica otorga una idea general del estado de las cosas al momento de empezar la investigación para saber por dónde empezar y hasta dónde se puede llegar.

5.3 TRABAJO DE CAMPO

5.3.1 Inspección

Se recorrió la ciudad en busca de reductores virtuales de velocidad. Se detectaron tres zonas principales: el anillo vial (acceso a Cartagena por el norte), la entrada a la ciudad por la vía *La cordialidad*, y la vía de la zona industrial de Mamonal.

Luego de una inspección minuciosa se determinó tomar como zona de estudio principal el Anillo vial (entrada terrestre por el norte de Cartagena), donde se encontró 4 resaltos virtuales.

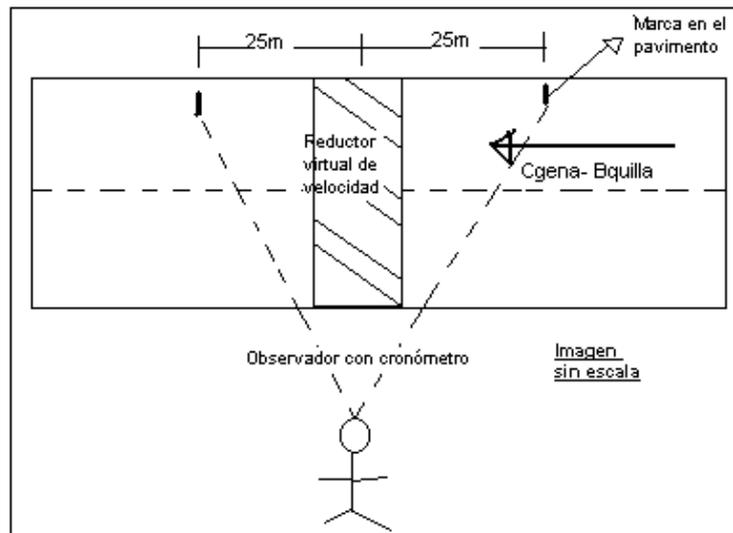
5.3.2 Recolección de datos primarios

Los principales datos a recogidos para análisis son los tiempos que tardan los vehículos en recorrer una distancia de 50m alrededor de los resaltos virtuales ubicados en la vía. Esto es, 25m antes y 25m después del eje transversal del resalto virtual. Estas medidas se toman en un solo sentido de circulación alrededor de cada resalto virtual. Los sentidos son: Cartagena-La boquilla y La boquilla-Cartagena.

⁹ (Castaño & Gómez , 2008)

¹⁰ (Alandete & Palomino, 2008)

Ilustración 2. Disposición de elementos para la medición de las velocidades



Fuente: el autor

Luego se hizo el mismo procedimiento, pero en un punto de control. Es decir, un punto distante de los reductores virtuales pero con condiciones similares (geometría, objetos adyacentes, capa de rodadura, entre otros) y donde estos no tienen influencia. Así se pudo determinar si los reductores virtuales de velocidad funcionan o no, y si lo hacen, con cuánta eficiencia. Esto se logra comparando las velocidades puntuales en el resalto virtual con las del punto de control. A grandes rasgos, se puede decir que si la velocidad en el resalto virtual es misma o superior que en el punto de control, entonces los reductores virtuales no funcionan. Si la velocidad se reduce en el resalto virtual respecto al punto de control, entonces sí funcionan.

El método usado es el "método del cronómetro". Se hizo una marca con pintura en el pavimento 25m antes del resalto, y luego otra similar 25m después, de tal modo que entre marca y marca quedó una longitud total de 50m. Los observadores se ubicaron en un punto estratégico desde donde divisaron claramente ambas marcas (un observador a cada lado de la vía, trabajando cada uno en un carril en un sentido). Entonces, cuando el vehículo con las llantas delanteras pisaba la primera marca, se activaba el cronómetro, y se detenía cuando las mismas llantas tocan la segunda marca. Estas mediciones se hicieron en condiciones óptimas de la vía, es decir, de día, sin lluvia y con el pavimento seco.

Los observadores se ubicaron de tal manera que su presencia no fuera percibida por los conductores en sus vehículos, para así no afectar su velocidad.

Los datos obtenidos se tabularon por tipo de vehículo, discriminando si el vehículo es local o foráneo, y luego se calculan los valores estadísticos requeridos para sacar conclusiones y hacer recomendaciones.

Este es el formato donde se consignó los datos obtenidos. De donde los tipos de vehículo son Automóvil, Taxi, Bus o Buseta, Camión y Motocicleta.

	Tipo de vehículo					Tiempo (seg)	Placa foránea	
	A	T	B	C	M		Sí	No
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

Los datos recogidos en el campo se consignaron en el formato anterior, y posteriormente se tabularon en una página de Microsoft Word Excel.

Se midió el tiempo en 7 puntos diferentes: 4 resaltos virtuales (RV), el retén militar (RM) que tiene conos y resaltos móviles y dos puntos de control (PC) para comparar velocidades.

	Distancia al siguiente punto	Referencia
RV1	150m.	Club Naval de Suboficiales
PC1	810m.	Pista de aterrizaje del aeropuerto
RV2	350m.	Hotel Las Américas
Retén militar	650m.	Entrada vehicular de centro de convenciones de Hotel Las Américas
RV3	400m.	Frente a Ed. Morros Ultra
PC2	460m.	Frente a Ed. Morros 47 Club
RV4	-----	Entrada a La Boquilla

Por cada punto se hizo 240 mediciones: 120 en cada sentido. En los puntos de control se tomaron 80 mediciones en cada sentido para un total de 160. Las condiciones meteorológicas fueron excelentes durante las mediciones: mucho sol con algunas nubes, pero sin agua.

Se discriminaron los vehículos entre placas de Cartagena o foráneas, excepto con las motos, debido a la dificultad que representa leer sus placas ya que sólo la tienen visible en la parte trasera.

5.3.3 Análisis de datos

Al hacer operación matemática de dividir 50m entre el tiempo (segundos) que tardó cada vehículo en el tramo de estudio alrededor del reductor virtual, se obtiene la velocidad en m/s. La velocidad en m/s se multiplica por el factor de conversión de 3.6 y el valor se obtiene en Km/h.

Se calculó la velocidad puntual media por tipo de vehículo en cada punto de medición y en cada sentido, discriminando si eran con placas de Cartagena o foráneas. Esta media se comparó con su equivalente obtenida en el punto de control más cercano. Para establecer las medias se utiliza una distribución de frecuencias.

Ya con toda la información obtenida por análisis estadístico, las conclusiones se basan en las siguientes afirmaciones:

1. Si las velocidades se mantienen constantes, entonces el reductor virtual de velocidad no funciona.
2. Si las velocidades disminuyen, puede que el reductor virtual sí esté influyendo en los conductores. Además se debe analizar cómo influye el entorno en la reducción de velocidad.

6. RESULTADOS

Los resultados fueron los esperados: los resaltos virtuales no causan disminución de la velocidad del tráfico.

El punto de control para los reductores virtuales RV1 y RV2 es PC1. El punto de control para los reductores virtuales RV3 y RV4 es PC. El retén militar (RM) se tomará como un punto de control especial, ya que éste tiene los aspectos que lo hacen importante. Tiene demarcados con conos los dos carriles, uno en cada sentido y tiene resaltos móviles. Además cuenta con un puesto de control de la policía. En este punto es obligatorio reducir la velocidad.

En el RV1, en el sentido La Boquilla – Cartagena al compararlo con su Punto de Control, el PC1, se nota que la velocidad de punto media para automóviles es mayor (60,14 Km/h contra 57,84). Lo mismo sucede si se compara cualquier otro tipo de vehículo. En general las velocidades en el RV1 son superiores a las presentadas en el PC1.

Comparación entre datos del RV1 y PC1	RV1. Sentido La Boquilla - Cartagena					PC 1. Sentido La Boquilla - Cartagena				
	A	T	B	C	M	A	T	B	C	M
Cantidad	64,0	21,0	11,0	4,0	20,0	37,0	8,0	15,0	6,0	14,0
%	53,3	17,5	9,2	3,3	16,7	46,3	10,0	18,8	7,5	17,5
V_m (Km/h)	60,1	62,0	51,0	58,2	56,1	57,8	60,0	46,6	54,7	50,2
V_m foráneo	58,7	30,5	41,6	61,5	-	57,2	0,0	71,0	54,7	-
V_m no foráneo	62,7	62,0	53,1	48,0	-	61,3	60,0	42,9	0,0	-

Al comparar el PC1 con RV2 la tendencia es similar a la anterior (V_m en RV2 son mayores que en PC1), sobre todo cuando se observa las velocidades de automóviles (A). En los otros tipos de vehículos las velocidades son similares, pero no se debe perder de vista que el RV2 está en una curva a la entrada de Hotel Las Américas, por tal razón es lógico que los vehículos pesados, o sea, buses (B) y camiones (C) circulen con precaución.

Comparación entre datos del RV2 y PC1	RV2. Sentido La Boquilla - Cartagena					PC 1. Sentido La Boquilla - Cartagena				
	A	T	B	C	M	A	T	B	C	M
Cantidad	52,0	22,0	12,0	6,0	28,0	37,0	8,0	15,0	6,0	14,0
%	43,3	18,3	10,0	5,0	23,3	46,3	10,0	18,8	7,5	17,5
Vm (Km/h)	62,3	81,6	30,1	49,6	52,3	57,8	60,0	46,6	54,7	50,2
Vm foráneo	63,0	44,8	53,4	52,1	NA	57,2	0,0	71,0	54,7	NA
Vm no foráneo	61,7	118,4	6,9	47,2	NA	61,3	60,0	42,9	0,0	NA

Al comparar el PC2 con el RV3 en el sentido La Boquilla - Cartagena se observa una consistente disminución de velocidad de alrededor de 10Km/h, (V_m en RV3 son menores que en PC2, y los vehículos van de PC2 a RV3), sin embargo es debido al tráfico generado por los numerosos edificios de apartamentos de la zona, sumado a que se acerca el retén militar. Esto se demuestra al analizar los puntos RV3 y RV4 con PC2 (que está en el medio), pero en sentido contrario al anterior, es decir, en el sentido Cartagena – La Boquilla, de manera que el tráfico generado por los edificios ya no afecta la velocidad ni tampoco la presencia del retén militar. Se observa, por ejemplo, que la V_m de los automóviles en el PC2 en sentido Cartagena – La Boquilla es de 67.66, mientras que en RV4 es de 73,35. En RV3 es de 57,81 pero porque está recién salido del retén militar y está bajo la influencia del tráfico generado por edificios.

Comparación entre datos del RV3 y PC2	RV3. Sentido La Boquilla - Cartagena					PC 2. Sentido La Boquilla - Cartagena				
	A	T	B	C	M	A	T	B	C	M
Cantidad	45,0	5,0	16,0	14,0	40,0	32,0	7,0	10,0	19,0	12,0
%	37,5	4,2	13,3	11,7	33,3	40,0	8,8	12,5	23,8	15,0
Vm (Km/h)	60,2	57,5	49,2	51,1	48,1	73,8	68,0	58,0	63,7	54,6
Vm foráneo	61,3	45,3	52,1	51,9	NA	73,8	61,4	56,8	63,6	NA
Vm no foráneo	59,2	69,7	46,2	50,3	NA	73,8	74,5	59,2	63,7	NA

Es importante analizar cómo funciona un resalto físico, como los que están ubicados en el retén militar, donde además delimitan los carriles con diez conos reflectivos. Usan 4 resaltos móviles (2 por carril o sentido) con medidas de 0,95mx0,37m en planta por 6,5cm de alto, ubicados uno al lado del otro. Este esquema genera velocidades bajas, impactando principalmente en vehículos pesados, y no siendo tan importante para las motocicletas. Por ejemplo, produce velocidades puntuales promedio para automóviles de 21,87Km/h, mientras que para estos mismos vehículos, en RV2 y PC2 son de 60,2Km/h y 73,8Km/h respectivamente. Esto es una

reducción promedio de alrededor del 70%; pero las motos tienen velocidades promedio relativamente altas de 44,77Km/h, ligeramente inferior a los otros puntos de estudio.

6.1 TABLAS DE RESULTADOS

A continuación se presentan las tablas de resultados de las mediciones:

RV1 - sentido La Boquilla - Cartagena					
	A	T	B	C	M
Cantidad	64,0	21,0	11,0	4,0	20,0
%	53,3	17,5	9,2	3,3	16,7
Vm (Km/h)	60,1	62,0	51,0	58,2	56,1
Vm foráneo	58,7	30,5	41,6	61,5	-
Vm no foráneo	62,7	62,0	53,1	48,0	-
placa foránea	41,0	1,0	2,0	3,0	

RV1 - sentido Cartagena - La Boquilla					
	A	T	B	C	M
Cantidad	68,0	19,0	5,0	0,0	28,0
%	56,7	15,8	4,2	0,0	23,3
Vm (Km/h)	54,1	55,7	43,9	0,0	50,0
Vm foráneo	54,0	67,2	44,3	0,0	-
Vm no foráneo	54,3	54,3	43,8	0,0	-
placa foránea	29,0	17,0	4,0	0,0	

PC1 - La Boquilla - Cartagena					
	A	T	B	C	M
Cantidad	37,0	8,0	15,0	6,0	14,0
%	46,3	10,0	18,8	7,5	17,5
Vm (Km/h)	57,8	60,0	46,6	54,7	50,2
Vm foránea	57,2	0,0	71,0	54,7	-
Vm no foránea	61,3	60,0	42,9	0,0	-
Placa foránea	30,0	0,0	2,0	6,0	

PC1 - Cartagena - La Boquilla					
	A	T	B	C	M
Cantidad	32,0	10,0	20,0	6,0	12,0
%	40,0	12,5	25,0	7,5	15,0
Vm (Km/h)	57,6	53,4	51,5	48,8	48,9
Vm foránea	56,8	61,3	47,0	47,7	-
Vm no foránea	58,9	53,4	50,4	49,1	-
placa foránea	20,0	2,0	5,0	2,0	

RV2 - La Boquilla - Cartagena					
	A	T	B	C	M
Cantidad	52,0	22,0	12,0	6,0	28,0
%	43,3	18,3	10,0	5,0	23,3
Vm (Km/h)	62,3	81,6	30,1	49,6	52,3
Vm foránea	63,0	44,8	53,4	52,1	-
Vm no foránea	61,7	118,4	6,9	47,2	-
Placa foránea	38,0	2,0	2,0	2,0	

RV2 - Cartagena - La Boquilla					
	A	T	B	C	M
Cantidad	51,0	14,0	8,0	8,0	39,0
%	42,5	11,7	6,7	6,7	32,5
Vm (Km/h)	58,5	55,5	55,0	55,4	51,3
Vm foránea	59,5	50,8	57,0	50,9	-
Vm no foránea	57,5	60,1	53,0	59,9	-
Placa foránea	19,0	4,0	1,0	4,0	

Retén militar - La boquilla - Cartagena					
	A	T	B	C	M
Cantidad	49,0	28,0	14,0	3,0	26,0
%	40,8	23,3	11,7	2,5	21,7
Vm (Km/h)	21,9	24,3	15,1	14,4	44,8
Vm foránea	18,6	27,3	13,5	15,2	-
Vm no foránea	25,1	21,4	16,8	13,7	-
Placa foránea	37,0	3,0	3,0	2,0	

Retén militar - Cartagena - La Boquilla					
	A	T	B	C	M
Cantidad	59,0	21,0	6,0	2,0	32,0
%	49,2	17,5	5,0	1,7	26,7
Vm (Km/h)	34,7	37,5	36,8	35,5	45,4
Vm foránea	35,5	34,1	0,0	35,5	-
Vm no foránea	33,9	40,8	73,6	35,5	-
Placa foránea	32,0	6,0	1,0	2,0	

RV3 - la boquilla - Cartagena					
	A	T	B	C	M
Cantidad	45,0	5,0	16,0	14,0	40,0
%	37,5	4,2	13,3	11,7	33,3
Vm (Km/h)	60,2	57,5	49,2	51,1	48,1
Vm foránea	61,3	45,3	52,1	51,9	-
Vm no foránea	59,2	69,7	46,2	50,3	-
Placa foránea	35,0	1,0	7,0	13,0	

RVV3 - Cartagena - La boquilla					
	A	T	B	C	M
Cantidad	66,0	5,0	9,0	7,0	33,0
%	55,0	4,2	7,5	5,8	27,5
Vm (Km/h)	57,8	44,1	52,9	51,0	52,0
Vm foránea	57,4	0,0	44,7	50,5	-
Vm no foránea	58,2	88,2	61,1	51,5	-
Placa foránea	51,0	1,0	2,0	6,0	

PC2 - La Boquilla - Cartagena					
	A	T	B	C	M
Cantidad	32,0	7,0	10,0	19,0	12,0
%	40,0	8,8	12,5	23,8	15,0
Vm (Km/h)	73,8	68,0	58,0	63,7	54,6
Vm foránea	73,8	61,4	56,8	63,6	-
Vm no foránea	73,8	74,5	59,2	63,7	-
Placa foránea	22,0	1,0	4,0	17,0	

PC2 - Cartagena - La Boquilla					
	A	T	B	C	M
Cantidad	44,0	4,0	5,0	15,0	12,0
%	55,0	5,0	6,3	18,8	15,0
Vm (Km/h)	67,7	65,7	67,9	59,4	57,5
Vm foránea	67,4	0,0	58,3	59,3	-
Vm no foránea	67,9	131,4	77,6	59,6	-
Placa foránea	35,0	1,0	2,0	14,0	

RV4 la boquilla - Cartagena					
	A	T	B	C	M
Cantidad	66,0	9,0	9,0	17,0	19,0
%	55,0	7,5	7,5	14,2	15,8
Vm (Km/h)	73,4	62,0	47,8	66,7	59,4
Vm foránea	72,4	0,0	69,0	66,3	-
Vm no foránea	74,3	124,0	26,7	67,0	-
Placa foránea	35,0	1,0	1,0	15,0	

RVV4 - Cartagena - La Boquilla					
	A	T	B	C	M
Cantidad	59,0	5,0	4,0	18,0	34,0
%	49,2	4,2	3,3	15,0	28,3
Vm (Km/h)	75,3	85,1	72,5	58,7	56,4
Vm foránea	74,5	0,0	0,0	59,4	-
Vm no foránea	76,2	170,3	145,0	58,0	-
Placa foránea	44,0	1,0	1,0	11,0	

7. CONCLUSIONES

1. La evidencia indica que los resaltos virtuales no son efectivos para reducir la velocidad en el Anillo vial de Cartagena, entre el barrio Crespo y el corregimiento La Boquilla. Cabe mencionar que en algunos casos las velocidades promedio son mayores en los resaltos virtuales que en los puntos de control.
2. Velocidades de punto promedio:
 - Promedio alrededor de RV1: 55,92 Km/h
 - Promedio alrededor de Rv2: 57,51Km/h
 - Promedio alrededor de Rv3: 42,91Km/h
 - Promedio alrededor de Rv4: 67,61Km/h
3. El comportamiento de los conductores es similar tanto para los que tienen placas de Cartagena como para los que no. Sin embargo, este es un punto a mirar con mucho detenimiento, ya que es sabido que en la ciudad hay circulando muchísimos vehículos matriculados fuera de Cartagena por múltiples razones, entre ellas, el ahorrar un poco de dinero en impuestos.
4. En este estudio se demostró la efectividad de los resaltos físicos en el punto de estudio del Retén militar. Los resaltos, aunque físicos, no actuaron sólo, sino que contaban con otras dos medidas como son la demarcación con conos reflectivos de los carriles y la presencia de autoridad. Las velocidades presentadas en este punto fueron de menos del 30% de las velocidades promedio de los otros puntos estudiados.

Ante la pregunta de investigación “¿Son efectivos los reductores virtuales de velocidad para reducir las velocidades de tránsito en el Anillo vial de Cartagena?”, la respuesta es NO.

Los resultados presentes respaldan los alcanzados en otras investigaciones ya citadas de la Universidad de Cartagena ((Alandete & Palomino, 2008) y (Castaño & Gómez , 2008)), donde se demuestra la efectividad de los resaltos y otros reductores físicos para reducir la velocidad tráfico. Estas investigaciones muestran que el cruce peatonal o cebra, que es un reductor virtual, no es efectiva para reducir las velocidades del tráfico. En las zonas estudiadas los vehículos sin el reductor de velocidad circulaban a una velocidad media aproximada de 33.2 Km/h, mientras que con la presencia de la cebra lo hacían a una velocidad media mayor, de aproximadamente 46.75 Km/.

La importancia de la presente investigación radica principalmente en que demuestra claramente con argumentos claros la inoperancia de los reductores virtuales de velocidad en el Anillo vial de Cartagena. Dicho de otra manera, ahora se sabe de manera objetiva y no subjetiva que si se quiere reducir la velocidad en ciertos puntos de la vía en estudio, se deben implementar otras medidas diferentes o adicionales a los reductores virtuales existentes.

El presente estudio también es una seria confirmación de otros estudios previos realizados en el mismo tema por la Universidad de Cartagena y su grupo de investigación INVITRA. Es decir, que, le da aún más validez a los otros estudios. Por ejemplo, analizando los resultados y conclusiones de la tesis *Tipificación de los reductores físicos usados en nuestro medio* (Castaño & Gómez , 2008), en la parte que habla sobre los cruces peatonales (donde dice que las velocidades sobre estos son incluso más altas que en otros tramos donde no está), podríamos inferir, antes de hacer mediciones de tiempo, que los resultados sobre los resaltos virtuales en el anillo vial serían similares.

8. RECOMENDACIONES

La principal recomendación es no usar los resaltos virtuales sin acompañarlos de otras medidas para pacificar el tráfico.

Dicho de otra manera, los resaltos virtuales funcionan sólo si se acompañan de otro tipo de técnicas físicas como resaltos móviles o fijos, franjas vibradoras, entre otros.

Bibliografía

- Alandete, L., & Palomino, A. (2008). *Tesis de grado: incidencia de los reductores físicos en al velocidad de los vehículos*. Cartagena, Bolívar: Universidad de Cartagena.
- Balcázar, J. (2005). *Manual del sistema de gestión para la prevención y la reducción de la accidentalidad vial en las empresas de transporte público de pasajeros*. Colombia: Fondo de prevención vial.
- Cal, Mayor, & Asociados. (s.f.). *Manual de planeación y diseño para la administración del tráfico y transporte. Tomo V, capítulo 4*. Editado por Alcaldía Mayor de Bogotá. Secretaría de tránsito y transporte.
- Castaño, S., & Gómez, J. (2008). *Tesis de grado: Tipificación de los reductores físicos usados en nuestro medio*. Cartagena, Bolívar: Universidad de Cartagena.
- Código nacional de tránsito terrestre. *Ley 769 de Agosto 6 de 2002*. (2002). Bogotá, Colombia.
- Corporación Fondo de prevención vial y Universidad de Los Andes. (2013). *Anuario estadístico de accidentalidad vial, Colombia 2011*. Bogotá, Colombia.
- Fernández, D., & Guzmán, E. (2006). *Tesis de grado: Incidencia de la señalización en los accidentes de vías urbanas en la ciudad de Cartagena*. Cartagena, Bolívar: Universidad de Cartagena.
- García García, H. I., Vera Giraldo, C., & Zuluaga Ramírez, L. (2011). Características de los accidentes de tránsito con personas lesionadas atendidas en un hospital de tercer nivel de Medellín, 1999 - 2008. *Revista Gerencia Y Políticas De Salud*, 10(21), 101-111.
- Gutiérrez, C., Romani, F., Wong-Chero, P., & Montenegro-Idrogo, J. (2014). Perfil epidemiológico de la discapacidad por accidentes de tránsito en el Perú, 2012. *Revista Peruana De Medicina Experimental Y Salud Pública*, 31(2), 267-273.
- Ministerio de transportes y comunicaciones de la República de Perú. (2007). *Reductores de velocidad tipo resalto*. Perú.
- Muñoz, G. L. (2002). *La pacificación del tránsito o tránsito calmado*. Medellín, Colombia: Fondo de prevención vial.
- Mutual de seguridad C Ch C. (s.f.). *Prevención de riesgos de tránsito*. Chile.
- ONU. (2007). *Folleto Primera semana mundial de las Naciones Unidas sobre la seguridad vial (23 al 29 de Abril de 2007)*.
- Pico Merchán, M. E., González Pérez, R. E., & Noreña Aristizábal, O. P. (2011). Seguridad vial y peatonal: una aproximación teórica desde la política pública. *Hacia La Promoción De La Salud*, 16(2), 190-204.
- Secretaría de desarrollo social (SEDESOL). Subsecretaría de desarrollo urbano y ordenación del territorio. Dirección general de ordenación del territorio. (2001). *Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades mexicanas. Manual normativo*. México, D. F.
- Spiegel, M. R. (1998). *Estadística. 2ª edición*. Colombia.: McGraw-Hill. Impreso por Printer Colombia S.A.
- Tena-Sánchez, J., & León, F. J. (2012). Nuevas políticas de seguridad vial y motivación de los ciudadanos. *Revista Española De Investigaciones Sociológicas (138)*, 63-88.
- Universidad de Barcelona. (1998). *Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales (Vol. Edición No. 87)*. Barcelona, España.
- Van Dalen, D., & Meyer, W. (s.f.). *Manual de técnica de la investigación educacional*.

- Vargas, C., Castro, C., Martos, F. J., & Trujillo, H. M. (2012). Conocimiento de las normas de tráfico en función de la edad y de la importancia para la seguridad vial. *Universitas Psychologica*, 11(4), 1277-1289.
- Zorrilla, S. (1993). *Introducción a la metodología de la investigación*. México: Editorial Océano.