



**Análisis de la información y el procedimiento requerido en la evaluación de viabilidad para la instalación de puentes peatonales en vías de cuarta generación**

Diego Armando Fernández Ortiz

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor

Hernán Darío González Zapata, MSc. en Ingeniería Civil

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil

Medellín

2023

<b>Cita</b>	(Fernández Ortiz, 2023)
<b>Referencia</b>	Fernández Ortiz, D.A. (2023). <i>Análisis de la información y el procedimiento requerido en la evaluación de viabilidad para la instalación de puentes peatonales en vías de cuarta generación</i> , [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Julio Cesar Saldarriaga Molina.

**Jefe departamento:** Lina María Berruët Cadavid.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

Especialmente a mis padres y hermanos.

## **Agradecimientos**

Entero agradecimiento a mis padres y hermanos, por el esfuerzo y apoyo constante, importante en el crecimiento profesional y como persona. En particular a mi hermano Jhon Fernández por darme la oportunidad de avanzar de su mano a un mejor futuro. A la Universidad de Antioquia que me ha enseñado lo esencial del conocimiento y el amor al aprendizaje continuo para la vida. A la Ingeniera Esp. Margarita López, por abrir las puertas de su empresa y darme la oportunidad de aprender de su experiencia dándome la confianza para afrontar retos. A mi asesor interno Hernán Darío González, MSc. en Ingeniería Civil, por el apoyo y dedicación en el avance de mi informe. Y a mis amigos, que desde el inicio de mi carrera profesional han generado un ambiente hogareño en mis años de preparación lejos de casa.

## Tabla de contenido

Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
1 Objetivos	13
1.1 Objetivo general	13
1.2 Objetivos específicos	13
2 Marco teórico	14
2.1. Cruce a nivel:	20
2.1.1. Cruce regulado por semáforo	20
2.1.2. Cruce regulado por señalización vertical y demarcación horizontal.	21
2.1.3. Isla o refugio peatonal	22
2.2. Cruce a desnivel	22
2.3. Accesibilidad incluyente	24
2.4. Volúmenes de tránsito	24
2.4.1. Aforo mecánico	25
2.4.2. Aforos manuales	25
3 Metodología	26
3.1 Etapa 1	26
3.2 Etapa 2	26
3.3 Etapa 3	27
4 Resultados	28
4.1. Evaluación del entorno y crecimiento inmobiliario	29
4.2. Análisis de seguridad vial	34
4.3. Tráfico vehicular	34

4.4. Tráfico peatonal	37
4.4.1. Estudios de inventario	39
4.4.2. Estudios de observación	39
4.4.3. Volumen de tránsito peatonal	41
4.5. Presentación final del estudio	44
5 Conclusiones	46
6 Recomendaciones	48
Referencias	50
Anexos	52
Anexo 1. Formato de tabla para la tabulación de datos recogidos en campo para vehículos	52
Anexo 2. Formato de tabla para la tabulación de datos recogidos en campo del aforo de peatones.	55



## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b>	Formato de tabla para la tabulación de datos recogidos en campo para vehículos	37
<b>Tabla 2</b>	Formato de tabla para la tabulación de datos recogidos en campo del aforo de peatones.	42
<b>Tabla 3</b>	Tabla de contenido de muestra para informes de estudios de viabilidad para la instalación de puentes peatonales en vías 4G	44

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b>	Causas de muertes en Colombia en el año 2022	16
<b>Figura 2</b>	Total de muertos desde el mes de enero hasta junio de 2023	17
<b>Figura 3</b>	Muertos en zona rural desde el mes de enero hasta junio de 2023	18
<b>Figura 4</b>	Lesionados en zona rural desde el mes de enero hasta junio de 2023	18
<b>Figura 5</b>	Cruce regulado por semáforo localizado en tramo de vía	21
<b>Figura 6</b>	Cruce escalonado regulado por semáforo con isla peatonal	21
<b>Figura 7</b>	Paso cebra en tramo de vía.	21
<b>Figura 8</b>	Islas o refugios peatonales	22
<b>Figura 9</b>	Cruce a desnivel - puente peatonal	23
<b>Figura 10</b>	Cruces sobre vía principal en corredores peatonales rurales	29
<b>Figura 11</b>	Ejemplo de localización y área de influencia, Guarne, Antioquia	30
<b>Figura 12</b>	Esquema detallado de las competencias para las vías del desarrollo metropolitano	30
<b>Figura 13</b>	Ejemplificación de vía a intervenir y área de influencia de posible proyecto	32
<b>Figura 14</b>	Mapa de usos del suelo de Guarne, Antioquia	33
<b>Figura 15</b>	Formato de tabla para aforos vehiculares	36
<b>Figura 16</b>	Ejemplo 1 Comportamiento exhibido de peatones	40
<b>Figura 17</b>	Ejemplo 2 Comportamiento exhibido de peatones	40
<b>Figura 18</b>	Ejemplo 3 Sentidos de distribución del flujo peatonal al cruzar la vía	41
<b>Figura 19</b>	Formato de tabla para la recolección de datos en campo de los peatones	43

## **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

<b>4G</b>	Cuarta Generación
<b>APP</b>	Asociación Público – Privada
<b>ANI</b>	Agencia Nacional de Infraestructura
<b>ANSV</b>	Agencia Nacional de Seguridad Vial
<b>DANE</b>	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
<b>INCO</b>	Instituto Nacional de Concesiones
<b>INMLCF</b>	Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses
<b>INVIAS</b>	Instituto Nacional de Vías
<b>NTC</b>	Norma Técnica Colombiana
<b>PBOT</b>	Plan Básico de Ordenamiento Territorial
<b>PNSV</b>	Plan Nacional de Seguridad Vial
<b>POT</b>	Plan de Ordenamiento Territorial

## Resumen

El objetivo de este documento es proporcionar información a los lectores interesados en movilidad y seguridad vial acerca de la necesidad de desarrollar metodologías centradas en la protección y el cuidado de los peatones en las vías 4G, que experimentan un alto flujo vehicular. El informe aborda las normativas destinadas a proteger a los diferentes actores viales, así como diversos estudios enfocados en el diseño de puentes peatonales y la infraestructura vial, con el propósito de identificar las mejores prácticas para garantizar la seguridad de los peatones y promover un cruce seguro.

Dadas las particularidades de las vías 4G, como la velocidad y la capacidad, y considerando los datos de incidentes que evidencian la vulnerabilidad de los distintos actores viales en vías de alta velocidad, se presentan alternativas para garantizar la seguridad de estos, poniendo un énfasis especial en los puentes peatonales. El informe incluye un análisis de la viabilidad de estas alternativas y evalúa algunos parámetros a considerar para contribuir de manera significativa a la mejora de la seguridad vial.

*Palabras clave:* movilidad, vías 4G, actores viales, incidentes viales, puentes peatonales, seguridad vial.

### **Abstract**

This document aims to inform readers interested in mobility and road safety about the need to develop methodologies focused on protecting and caring for pedestrians on 4G roads, which experience high vehicular flow. The report addresses regulations intended to protect different road users, as well as, various studies focused on the design of pedestrian bridges and road infrastructure, with the purpose of identifying best practices to ensure pedestrian safety and promote safe crossing.

Given the particularities of 4G roads, such as speed and capacity, and considering incident data that highlights the vulnerability of different road users on high-speed roads, alternatives are presented to ensure their safety, with a special emphasis on pedestrian bridges. The report includes an analysis of the feasibility of these alternatives and evaluates some parameters to consider contributing significantly to the improvement of road safety.

*Keywords:* mobility, 4G roads, road users, traffic incidents, pedestrian bridges, road safety.

## Introducción

En Colombia, los altos índices de incidentes viales registrados anualmente representan una de las principales causas de lesiones y muertes, lo que sitúa la seguridad vial como una preocupación de vital importancia en el país. Esta preocupación se extiende a diversos ámbitos, destacando su relevancia en proyectos de ingeniería civil, como las vías de cuarta generación (4G), caracterizadas por permitir altas velocidades y localizarse principalmente en áreas rurales. Esta particularidad añade un desafío adicional en términos de seguridad vial, ya que las carreteras rurales presentan condiciones y características distintas a las áreas urbanas, y son transitadas tanto por vehículos de carga como por vehículos particulares, lo que aumenta la complejidad de la seguridad vial y genera conflictos en la movilidad vial.

Por otro lado, en muchos casos, los conflictos en la movilidad se pueden resolver mediante la implementación de pasos peatonales a nivel, como los regulados por semáforos, señalización vertical u horizontal, así como mediante reductores de velocidad para los vehículos o la creación de islas o refugios para peatones (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2021). Sin embargo, la elección entre estas soluciones y la instalación de puentes peatonales o pasos subterráneos depende de las características de las vías, los volúmenes de tráfico vehicular y el flujo peatonal. En algunos casos, los cruces a desnivel, como la instalación de puentes peatonales, se consideran una opción más efectiva para abordar los conflictos entre peatones y conductores.

Esta investigación se enfoca en recopilar datos y estudios relacionados con la dinámica de los peatones, el tráfico vehicular y el entorno para encontrar las mejores alternativas que permitan reducir los índices de incidentalidad, evaluando principalmente la viabilidad de la instalación de puentes peatonales en las vías 4G y desarrollando un marco de contenido que pueda ser utilizado por empresas y entidades interesadas en implementar soluciones de seguridad vial en sus áreas de estudio.

## **1 Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Desarrollar una metodología para el proceso de evaluación, en términos de movilidad y seguridad vial, que permita definir la viabilidad de la instalación de puentes peatonales en vías de cuarta generación (4G).

### **1.2 Objetivos específicos**

- Revisar la normativa nacional vigente, así como la información local e internacional relevante, con el propósito de identificar los tipos de estudios fundamentales para la implementación de la metodología.
- Definir los tipos de estudios relacionados con la movilidad y la seguridad vial que permitirán evaluar la viabilidad de instalar puentes peatonales en las vías 4G.
- Diseñar y elaborar un cuadro de contenido destinado a la presentación de informes sobre los resultados de los estudios de viabilidad para la instalación de puentes peatonales, facilitando así su comprensión y utilización por parte de empresas y entidades interesadas.

## 2 Marco teórico

Las contrataciones de vías de cuarta generación (4G) son un modelo implementado en Colombia para el desarrollo de infraestructura vial por medio de una asociación público – privada (APP), creadas con el objetivo de modernizar y expandir la red de carreteras del país, mejorando la conectividad y promoviendo el desarrollo económico. Este proceso de contratación comienza en el 2010 con el presidente Juan Manuel Santos Calderón, donde observa la necesidad de invertir en infraestructura vial promoviendo la participación del sector privado en la construcción y mantenimiento tal como lo habían implementado otros países. Inicialmente, con el plan nacional de desarrollo llamado “*Prosperidad para todos*” con la ley 1450 de 2011, dando un salto al mejoramiento en el marco legal que sustente los lineamientos de las concesiones venideras. Luego la ley 1508 de 2012 conocida como la “*Ley de asociación público-privadas*”, donde se definen los lineamientos para la ejecución de proyectos de infraestructura, en el cual, el sector privado asume la responsabilidad de financiar, construir, operar y mantener las vías por un periodo de tiempo determinado. Finalmente, con la ley 1582 de 2013 “*Ley de infraestructura*” y con el decreto 4165 de 2011 se cambia la naturaleza jurídica del INCO “Instituto Nacional de Concesiones” por la ANI “Agencia Nacional de Infraestructura” la cual nace de la mano con las Vías 4G (Casado, 2020).

*“Hemos decidido que la Cuarta Generación de Concesiones es la oportunidad para arreglar los problemas del pasado”* (Oficina de comunicaciones ANI, 2013). Mediante el foro de infraestructura con seguridad vial, Luis Fernando Andrade, anteriormente presidente de la agencia nacional de infraestructura, menciona en su intervención que en el programa de cuarta generación se implementaría una estrategia de sistema integrado de seguridad vial, sin embargo, en éste se mencionaron tres aspectos que son, mejoramiento de especificaciones técnicas de las vías, adecuado mantenimiento de los elementos constructivos de las vías y generar mayor compromiso de los concesionarios mediante la medición de índices de mortalidad; en los cuales, se evidencia el mayor compromiso respecto al tratamiento de la infraestructura para el modo de transporte motorizado y no en el tratamiento de los modos activo de viaje, evidentemente son hechos que mejoran la calidad de los viajes, la eficiencia y de seguridad vial del país.

Aun así, no son suficientes al tener en cuenta que la pirámide de jerarquía de la movilidad da prioridad a los peatones, ciclistas y demás actores vulnerables, y aunque esta pirámide le dé un enfoque mayor al uso de modos activos como formas de cambio al transporte más sostenible y

amigable ambientalmente, no se debe dejar atrás el hecho de que conlleva una gran responsabilidad con la vida y la infraestructura para cumplir con los planes a corto, mediano y largo plazo de la seguridad vial a nivel nacional.

Según Ochoa et al. (2014), en el momento de la creación de las concesiones 4G, aún estaba en vigencia el manual de señalización vial del año 2004. En este contexto, los proyectos ejecutados por el INVIAS y la ANI incorporaron requisitos de seguridad de manera limitada, lo que no consideró plenamente la seguridad de los peatones y otros actores vulnerables. Esto destaca la necesidad de establecer medidas más rigurosas en la estructuración técnica de las vías 4G, lo que implica realizar auditorías de seguridad vial y aplicar criterios generales de diseño que reflejen las estadísticas de incidentes en el país.

Siguiendo con lo expresado respecto a la seguridad vial, el Ministerio de Transporte de Colombia crea conciencia y organización a través de tratamientos y lineamientos técnicos con el objetivo de reducir los incidentes de tránsito y mejorar la infraestructura vial del país. Una de las iniciativas es el “*Plan Nacional de Seguridad Vial*”, que busca reducir los índices de siniestralidad en las vías, éste incluye acciones como la promoción de la educación vial, la implementación de campañas de concientización, el fortalecimiento de la vigilancia y control del tráfico, y la mejora de la infraestructura vial.

Del 2011 al 2020 fue el decenio de acción para la seguridad vial, tiempo en el cual fue el primer paso para crear conciencia sobre las necesidades de los peatones, poniendo en práctica las medidas para mejorar su seguridad. Más adelante mediante el decreto 74/299 de la Asamblea General de Naciones Unidas se proclamó al 2021 y hasta el 2030 como el segundo decenio de acción para la seguridad vial (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2021).

A pesar de lo mencionado anteriormente, datos de la Agencia Nacional de Seguridad Vial (2021), proporcionados por el Observatorio Nacional de Seguridad Vial, muestran que de los años 2018 a 2020 los peatones se han visto involucrados en 40.921 incidentes viales, de los cuales 1.818 han sido víctimas fatales, 39.059 peatones salieron heridos y otros 144 salieron ilesos.

Para abordar estos problemas y reducir los índices de incidentes viales de los actores más vulnerables, como los peatones, se han implementado diversas estrategias. Entre ellas, se destaca la señalización adecuada. Según la Agencia Nacional de Seguridad Vial (2021), en su documento “Orientación de seguridad vial para los pasos peatonales en Colombia”, se mencionan varios tipos de pasos peatonales y sus beneficios. Estos incluyen pasos peatonales regulados por semáforo,

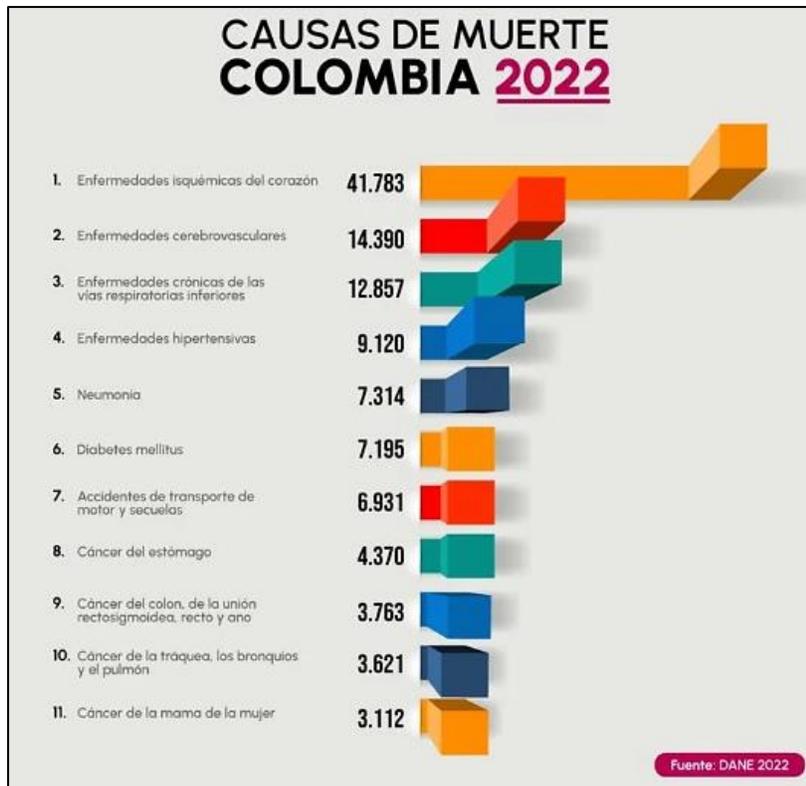
cruces regulados por señalización vertical/horizontal, islas o refugios peatonales, que forman parte de los cruces a nivel, y otros definidos como cruces a desnivel. El Ministerio de Transporte, en colaboración con el Instituto Nacional de Vías, ha desarrollado una “Cartilla de Puentes Peatonales Tipo” diseñada específicamente para vías con luces de hasta 40 metros o cruces hídricos, con el propósito de garantizar la seguridad de los peatones y personas con movilidad reducida (Ministerio de Transporte & Instituto Nacional de Vías [INVÍAS], 2022).

*“La literatura sobre el particular ha demostrado que en general el ser humano tiene aversión a cruzar en vías que tengan infraestructuras a desnivel, especialmente entre las mujeres y adultos mayores. En dicha preferencia juega un rol importante el tiempo de cruce, la accesibilidad y el miedo al crimen”* (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2021). Sin embargo, esto se hace mucho debido a que la mayoría de los cruces a desnivel son puentes peatonales en zona urbana, así como lo especifica el documento en mención, y esto implica que la mayor parte de las vías sean de ancho menor a 10 metros y pueden recorrer la distancia con mayor facilidad. De lo anterior se puede decir que en vías rurales especialmente en vías 4G en donde sus anchos para el recorrido pueden llegar hasta los 40 metros, los peatones y demás actores del modo activo tienen mayor riesgo de sufrir por incidentes viales, lo que conlleva al aumento de sus índices.

Así mismo, según el boletín estadístico mensual del instituto nacional de medicina legal y ciencias forenses INMLCF (2023), hasta el mes de mayo de 2023, el 29,16% de muertes violentas son por eventos de transporte, el cual corresponde a 3.327 víctimas, que, en comparación con el mismo mes, pero del año 2022, las víctimas aumentaron en 160 personas. En cuanto a las lesiones hasta el mes de mayo de 2023 se evidencia un aumento respecto al año anterior de 697 víctimas, para un total de 10.047; todo esto genera preocupación debido a que no se está cumpliendo las metas de reducir los índices de incidentalidad, y aunque no todos se presentan en vías nacionales o concesionadas, una parte de ellos genera malestar en la seguridad de los actores vulnerables.

Por otro lado, el DANE (2023), muestra las siguientes causas de muertes en Colombia para el año 2022.

**Figura 1**  
*Causas de muertes en Colombia en el año 2022*



Nota. Fuente (DANE, 2023).

Los datos presentados en la figura 1 indican que los incidentes de transporte de motor y las secuelas de estos incidentes son una de las principales causas de muerte en Colombia. Estos incidentes ocupan el séptimo lugar en términos de la cantidad de fallecimientos registrados.

Cabe destacar que no todos los incidentes se presentan en vías urbanas, en las zonas rurales los incidentes suman un gran porcentaje tal como lo muestra la ANSV (2023), dónde, al mes de junio del presente año, la cantidad de muertos fue de 4.029 personas, de las cuales 856 fueron peatones y 215 usuarios de bicicleta. De los anteriores datos se tiene registro que las vías rurales representan un porcentaje del 38,4% que corresponde a 1.548 muertos entre los que se encuentran 56 usuarios de bicicleta y 176 peatones. En cuanto a los lesionados en vías rurales para el mismo mes del año 2023 se encuentra que son 329 peatones los afectados y 175 ciclistas.

## Figura 2

*Total de muertos desde el mes de enero hasta junio de 2023*



Nota. Fuente <https://bitly.ws/VvXr> (Agencia Nacional de Seguridad Vial [ANSV], 2021).

### Figura 3

Muertos en zona rural desde el mes de enero hasta junio de 2023



Nota. Fuente <https://bitly.ws/VvXr> (Agencia Nacional de Seguridad Vial [ANSV], 2021).

### Figura 4

Lesionados en zona rural desde el mes de enero hasta junio de 2023



Nota. Fuente <https://bitly.ws/VvXr> (Agencia Nacional de Seguridad Vial [ANSV], 2021).

Existe un claro ejemplo de la vulnerabilidad peatonal, y es lo ocurrido frecuentemente en el corredor vial perteneciente a concesión Devimed S.A., Autopista Medellín - Bogotá, la cual según El Colombiano (2023), los habitantes de las veredas de Guarne y Rionegro, cercanas a la autopista Medellín-Bogotá, enfrentan graves problemas de seguridad peatonal debido a la falta de infraestructura esencial, en particular la ausencia de puentes peatonales. Lo cual ha llevado a una serie de accidentes y lesiones graves en la comunidad. La situación se agravó recientemente con el incidente en el que una niña de dos años estuvo cerca de morir aplastada por un camión.

Es entonces evidente que el incidente resalta el peligro constante al que se enfrentan los residentes de las veredas, es por eso que se dimensiona como la comunidad ha estado atrapada en una situación peligrosa debido a la falta de medidas de seguridad vial.

De la misma manera, se debe considerar que muchas concesiones de cuarta generación pasan cerca a otras veredas o caseríos y se debe tener mucha precaución con la protección de la vida de los habitantes que requieren cruzar estas vías, que por lo general tienen especificaciones que permiten desarrollar altas velocidades.

El periódico El Colombiano (2023), menciona también en el mismo reporte que en los últimos dos años, se han registrado más de 500 choques en la zona, con más de 300 personas heridas y varias muertes y la comunidad ha formado colectivos para buscar soluciones, incluyendo la construcción de puentes peatonales, retornos, bahías de estacionamiento y reductores de velocidad.

Sin embargo, algunas de las soluciones propuestas, como los "corbatines" para retornos, han demostrado ser inseguras y peligrosas para los peatones. Así mismo, disminuir las velocidades a las vías sería dar un paso hacia atrás en cuanto a uno de los propósitos por el cual fue creada esta generación de vías.

Por todos estos incidentes urge conseguir mejorar la seguridad para todos los actores viales, sin embargo, los más vulnerables son los que requieren mayor atención, por esta razón se debe generar diagnósticos, estudios y formular una propuesta que ayude a contrarrestar las muertes y lesiones producidas en las carreteras nacionales debido al tránsito de vehículos automotores.

Si bien se conoce que se han venido implementando las vías de cuarta generación como un progreso en la calidad y la eficiencia de los desplazamientos con altos estándares de diseño y tecnología, mejorando la movilidad vehicular y los tiempos de recorridos en desplazamientos largos, también se debe dejar en claro que se habla muy poco de la seguridad de los modos activos de transporte en estas vías (En particular en zonas pobladas) y la manera de abordar las preocupaciones generadas, es por esto que se debe ahondar en el estudio de pasos peatonales.

Por lo anterior se exponen los siguientes tipos de pasos peatonales posibles para un tipo de vía o de movimiento que se asemeje a las vías de cuarta generación como lo expone la ANSV (2021):

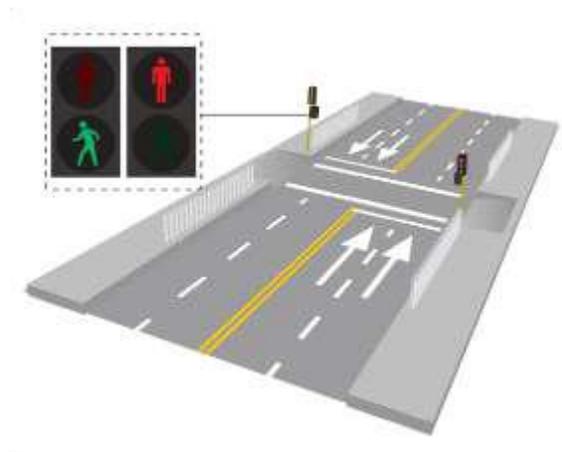
## **2.1. Cruce a nivel:**

### ***2.1.1. Cruce regulado por semáforo***

Entre las vías reguladas por semáforo se encuentra, el localizado sobre un tramo de vía tal como lo muestra la figura 5:

**Figura 5**

*Cruce regulado por semáforo localizado en tramo de vía*

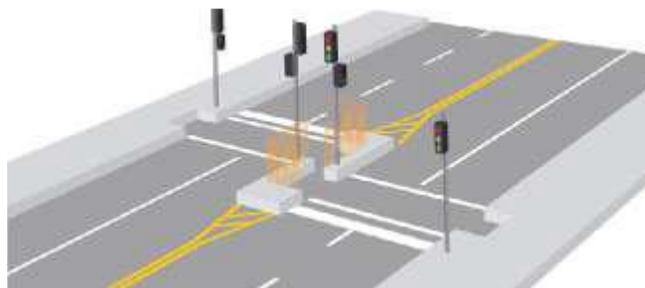


*Nota.* Fuente (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2021)

De la misma forma se cuenta con cruce escalonado el cual también es controlado por semáforo. Sin embargo, este cuenta con una isla o refugio para los peatones.

**Figura 6**

*Cruce escalonado regulado por semáforo con isla peatonal*



*Nota.* Fuente (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2021)

### ***2.1.2. Cruce regulado por señalización vertical y demarcación horizontal.***

Éste cumple una función esencial en la movilidad de los actores viales vulnerables. No obstante, en este tipo de vías también requiere de la participación voluntaria de todos los usuarios en sus respectivos vehículos.

**Figura 7**

*Paso cebra en tramo de vía.*



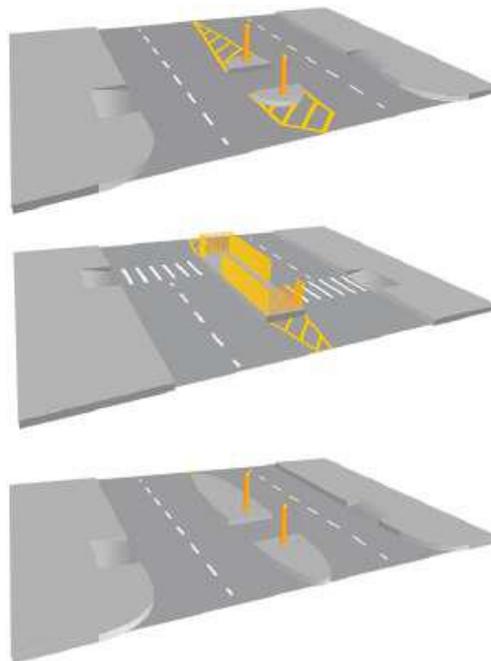
*Nota.* Fuente (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2021)

### ***2.1.3. Isla o refugio peatonal***

Se puede considerar el hacer uso de islas o refugios, o de separadores con cruce peatonal tal como lo muestra la figura 8, sin embargo, la velocidad de los vehículos que circulan por la vía sería un riesgo mayor para los transeúntes.

### **Figura 8**

*Islas o refugios peatonales*



*Nota.* Fuente (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2021)

## **2.2. Cruce a desnivel**

En este grupo de métodos para salvaguardar la vida de los peatones están tanto los puentes peatonales, como los pasos subterráneos. En ambos casos los peatones, discapacitados, ancianos y demás, no intervienen en el flujo vehicular ni interaccionan, de tal forma que el riesgo de lesiones, heridos de gravedad, o de muertes se reduce en gran medida.

### Figura 9

*Cruce a desnivel - puente peatonal*



*Nota.* Fuente (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2021)

A raíz de lo anteriormente mencionado, aunque los pasos a nivel son incluyentes y las personas tienen mayor acceso y seguridad en cuanto a robos y otro tipo de delincuencia, la población en silla de ruedas, adultos mayores y niños se ven parcialmente afectados, debido a la lentitud de los pasos o poca agilidad visual, auditiva u otras, lo que conlleva a mayores riesgos de incidentes de estos. Pese a eso, las concesiones de vías 4G, se realizaron y se hacen entre otras cosas con el propósito de reducir los tiempos de viajes de los usuarios que poseen un vehículo, lo cual implica el aumento considerable de las velocidades y que crear pasos a nivel va en sentido

contrario a su objetivo, por lo cual, y con el pensamiento puesto en las personas con mayor dificultad de traslado, se realiza el estudio enfocado en la instalación de puentes peatonales.

### **2.3. Accesibilidad incluyente**

Al tener que observar la necesidad de infraestructura física para los peatones y demás actores que estén en riesgo en las vías por su estado de vulnerabilidad, se ve necesaria una accesibilidad para ellos.

La accesibilidad se puede entender como: la facilidad en el desplazamiento de los peatones para acceder o interactuar en un espacio público. En términos prácticos implica que los peatones logren: llegar, ingresar, usar, salir, de los espacios de origen o destino referidos a intereses particulares. (Instituto Desarrollo Urbano Alcaldía Mayor Santa Fe de Bogotá, s.f.).

De la misma forma se relaciona la palabra “incluyente” como a la “Ley Universal” planteada por el mismo autor, dónde se destaca la participación por parte de una gran cantidad de beneficiarios de la infraestructura, en la cual se tiene en cuenta personas en silla de ruedas, mujeres embarazadas o personas con bebés en sus coches, adultos mayores entre otras personas con discapacidades.

Los puentes peatonales son vitales ya que la seguridad es principal para que los transeúntes se sientan bien y salvaguardados, de hecho, en la infraestructura debe cumplir esas funciones, por lo tanto, se debe dar la separación de flujos entre calzadas vehiculares e infraestructura peatonal de tal forma que el peatón se sienta con garantías de poder cruzar las vías y hacer parte de la movilidad. Así mismo se debe tener presente que quienes más necesitan la inclusión son usuarios ambulantes, o sea peatones con hemiplejía, amputados, en estado de embarazo, de tercera edad, extremidades enyesadas; también usuarios sensoriales como peatones con ceguera o con baja visión, o con sordera. (Instituto Desarrollo Urbano Alcaldía Mayor Santa Fe de Bogotá, s.f.).

### **2.4. Volúmenes de tránsito**

Se trata de aforos que se toman para registrar el número de vehículos o de peatones que pasan por alguna vía o acera o por un punto específico. Estos aforos se pueden realizar de dos maneras tal como lo muestra el manual de estudios de ingeniería de tránsito.

#### ***2.4.1. Aforo mecánico***

Los aforos mecánicos contemplan el uso de equipos mecánicos sofisticados, como los contadores mecánicos portátiles, o contadores portátiles permanentes.

#### ***2.4.2. Aforos manuales***

Lo compone uno o más aforadores, personas encargadas de realizar observaciones, tomar movimientos direccionales de vehículos o personas, orígenes y destinos, clasificar vehículos o clasificar peatones, entre otras actividades necesarias que se realicen en campo (Box P. & Oppenlander, 1985).

### **3 Metodología**

La metodología escogida a partir de una revisión bibliográfica aborda la propuesta de investigación por medio de obtención de información y datos históricos, y verificación de actividades y comportamientos en las zonas por donde se planea la realización de proyectos nuevos de vías de cuarta generación o ya existentes y que necesitan un tratamiento en la disminución de los índices de incidentalidad vial. Este trabajo se desarrolla con un enfoque cualitativo.

#### **3.1 Etapa 1**

Mediante la información recopilada en el capítulo anterior se evidencia la necesidad de llevar a cabo la instalación de puentes peatonales, ya que las iniciativas como cruce en cebra, pasos regulados por semáforos, refugios, entre otros cruces a nivel no son viables en vías 4G, debido en gran parte a la velocidad y características físicas de las vías. Por ende, en el capítulo 4 se realiza una descripción de los estudios necesarios para la instalación de puentes peatonales en vías de cuarta generación, además observaciones de los comportamientos de los usuarios de a pie.

#### **3.2 Etapa 2**

En esta etapa se considera la necesidad de resolver los problemas de movilidad para los peatones, ciclistas y demás actores vulnerables que se encuentran en la parte alta de la pirámide de jerarquía de la movilidad, por lo tanto, se presentan algunos estudios importantes que se deben realizar para garantizar una instalación adecuada de puentes peatonales, ya que requiere una cuidadosa planificación y consideración de la movilidad y seguridad vial.

Alguna información se basa en la utilización del Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito con ciertas variaciones que se notarán más adelante, variaciones que corresponden a la adaptación del tipo de vía que se desea estudiar, que en este caso son las vías 4G. Además, se consideran datos del documento “Orientaciones de Seguridad Vial para los Pasos Peatonales” lo cual permite un mejor análisis.

### **3.3 Etapa 3**

Finalmente, teniendo en cuenta los casos definidos con anterioridad se resume en un cuadro de contenido la presentación de informes con el estudio que permite conocer la viabilidad de la instalación del puente peatonal en la zona de estudio.

## 4 Resultados

Por lo expuesto en el capítulo 2, se pretende encontrar una solución para los puntos de cruce en carreteras principales, en áreas rurales dónde hay tránsito de peatones. La idea es construir puentes peatonales que conecten lugares donde haya mayor tráfico de peatones y las vías sean demasiado rápidas. En las carreteras nacionales, por ejemplo, según el periódico Semana, quedaron limitados a 90 k/h. Sin embargo, en las vías 4G y 5G se podrían alcanzar velocidades de 120 k/h. La resolución que lo resuelve es la numero 20233040025995 expedida por el ministerio de transporte de Colombia el 22 de junio del 2023 (Semana, 2023).

Para estos puentes, en algunos casos, se pueden utilizar escaleras para su acceso, mientras que en otros se implementarían rampas además de escaleras. Las características del terreno y la topografía del lugar determinarían qué tipo de acceso se podría utilizar en cada caso específico, sin embargo, esta solución debería estar enmarcada en garantizar accesibilidad universal.

Existen varias formas de abordar esta problemática y en términos de diseño, las opciones más recomendadas son la construcción de puentes en forma de viga cajón que cuenten con rampas y escaleras adaptadas a la topografía del lugar y puentes colgantes para facilitar el cruce de peatones de manera segura (Instituto Nacional de Vías [INVIAS], 2022). Sin embargo, el tema de diseño se deja al especialista a cargo, sin dejar que olvide la importancia de incluir acceso a las personas en situación de discapacidad y demás actores que lo requieren. De igual manera se deben cumplir con los requisitos de la Norma Técnica Colombia NTC-4774, NTC-4143 y NTC-4145 y NTC-4349 (Superintendencia de Transporte, 2022).

La siguiente Figura, muestra uno de los posibles diseños de puente sobre una vía principal en corredores peatonales rurales en el que se evidencia el acceso mediante rampa.

**Figura 10**

*Cruces sobre vía principal en corredores peatonales rurales*



*Nota. Fuente (Instituto Nacional de Vías [INVIAS], 2022).*

Como se planteó en el capítulo anterior, a continuación, se realiza una descripción de los estudios que se consideran necesarios para la instalación de puentes peatonales y demás observaciones para ayudar en la reducción de índices de incidentalidad.

#### **4.1. Evaluación del entorno y crecimiento inmobiliario**

“El análisis del entorno es una herramienta esencial de la gerencia” (Fernández Torres, 2003) En nuestro contexto es una herramienta fundamental para la gestión social. Esta técnica permite realizar una evaluación temprana del entorno en el que se llevarán a cabo proyectos de construcción, identificando oportunidades y posibles riesgos que podrían afectar la ejecución exitosa de dichos proyectos. Así mismo, es esencial para comprender y desarrollar estrategias efectivas y asegurar que las decisiones sean coherentes con los objetivos a largo plazo de la organización.

El crecimiento inmobiliario se debe tener presente, y basado en los POT de cada municipio se puede observar las áreas de parcelación o de futuras áreas de expansión, así mismo, la ubicación de construcciones de centros productivos, instituciones o lugares que demanden el paso de gran cantidad de personas, de modo que se tenga una buena proyección para dar solución a las necesidades de los actores viales vulnerables tanto a corto como a largo plazo.

Así, esta evaluación de entorno y crecimiento inmobiliario comprende la localización general de los proyectos, que se deben mostrar claramente con imágenes ilustrativas y descripción, la posible ubicación del puente peatonal, lo cual se debe hacer de manera táctica para el

aprovechamiento máximo del mismo. Naturalmente hablamos de las vías de Colombia, por ende, se debe iniciar con lo anterior y algunos datos generales, sin importar que esté implícito en el informe del estudio que se esté llevando a cabo, mostrando un mapa general del departamento, municipio, sector y red vial nacional 4G o la vía rural de altas velocidades que se piensa estudiar, esto depende del tipo de proyecto que se adelante alrededor. Del mismo modo se debe mencionar junto al tipo de vía, a qué jurisdicción pertenece.

Como ejemplo se tienen las siguientes ilustraciones:

**Figura 11**

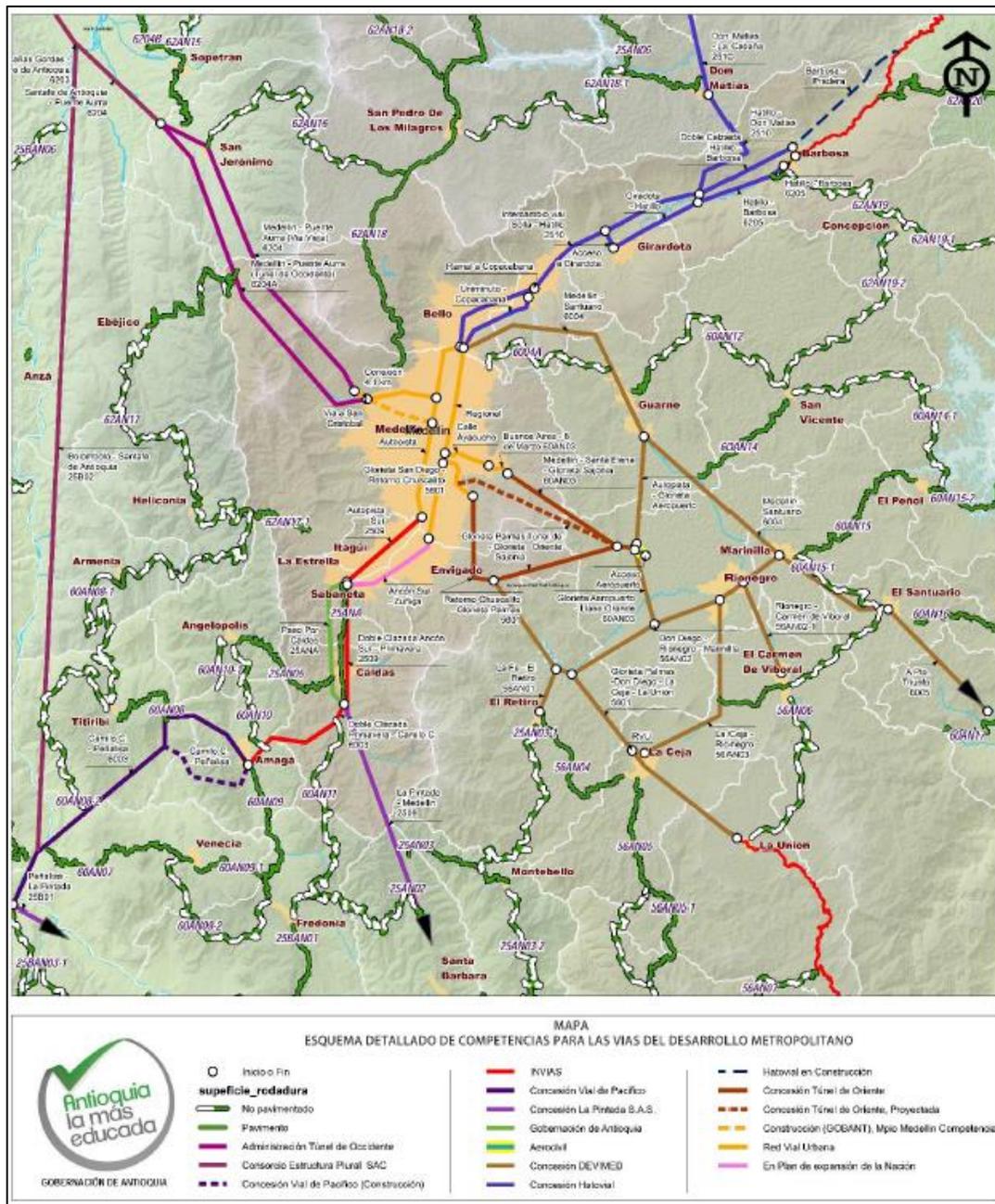
*Ejemplo de localización y área de influencia, Guarne, Antioquia*



*Nota.* Fuente <https://bitly.ws/VA9K> (Gobernación de Antioquia, 2022)

**Figura 12**

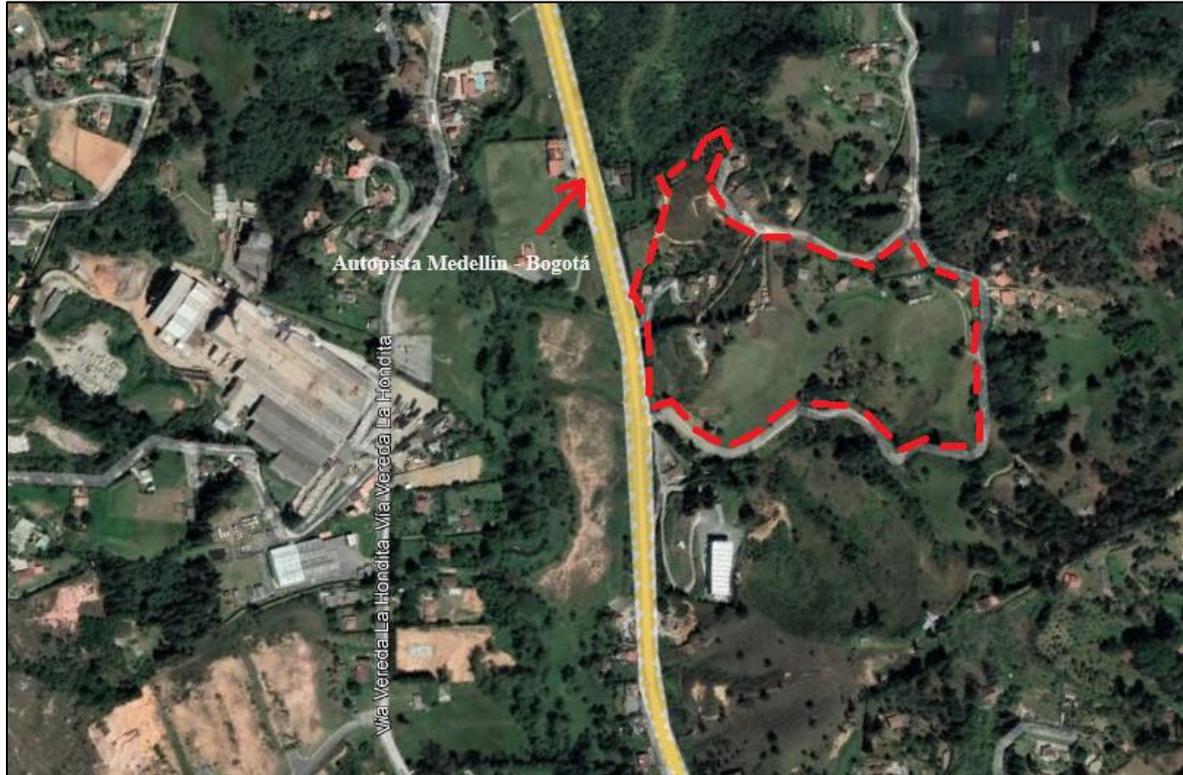
*Esquema detallado de las competencias para las vías del desarrollo metropolitano*



Nota. Fuente <https://acortar.link/kUrldH> (Gobernación de Antioquia, 2015)

**Figura 13**

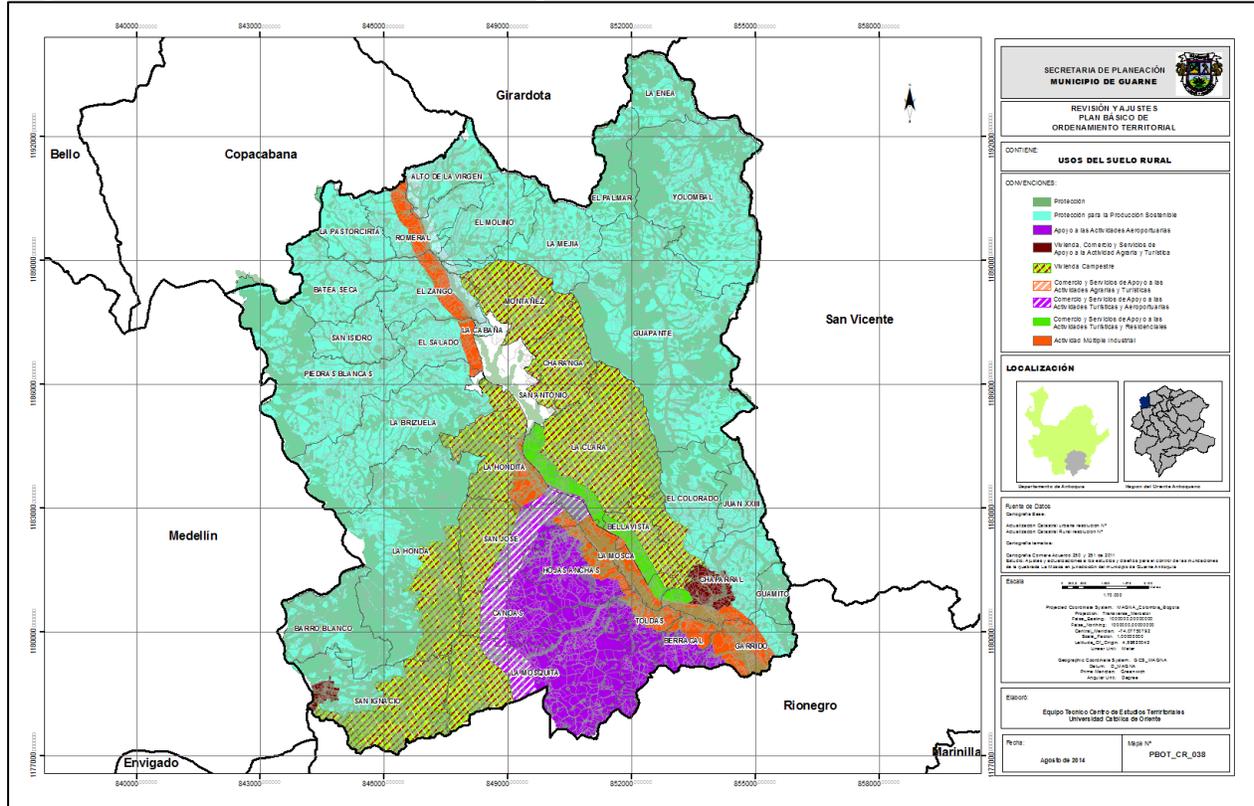
*Ejemplificación de vía a intervenir y área de influencia de posible proyecto*



Seguidamente se realiza la descripción general de los usos del suelo de la zona de influencia, a qué tipo de suelo pertenece y a qué jurisprudencia. Normalmente se basa en lo definido en el POT o PBOT, o en la categoría que le compete, en el que se tiene información de a qué está destinado el suelo, bien sea expansión, protección u otro tipo que permita tomar la decisión de construir o no, justificando con el posible crecimiento de flujo peatonal en la zona si es necesario.

De la misma forma se pone como ejemplo el mismo sector de Guarne, Antioquia.

**Figura 14**  
 Mapa de usos del suelo de Guarne, Antioquia



Nota. Fuente Plan básico de ordenamiento territorial de Guarne, Antioquia

Con esta evaluación integral del entorno y crecimiento inmobiliario, se busca proporcionar una base sólida para la toma de decisiones sobre la instalación de puentes peatonales, asegurando que cada proyecto se ajuste coherentemente a las necesidades actuales y futuras de los actores viales vulnerables.

Este estudio permite evidenciar qué sectores rurales de los municipios por los que pasa la vía 4G tiene mayores construcciones, instituciones, escenarios deportivos u otros que sean potenciales en atraer poblaciones considerables y que para llegar a ellos requiere del cruce de la vía por parte de los transeúntes. Con ello se puede seleccionar un sector acotando a un rango de longitud específica la vía, para elegir el más adecuado para la instalación de un puente peatonal y no incurrir en el error de construirlo en zonas inviables, con baja densidad de población o donde la necesidad de un puente sea mínima.

## **4.2. Análisis de seguridad vial**

El propósito fundamental de este estudio se centra en analizar las características físicas de la infraestructura destinada a peatones, si esta existe, incluyendo aspectos como su configuración geométrica y su estado de conservación. Además, se presta especial atención a la identificación de posibles obstáculos y riesgos que puedan influir en la seguridad y la movilidad de los peatones en estos espacios, en los que las personas tratan de cruzar los flujos vehiculares.

En el marco de la evaluación de la infraestructura peatonal, no podemos pasar por alto la importancia de la señalización vial específica para peatones. Esto abarca desde las señales verticales hasta la demarcación en el pavimento, así como los dispositivos de control del tránsito que orientan y protegen a quienes transitan caminando. Con lo cual, si estas medidas existen en las vías 4G y funcionan correctamente, se puede decir que no es necesario la instalación de puentes peatonales, de lo contrario, si se considera que no existen elementos de apoyo esenciales suficientes para cruzar la vía, como la señalización o como barandas, rampas y zonas sensoriales para discapacitados, que contribuyan a garantizar la accesibilidad universal, se debe considerar viable la instalación de puentes peatonales o cruces a desnivel.

## **4.3. Información sobre el tráfico vehicular**

Después de llevar a cabo un análisis exhaustivo del entorno y la seguridad vial, y de haber identificado el sector óptimo para mejorar la seguridad vial y proteger la vida de los actores vulnerables, se procede a realizar un estudio de tráfico vehicular. Este estudio tiene como objetivo principal obtener datos cruciales, como los volúmenes vehiculares y las velocidades de tránsito. Estos datos permitirán al ingeniero evaluar si es viable o no la instalación de un puente peatonal. Además, se busca determinar el tramo de la vía con mayor riesgo de incidencia, considerando factores como los altos volúmenes vehiculares o las velocidades elevadas. De esta manera, se establece una conexión clara entre el análisis previo y la toma de decisiones respecto a la implementación de medidas específicas para mejorar la seguridad vial en el área identificada.

Estos estudios de volúmenes vehiculares se refieren a la medición y registro de la cantidad de vehículos que circulan por una determinada vía o tramo de carretera durante un periodo de tiempo específico (aforo vehicular), el proceso implica contar y clasificar los vehículos según las diferentes categorías. Este estudio al igual que el peatonal, se puede realizar manualmente por observación o de manera automática mediante sensores de tráfico, cámaras, entre otras tecnologías, sin embargo, se deja a elección del profesional el método que considere adecuado, ya que algunos presentan limitaciones. Los datos recogidos son esenciales en nuestro estudio para comprender y mejorar la movilidad, además de crear la estrategia de seguridad vial. (Box & Oppenlander, 1985).

En este caso, debido a que el aforo no se realiza en una intersección sino en un punto de única dirección, no se tiene en cuenta movimientos direccionales, sino un movimiento de forma directa y en ambos sentidos del flujo si así lo dispone la vía.

A continuación, se muestra una figura de una tabla que se utiliza en la recolección de información para la realización del estudio:



**Tabla 1**

*Formato de tabla para la tabulación de datos recogidos en campo para vehículos*

<b>AFORO VEHICULAR</b>						
<b>Acceso</b>		<b>Bi</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>Sentido de movimiento</b>		<b>Bicicletas</b>	<b>Motos</b>	<b>Automóviles y microbuses (Liviano)</b>	<b>Buses</b>	<b>Camiones</b>
<b>Intervalo horario</b>						
<b>0:00</b>	<b>0:15</b>	0	0	0	0	0
<b>0:15</b>	<b>0:30</b>	0	0	0	0	0
<b>0:30</b>	<b>0:45</b>	0	0	0	0	0
<b>0:45</b>	<b>1:00</b>	0	0	0	0	0
<b>1:00</b>	<b>1:15</b>	0	0	0	0	0
<b>1:15</b>	<b>1:30</b>	0	0	0	0	0
<b>1:30</b>	<b>1:45</b>	0	0	0	0	0
<b>1:45</b>	<b>2:00</b>	0	0	0	0	0
<b>:</b>	<b>:</b>	<b>:</b>	<b>:</b>	<b>:</b>	<b>:</b>	<b>:</b>
<b>23:00</b>	<b>23:15</b>	0	0	0	0	0
<b>23:15</b>	<b>23:30</b>	0	0	0	0	0
<b>23:30</b>	<b>23:45</b>	0	0	0	0	0
<b>23:45</b>	<b>0:00</b>	0	0	0	0	0
<b>Sub Total</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Total</b>		<b>0</b>				

Fuente: Urplan S.A.S.

Finalmente utilizando el formato de tabulación anteriormente mostrado, se realiza una tabla resumen en la cual se sumen los valores de los vehículos aforados tanto de un sentido de la vía como del opuesto, notando así la dificultad del paso de los peatones, pero en especial de los discapacitados.

#### **4.4. Tráfico peatonal**

El estudio de tráfico peatonal o también aforo peatonal se refiere a la cuantificación de personas que transitan por un tramo de vía, por una intersección o un punto (Box P. & Oppenlander, 1985). Con esto se toman medidas de prevención, garantizando seguridad en sus desplazamientos, además es necesario estudiar y entender a los peatones, esto brindará a los planificadores y

diseñadores criterios para crear, mantener y modificar la infraestructura en la que el peatón se pueda desenvolver con comodidad. (Fernández G. & Hernández, 2019).

Mediante la toma de información primaria o estudios de campo se determinan variables de flujo peatonal en los sectores dónde se observe la necesidad de realizar el paso. Entre las variables más importantes se encuentran la edad y estado especial. Dónde la primera considera especialmente a los niños y adultos mayores quienes sus habilidades motrices son más limitadas, y la última se caracteriza por las personas en estado ambulante, usuarios en silla de ruedas, usuarios sensoriales, con síndromes, entre otros.

La toma de información se puede realizar mediante dos técnicas que son, manualmente y mediante sensores, sin embargo, cada uno tiene sus desventajas, pues manualmente se interfiere con el comportamiento usual del peatón, mientras que el uso de sensores y cámaras presenta dificultad en cuanto a la ubicación de estas a una altura mayor en especial en vías rurales (Box P. & Oppenlander, 1985).

Lo más importante del conteo no simplemente es la cuantificación sino también las características de quienes se movilizan, es por este motivo que se destaca mayormente en el tiempo, el conteo manual, ya que, en el caso de requerirse una mejor identificación de la persona que cruza la vía, las cámaras y sensores tendrían que tener un gran desarrollo y ser tan actuales como sea posible para poder captar esa información, lo que involucra mayores gastos por quien requiere la realización del estudio. Además de lo mencionado anteriormente el uso de conteo manual genera mayor empleo, beneficiando a muchas personas y aun así no generaría mayores gastos ni de dinero ni de tiempo ya que no requiere una preparación especial sino una pequeña capacitación contextual y una dotación para realizar el trabajo (Guío, 2010).

Para estos estudios de tráfico peatonal existe una caracterización de flujos lo que ayuda a la evaluación de las necesidades de los transeúntes, para ello se identifica una serie de estudios entre los cuales se encuentran:

#### ***4.4.1. Estudios de inventario***

El propósito es analizar tanto las características físicas de las infraestructuras peatonales como su estado general, la presencia de obstáculos, riesgos y otros factores que bloquean el paso o que influyen en el cruce indebido de las personas. Estos estudios de inventario también abarcan la evaluación de toda la señalización para peatones, dispositivos de control de tráfico, barandas, rampas entre otras. Los resultados permiten definir características de la infraestructura existente e identificar posibles áreas de mejora. El detalle del estudio varía dependiendo de la importancia, es decir, la planificación de transporte requiere menor detalle, por ejemplo, que un estudio operativo dónde se requiere calibrar modelos de flujo o simulación.

Es crucial prestar atención a los elementos que garantizan la accesibilidad incluyente, ya que todo tipo de persona tiene derecho a un paso seguro y de manera cómoda; entre ellos se destacan rampas, delimitadores, iluminación, ubicación de postes entre otros.

#### ***4.4.2. Estudios de observación***

Dentro del proceso de investigación de campo, los estudios de observación tienen un papel crucial al revelar posibles deficiencias en el sistema peatonal. Estas deficiencias pueden organizarse por factores relacionados con el peatón, la infraestructura, interacciones con otros sistemas de transporte o incluso el entorno circundante.

Los estudios de observación peatonal se centran en la identificación de atributos del comportamiento de los peatones con un enfoque primordial en situaciones como los conflictos con vehículos, el grado de conformidad con las normas de tránsito y lo que se conoce como comportamiento exhibido, particularmente en zonas de cruce.

Estos estudios son esenciales para comprender mejor cómo interactúan los peatones con su entorno y para abordar posibles áreas de mejora en la planificación y diseño peatonal (Guío, 2010).

La figura 16 y figura 17, muestran un ejemplo claro del tipo de observaciones que se realizan, en las que se muestra el comportamiento exhibido de diferentes tipos de peatones intentando cruzar una vía. La primera muestra a un menor de edad, con estilo estudiantil el cual espera la ocasión más conveniente para cruzar, de igual forma la figura 17 muestra a una mujer intentando cruzar y un ciclista en las mismas condiciones. Lo anterior involucra riesgos de

incidentes viales ya que no se evidencia un paso seguro donde se encuentre señalización vertical y horizontal, además, donde una sola losa entre calzadas simula un descanso para los peatones, lo que lo hace un paso inseguro. Todos los riesgos derivados de la falta señalización e infraestructura para peatones pueden ser prevenidos mediante proyectos de instalación de puentes peatonales y es por eso que es tan importante un estudio de observación y de inventario en la evaluación de viabilidad para la instalación de esos puentes.

### Figura 16

*Ejemplo 1 Comportamiento exhibido de peatones*



*Nota.* Fuente Google Street view, Piedras Blancas, Guarne, Antioquia.

### Figura 17

*Ejemplo 2 Comportamiento exhibido de peatones*



*Nota.* Fuente Google Street view, Piedras Blancas, Guarne, Antioquia.

#### 4.4.3. Volumen de tránsito peatonal

Se trata del conteo de peatones, con lo cual se mide la demanda de infraestructura peatonal especialmente en términos de variación en el espacio y el tiempo, distribución en términos de direcciones o cruce en intersecciones y composición según atributos de los peatones, como el género, edad, ocupación y estado motriz, que son importantes para evaluar la necesidad inmediata de suplir las necesidades.

La figura 13 da un ejemplo de los sentidos de distribución de flujo que se pueden dar y evaluar en alguna vía rural o 4G del país.

#### Figura 18

*Ejemplo 3 Sentidos de distribución del flujo peatonal al cruzar la vía*



*Nota.* Fuente Google maps, Piedras Blancas, Guarne, Antioquia

Para realizar un adecuado estudio de campo de los volúmenes peatonales, debido a su interferencia en las vías, y la necesidad de cuidar la salud y preservar la vida de cada uno de los transeúntes se expone una serie de tablas que ayudan a la toma, procesamiento y análisis de la información.

Al igual que la cantidad de maniobras que realizan las personas al cruzar la vía, así mismo se incluyen los sentidos en las tablas para cada análisis.

Para ejemplificar mejor la situación, nótese una vía dónde los sentidos de los flujos vehiculares sean de norte a sur y de sur a norte, en este caso los sentidos del cruce de los peatones serían aproximadamente de este a oeste y de oeste a este. De esta forma, se generaría una tabla para llenar datos de la siguiente manera:

- Sentido oeste a este: Acceso oeste.
- Sentido este a oeste: Acceso este.

**Tabla 2**

*Formato de tabla para la tabulación de datos recogidos en campo del aforo de peatones.*

<b>AFORO PEATONAL</b>			
<b>Acceso</b>			
<b>Sentido de movimiento</b>		<b>Peatones</b>	<b>Peatones HP</b>
<b>Intervalo horario</b>			
<b>0:00</b>	<b>0:15</b>	0	
<b>0:15</b>	<b>0:30</b>	0	
<b>0:30</b>	<b>0:45</b>	0	
<b>0:45</b>	<b>1:00</b>	0	0
<b>1:00</b>	<b>1:15</b>	0	0
<b>1:15</b>	<b>1:30</b>	0	0
<b>1:30</b>	<b>1:45</b>	0	0
<b>1:45</b>	<b>2:00</b>	0	0
<b>:</b>	<b>:</b>	<b>:</b>	<b>:</b>
<b>23:00</b>	<b>23:15</b>	0	0
<b>23:15</b>	<b>23:30</b>	0	0
<b>23:30</b>	<b>23:45</b>	0	0
<b>23:45</b>	<b>0:00</b>	0	0
<b>Total</b>		<b>0</b>	
<b>Max Hora Pico</b>			<b>0</b>

Fuente: Urplan S.A.S.



Después de llevar a cabo la correspondiente tabulación siguiendo la Tabla 1 para ambos sentidos presentada previamente, se procede a generar un resumen que incluye la suma de peatones en cada una de las celdas y los horarios en los que se tomaron las muestras de ambas tablas (ambos sentidos).

Del mismo modo, se crea una tabla final que refleje la cantidad de peatones totales contabilizados e incluyendo los totales correspondientes a las horas pico. Para concluir y reforzar este análisis, se sugiere la creación de un gráfico que ilustre la información del aforo realizado en el día, poniendo también las respectivas observaciones acerca de las características de los peatones aforados con el fin de darle mayor relevancia a la necesidad de la instalación de infraestructura a desnivel y que los flujos vehiculares y peatonales no confluyan.

#### 4.5. Presentación final del estudio

Finalmente, luego de realizados los respectivos análisis de cada estudio, para la entrega de un informe de estudio de viabilidad para la instalación de infraestructura peatonal a desnivel, en especial de puentes peatonales, se propone una guía con el uso de la siguiente tabla de contenido:

**Tabla 3**

*Tabla de contenido de muestra para informes de estudios de viabilidad para la instalación de puentes peatonales en vías 4G*

<b>Tabla de contenido</b>	
<b>Título</b>	<b>Descripción</b>
1. Objetivos	Especificar el estudio a realizar sobre la interacción vehículos - peatones.
2. Generalidades	
2.1. Localización general del estudio	Especificar el lugar de toma de información o del posible proyecto con nombre de la vía, código, abscisas, entre otras características.
2.2. Usos del suelo	Realizar una descripción general del sector, información de posible expansión y desarrollo urbanístico, identificación de tipos de construcciones aledañas, apoyado en registro fotográfico de la zona.

2.3. Accesos al punto de estudio	Especificar la accesibilidad de los vehículos a la zona, sentidos de circulación, apoyado en figuras, entre otra información que considere necesaria.
2.4. Infraestructura vial	Decir a qué concesión pertenece, características físicas, velocidades, entre otros datos que considere necesarias para la correcta contextualización.
3. Resultados estudios de campo	
3.1. Inspección y Observaciones	Realizar inventarios de señalización vial, de infraestructura de seguridad vial, rebajes, andenes, pasos peatonales, comportamiento de las personas de a pie y conductores de vehículos, entre otras observaciones.
3.2. Aforos vehiculares	Exponer los resultados de los aforos apoyado de registro fotográfico y datos relevantes.
3.3. Aforos peatonales	Exponer los resultados de los aforos apoyado de registro fotográfico y datos relevantes, en los que se considere en la contabilización a ciclistas cruzando la vía.
4. Análisis de infraestructura peatonal	Realizar una descripción general de los dispositivos o métodos de prevención de incidentes utilizados para el cruce de peatones en las vías.
5. Conclusiones	
6. Anexos	Agregar documentación adicional, como gráficos, tablas, mapas, y fotografías.
5. Datos de Contacto	Agregar información de contacto del responsable del informe.

## 5 Conclusiones

Durante la recopilación de información para la realización de este trabajo, se observó que el país se ha manifestado con un avance significativo en la construcción de nueva infraestructura vial que solventa las necesidades de muchas personas que viajan en vehículos de transporte sea público o privado, sin embargo, también se observaron algunas necesidades básicas de seguridad vial de los ciclistas, peatones, discapacitados y otros, entorno a la inclusión en la movilidad, Por tal razón se presentan algunas conclusiones:

Los datos de incidentalidad en vías 4G no son especificados en las páginas públicas de la nación, datos que son esenciales y que para este tipo de estudios son necesarios con el fin de llevar a cabo la elección de un punto estratégico para la realización de obras de infraestructura que garanticen la buena circulación de los transeúntes, ya que teniendo en cuenta las características de las vías, en su mayoría por las altas velocidades vehiculares afecta la movilidad.

La ausencia de información detallada sobre medidas de seguridad vial específicas para peatones en las vías 4G complica la determinación de cantidades precisas de peatones y vehículos en los aforos para la proposición de medidas de seguridad efectivas. Por ende, para la elección de instalación de infraestructura a desnivel se recurre a la falta de infraestructura, a las altas velocidades de los vehículos y a la dificultad de cruzar las vías en mención.

Los estudios de entorno y de crecimiento inmobiliario resultan estratégicos al momento de evaluar la viabilidad de instalación de puentes peatonales, filtrando información de las zonas con potencial flujo peatonal. Los estudios de observación, de inventario y de seguridad vial se complementan y también son necesarios para determinar tramos de vías que requieren medidas de protección para los actores vulnerables de la movilidad, permitiendo la toma de decisiones que conlleven a salvaguardar la vida de estos.

Un estudio de tráfico vehicular es vital para comprender la dinámica y las velocidades del tránsito, con lo que se puede observar si estos generan o no inseguridad en las vías, definiendo así,

la viabilidad de la instalación de puentes peatonales en tramos de vías con mayor riesgo de incidentalidad.

La realización de estudios de tránsito de peatones y aforos son imprescindibles, ya que con ello se consideran tanto la cantidad de personas como las capacidades que tienen para cruzar las vías 4G y que se deben tener en cuenta antes del diseño de la infraestructura peatonal. Este estudio también es parte fundamental para tomar la decisión de instalar infraestructura a desnivel para garantizar la seguridad vial y mejorar la movilidad de los transeúntes.

## 6 Recomendaciones

En general, se recomienda que en las vías 4G se realicen obras de infraestructura a desnivel para garantizar la seguridad vial de los usuarios que desean realizar cruces sobre estas vías, y no se recomienda un paso a nivel, debido a que va en contra de lo planificado al realizar vías con las características físicas que tienen las 4G, lo que implicaría una reducción en los tiempos de viajes y en las velocidades de circulación, del mismo modo no se garantizaría un buen porcentaje de seguridad debido a que, de igual manera, hay interacción entre flujos, peatonal y vehicular.

Se recomienda incluir en los contratos de concesión un compromiso serio con respecto a la aplicación de herramientas y métodos que garanticen el cumplimiento de las leyes de seguridad vial existentes en el país y que la ejecución de auditorías de seguridad vial se pueda llevar a cabo en todos los puntos en donde se verifiquen que ha habido incidentes viales en los que se esté afectando los modos activos de la movilidad.

Debido a los índices de incidentalidad y la gran velocidad a la que circulan los vehículos por las vías 4G es esencial que se lleve a cabo una adecuada educación vial por parte de las instituciones educativas y por las empresas, al personal que pertenezca total o parcialmente a las mismas u otras instituciones, esto con el fin de evitar los comportamientos exhibidos que lleven a los peatones a hacer parte de siniestros o incidentes en las vías. De tal forma que aprendan a cumplir las normas y señales de tránsito.

Finalmente, se recomienda ahondar en la realización de investigaciones para hacer estudios de viabilidad de instalaciones de puentes peatonales en vías 4G y rutas nacionales de altas velocidades, actuales y futuras, y estandarizarlos en un manual de estudios, de manera que se pueda presentar informes con las decisiones más acertadas y significativas, y no sólo se limite a tomar información que corresponde a análisis de zonas urbanas.



### Referencias

- Agencia Nacional De Seguridad Vial [ANSV]. (junio de 2023). *Observatorio - Estadísticas - Cifras año en curso*. Obtenido de <https://bitly.ws/VvXr>
- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2021). *Orientaciones De Seguridad Vial Para Los Pasos Peatonales En Colombia*.
- Box, P. C., & Oppenlander, J. C. (1985). *MANUAL DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE TRANSITO*. REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERÍA, S.A. MEXICO.
- Casado, J. M. (2020). *Vías de cuarta generación en Colombia*. Tesis de grado, Universidad de los Andes, Bogotá. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/51434/22611.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DANE. (enero de 2023). *Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas*. Obtenido de ¿Cuáles fueron las principales causas de muerte en Colombia durante 2022?: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/nacimientos-y-defunciones/defunciones-no-fetales/defunciones-no-fetales-2022>
- El Colombiano. (25 de junio de 2023). Habitantes de veredas de Guarne y Rionegro ya no aguantan más accidentes en la autopista Medellín-Bogotá. Obtenido de <https://bit.ly/3t2bcDp>
- Fernández Garza, A., & Hernández Vega, H. (2019). Estudio de la movilidad peatonal en un centro urbano: un caso en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 267-300.
- Fernández Torres, A. (2003). *EL ANÁLISIS DEL ENTORNO: UN ENFOQUE DE PLANEACIÓN*. Gobernación de Antioquia- Secretaría de Infraestructura Física. (2015). *Circular 9. Inventario de la Red Vial en el Departamento de Antioquia*. Obtenido de <https://acortar.link/kUrldH>
- Guío, F. A. (2010). Flujos peatonales en infraestructuras continuas: marco conceptual y modelos representativos. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 179-203.
- INMLCF. (2023). *Boletín Estadístico Mensual*. Obtenido de <https://bit.ly/46pOsM4>
- Instituto Desarrollo Urbano Alcaldía Mayor Santa Fe de Bogotá. (s.f.). *GUIA PRÁCTICA DE LA MOVILIDAD PEATONAL URBANA*. Santa Fe de Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías [INVIAS]. (2022). *Cartilla Puentes Peatonales Tipo*. Medellín, Colombia: Sello Editorial Universidad de Medellín.

- Oficina de comunicaciones ANI. (29 de Octubre de 2013). *Agencia Nacional de Infraestructura*.  
Obtenido de SEGURIDAD VIAL ES MUY IMPORTANTE EN LA CUARTA GENERACIÓN DE CONCESIONES: PRESIDENTE ANI: <https://bit.ly/3REqs3Q>
- Organización Mundial de la Salud. (2013). *Seguridad peatonal. Manual de seguridad vial para instancias decisorias y profesionales*. Ginebra.
- Pineda Ochoa, G., Prados Olleta, D., & Cota Mascuñana, D. (2014). *La seguridad vial en la estructuración del programa de Cuarta*.
- Rojas, J. J. (s.f.). *Civil geeks*. Obtenido de <https://civilgeeks.com/nosotros/>
- Secretaria de Movilidad de Medellín. (2013). *Factores de equivalencia por tipo de vehículo*.
- Semana. (11 de julio de 2023). Ojo, los límites de velocidad pueden cambiar en su región, ¿cuándo y dónde? Obtenido de <https://bit.ly/3ZxV9JK>
- Superintendencia de Transporte. (2022). *Anexo 1. Lineamientos Generales de Supervisión para la Evaluación del Componente de Accesibilidad en la Infraestructura de Transporte*. Bogotá D. C. Obtenido de <https://bit.ly/3RBmAAAn>

## Anexos

## Anexo 1. Formato de tabla para la tabulación de datos recogidos en campo para vehículos

AFORO VEHICULAR						
Acceso		Bi	M	A	B	C
Sentido de movimiento		Bicicletas	Motos	Automóviles y microbuses (Liviano)	Buses	Camiones
Intervalo horario						
0:00	0:15	0	0	0	0	0
0:15	0:30	0	0	0	0	0
0:30	0:45	0	0	0	0	0
0:45	1:00	0	0	0	0	0
1:00	1:15	0	0	0	0	0
1:15	1:30	0	0	0	0	0
1:30	1:45	0	0	0	0	0
1:45	2:00	0	0	0	0	0
2:00	2:15	0	0	0	0	0
2:15	2:30	0	0	0	0	0
2:30	2:45	0	0	0	0	0
2:45	3:00	0	0	0	0	0
3:00	3:15	0	0	0	0	0
3:15	3:30	0	0	0	0	0
3:30	3:45	0	0	0	0	0
3:45	4:00	0	0	0	0	0
4:00	4:15	0	0	0	0	0
4:15	4:30	0	0	0	0	0
4:30	4:45	0	0	0	0	0
4:45	5:00	0	0	0	0	0
5:00	5:15	0	0	0	0	0
5:15	5:30	0	0	0	0	0
5:30	5:45	0	0	0	0	0
5:45	6:00	0	0	0	0	0
6:00	6:15	0	0	0	0	0
6:15	6:30	0	0	0	0	0
6:30	6:45	0	0	0	0	0
6:45	7:00	0	0	0	0	0
7:00	7:15	0	0	0	0	0
7:15	7:30	0	0	0	0	0
7:30	7:45	0	0	0	0	0
7:45	8:00	0	0	0	0	0

<b>8:00</b>	<b>8:15</b>	0	0	0	0	0
<b>8:15</b>	<b>8:30</b>	0	0	0	0	0
<b>8:30</b>	<b>8:45</b>	0	0	0	0	0
<b>8:45</b>	<b>9:00</b>	0	0	0	0	0
<b>9:00</b>	<b>9:15</b>	0	0	0	0	0
<b>9:15</b>	<b>9:30</b>	0	0	0	0	0
<b>9:30</b>	<b>9:45</b>	0	0	0	0	0
<b>9:45</b>	<b>10:00</b>	0	0	0	0	0
<b>10:00</b>	<b>10:15</b>	0	0	0	0	0
<b>10:15</b>	<b>10:30</b>	0	0	0	0	0
<b>10:30</b>	<b>10:45</b>	0	0	0	0	0
<b>10:45</b>	<b>11:00</b>	0	0	0	0	0
<b>11:00</b>	<b>11:15</b>	0	0	0	0	0
<b>11:15</b>	<b>11:30</b>	0	0	0	0	0
<b>11:30</b>	<b>11:45</b>	0	0	0	0	0
<b>11:45</b>	<b>12:00</b>	0	0	0	0	0
<b>12:00</b>	<b>12:15</b>	0	0	0	0	0
<b>12:15</b>	<b>12:30</b>	0	0	0	0	0
<b>12:30</b>	<b>12:45</b>	0	0	0	0	0
<b>12:45</b>	<b>13:00</b>	0	0	0	0	0
<b>13:00</b>	<b>13:15</b>	0	0	0	0	0
<b>13:15</b>	<b>13:30</b>	0	0	0	0	0
<b>13:30</b>	<b>13:45</b>	0	0	0	0	0
<b>13:45</b>	<b>14:00</b>	0	0	0	0	0
<b>14:00</b>	<b>14:15</b>	0	0	0	0	0
<b>14:15</b>	<b>14:30</b>	0	0	0	0	0
<b>14:30</b>	<b>14:45</b>	0	0	0	0	0
<b>14:45</b>	<b>15:00</b>	0	0	0	0	0
<b>15:00</b>	<b>15:15</b>	0	0	0	0	0
<b>15:15</b>	<b>15:30</b>	0	0	0	0	0
<b>15:30</b>	<b>15:45</b>	0	0	0	0	0
<b>15:45</b>	<b>16:00</b>	0	0	0	0	0
<b>16:00</b>	<b>16:15</b>	0	0	0	0	0
<b>16:15</b>	<b>16:30</b>	0	0	0	0	0
<b>16:30</b>	<b>16:45</b>	0	0	0	0	0
<b>16:45</b>	<b>17:00</b>	0	0	0	0	0
<b>17:00</b>	<b>17:15</b>	0	0	0	0	0
<b>17:15</b>	<b>17:30</b>	0	0	0	0	0
<b>17:30</b>	<b>17:45</b>	0	0	0	0	0
<b>17:45</b>	<b>18:00</b>	0	0	0	0	0

<b>18:00</b>	<b>18:15</b>	0	0	0	0	0
<b>18:15</b>	<b>18:30</b>	0	0	0	0	0
<b>18:30</b>	<b>18:45</b>	0	0	0	0	0
<b>18:45</b>	<b>19:00</b>	0	0	0	0	0
<b>19:00</b>	<b>19:15</b>	0	0	0	0	0
<b>19:15</b>	<b>19:30</b>	0	0	0	0	0
<b>19:30</b>	<b>19:45</b>	0	0	0	0	0
<b>19:45</b>	<b>20:00</b>	0	0	0	0	0
<b>20:00</b>	<b>20:15</b>	0	0	0	0	0
<b>20:15</b>	<b>20:30</b>	0	0	0	0	0
<b>20:30</b>	<b>20:45</b>	0	0	0	0	0
<b>20:45</b>	<b>21:00</b>	0	0	0	0	0
<b>21:00</b>	<b>21:15</b>	0	0	0	0	0
<b>21:15</b>	<b>21:30</b>	0	0	0	0	0
<b>21:30</b>	<b>21:45</b>	0	0	0	0	0
<b>21:45</b>	<b>22:00</b>	0	0	0	0	0
<b>22:00</b>	<b>22:15</b>	0	0	0	0	0
<b>22:15</b>	<b>22:30</b>	0	0	0	0	0
<b>22:30</b>	<b>22:45</b>	0	0	0	0	0
<b>22:45</b>	<b>23:00</b>	0	0	0	0	0
<b>23:00</b>	<b>23:15</b>	0	0	0	0	0
<b>23:15</b>	<b>23:30</b>	0	0	0	0	0
<b>23:30</b>	<b>23:45</b>	0	0	0	0	0
<b>23:45</b>	<b>0:00</b>	0	0	0	0	0
<b>Sub Total</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Total</b>		<b>0</b>				

**Anexo 2. Formato de tabla para la tabulación de datos recogidos en campo del aforo de peatones.**

<b>AFORO PEATONAL</b>			
<b>Acceso</b>			
<b>Sentido de movimiento</b>		<b>Peatones</b>	<b>Peatones HP</b>
<b>Intervalo horario</b>			
<b>0:00</b>	<b>0:15</b>	0	
<b>0:15</b>	<b>0:30</b>	0	
<b>0:30</b>	<b>0:45</b>	0	
<b>0:45</b>	<b>1:00</b>	0	0
<b>1:00</b>	<b>1:15</b>	0	0
<b>1:15</b>	<b>1:30</b>	0	0
<b>1:30</b>	<b>1:45</b>	0	0
<b>1:45</b>	<b>2:00</b>	0	0
<b>2:00</b>	<b>2:15</b>	0	0
<b>2:15</b>	<b>2:30</b>	0	0
<b>2:30</b>	<b>2:45</b>	0	0
<b>2:45</b>	<b>3:00</b>	0	0
<b>3:00</b>	<b>3:15</b>	0	0
<b>3:15</b>	<b>3:30</b>	0	0
<b>3:30</b>	<b>3:45</b>	0	0
<b>3:45</b>	<b>4:00</b>	0	0
<b>4:00</b>	<b>4:15</b>	0	0
<b>4:15</b>	<b>4:30</b>	0	0
<b>4:30</b>	<b>4:45</b>	0	0
<b>4:45</b>	<b>5:00</b>	0	0
<b>5:00</b>	<b>5:15</b>	0	0
<b>5:15</b>	<b>5:30</b>	0	0
<b>5:30</b>	<b>5:45</b>	0	0
<b>5:45</b>	<b>6:00</b>	0	0
<b>6:00</b>	<b>6:15</b>	0	0
<b>6:15</b>	<b>6:30</b>	0	0
<b>6:30</b>	<b>6:45</b>	0	0
<b>6:45</b>	<b>7:00</b>	0	0
<b>7:00</b>	<b>7:15</b>	0	0
<b>7:15</b>	<b>7:30</b>	0	0

<b>7:30</b>	<b>7:45</b>	0	0
<b>7:45</b>	<b>8:00</b>	0	0
<b>8:00</b>	<b>8:15</b>	0	0
<b>8:15</b>	<b>8:30</b>	0	0
<b>8:30</b>	<b>8:45</b>	0	0
<b>8:45</b>	<b>9:00</b>	0	0
<b>9:00</b>	<b>9:15</b>	0	0
<b>9:15</b>	<b>9:30</b>	0	0
<b>9:30</b>	<b>9:45</b>	0	0
<b>9:45</b>	<b>10:00</b>	0	0
<b>10:00</b>	<b>10:15</b>	0	0
<b>10:15</b>	<b>10:30</b>	0	0
<b>10:30</b>	<b>10:45</b>	0	0
<b>10:45</b>	<b>11:00</b>	0	0
<b>11:00</b>	<b>11:15</b>	0	0
<b>11:15</b>	<b>11:30</b>	0	0
<b>11:30</b>	<b>11:45</b>	0	0
<b>11:45</b>	<b>12:00</b>	0	0
<b>12:00</b>	<b>12:15</b>	0	0
<b>12:15</b>	<b>12:30</b>	0	0
<b>12:30</b>	<b>12:45</b>	0	0
<b>12:45</b>	<b>13:00</b>	0	0
<b>13:00</b>	<b>13:15</b>	0	0
<b>13:15</b>	<b>13:30</b>	0	0
<b>13:30</b>	<b>13:45</b>	0	0
<b>13:45</b>	<b>14:00</b>	0	0
<b>14:00</b>	<b>14:15</b>	0	0
<b>14:15</b>	<b>14:30</b>	0	0
<b>14:30</b>	<b>14:45</b>	0	0
<b>14:45</b>	<b>15:00</b>	0	0
<b>15:00</b>	<b>15:15</b>	0	0
<b>15:15</b>	<b>15:30</b>	0	0
<b>15:30</b>	<b>15:45</b>	0	0
<b>15:45</b>	<b>16:00</b>	0	0
<b>16:00</b>	<b>16:15</b>	0	0
<b>16:15</b>	<b>16:30</b>	0	0
<b>16:30</b>	<b>16:45</b>	0	0
<b>16:45</b>	<b>17:00</b>	0	0
<b>17:00</b>	<b>17:15</b>	0	0
<b>17:15</b>	<b>17:30</b>	0	0

<b>17:30</b>	<b>17:45</b>	0	0
<b>17:45</b>	<b>18:00</b>	0	0
<b>18:00</b>	<b>18:15</b>	0	0
<b>18:15</b>	<b>18:30</b>	0	0
<b>18:30</b>	<b>18:45</b>	0	0
<b>18:45</b>	<b>19:00</b>	0	0
<b>19:00</b>	<b>19:15</b>	0	0
<b>19:15</b>	<b>19:30</b>	0	0
<b>19:30</b>	<b>19:45</b>	0	0
<b>19:45</b>	<b>20:00</b>	0	0
<b>20:00</b>	<b>20:15</b>	0	0
<b>20:15</b>	<b>20:30</b>	0	0
<b>20:30</b>	<b>20:45</b>	0	0
<b>20:45</b>	<b>21:00</b>	0	0
<b>21:00</b>	<b>21:15</b>	0	0
<b>21:15</b>	<b>21:30</b>	0	0
<b>21:30</b>	<b>21:45</b>	0	0
<b>21:45</b>	<b>22:00</b>	0	0
<b>22:00</b>	<b>22:15</b>	0	0
<b>22:15</b>	<b>22:30</b>	0	0
<b>22:30</b>	<b>22:45</b>	0	0
<b>22:45</b>	<b>23:00</b>	0	0
<b>23:00</b>	<b>23:15</b>	0	0
<b>23:15</b>	<b>23:30</b>	0	0
<b>23:30</b>	<b>23:45</b>	0	0
<b>23:45</b>	<b>0:00</b>	0	0
<b>Total</b>		<b>0</b>	
<b>Total HP</b>			<b>0</b>