



Institución Universitaria

Análisis de alternativas de movilidad sostenible entre los valles de Aburrá y San Nicolás, en el departamento de Antioquia, Colombia

Sara Restrepo Ruiz

Instituto Tecnológico Metropolitano

Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas

Medellín, Colombia

2018

Análisis de alternativas de movilidad sostenible entre los valles de Aburrá y San Nicolás, en el departamento de Antioquia, Colombia

Sara Restrepo Ruiz

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título en **Magister Desarrollo Sostenible**

Director (a):

Jorge Aubad Echeverri PhD

Línea de Investigación:

Planificación y el ordenamiento sostenible del territorio

Instituto Tecnológico Metropolitano

Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas

Medellín, Colombia

2018

Agradecimientos

A Juan Guillermo Ruiz Vélez, asesor de movilidad para la Secretaría de Movilidad del municipio de Envigado por su acompañamiento en diferentes salidas de campo para recolección de datos y por nutrir este trabajo con sus amplios conocimientos en la materia, a la ingeniera Margarita López Ramírez, asesora en vías y transporte, por su disponibilidad para resolver mis inquietudes sobre el tema y por aceptar evaluar este texto, a Alejandro Ceballos Jaraba, arquitecto Magister en Desarrollo Urbano y Regional por la provisión permanente de bibliografía y conceptos y finalmente al profesor del ITM, Jorge Aubad Echeverri, director de tesis de grado, que me acompañó en todo el proceso de construcción de este documento.

Resumen

La presente investigación se centra en la vía Las Palmas, la cual consiste en dos calzadas cada una de dos carriles, que operan en sentido bidireccional y unen a los valles de Aburrá y San Nicolás entre los municipios de Medellín y Envigado. Se estructura una matriz de actuación, enfocada en reducir el alto volumen vehicular que actualmente existe en esta vía, mediante una serie de estrategias de movilidad sostenible que van desde acciones individuales, como carro compartido, a acciones colectivas promovidas desde el gobierno, como el fortalecimiento del transporte público existente y el uso de las Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones (TIC). Lo anterior, además de la implementación de un sistema de transporte masivo tipo cable aéreo, que haga a las demás estrategias sostenibles en el tiempo.

El objetivo es reducir los impactos negativos causados por la movilidad vehicular, ya que el número de vehículos de pasajeros que se desplazan por esta vía entre los Valles de Aburrá y San Nicolás ha tenido un incremento del 157% entre 2003 y 2017. Se estima que para el 2030 esta vía supere su capacidad de servicio.

La matriz se elabora estudiando la viabilidad de cada estrategia, según diferentes casos exitosos o fallidos de implementación en otros contextos a nivel internacional, donde enfrentan los mismos desafíos de contrarrestar los efectos nocivos de la movilidad -desde la perspectiva del desarrollo sostenible-.

Palabras clave: Movilidad sostenible, vehículo compartido, Transporte masivo, Reducción vehicular, Vía Las Palmas, Valle de Aburrá, Valle de San Nicolás

Abstract

This investigation structures an action matrix focused on reducing the high volume of private vehicles that currently exist in *Las Palmas* highway, through a set of sustainable mobility strategies ranging from individual efforts such as carpooling, to collective measures promoted by the government, including the strengthening of the existing public transportation and the use of Information and Communication Technologies (ICT). Furthermore, the implementation of a gondola lift-type mass transit system, that complements other strategies, making them sustainable over time.

The aim is to reduce the negative impacts produced by private mobility, since the number of vehicles commuting between both Aburrá and San Nicolás valleys using *Las Palmas* highway has increased by 157% between 2003 and 2017. It is estimated that by 2030 this highway will exceed its capacity, representing a mobility challenge to the region.

The matrix was designed by studying the feasibility of each strategy, following successful or failed cases implemented elsewhere, that faced the same challenges -from the sustainable development perspective- to offset the harmful effects of mobility.

Keywords: Sustainable Mobility, carpooling, Mass Transit System, Private Vehicle Reduction, *Las Palmas* highway, *Aburrá* Valley, *San Nicolás* Valley

Contenido

1. Introducción	15
2. Diagnóstico del estado actual y tendencias a futuro de la movilidad a nivel global y entre los valles de Aburrá y San Nicolás.	19
2.1 Vehículos y pasajeros 25	
2.1.1 Tipos de vehículos en estación de peaje Las Palmas.....	25
2.1.2 Volumen de vehículos según categoría.....	27
2.1.3 Cantidad de pasajeros y porcentaje de ocupación de los vehículos	30
2.2 Recorrido entre valles por la vía Las Palmas 32	
2.2.1 Longitud y velocidad de los desplazamientos	32
2.3 Impactos 34	
2.3.1 Impacto Social: Disponibilidad de la malla vial y ocupación del espacio	34
2.3.2 Impacto económico: costos por vehículos y personas	36
2.3.3 Impacto ambiental: emisión gases efecto invernadero (GEI).....	39
3. Propuesta de alternativas de movilidad sostenible entre los valles de Aburrá y San Nicolás, según casos existentes	47
3.1 Matriz de estrategias de actuación	51
3.1.1 Análisis de matriz de estrategias de actuación.....	54
3.1.2 Meta 1: detener el aumento de desplazamientos.....	54
3.1.3 Meta 2: aumentar de la capacidad vehicular	55
3.1.4 Meta 3: reducir el tiempo de los desplazamientos	56
3.1.5 Meta 4: reducir el volumen vehicular	61
4. Recomendaciones para una movilidad más sostenible entre los Valles de Aburrá y San Nicolás	77
5. Referencias	151

Lista de figuras

Figura 1: Población mundial proyectada a 2100.....	19
Figura 2: La expansión urbana.....	20
Figura 3. Ventas unidades de vehículos automotores nacionales e importados 2003 - 2018	21
Figura 4: Tramo de vía Las Palmas en donde se enfoca el estudio	24
Figura 5: Categorías de Estación de peaje que serán tenidas en cuenta para el estudio.	27
Figura 6: Histórico de tráfico Peaje Palmas años 2003 - 2017	28
Figura 7: Tendencia tránsito. Peaje Palmas años 2018 y 2030.....	28
Figura 8: Tendencia Tráfico Promedio Diario. Peaje Palmas años 2018 - 2030.....	29
Figura 9: Cupos disponibles vs Pasajeros al año 2017. Categoría I.....	30
Figura 10: Cupos disponibles vs Pasajeros al año 2017. Categoría II.....	31
Figura 11: Kilómetros recorridos durante 2017 Categoría I vs Categoría II.....	32
Figura 12: Longitud, duración y velocidad de los desplazamientos según categoría, en el tramo de vía del estudio.	33
Figura 13: Desplazamientos diarios vs Capacidad de servicio vía Las Palmas	35
Figura 14: Costo de desplazamiento ida y vuelta según combustible para un vehículo de categoría I 2017	37
Figura 15: Costos de recorrido ida y vuelta por pasajero de vehículos categoría II 2017	38
Figura 16: Comparativo emisiones de CO ₂ diferentes modelos de automóviles de las 3 marcas de automotores más vendidas en Colombia durante el 2017.	42
Figura 17: Emisiones CO ₂ en toneladas/año durante el 2017.....	42
Figura 18: Tendencia a 2030 emisiones CO ₂ en toneladas/año.	43
Figura 19: Emisiones CO ₂ por pasajero en gramos/año durante el 2017.....	44
Figura 20: Proyección reducción de impactos mediante cambios en la movilidad por la vía Las Palmas.	49
Figura 21: Escala de clasificación estrategias.	52
Figura 22: Modelo de un sistema seguro	59
Figura 23: Estadísticas usuarios plataforma Carpooling	66
Figura 24: Datos Sistema Metro de Medellín.....	70
Figura 25: Propuesta trazado de conexión entre valles por Cable aéreo	73
Figura 26: Escala cuantitativa de calificación	74
Figura 27: Comparación ocupación de espacios vehículos impulsados por combustibles fósiles y vehículos impulsados mediante electricidad.....	79

Lista de tablas

Tabla 1: Clasificación de grupos de análisis de vehículos	25
Tabla 2: Factores de emisión de CO ₂ en gramos/km recorrido para los vehículos que transitan en el área metropolitana del valle de Aburrá.	41
Tabla 3: Estrategias propuestas para el cumplimiento de las metas	51
Tabla 4: Categorías de análisis matriz de estrategias de actuación	52
Tabla 5: Calificación empírica de la viabilidad de estrategias de movilidad	53
Tabla 6: Inversión en medidas para mejorar la movilidad de personas y bienes en la ciudad de México.	57
Tabla 7: Otras acciones en medidas para mejorar la movilidad de personas y bienes en la ciudad de México.	58
Tabla 8: Matriz de actuación	75

1. Introducción

La cercanía geográfica entre los valles de Aburrá y San Nicolás y el fenómeno de expansión urbana que ambos han estado sufriendo, propician que a diario se lleven a cabo desplazamientos entre estos, la mayoría en vehículo particular (Universidad Pontificia Bolivariana [UPB], 2011). Esto responde a que, con el crecimiento de las ciudades, aumentan las longitudes de los desplazamientos y por comodidad se elige entonces viajar en vehículo privado (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [IDAE], 2006).

Es así como el volumen de vehículos que transitan esta vía está aumentando anualmente, y con estos las emisiones de gases de efecto invernadero (UPB, 2011). De acuerdo con Banister (2011), la movilidad afecta al clima directamente y con consecuencias irreversibles a largo plazo.

Al respecto, Colombia es responsable del 0,46% de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global, y el sector transporte participa con el 10% de estas emisiones de CO₂. Supongamos que no se toman medidas al respecto, entonces las emisiones que genera el país podrán aumentar cerca de 50% para el año 2030 (García, Vallejo Higgins & Escobar, 2016). A partir de este panorama y dadas las consecuencias de las emisiones proyectadas, en el marco del Acuerdo de París, «Colombia se compromete a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% con respecto a las emisiones proyectadas para el año 2030» (García *et al.* 2016, p.4). El objetivo principal de esta investigación es establecer estrategias de movilidad dirigidas a disminuir el volumen de vehículos diarios que se desplazan entre los valles de Aburrá y San Nicolás y disminuir así las consecuentes emisiones de CO₂ y contribuir así con el acuerdo de París. Se establecen

para ello tres objetivos específicos, cuyo cumplimiento se desarrolla a lo largo de 3 capítulos:

- Diagnosticar el estado actual y tendencias a futuro de la movilidad entre los valles de Aburrá y San Nicolás.
- Realizar una revisión de alternativas de movilidad sostenible en otros contextos e identificar la aplicabilidad al contexto de estudio.
- Proponer alternativas de movilidad sostenible entre los valles de Aburrá y San Nicolás.

La investigación se adelanta de la siguiente manera: el segundo capítulo consiste en un diagnóstico del estado, tanto actual como de proyecciones a futuro con respecto a la movilidad en la vía Las Palmas, en una longitud de viaje definida. Para este análisis, la investigación se enfoca en precisar los impactos originados por los desplazamientos diarios entre los valles de Aburrá y San Nicolás, diferenciados entre vehículos de tipo privado y público, en los ámbitos económico, social y ambiental.

En este diagnóstico, primero, se determina el carácter de los vehículos y su cantidad, lo cual se encuentra documentado en el recaudo proveniente del pago por categorías existentes de la estación de peaje Las Palmas (Agencia Nacional de Infraestructura [ANI], 2017). Una vez se tiene claro el Tráfico Promedio Diario (TPD) entre valles, es necesario determinar el porcentaje de ocupación de estos vehículos. Para la categoría I (transporte privado), se realiza un aforo en un día en semana, entre las 9:00 a.m. y las 10:00 a.m. en la estación de peaje, con lo cual se puede establecer el porcentaje de ocupación (Ver anexo B). Por el contrario, para la categoría II (transporte público), inicialmente se busca obtener la información de la venta de tiquetes de las empresas de transporte, pero no fue proporcionada. La ocupación promedio de pasajeros al día se obtiene entonces a partir de la información de salidas en taquillas desde cada terminal de transporte, identificando

la capacidad de carga de pasajeros y la ocupación de los vehículos en las diferentes horas del día.

Finalmente, con la información generada se identifican los impactos provenientes de los desplazamientos diarios entre valles de Aburrá y San Nicolás, en las 3 dimensiones de la sostenibilidad; social, económica y ambiental.

Para la dimensión social, el impacto analizado se refiere a la ausencia de espacio público necesario para la movilidad vehicular, cuyo tope máximo es definido como nivel de servicio, y a causa de su deficiencia se derivan problemas como las congestiones e ineficiencias en los desplazamientos. Seguidamente, el cálculo del impacto económico se hace mediante la comparación de los costos diarios por pasajero de transporte privado frente un usuario del transporte público. No se consideran costos adicionales para completar el recorrido, ya que no es competencia del presente estudio de acuerdo con los objetivos previamente definidos. Luego, el impacto ambiental se determina en emisiones de CO₂.

Para calcular las emisiones de los autos que transitan entre los valles de Aburrá y San Nicolás, se emplean los factores definidos de emisión por categoría vehicular (Área Metropolitana del Valle de Aburrá AMVA, 2017). Estos valores corresponden a los vehículos que transitan el área metropolitana del valle de Aburrá, y que presentan las mismas características de los que se desplazan entre los valles diariamente. La información se le solicita a la entidad en términos de g/km, y de esta manera se puede aplicar a la distancia recorrida por los vehículos que transitan por el peaje de Las Palmas durante el año 2017.

En el tercer capítulo, a partir de los datos del diagnóstico, se proponen estrategias de actuación para mitigar estos impactos y se analizan sus pros y contras, estudiando la implementación de acciones similares en otros contextos. Lo anterior permite la creación de una matriz de actuación con una jerarquía de prioridades, de acuerdo con las estrategias que prometen mayor reducción de los impactos negativos y presenten mayor

viabilidad según las condiciones del contexto en estudio, siempre enfocado en el objetivo principal de disminuir el volumen de vehículos diarios.

Por último, en el cuarto capítulo, se presentan una serie de recomendaciones para una movilidad más sostenible entre valles de Aburrá y San Nicolás.

2. Diagnóstico del estado actual y tendencias a futuro de la movilidad a nivel global y entre los valles de Aburrá y San Nicolás.

Para el año 2050, en el planeta Tierra habitarán más de 9.700 millones de personas, cerca de 2.400 millones más que en el año 2015, y de seguir así la tendencia, para el año 2100 serán en el planeta 11.200 millones de personas (World Bank, 2016; United Nations [UN], 2015) (Ver Figura 1). En realidad, esto sucederá si para ese entonces aún existiesen los recursos para abastecer las necesidades de tantas personas en el planeta, porque cada vez aumenta más la población y a su vez cada vez crece más la población urbana. «El 54 por ciento de la población mundial actual reside en áreas urbanas y se prevé que para 2050 llegará al 66 por ciento» (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas [DESA], 2014). Del mismo modo que durante las últimas décadas la población ha pasado a habitar en su mayoría las ciudades, estas han tenido que aumentar su tamaño para albergar a esta población en aumento.



Figura 1: Población mundial proyectada a 2100
Fuente: UN 2015

En consecuencia, se presenta el fenómeno llamado expansión urbana, que incrementa las distancias físicas entre los principales usos del suelo (vivienda, trabajo, comercio, servicios públicos), favorece las estructuras urbanas dedicadas a un solo uso y, por tanto, aumenta la fragmentación del territorio y la dependencia casi imprescindible del vehículo particular puesto que las distancias entre destinos cada vez aumentan más. (IDAE, 2006) (Ver Figura 2).



Figura 2: La expansión urbana
Fuente: IDAE, 2006

Por otra parte, el nivel socio económico de los países de bajos recursos ha venido aumentando, y del mismo modo las posibilidades de estudio y trabajo, y en consecuencia se han acrecentado cada vez más las aspiraciones de las personas de adquirir vehículo. Cabe mencionar además el significado social que han adquirido los vehículos en las comunidades; «Las promesas de independencia individual, velocidad, comodidad, novedades y mejoras constantes, viajes y turismo, dominio sobre el espacio y el tiempo, etc., firmemente asociados al coche lo han convertido en objeto privilegiado del ideal moderno de la autorrealización individual» (García, 1999). Cada vez más, los vehículos que salen al mercado incluyen nuevos accesorios y sistemas que argumentan, son para

satisfacer las diferentes necesidades de cada estilo de vida, lo que lleva a una percepción de desactualización y por tanto a la renovación del vehículo por parte de los usuarios.

Estos argumentos pueden justificar el hecho de que las ventas de vehículos no han cesado, y en cambio, se siguen dando en gran cantidad. En el caso colombiano, entre los años 2003 y 2017 el número de ventas de vehículos se incrementó en un 272% en total pasando de 100.946 unidades a 274.157 unidades, de la siguiente manera: automóviles particulares aumentaron de 55.693 a 146.387 unidades, camperos y camionetas de 18.726 a 103.659, vehículos de carga de 6.363 a 11.150 y finalmente hubo una disminución en los vehículos de transporte público de 20.164 a 12.961 (DANE, 2018) (Ver Figura 3).

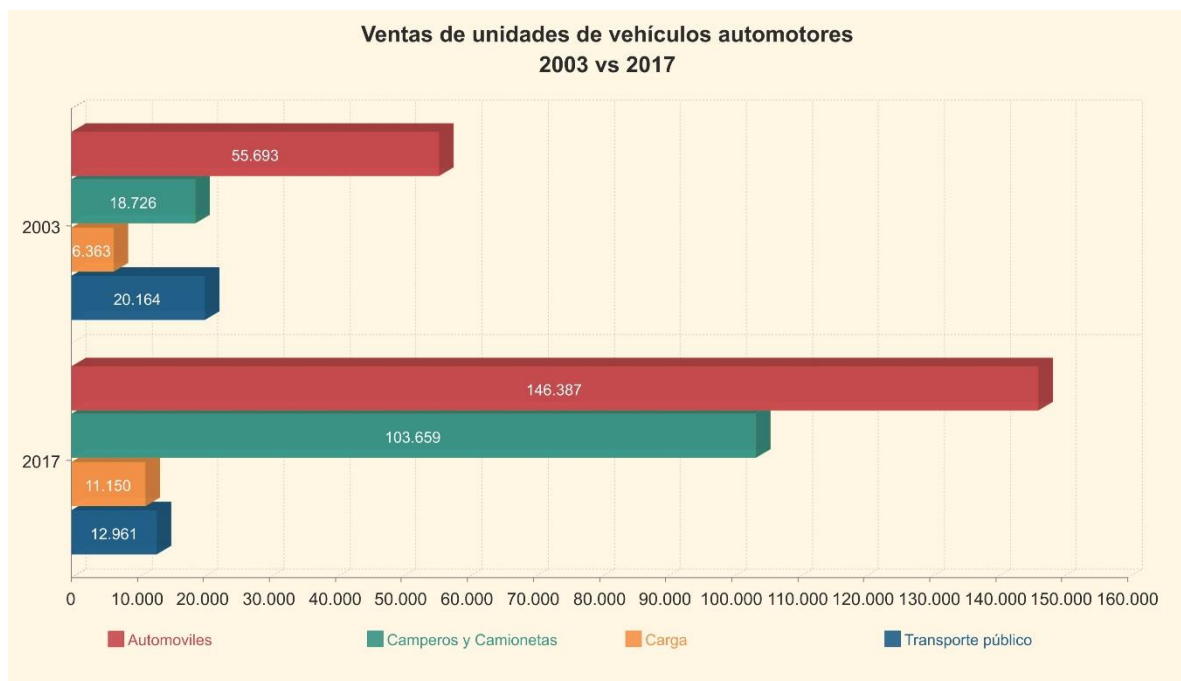


Figura 3. Ventas unidades de vehículos automotores nacionales e importados 2003 - 2018

Fuente: Elaboración propia con información DANE 2018

En efecto, la mayoría de los vehículos vendidos dentro del país durante en este periodo fueron automóviles, camionetas y camperos de uso particular. La predominancia en movilidad del uso de automóvil particular sobre el transporte en vehículos de uso público y el incremento en la demanda de movilidad en las ciudades, acarrea consigo una serie de efectos de carácter social, económico y ambiental como lo son: congestión, aumento en el riesgo de accidentes de tránsito: «Cada año se producen cerca de 1,24 millones de

muerres por accidentes de tránsito en las carreteras en todo el mundo» (Organización Mundial de la Salud [OMS],2013, párr. 1), polución, ruido, segregación del entorno, intimidación, intrusión social (Fernández, 1999), aumento en el consumo energético, emisión de gases de efecto invernadero (GEI), ocupación de espacio, exclusión y justicia social, problemas de salud: tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo, los factores que más contribuyen a la contaminación atmosférica urbana son el transporte motorizado, los pequeños fabricantes y otras industrias (OMS, 2011), costes y externalidades negativas (IDEA, 2006).

La movilidad sostenible le apuesta a medidas como: reducir la necesidad del viaje mediante el apoyo de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), la promoción de medidas de transporte que puedan reducir el número de carros (como caminar o montar en bicicleta) y el desarrollo de nuevas jerarquías de transporte, el uso de medidas de usos del suelo para la reducción de distancias y la innovación tecnológica para el incremento de la eficiencia en diseño, consumo de combustibles y uso de energías renovables (Banister, 2008). La implementación de algunas de estas medidas que sean oportunas para el contexto estudiado puede formar parte de los aportes que Colombia haga en la suma de voluntades para que el incremento de la temperatura mundial no supere 2°C, y ojalá los 1,5°C, ya que el transporte es el tercer sector productivo con más emisiones de CO₂ con el 10% de estas, y este es uno de los gases contribuyentes al cambio climático (García *et al*, 2016).

El Dióxido de carbono «Es el principal gas de efecto invernadero antropogénico que afecta al equilibrio de radiación del planeta, y es el gas de referencia a partir del cual se miden otros gases de efecto invernadero según el IPCC» (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MINAMBIENTE] s.f). Se da como producto de la quema de combustibles en todo tipo de transporte. Este gas es de larga vida porque tarda más de 100 años ser capturado de la atmosfera. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], Proyecto Tercera Comunicación Nacional [TCN]; Organización de las Naciones Unidas

para la Agricultura y la Alimentación [FAO]; Programa ONU-REDD; Universidad Nacional de Colombia [UNAL] Bogotá, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, 2015).

Dado que el aumento de la población urbana y la extensión de las ciudades incrementan los efectos y externalidades negativas de la movilidad, cabe revisar las proyecciones de población para la zona de estudio. Para el periodo 2005 al 2020, el número de habitantes del valle de Aburrá y del altiplano del valle de San Nicolás habrá tenido un incremento del 20%, del cual el 86% y el 78% respectivamente, pasará a formar parte de la población urbana (DANE, 2010). Esto, además de muchas otras consecuencias, significa un aumento en la necesidad de los municipios de satisfacer la necesidad de movilidad de sus habitantes.

Es por lo mencionado que hay diferentes mesas de trabajo con proyectos enfocados en poder asimilar o amortiguar los efectos nocivos de la movilidad e incluso hacerla más eficiente en términos de tiempo. Estos proyectos son:

- Actualización de los corredores de transporte del Plan Rector de expansión. Metro de Medellín (Centro de Estudios Urbanos y Ambientales Universidad EAFIT [URBAM], 2016).
- Concesión Túnel Aburrá Oriente (Túnel de Oriente, s.f).
- Plan Maestro de Movilidad y Encuesta de Movilidad 2017 (AMVA, 2009; AMVA 2018).
- Plataforma Oriente y Mesa de Movilidad de Municipios Asociados del Oriente Antioqueño MASORA (Agencia de Noticias EAFIT, 2016; Municipios Asociados del Oriente Antioqueño, s.f).

El gran desafío de estas mesas de trabajo y proyectos de infraestructura es lograr mejorar las condiciones actuales de movilidad, sin llegar a las consecuencias opuestas, ya que puede pasar que por la construcción y mejora de infraestructura para disminuir los tiempos de viaje se fomente la dispersión urbana y el incremento al uso del vehículo particular (Banister, 2011). Citando a Martínez (2015), economista y docente de la Universidad de Ibagué «desde una perspectiva económica toda oferta crea su propia

demanda. Es decir, de alguna manera, crear nuevas vías es un incentivo para que los ciudadanos compren más vehículos» (párr. 19).

La vía Las Palmas es una vía de carácter sub urbano que une a los Valles de Aburrá y San Nicolás. Para confirmar la percepción inicial relacionada con el aumento de desplazamientos entre ambos valles, esta investigación centrará sus esfuerzos en hacer de manera paralela un diagnóstico del estado actual de la movilidad en la vía Las Palmas y de las tendencias a futuro.

En primer lugar, se define la zona de estudio al tramo de la vía ubicado entre la glorieta de San Diego en el municipio de Medellín y la glorieta de La Fe, en el municipio de El Retiro. Estos dos puntos se encuentran a 28,67 km de distancia. Aunque por esta vía transitan vehículos de carga de mercancía, la gran mayoría de los desplazamientos que se dan diariamente son de pasajeros (ANI, 2017) (Ver Figura 4).

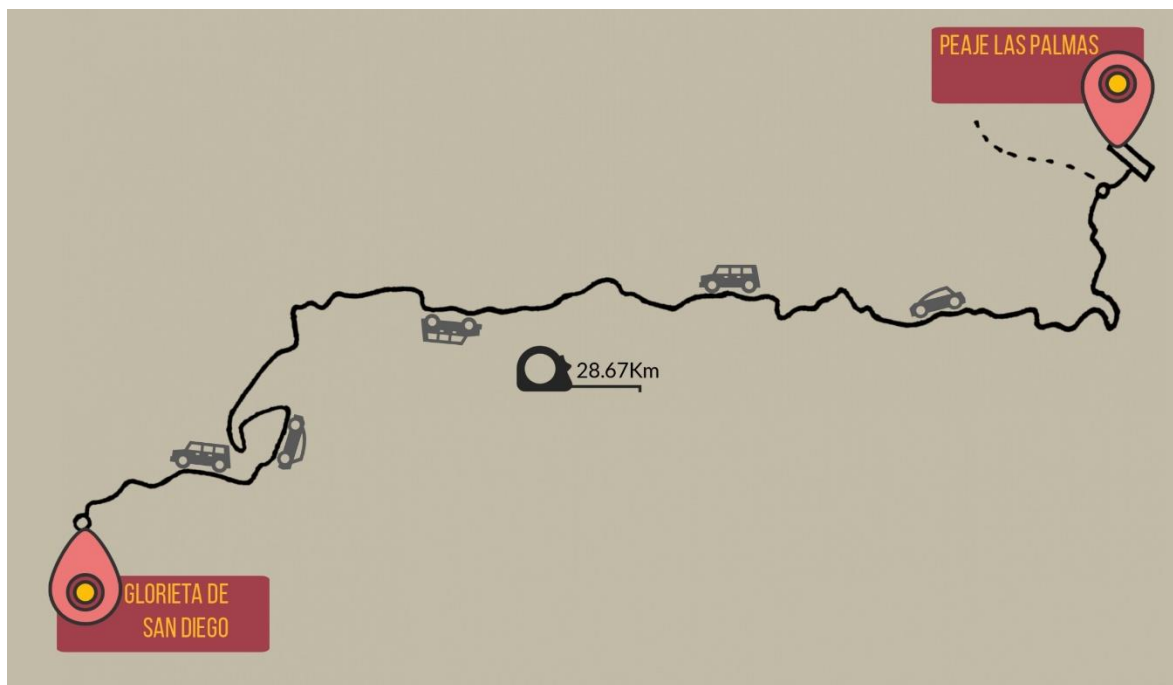


Figura 4: Tramo de vía Las Palmas en donde se enfoca el estudio
Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente se clasifica el diagnóstico en diferentes categorías de estudio que permiten conocer la situación existente pero también predecir las tendencias a futuro y que

sirva finalmente como insumo para proponer alternativas de acuerdo con el contexto estudiado.

2.1 Vehículos y pasajeros

2.1.1 Tipos de vehículos en estación de peaje

Las Palmas

En un extremo del tramo en estudio se encuentra ubicada la estación de Peaje Las Palmas, por donde se pasa de los municipios del valle de Aburrá hacia los del valle de San Nicolás y viceversa. Mediante los registros del pago de tarifa por parte de los vehículos que lo cruzan se calcula inicialmente el tránsito que se da a diario mediante la diferenciación de 14 categorías (ANI, 2017). Para analizar la movilidad de personas en desplazamientos diarios, se tienen en cuenta son las categorías I y II, ya que estas se refieren a automóviles, camperos, camionetas, buses, busetas y microbuses, en los que se da el transporte de pasajeros, tanto de tipo privado como público. Las demás categorías se refieren a transporte de carga o son pertenecientes a otras tarifas en otras estaciones de Peaje administradas por la misma concesión

Entre los valles, y por esta estación de peaje, también se movilizan personas a pie, en bicicleta y en motocicleta, pero estos modos no son tenidos en cuenta ya que, por estar exentos del pago de tarifa, no son contabilizados. Además, caminar y montar en bicicleta no son considerados en este caso como un medio de transporte rutinario, ya que la longitud y pendientes del trayecto hacen que los desplazamientos sean muy largos. Por ejemplo, el recorrido más ágil a pie dura un poco más de 6 horas y media (GoogleMaps, s.f).

Luego de definidos los vehículos a tener en cuenta se determina la capacidad de pasajeros de acuerdo al Decreto 170 de 2001 “Por el cual se reglamenta el Servicio Público de Transporte Terrestre Automotor Colectivo Metropolitano, Distrital y Municipal de Pasajeros” (Ministerio de Transporte, 2001, p.8), clasificándolos en tres grupos análisis de vehículos (Ver Tabla 1).

Tabla 1: Clasificación de grupos de análisis de vehículos

Grupos de análisis de vehículos		
Grupo	Nº pasajeros	Tipo de vehículo
A	4 - 9	Automóvil
		Campero
		Camioneta
B	10 - 19	Microbús
C	19 en adelante	Bus
		Buseta

Fuente: Decreto 170 de 2001

Se tiene cuenta entonces al grupo de análisis de vehículos A como los pertenecientes a la Categoría I de la estación del Peaje, y a su vez como medio de transporte privado, ya que en su mayoría corresponden a los viajes particulares. En el sitio se hace un aforo para el conteo de pasajeros en la estación de peaje (ver anexo B), y se consigue identificar que el tránsito de taxis en ese tiempo es bajo. Los vehículos de los grupos B y C corresponden a su vez a la categoría II, en la cual se lleva a cabo la labor de transporte público de pasajeros (ver Figura 5).

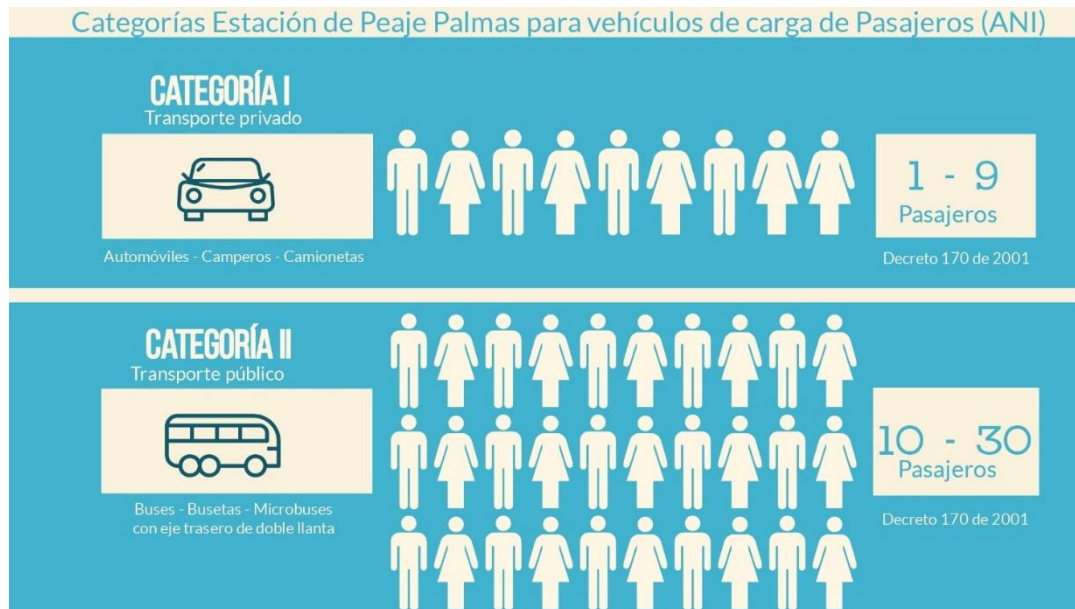


Figura 5: Categorías de Estación de peaje que serán tenidas en cuenta para el estudio.
Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Volumen de vehículos según categoría

El número de vehículos de transporte de pasajeros que transitan por la estación de Peaje de Las Palmas ha tenido entre los años 2003 y 2017 un crecimiento constante, de 1.278.795 a 3.290.364 vehículos, el 92% corresponden a la categoría I (ANI, 2017) (Ver Figura 6). De continuar esta tendencia, para el año 2030 pasarán por esta estación un total

de 5.066.511 vehículos de transporte de pasajeros, de los cuales únicamente 440.676 de estos serían categoría II (Ver Figura 7)

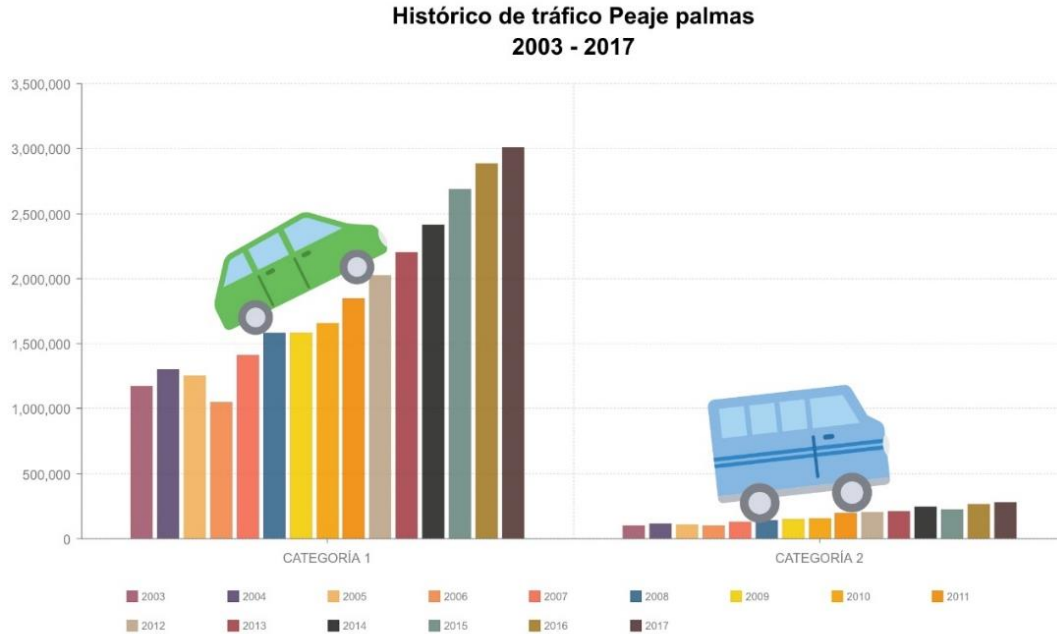


Figura 6: Histórico de tráfico Peaje Palmas años 2003 - 2017
Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por la ANI.

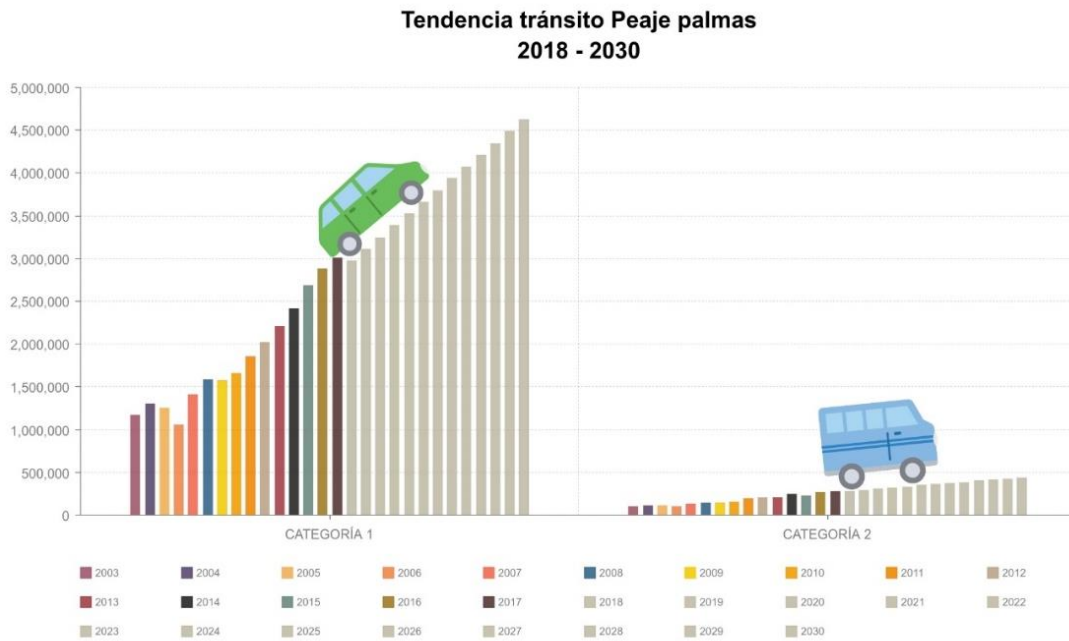


Figura 7: Tendencia tránsito. Peaje Palmas años 2018 y 2030.
Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por la ANI.

Durante el año 2017 se reporta un Tráfico Promedio Diario TPD de 9.887 vehículos pertenecientes a todas las categorías de esta estación de peaje, y 9.014 de estos corresponden a los vehículos de las categorías I y II con 8.249 y 765 y unidades respectivamente. Esta vía, según información suministrada por el Gerente de la Concesión Devimed S.A, tiene una capacidad de servicio cercana a un TPD de 12.000 vehículos (Vélez, 2017). Según lo anterior, de mantenerse la tendencia en el aumento anual del volumen vehicular, para el año 2023 se estaría llegando al tope máximo de servicio, con 11.905 vehículos (Ver Figura 8).

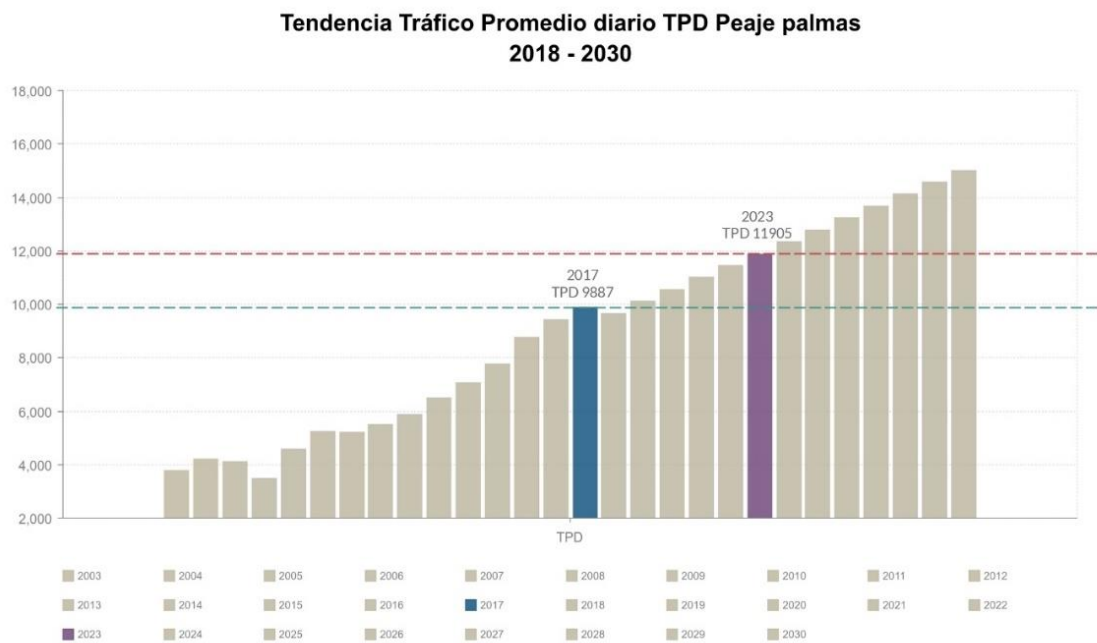


Figura 8: Tendencia Tráfico Promedio Diario. Peaje Palmas años 2018 - 2030.
Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por la ANI.

En otras palabras, este tramo de vía se encuentra a 6 años del colapso en el nivel de servicio, y se entiende en esta primera parte del diagnóstico que se debe revertir la tendencia de aumento de vehículos año tras año, para lo que es necesario detener este crecimiento e incluso disminuirlo. Pero para planear estrategias que puedan apoyar un cambio en la movilidad en la zona de estudio, hace falta complementar la información. A

continuación, se estudia la cantidad de pasajeros que transitan en los grupos de análisis de vehículos de categorías I y II

2.1.3 Cantidad de pasajeros y porcentaje de ocupación de los vehículos

En este numeral se cuantifica el tráfico actual y tendencias futuras para de transporte de pasajeros entre valles que circula por la vía Las Palmas.

Pasajeros grupo de análisis de vehículos Categoría I

Según aforo realizado en el sitio (Ver anexo B) en un día de semana corriente, para la categoría I el promedio de pasajeros es del orden de 1,53 pasajeros por cada automóvil, campero o camioneta, lo que significa que para los 8.249 vehículos que transitan al día se están movilizando 12.621 pasajeros, es decir, se da un aprovechamiento del 30,6% de cupos disponibles (se asume que todos los vehículos tienen 5 puestos, porque de 603 vehículos aforados, únicamente 1 contaba con más de 5 pasajeros en su interior).

En otras palabras, para los 3.011.035 de vehículos de categoría I que circularon durante el año 2017, solamente se ocuparon 4.606.884 sillas de las 15.05.175 disponibles (Ver Figura 9).

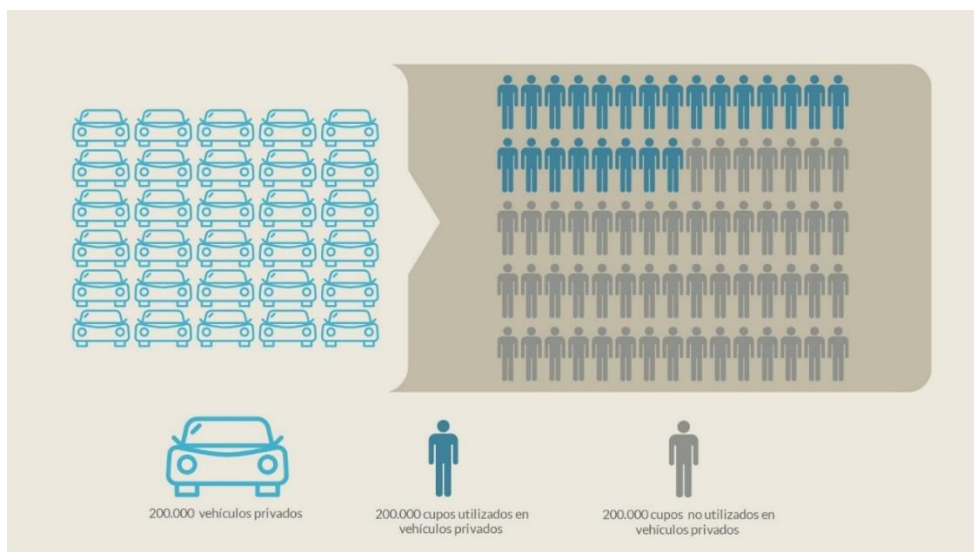


Figura 9: Cupos disponibles vs Pasajeros al año 2017. Categoría I

Fuente: Elaboración propia según aforo de pasajeros.

Pasajeros y vehículos Categoría II

Para el cálculo de la ocupación de pasajeros de esta categoría es necesario tener en cuenta la variación en la demanda de acuerdo con horas pico y valle, que son tomadas de estudio de tránsito para retornos en Alto de las Palmas (Vías y Tránsito, 2017) y se definen así: en la mañana entre las 06:45 h y las 07:45 h y en la tarde entre las 17:00 h y las 18:00 h. Al viajar entre valles durante semanas en horas pico y valle (ver anexo C) se define una ocupación promedio del 79% y cada vehículo cuenta con un promedio de 31,5 asientos disponibles. Entonces, en 2017 de 8.798.864 asientos disponibles para categoría II se ocuparon 6.951.102 (Ver Figura 10).

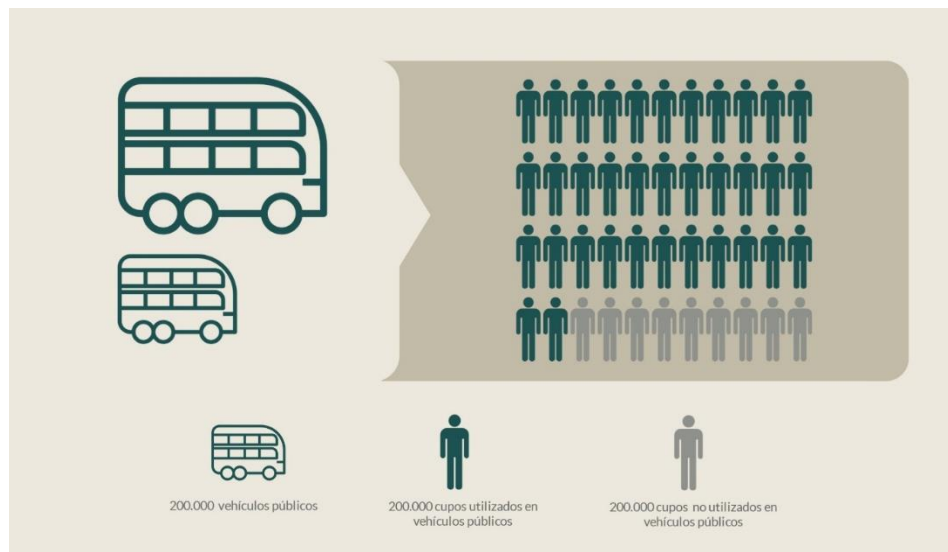


Figura 10: Cupos disponibles vs Pasajeros al año 2017. Categoría II
Fuente: Elaboración propia según cifras empresas transportadoras.

2.2 Recorrido entre valles por la vía Las Palmas

Después de definidos las categorías a ser tenidas en cuenta y su porcentaje de ocupación, se procede a definir los kilómetros recorridos, la duración del viaje y finalmente la velocidad promedio del desplazamiento.

2.2.1 Longitud y velocidad de los desplazamientos

La longitud del desplazamiento entre las glorietas de San Diego (Medellín) y La Fe (El Retiro) es de 28,67 km. En total los vehículos de categoría I recorrieron durante el año 2017 un total de 86.326.373 kilómetros y los de categoría II 8.008.362 Kilómetros (Ver Figura 11).



Figura 11: Kilómetros recorridos durante 2017 Categoría I vs Categoría II
Fuente: Elaboración propia según Información suministrada por la ANI.

Aunque no es posible medir la velocidad de cada auto para determinar un promedio general, se establecieron de la siguiente manera: Para la categoría I se tomó del servidor de aplicaciones de mapas Google Maps el dato de la duración del recorrido de ese trayecto en auto, y en conjunto con la longitud de viaje ya establecida, se obtuvo la velocidad promedio. Para la categoría II, se emplea la duración del viaje que informan las empresas

de transporte mediante la página Web de las terminales de transporte de Medellín (Terminales Medellín, s.f). En esta última información se refieren a la duración de un desplazamiento completo, entre Medellín y La Ceja o entre Medellín y El Retiro y viceversa. Sin embargo, las condiciones de la vía se conservan similares durante toda su longitud, por lo que esta velocidad promedio se considera válida para la longitud de viaje determinada. Según las diferencias obtenidas en tiempo del viaje en vehículo de categoría I o de categoría II, la velocidad promedio de ambos es de 37,48 km/h y 25,33 km/h respectivamente (Ver Figura 12). En conclusión, el mismo desplazamiento tarda 22 minutos más en vehículo de categoría II, el empleado para transporte público, con respecto a uno de categoría I, el empleado para el transporte privado principalmente. Esta diferencia se debe a que categoría I realiza un recorrido directo, mientras que la categoría II tiene “sube y baja”, lo que necesariamente implica pérdida de tiempo en las paradas (Ver Figura 12).

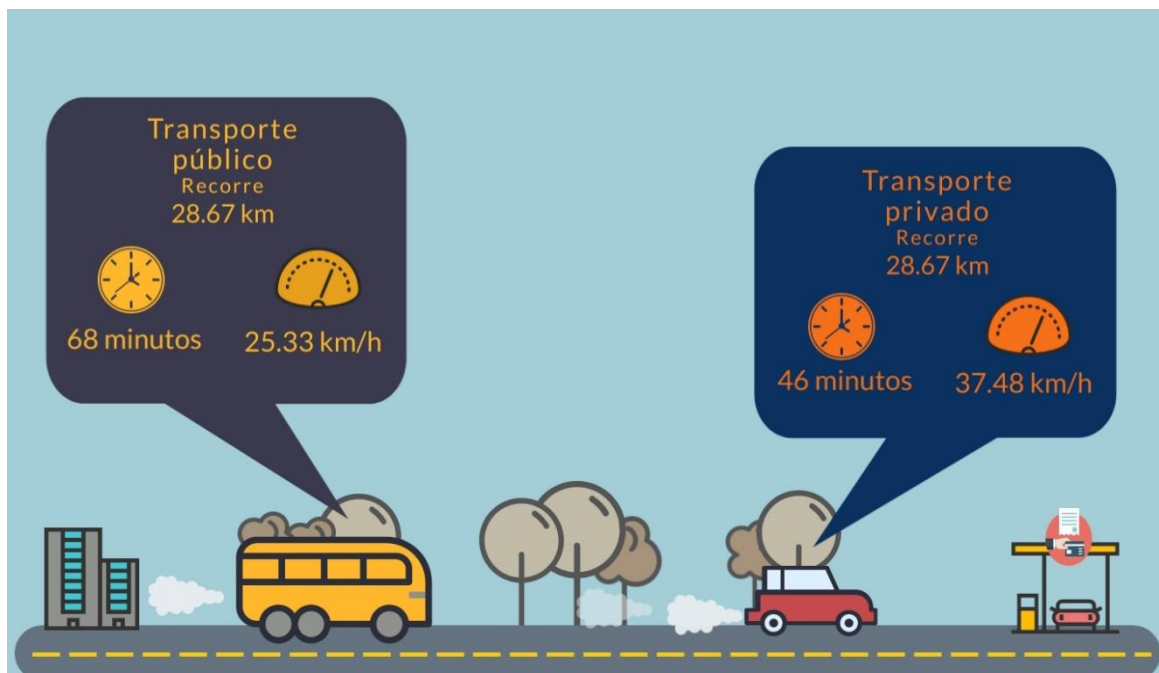


Figura 12: Longitud, duración y velocidad de los desplazamientos según categoría, en el tramo de vía del estudio.

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, las velocidades que hoy en día se presentan por esta vía son muy diferentes a las esperadas. Según el estudio de tránsito para el diseño de retornos en el Alto de las Palmas, (Vías y Tránsito, 2017) una velocidad promedio entre los 50 y 60 km/h

sería aceptable para los próximos 5 años de funcionamiento de la vía. El estudio mencionado indica que estos retornos deben hacerse debido al aumento de la construcción de viviendas, y presenta varias alternativas de diseño, con una tasa de crecimiento anual del parque automotor del 5%, y concluye que la velocidad promedio de la zona sería del orden de los 20 km/h, de forma que el desplazamiento en vehículos de categoría I aumentaría de 46 a 86 minutos, alejándose aún más de la velocidad promedio mínima esperada.

En efecto, la ventaja que hoy en día tiene un vehículo de categoría I sobre uno de categoría II desaparecerá en un futuro cercano. De acuerdo con Tobón (2017) el incremento constante de vehículos está provocando un aumento permanente de los tiempos de viaje, debido a la ocupación del espacio.

2.3 Impactos

2.3.1 Impacto Social: Disponibilidad de la malla vial y ocupación del espacio

Al tiempo que el volumen vehicular ha venido aumentando anualmente, como se ha expresado, Germán Vélez argumenta que «la red vial del Oriente Antioqueño no ha crecido en las últimas dos décadas. Sin embargo, sí hay un alto aumento de la densidad poblacional» (Vélez, 2017). Esto obedece al fenómeno de la dispersión de las ciudades del valle de Aburrá, estas han aumentado su densidad poblacional durante las últimas décadas, lo cual ha hecho que sus habitantes busquen cambiar su lugar de residencia hacia las afueras y municipios cercanos, en este caso, hacia los municipios del valle de San Nicolás. Esta expansión de las zonas urbanas aumenta la necesidad de construcción y mantenimiento de infraestructura para las nuevas zonas habitadas: redes eléctricas, acueducto, alcantarillado y vías de acceso. Esto, además de significar altos gastos del presupuesto público, también dificulta la labor del estado de satisfacer las necesidades de

movilidad por la configuración dispersa. Por lo tanto, sucede que los desplazamientos diarios, terminen siendo resueltos de manera particular (Ver Figura 13)



Figura 13: Desplazamientos diarios vs Capacidad de servicio vía Las Palmas
Fuente: Elaboración propia

De los proyectos que existen en la actualidad para resolver el problema de congestión por desplazamientos entre valles, de gran inversión, ninguno considera a esta vía, sino que están enfocados en resolver los problemas de movilidad con el Aeropuerto José María Córdoba. Estos son (Universidad EAFIT; Metro de Medellín; Eafit, URBAM;, 2016):

- Concesión Túnel Aburrá Oriente.
- Un sistema de tranvía o buses rápidos incluida Estación del Metro de Medellín largo plazo

Estos, según German Vélez «no tendrán un impacto tan positivo en la red vial. Por ejemplo, para este túnel, la capacidad de servicio será de 20.000 TPD, y este se saturará a los 2 o 3 años de funcionamiento. Por lo que es necesario iniciar desde ya una calzada

paralela a este». Es decir, mayor área de espacio público destinada a la movilidad vehicular.

Por otra parte, existe el proyecto de construcción de la Doble Calzada del Oriente, que sí tendría inferencia directa sobre la movilidad entre valles por la vía Las Palmas. Sin embargo, esta no podría ser realidad a corto plazo ya que los retiros a las vías, necesarios para la construcción de esta infraestructura y que por ley se deben mantener libres de construcciones, están ocupados hoy en día, lo que hace necesario realizar un proceso de recuperación de predios que puede tardar varios años. La saturación de la capacidad de servicio está calculada para suceder en el transcurso de 6 años, así que la disminución a la congestión que actualmente crece, no da espera a este proyecto. Por consiguiente, para disminuir la congestión cada vez mayor de vehículos, sin la destinación de más área de espacio público se tendría que reducir el número de vehículos que transitan por esta vía diariamente.

2.3.2 Impacto económico: costos por vehículos y personas

El coste de un desplazamiento promedio entre valles, ida y vuelta, varía entre una categoría y otra, y de igual manera entre los mismos vehículos de una misma categoría.

En el caso de la categoría I, el impacto económico se estima de acuerdo a los gastos promedio que implican el rodamiento (gasolina y peajes) y mantenimiento y operación (impuestos, seguros, revisión técnico mecánica, batería, llantas, aceite, parqueaderos y lavadas) de un vehículo promedio de categoría I, ya que se entiende que estos oscilan en función del modelo del vehículo, del cilindraje, del tipo de combustible, del rendimiento, entre otros. No se tiene en cuenta el costo de adquisición del vehículo, el cual puede variar mucho más.

Según el inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá (AMVA; 2017), el 68,25% de los vehículos de categoría I funcionan con gasolina, el 26,99% con diesel y el restante 4,76% con Gas Natural Vehicular GNV. Según análisis de costos promedio para un desplazamiento ida y vuelta por vehículo (ver anexo D), el consumo de combustible por vehículo cuesta entre \$2.629 y \$12.389 dependiendo del rendimiento promedio y tipo de

combustible. Por otra parte, la tarifa de la estación del peaje para la categoría I en 2017 fue de \$8.200. Consiguientemente, para un desplazamiento ida y vuelta, el costo por vehículo es de \$16.400. Finalmente, el estimado de los costos adicionales entendidos como costo de mantenimiento y operación, al año se llevan a términos de valor por desplazamiento ida y vuelta y están por el orden de \$ 4.677 promedio.

En conclusión, el valor de un desplazamiento ida y vuelta para un vehículo de categoría I, dependiendo del combustible, es de \$33.466 para gasolina, \$30.025 para diésel y \$23.706 para GNV. Lo anterior permite determinar que el costo de un desplazamiento ida y vuelta por persona, en un auto con capacidad de 5 pasajeros, pero con una ocupación de 1,53 personas/auto, y según combustible, es de \$21.873 para vehículo de gasolina, \$19.624 para vehículo diésel y \$15.494 para un vehículo movido por GNV (Ver Figura 14).

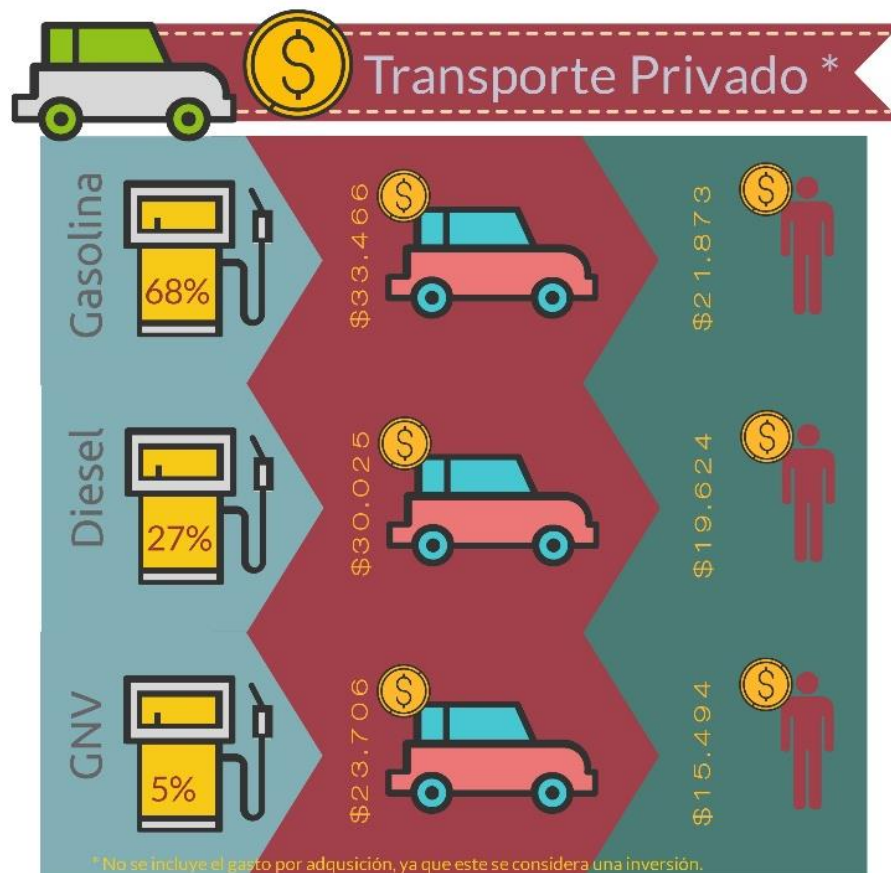


Figura 14: Costo de desplazamiento ida y vuelta según combustible para un vehículo de categoría I 2017

Fuentes: Elaboración propia. Portafolio www.portafolio.co/economia/precios-de-la-gasolina-y-acpm-en-colombia-noviembre-de-2017-511223, UPME www.ume.gov.co/GeneradorConsultas/Consulta_Indicador.aspx?IdModulo=3&ind=34 Valores según precios servitecas año 2017 y (Doku, 2016)

Para el transporte público, según valores de tiquetes de las principales empresas de transporte de los municipios de La Ceja y El Retiro, el costo de los pasajes ida y vuelta fue de \$10.000 en promedio, ya que el valor de los tiquetes para el trayecto entre la Glorieta de San Diego y la estación de Peaje oscilan entre \$4.500 y \$5.500 para el 2017. (Ver Figura 15).



Figura 15: Costos de recorrido ida y vuelta por pasajero de vehículos categoría II 2017
Fuente: Elaboración propia. Tarifas taquillas terminales de transporte año 2017.

Los costos arriba mencionados para el transporte público son tarifas plenas. Si bien existen beneficios, como lo son la «tiquetera», en donde se obtienen varios pasajes en una sola compra o descuentos por presentación del carné de estudiante, los cuales disminuyen el costo de los desplazamientos, no se tienen en cuenta para este estudio.

Para concluir, el impacto económico por desplazamiento ida y vuelta es menor para los pasajeros de transporte público. Esto sin importar la ocupación de los vehículos. En

cambio, para los usuarios de transporte privado, a menor ocupación del vehículo, mayor gasto.

2.3.3 Impacto ambiental: emisión gases efecto invernadero (GEI).

De los impactos ambientales que pueden generar el gran volumen de vehículos que a diario transitan entre valles por la vía Las Palmas, se tienen en cuenta los efectos de las emisiones de Dióxido de Carbono CO₂, para los vehículos de carácter privado y público durante el año 2017. Este impacto es medido en términos de gramos/km recorrido.

El inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá, actualización 2015, presenta estos factores para vehículos clasificados por modelos entre los años 1950 y 2012, con combustible gasolina y 2013 para diésel (AMVA, 2017) (Ver Tabla 2). Los factores de emisión de los gases, establecidos por el AMVA están categorizados según la edad del parque automotor, variando en cantidad de emisiones por km recorrido, con mayor diferencia entre los automóviles con modelo anterior a 2012 o posterior al mismo año. El documento no contiene datos de modelos de vehículos que transitan por el valle, por lo que es necesario realizar un segundo aforo en el sitio, en este caso para determinar el porcentaje de autos anteriores y posteriores al año 2012. El aforo se realiza con el acompañamiento del asesor en movilidad y transporte Juan Guillermo Ruiz Vélez (ver anexo F). La identificación de los modelos se hace mediante observación dada la experiencia en el reconocimiento de vehículos del experto.

Según aforo, el 56% de los autos que transitan por este peaje son modelos superiores al año 2012 y el 44% son modelos inferiores o iguales al año 2012; sin embargo, en su mayoría estos últimos serían superiores al año 1998. Para esta investigación, las emisiones de todos los automotores que transitaban por el peaje durante el 2017, son estimadas con los factores definidos entre los años 1998, 2012 y 2013. Lo anterior sustentado en el hecho que al comparar 3 tipos de automóviles de las marcas de automotores más vendidas en Colombia durante 2017 (Revista Dinero, 2018), estos no

tienen un cambio considerable en cuanto a sus emisiones de CO₂ (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente de México [PROFEPA], s.f) (Ver Figura 16).

Tabla 2: Factores de emisión de CO₂ en gramos/km recorrido para los vehículos que transitan en el área metropolitana del valle de Aburrá.

	COMBUSTIBLE	CATEGORÍA	MODELO	FACTOR DE EMISIÓN CO ₂ (g/km)	PROMEDIO FACTOR DE EMISIÓN CO ₂ (g/km)
Categoría I - Vehículos transporte privado	Gasolina	Auto, Taxi ligero (<=1500 cc)	1950 ≤ year < 1993	350.39	220.35
			1993 ≤ year < 1998	254.54	
			1998 ≤ year < 2012	236.51	
			≥ 2012	204.20	
		Auto, Taxi mediano (1500<cc<=3000)	1950 ≤ year < 1993	408.36	278.43
			1993 ≤ year < 1998	303.54	
			1998 ≤ year < 2012	298.75	
			≥ 2012	258.11	
		Auto, Taxi pesado (> 3000 cc)	1950 ≤ year < 1993	530.49	362.37
			1993 ≤ year < 1998	394.18	
			1998 ≤ year < 2012	388.78	
			≥ 2012	335.95	
	Diésel	Auto, Taxi ligero (<=1500 cc)	1950 ≤ year < 2000	239.15	199.29
			2000 ≤ year < 2005	239.15	
			2005 ≤ year < 2010	216.10	
			2010 ≤ year < 2013	201.70	
			≥ 2013	180.09	
		Auto, Taxi mediano (1500<cc<=3000)	1950 ≤ year < 2000	291.74	246.36
			2000 ≤ year < 2005	291.74	
			2005 ≤ year < 2010	263.64	
2010 ≤ year < 2013			244.92		
Auto, Taxi pesado (> 3000 cc)		1950 ≤ year < 2000	379.62	336.94	
		2000 ≤ year < 2005	379.62		
		2005 ≤ year < 2010	341.44		
	2010 ≤ year < 2013	324.15			
Gas Natural Vehicular	Auto, Taxi ligero (<=1500 cc)	1950 ≤ year < 1993	198.82	198.82	
		≥ 1993	198.82		
	Auto, Taxi mediano (1500<cc<=3000)	1950 ≤ year < 1993	252.78	247.10	
		≥ 1993	241.42		
	Auto, Taxi pesado (> 3000 cc)	1950 ≤ year < 1993	312.42	303.90	
≥ 1993		295.38			
Categoría II - Vehículos transporte público	Diésel	Bus, Camión, Tracto - camión, Volqueta ligero(3000<cc)	1950 ≤ year < 2000	518.64	450.03
			2000 ≤ year < 2005	500.64	
			2005 ≤ year < 2010	500.64	
			2010 ≤ year < 2013	399.79	
			≥ 2013	399.07	
		Bus, Camión, Tracto - camión, Volqueta mediano (3000<cc<=6000)	1950 ≤ year < 2000	763.56	636.42
			2000 ≤ year < 2005	684.32	
			2005 ≤ year < 2010	684.32	
			2010 ≤ year < 2013	589.24	
			≥ 2013	587.80	

Fuente: AMVA, 2018. Respuesta a derecho de petición con radicado 00-007283



Figura 16: Comparativo emisiones de CO₂ diferentes modelos de automóviles de las 3 marcas de automotores más vendidas en Colombia durante el 2017.

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, durante el año 2017 los automotores privados generaron 24.017 toneladas de dióxido de carbono, mientras que los vehículos de transporte público aportaron 4.350 toneladas del mismo gas (Ver Figura 17).

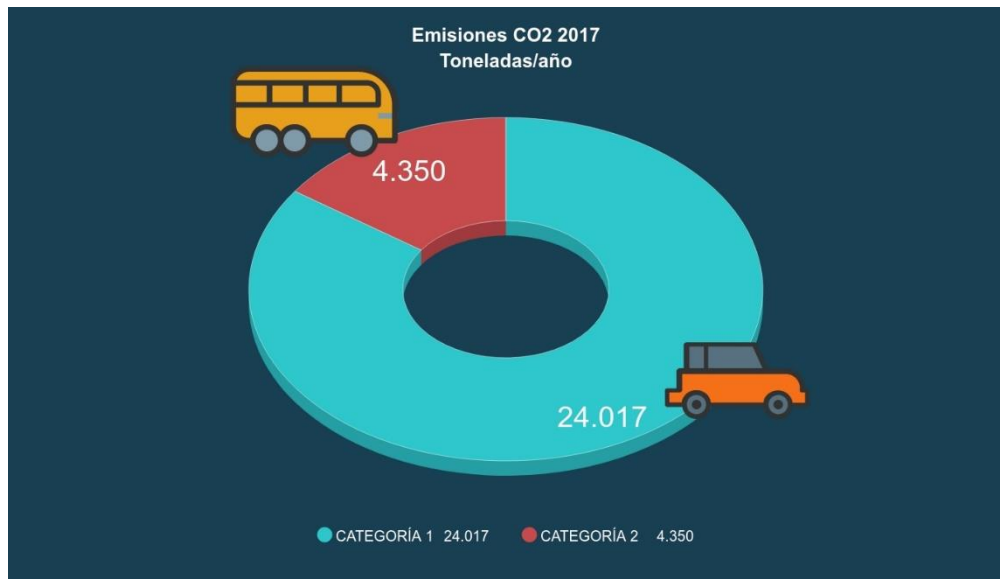


Figura 17: Emisiones CO₂ en toneladas/año durante el 2017.

Fuente: Elaboración propia.

En otras palabras, la categoría I (esencialmente privada) supera por más de 5 veces en cantidad a la categoría II (pública) y de permanecer la tendencia, al año 2030 el transporte de pasajeros generaría más de 43 mil toneladas de este compuesto (Ver Figura 18).

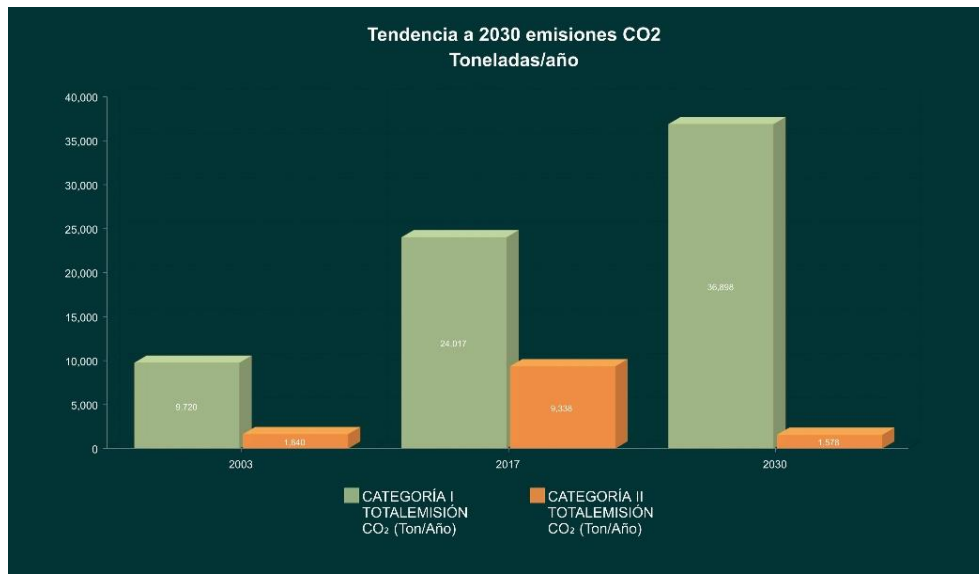


Figura 18: Tendencia a 2030 emisiones CO₂ en toneladas/año.
Fuente: Elaboración propia.

Es decir, para el 2017, un pasajero de vehículo tipo privado generó en promedio 5.379, 4.888 o 4.684 gramos de CO₂ al año, dependiendo si los desplazamientos fueron en autos impulsados con gasolina, diésel o Gas Natural Vehicular (GNV), respectivamente. Durante el mismo periodo, un pasajero de transporte público fue responsable de 626 gramos de

CO₂ (ver Figura 19). No obstante, merece más la atención la sumatoria de estas emisiones y su incremento anual debido al aumento del parque automotor.



Figura 19: Emisiones CO₂ por pasajero en gramos/año durante el 2017.
Fuente: Elaboración propia.

Recordando lo ya mencionado, y de acuerdo con García *et al* (2016), si no se toman medidas, las emisiones que genera el país podrán aumentar cerca de 50% para el año 2030. Sin embargo, la evaluación de la tendencia analizada a partir del crecimiento del parque automotor y el número de vehículos determina un incremento en las emisiones mucho mayor, cercano al 82%. Así mismo, a este paso, el compromiso «Colombia se compromete a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% con respecto a las emisiones proyectadas para el año 2030» de este mismo informe no será cumplido.

Se deben, en consecuencia, tomar medidas al respecto, buscando reducir las emisiones por persona y así llegar a reducir las totales. Ya sea mediante el descenso en el número de desplazamientos diarios, el aumento del número de pasajeros por vehículos, o una mezcla de ambas.

Lo anterior que es significativo del diagnóstico efectuado, elaborado a partir de problemas reales. La movilidad entre valles por la vía Las Palmas requiere actualmente

detener el crecimiento en el volumen de vehículos, y posteriormente, debe apuntar a una disminución de estos. Esta disminución puede darse ya sea por la reducción de desplazamientos, o por el aumento de ocupación de los automóviles que hacen los trayectos, tanto de categoría I como II. Con esta premisa, se plantean en el siguiente capítulo alternativas dirigidas a atacar la problemática existente para la movilidad entre valles de Aburrá y San Nicolás por la vía Las Palmas.

3. Propuesta de alternativas de movilidad sostenible entre los valles de Aburrá y San Nicolás, según casos existentes

Menos emisiones de CO₂, menor duración del viaje, optimización del uso del espacio público destinado a la movilidad vehicular y, en consecuencia, aumento de la vida útil de la infraestructura vial (tanto física como de servicio), son los cambios necesarios para lograr una reducción de los impactos negativos debido a las prácticas existentes de movilidad vehicular en la vía Las Palmas. Para lograr dichos resultados se deben promover decididamente cambios enfocados en reducir el volumen de vehículos que transitan a diario por esta vía.

Se ha mencionado que, según el histórico de pago de tiquete en la estación de peaje y las tendencias a 2030, el volumen vehículos de categoría II actual y esperado es mucho menor con respecto a los de categoría I, pero ambas han mostrado un constante incremento porcentual año tras año. Ciertamente esta es una situación que se vive en todo el país, como lo muestran las cifras para el mes de agosto de 2018 «el mercado automotor registró 21.444 unidades, equivalente a un incremento del +2,5% frente al mismo periodo del 2017» (ANDEMOS, 2018). Sin embargo, la categoría II tiene menos impactos negativos que la categoría I. Aunque un bus por si solo sea un gran emisor de CO₂, también es un vehículo con capacidad transportar cerca de 30 pasajeros sentados, así que una persona que se desplaza en bus, además de gastar menos dinero que un pasajero de categoría I, también contribuye en menor medida en las emisiones de CO₂, y representa una menor ocupación de espacio. En conclusión, ayuda en la optimización de la vida útil de la infraestructura vial y en la reducción de trancones. Al respecto es importante aclarar que existen en el mercado tecnologías de buses de transporte público con bajas emisiones de CO₂ y que responden a estándares EURO VI, tecnología que es altamente usada en Europa con muy buenos resultados ambientales, pero para el caso local dada la deficiente

calidad en los combustibles no puede ser empleada esta tecnología. En el país los niveles de azufre en ACPM cumplen con la norma anterior, EURO IV (EL TIEMPO, 2017)

Bajo esta lógica, los impactos negativos de los vehículos de categoría I podrían reducirse si por desplazamiento se ocuparan más asientos de un mismo vehículo, porque según cifras del 2017 en cada desplazamiento un auto de esta categoría en promedio carga 1,53 pasajeros de 5 que cabrían en este. Por ejemplo, si todos los pasajeros de categoría I durante el 2017 hubiesen viajado en vehículos a cupo completo, la cantidad de autos no habría sido 3.011.035 vehículos sino 879.607 unidades. Igualmente, las emisiones de CO₂ habrían sido 7.050 en lugar de 24.017 toneladas y el TPD sería de 2.410 autos (5.839 autos menos al día) alargando la vida útil de la infraestructura tal como está al día de hoy.

En otras palabras, lograr ocupación completa reduciría en un 69% las emisiones de CO₂, pero es una meta muy compleja de alcanzar, sabiendo que los autos de categoría I que a la fecha circulan por esta vía no son ocupados ni en un 50%. Lo anterior compromete la meta mínima relacionada con los compromisos de Colombia frente al Acuerdo de París: «Colombia se compromete a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% con respecto a las emisiones proyectadas para el año 2030» (García *et al*, 2016). De continuar con la situación actual, para el 2030, las emisiones de CO₂ debido a desplazamientos por la vía Las Palmas serían 43.761 toneladas y para dar cumplimiento al compromiso las emisiones al 2030 no deben sobrepasar las 35.009 toneladas.

Como mínimo, para lograr el compromiso mencionado, es necesario aumentar el promedio de ocupación de la categoría I a 1,91 pasajeros/auto y además el promedio de ocupación de la categoría II (que al 2017 fue de 24,49 asientos de 31,5 disponibles) a 31,11 pasajeros/bus. De igual manera, la optimización en el uso del recurso genera mayor eficiencia económica, por razones obvias relacionadas con la dilución de los costos del desplazamiento. Para un pasajero que viaje en un vehículo de categoría I con 1,91 en lugar de 1,53 puestos ocupados en promedio, sus gastos diarios pueden disminuir de \$21.873

en un auto a gasolina a \$11.452, de \$19.624 a \$10.274 en un auto a diésel y de \$15.494 a \$8.112 en un auto a gas natural vehicular (Ver Figura 20).



Figura 20: Proyección reducción de impactos mediante cambios en la movilidad por la vía Las Palmas.

Fuente: Elaboración propia.

No es el caso para los usuarios de los vehículos pertenecientes a la categoría II, donde el valor del ticket es fijo sin importar la ocupación del vehículo. Los consumidores de este servicio, para recibir beneficios económicos, deben recurrir a la compra de varios tickets para viajero frecuente o presentar carné de estudiante al momento de la compra en taquillas de las empresas. Pero, si se reduce el número de vehículos, ambos usuarios se verán beneficiados en la disminución de congestión del tráfico vehicular, lo que se traduce en viajes mucho más eficientes.

Entonces, ¿qué estrategias proponer encaminadas en reducir el volumen de los vehículos que a diario se movilizan por la vía Las Palmas, ya sea disminuyendo el número de pasajeros o aumentando el promedio de ocupación vehicular?

Teniendo ya un diagnóstico claro que es «alto volumen vehicular y constante aumento» se establecen las metas a cumplir para revertir las consecuencias a 2030. Las cuales son:

- Detener el aumento de desplazamientos: para no acelerar el tope de nivel de servicio. Aún sin este límite actualmente se presentan embotellamientos y se dan velocidades promedio por debajo de las ideales para una mejor eficiencia en la movilidad vehicular.
- . Aumentar la capacidad vehicular: Una vez detenido el aumento de desplazamientos, sigue la generación de mayor área para alargar la vida útil en cuanto a capacidad de servicio de la vía.
- . Reducir el tiempo de desplazamiento: Uno de los impactos sociales en aumento, que se relaciona directamente con las dos metas anteriores.
- Reducir el volumen vehicular: trabajar en la reducción del número de vehículos para alargar la vida útil de la infraestructura tanto en nivel de servicio como físicamente y así reducir las emisiones de CO₂.

Como metodología para la elaboración de propuestas de alternativas de movilidad sostenible, a continuación, se construye una matriz en donde, para cada una de las 4 metas se fijan estrategias y se procede a analizar su viabilidad mediante el estudio de experiencias de implementaciones exitosas y fallidas en otros contextos a nivel global.

Inicialmente se propone una jerarquía de actuación en orden descendente en base a los datos que arrojó el diagnóstico, tal como se presenta en la Tabla 3, la cual podrá variar de después de estudiar los casos de implementación de estas estrategias en otros contextos.

Tabla 3: Estrategias propuestas para el cumplimiento de las metas

Diagnóstico	Meta
Alto volumen vehicular y constante aumento. A 2023 llegará al límite del nivel de servicio	Detener el aumento de desplazamientos
	Aumento de la capacidad vehicular
	Reducción tiempo de desplazamiento
	Reducir el volumen vehicular

Fuente: Elaboración propia

3.1 Matriz de estrategias de actuación

Con una valoración de “Muy viable”, “Viable” y “Poco viable” expresada en íconos de colores: verde, azul y rojo respectivamente (ver Figura 21), se califican cada una de las estrategias clasificadas en dos categorías: la primera es la viabilidad desde los puntos de vista técnico, temporal y económico y la segunda corresponde a los resultados que se pueden esperar con una hipotética implementación de cada instrumento en cuanto a la

percepción ciudadana, la disminución de las emisiones de CO₂, en los tiempos de desplazamiento y el aumento de la vida útil de la infraestructura vial (ver Tabla 4).

Inicialmente se les da una calificación empírica, la cual será justificada o refutada una vez se estudien diferentes casos exitosos o fallidos en la implementación de estrategias similares en otros contextos (Ver Tabla 5).

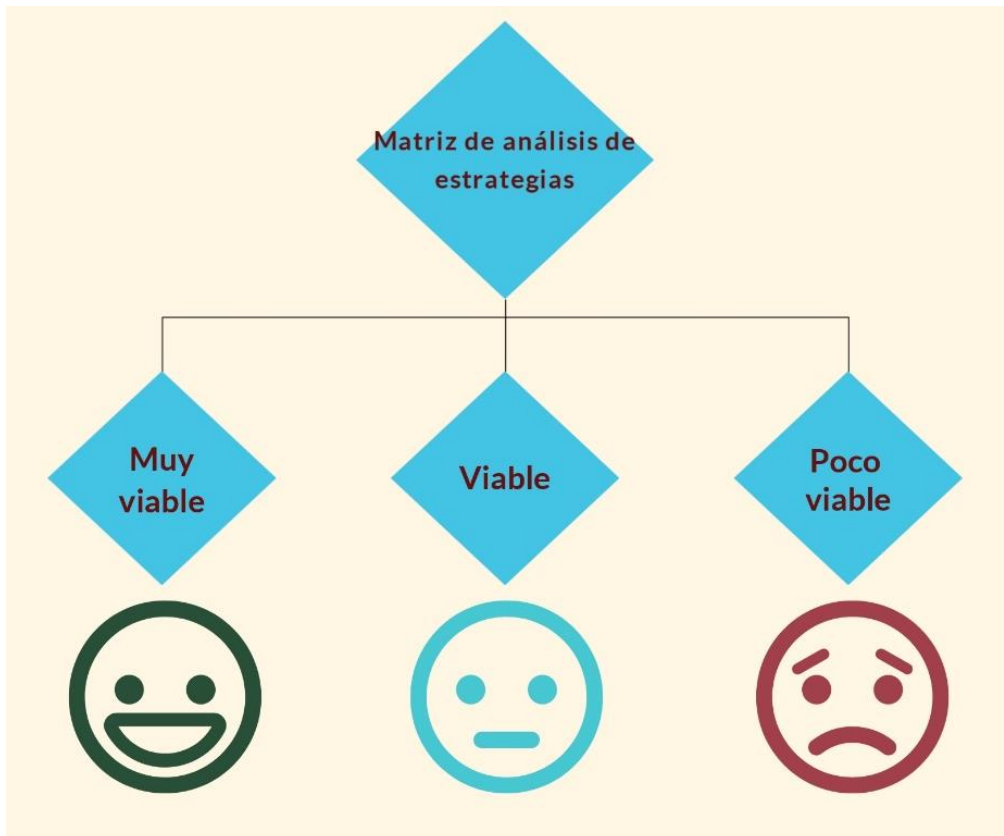


Figura 21: Escala de clasificación estrategias.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Categorías de análisis matriz de estrategias de actuación

Viabilidad			Resultados esperados			
Técnica	Temporal	Económica	Percepción	- emisiones	- tiempo desplazamiento	+ vida útil infraestructura vial

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Calificación empírica de la viabilidad de estrategias de movilidad

Matriz de estrategias de actuación		Viabilidad						Resultados esperados					
		Técnica	Tiempo	\$	Percepción	- CO2	- tiempo viaje	+ vida útil vías					
Problematika de servicio Alto volumen vehicular y constante aumento. A 2023 llegará al límite del nivel	Meta	Estrategia											
	Detener el aumento de desplazamientos	Reducción del ritmo de crecimiento de las zonas urbanas	😊	😞	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	Aumentar la capacidad vehicular	Construcción de nuevas vías y ampliación de las existentes	😊	😞	😞	😊	😞	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	Reducir el tiempo de desplazamiento	Aumentar la eficiencia del desplazamiento en la vía mediante señalización, obras civiles, semaforización, etc.	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
		Incentivos económicos: Boletos de transporte público y peajes mas económicos en horas valle	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	Reducir el volumen vehicular	Servicio público de mejor calidad	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
		App para la movilidad	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
		Restricción de número de pasajeros por vehículo	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	APP de carro compartido	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	
	Movilidad no vehicular: Sistema de transporte masivo	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

Fuente: Elaboración propia

3.1.1 Análisis de matriz de estrategias de actuación

3.1.2 Meta 1: detener el aumento de desplazamientos

En la zona de estudio, el crecimiento urbano se está dando de forma acelerada y sin estar vinculado con la planificación de la movilidad. En los Planes de Ordenamiento territorial de Medellín y Envigado y en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial de El Retiro, el área de influencia de la vía Las Palmas es de carácter Rural o Suburbano, lo que significa que al interior del suelo rural se mezcla la forma de vida en el campo y de la ciudad. En parte de estas zonas se permite la vivienda campestre y en otra se da trato de protección ambiental y conformación de bosques. Esto hace que, dentro de los proyectos de transporte público urbano no haya destinación de recursos para este territorio. (Plan de Ordenamiento Territorial [POT] Medellín, 2006; Plan de Ordenamiento Territorial [POT] Envigado, 2011 & Plan Básico de Ordenamiento Territorial [PBOT] El Retiro, 2013).

Los municipios que integran el Área Metropolitana del Valle de Aburrá aún tienen muchos problemas por resolver en cuanto a movilidad urbana se refiere, y la movilidad por la vía Las Palmas parte desde y hacia otra región, como lo es el valle de San Nicolás. Existen proyectos de futuras conexiones entre valles, como ya se mencionó anteriormente, en su mayoría teniendo la conexión con el aeropuerto como prioridad (muy necesaria), sin embargo, estas conexiones viales también se convierten en un incentivo al aumento del uso del vehículo privado. Ciertamente esto sucede porque se permite un crecimiento urbano antes de resolver el tema de la movilidad, o en otras palabras porque no se da un Desarrollo Orientado al Transporte (DOT).

En cambio, un ejemplo de DOT exitoso lo demuestra la ciudad de Hong Kong. Allá, el crecimiento de la propiedad raíz es paralelo al del transporte público, porque con las ganancias del proyecto inmobiliario se financia gran parte de las estaciones de transporte público y así se disminuyen los gastos gubernamentales. Para este fin, el metro es administrado por *Mass Transit Railway Corporation*, empresa de la cual el departamento de transporte es el principal accionista y gracias a este modelo se han construido 25

estaciones de metro. Describiéndolo en cifras, el 75% de la población vive a menos de un kilómetro alrededor de una estación de metro y el 43% a menos de 500 metros. Logrando que el 90% de los viajes en modo motorizado se hagan en transporte público (Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo de México [ITDP], 2013).

Antes de permitir que las ciudades de ambos valles se expandan más, se debe resolver la movilidad de pasajeros de las zonas actualmente pobladas. Sin embargo, aunque es esto viable técnica, temporal y económicamente, el detener la expansión urbana no significa necesariamente que también se congele el número de vehículos que transita a diario por esta vía, porque que el mercado vehicular no se detendría por no haber mayor expansión urbana. El mercado de automóviles nuevos en Colombia cerró el 2018 con una variación positiva del 4,3% con respecto al año 2017 (ANDEMOS, 2019).

Entonces, detener el crecimiento urbano sí es una alternativa a emplear en el contexto del estudio; sin embargo, debe ser complementado con otras alternativas, porque la expansión ya está y las necesidades de movilidad siguen presentes para los habitantes de ambos valles.

3.1.3 Meta 2: aumentar de la capacidad vehicular

Para aumentar la capacidad de almacenamiento de vehículos es preciso pensar en ampliar las vías existentes o construir nuevas. Si bien esta es una medida que puede ser muy popular entre la ciudadanía al mejorar, al menos temporalmente, los tiempos de desplazamientos y aumentar la vida útil de la infraestructura, también puede ser contraproducente por varias razones.

Primero, la eficiencia en los viajes podría ser una consecuencia pasajera, ya que, al generarse más espacio para la movilidad, se incrementa la oferta y como consecuencia atrae una mayor demanda de la vía. Segundo, que no se daría una reducción en la emisión de CO₂. Por el contrario, este impacto aumentaría con el flujo vehicular, sin mencionar las consecuencias ambientales de la construcción de nueva infraestructura. Tercero, construir nueva infraestructura vial es tan costoso que no habría recursos para el mantenimiento futuro de la nueva infraestructura y de la existente «el costo de construir un kilómetro de

carril de carretera asciende a más de 1.353 millones de pesos» (Universidad de los Andes [UNIANDÉS], 2016).

Destinar todos los recursos económicos para la construcción de nueva infraestructura vial puede acarrear sobrecostos en el mantenimiento de las vías existentes al permitir que su deterioro físico tome ventaja, tal es el caso de la ciudad de Bogotá, que para el 2015 los sobrecostos por no hacer mantenimientos regulares ascendían a medio billón de pesos anual (El Tiempo, 2015).

Finalmente, estas obras toman años desde su planificación, pasando por estudios, diseños técnicos y hasta su puesta en funcionamiento y como ya es sabido, se requiere de medidas rápidas para no permitir que la vía llegue a su límite en el nivel de servicio, el cual será en el año 2023.

3.1.4 Meta 3: reducir el tiempo de los desplazamientos

Buscando el cumplimiento de esta meta se proponen dos estrategias. Primera, aumentar la eficiencia del desplazamiento en la vía mediante señalización, obras civiles, semaforización de intersecciones, entre otros y segunda, disminuyendo el alto flujo vehicular de las horas pico con incentivos económicos como boletos de transporte público y peajes más económicos para desplazamientos que se realicen en horas valle.

La primera, aunque no es de acción inmediata porque requiere de obras civiles, si es más rápida que la estrategia anterior (construcción de nueva infraestructura vial y ampliación de la existente) por tratarse de intervenciones puntuales sobre la infraestructura existente y más rápida y económica.

Tal como en el año 2002 que las medidas para mejorar la movilidad de personas y bienes en la Ciudad de México consideraban tan solo un 0,1% de todo el presupuesto destinado a las obras de mejora de intersecciones mediante señalización (Ver Tabla 6). El mismo programa incluyó otras acciones para mejorar el comportamiento de los usuarios de las vías y de esta manera mantener la movilidad constante en estas (Ver Tabla 7). Consiste en términos generales en mejorar los puntos de interacción de los pasajeros con los vehículos de transporte público y reforzar el buen comportamiento en la vía tanto de

peatones como de conductores para permitir su fluidez y seguridad vial (Fideicomiso para el Mejoramiento de las Vías de Comunicación del Distrito Federal [FIMEVIC], 2002)

Tabla 6: Inversión en medidas para mejorar la movilidad de personas y bienes en la ciudad de México.

INFRAESTRUCTURA VIAL	2,389	19.5%
Segundo piso del periférico y viaducto	1,5	12.3%
Distribuidores	700	5.7%
Mantenimiento a vialidades	170	1.4%
Mejoramiento de intersecciones	10	0.1%
Mantenimiento de puentes vehiculares	7	0.1%
Rampas para personas con discapacidad	2	0.0%
SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO	7,300	59.6%
Proyectos prioritarios (Adquisición y rehabilitación de trenes, mantenimiento de vías y estaciones, modernización del sistema de control)	1,054	8.6%
Operación y administración	6,246	51.0%
RED DE TRANSPORTE DE PASAJERO	893	7.3%
Adquisición de 155 autobuses	155	1.3%
Mantenimiento a vehículos	114	0.9%
Operación y administración	624	5.1%
SERVICIO DE TRANSPORTES ELÉCTRICOS	1,036	8.5%
Adquisición de 40 trolebuses	103	0.8%
Mantenimiento de trenes, trolebuses e infraestructura	315	2.6%
Operación y administración	618	5.0%

PLANEACIÓN, REGULACIÓN Y CONTROL DEL TRANSPORTE Y VIALIDAD	444	3.6%
SUSTITUCIÓN DE 10,000 TAXIS	100	0.8%
SUSTITUCIÓN DE MICROBUSES	80	0.7%
T O T A L	12,24	100.0%

Fuente: (FIMEVIC, 2002)

Tabla 7: Otras acciones en medidas para mejorar la movilidad de personas y bienes en la ciudad de México.

Otras acciones
Adecuar al red de semáforos con el sistema adaptativo
Evitar el estacionamiento en lugares prohibidos en vías primarias y ejes viales
Optimizar el tránsito en zonas escolares
Retiro de sitios y bases de transporte público
Reubicar lugares de ascenso y descenso
Poporcionar mayor seguridad al peatón
Retiro de vendedores en la vía pública
Ejecutar las obras públicas en horarios nocturnos
Información de los trabajos de obras en la vialidad
Restitución inmediata por obras
Hacer respetar la normatividad a los estacionamientos que ofrezcan servicio de valet parking
Hacer efectivas las infracciones
Instalación de candados inmovilizadores
Implementación de carriles reversibles

Fuente: (FIMEVIC, 2002)

Es muy importante tener presente que se debe optimizar el tiempo de los desplazamientos, pero no buscar aumentar la velocidad de uso de la vía, porque la inseguridad vial aumenta en función de esta, «no debe favorecerse la movilidad a costa de la seguridad» (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2017). Indudablemente a mayores velocidades hay mayor riesgo de muerte «Los peatones corren un riesgo de

aproximadamente el 80% de morir al ser embestidos por un automóvil con una velocidad de choque de 50 km/h» (Global Road Safety Partnership [GRSP], 2008).

En efecto, entre muchos factores que refuerzan la seguridad vial por medio del control de velocidad en las vías, está el de hacer las carreteras más seguras con condiciones físicas óptimas y señalización clara con suficiente información que indique las velocidades y maniobras permitidas durante toda su longitud (Ver Figura 22).

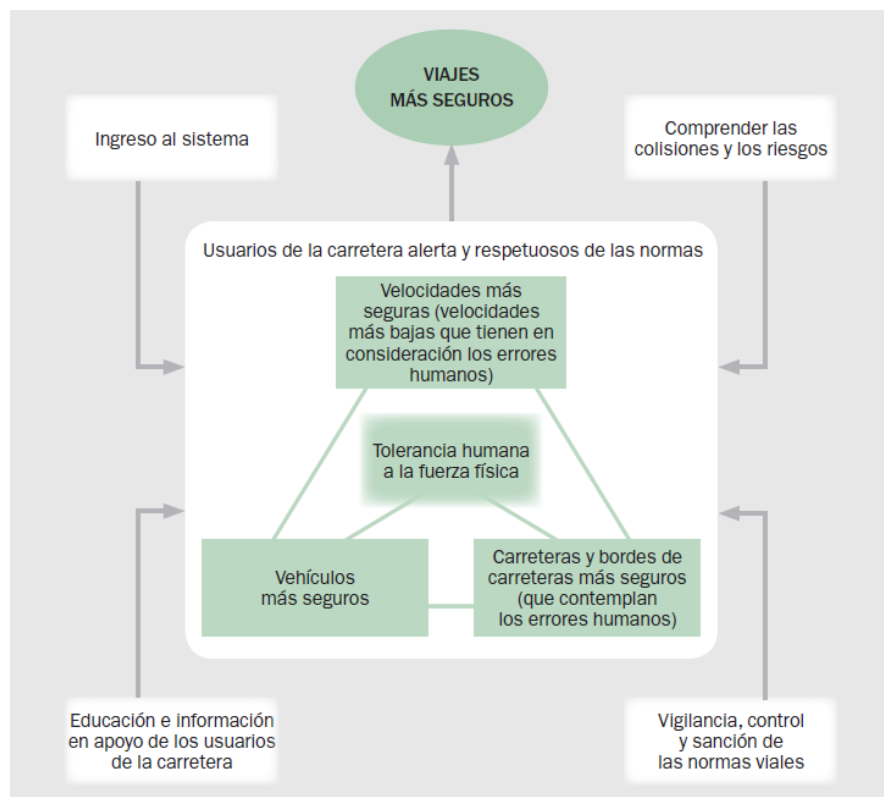


Figura 22: Modelo de un sistema seguro
Fuente: GRSP, 2008.

Otro aspecto contraproducente del aumento de la velocidad promedio de una vía es que las personas estén dispuestas a hacer viajes más largos, en vista que pueden durar menos tiempo y con esto aumentar las emisiones de CO₂, lo que iría en contra del compromiso de Colombia de reducir el 20% de sus emisiones proyectadas al año 2030 (García *et al*, 2016).

Por consiguiente, la herramienta de mejora de la infraestructura mediante señalización, semaforización, mejoramiento de intersecciones y el refuerzo de la

educación vial se debe rescatar, pero como un repotenciador de la seguridad vial y no como un facilitador de la velocidad. A continuación, se analiza la siguiente herramienta propuesta, consistente en la optimización de los tiempos de desplazamiento reduciendo el número de vehículos en la vía.

Esta herramienta toma al Plan Rector de Curitiba como ejemplo; allí se implementó el escalonamiento de los horarios desde las 7:30 h hasta las 9:30 h para el inicio de las diferentes actividades: industria, comercio, servicios, escolares y funcionarios públicos, como parte de su Plan Rector de Transporte.

Este plan rector no está vigente al día de hoy, debido a que es muy complejo de manejar en acciones específicas, como, por ejemplo, hacer coincidir el inicio de labores de los padres de familia con el del inicio de actividades escolares para los hijos. Aun así, en el plan de Curitiba también se implementó, y con mayor éxito, la medida de la «tarifa social» que sigue vigente a la fecha. Esta consiste en que, con el pago de un único tiquete, un pasajero puede hacer uso de todos los vehículos de la Red Integrada de Transporte y de esta manera los desplazamientos más largos subsidian a los más cortos (Prefeitura Municipal de Curitiba, s.f).

Basado en este caso, la herramienta para optimizar el tiempo de desplazamiento mediante la reducción de vehículos en la vía Las Palmas puede tomar algo de ambas. Por ejemplo, si un vehículo privado transita en momentos diferentes a las horas pico puede acceder al beneficio de un pago menor a la tarifa estándar de peaje y, de igual manera, el usuario de transporte público que también evite las horas pico tendrá un costo de tiquete inferior al precio base. Sí se tiene claro que la vía acoge un alto volumen de vehículos, lo que se debe buscar es que estos no se encuentren todos en el mismo momento.

Este incentivo económico no sería de obligatorio cumplimiento, sino una medida a adoptar más por necesidad (quien pueda) que por gusto (quien quiera). Entonces, aunque técnica y temporalmente es muy viable, económicamente no lo sería; sobre todo para las empresas transportadoras o incluso para el sector público que tendría que cubrir los gastos de los subsidios. Si bien en la práctica se podría reflejar una baja del volumen vehicular en horas pico, con esta medida no se estarían disminuyendo el número de desplazamientos, y por lo tanto no habría reducción en la emisión de CO₂ ni en el deterioro de la infraestructura vial.

En suma, después de estudiar diferentes herramientas existentes para reducir los tiempos de desplazamientos vehiculares entre valles, se concluye que esta no debe ser una meta sino un beneficio adicional que se obtenga luego de dar cumplimiento a otras metas, para que finalmente todas lleven a la reducción del número total de vehículos que a diario transitan entre valles.

3.1.5 Meta 4: reducir el volumen vehicular

Esta es la meta con mayor número de estrategias, ya que es el objetivo principal y el paso a seguir después al congelamiento del aumento en el tránsito diario. Para el cumplimiento de esta meta se proponen 5 estrategias:

- Restricción de número mínimo de pasajeros por vehículo
- Plataforma de carro compartido
- Servicio público de mejor calidad
- Plataforma laboratorio viviente de movilidad
- Movilidad no vehicular: sistema de transporte masivo

Restricción de número mínimo de pasajeros por vehículo

En primera instancia, se propone la estrategia de restringir a los vehículos particulares a transitar en algunas horas del día, como horas pico, con un mínimo de dos pasajeros por vehículo, con el argumento que para la reducción 20% de las emisiones de CO₂ proyectadas al año 2013 debe aumentar el promedio de ocupación vehicular de 1,53 a 1,91 pasajeros por vehículo.

Así, sin siquiera restar desplazamientos debe disminuir el volumen vehicular. Principalmente, esto exigiría un cambio en las dinámicas de movilidad de las personas y esto se logra mediante las motivaciones intrínsecas de las personas, o sea sus

convicciones personales; sin embargo, también se les debe proveer de los recursos para que puedan lograr cambios grandes en sus rutinas y a largo plazo.

Frey & Jegen (2001) sugieren que la característica más importante para las reacciones mentales de los consumidores no es el tamaño del incentivo sino hasta qué grado la recompensa reconoce la motivación intrínseca del actor. Si se percibe a un incentivo como una muestra de aprobación, fortalece la motivación intrínseca; si se lo percibe como un pago, la debilita. Por lo anterior, aunque la medida de restricción de mínimo dos pasajeros por vehículo en algunas horas del día, similar a la medida del pico y placa en los municipios del valle de Aburrá, pueda ser muy viable en su implementación técnica y económica, y garantice un mínimo de resultados, al ser impuesta no estaría impulsando las motivaciones intrínsecas de las personas por lo que no sería una solución a largo plazo. En cuanto la restricción se retirase, las personas volverían a los hábitos de movilidad existentes.

Estas medidas restrictivas además de ser muy impopulares entre los ciudadanos no necesariamente traen los resultados esperados. Tal es el caso para la medida de Pico y Placa en municipio de Medellín, la cual entró en rigor en el año 2005 por las congestiones en la ciudad. Según Posada, Farbiarz & González, (2011) en el «Análisis del "pico y placa" como restricción a la circulación vehicular en Medellín basado en volúmenes vehiculares», esta medida funciona solamente de manera temporal ya que al momento de implementarse se calcula la restricción del tránsito de acuerdo con el volumen existente de vehículos, pero como el parque automotor tiene un promedio de crecimiento anual entre el 6% y 7%, la medida nuevamente vuelve a la obsolescencia. Agregan además que gracias a conteos y comparaciones del comportamiento del tráfico en 9 vías de la ciudad antes y después de la implementación de la medida, se puede llegar a la conclusión que la restricción no evita que los automóviles transiten por las calles, sino que aliviana el tráfico en las horas pico para aumentarlo en las horas valle, por lo tanto, no es efectivo al momento de reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero GEI ni optimizar la vida útil de la infraestructura vial. Y finalmente, debido al deficiente sistema de transporte público de la ciudad esta medida también puede actuar como un incentivo a la plurimotorización, lo que significa personas o familias con uno o más vehículos.

Según esto se descarta la estrategia anterior. Pero continuando con la mencionada necesidad de reducir el volumen vehicular, se analiza la siguiente estrategia que también considera aumentar la ocupación promedio de los vehículos particulares, pero en este caso mediante la llamada a las convicciones intrínsecas de las personas facilitando la práctica de carro compartido.

Plataforma carro compartido

Esta práctica está muy resuelta y aceptada en otros contextos, en donde es vista como transporte inteligente y existen diferentes enfoques y usos de esta modalidad. En Colombia aún no es así. Por ejemplo, en la ciudad de Tel Aviv inició la plataforma descentralizada llamada La´Zooz cuyo fin es facilitar el uso del carro compartido mediante la tecnología blockchain. Se sustenta en la necesidad de una movilidad inteligente basada en la optimización de la infraestructura y los recursos ya existentes por encima de nuevas vías o vehículos (La´Zooz, s.f).

Por otra parte, según Fernando Rojas, politólogo Universidad de Los Andes, una característica importante del carro compartido es que no debe hacerse para lucro personal, sino para presentar una opción que mejore las prácticas de movilidad de las personas,

El carro compartido no necesariamente va a llevar a que las personas compren menos carros. Colombia hoy está más o menos en la mitad de su potencial del mercado automotriz. El carro compartido lo que permite es que las personas puedan hacer un uso más racional de su vehículo y así optimizar el poco espacio existente... No puede haber un lucro para compartir el carro, ese no debe ser el incentivo porque pierde la esencia del cambio de comportamiento (Instituto de Estudios Urbanos [IEU], 2017).

Justamente es por esto que el enfoque de una plataforma como La´Zooz es muy apropiado para este contexto. Su objetivo es aumentar la ocupación de los autos y la motivación de los conductores no es recibir beneficios tangibles diferentes a la disminución de los costos de la unidad de desplazamiento, el cual es pagado con fichas Zooz, las cuales pueden ser usadas para pagar viajes futuros.

Esta estrategia de aumento de ocupación vehicular para el caso de la vía Las Palmas es muy viable desde el punto de vista técnico y económico. Crear una plataforma

virtual requiere menor inversión que construir obras de infraestructura vial (Cuánto cuesta mi app, 2019), sin embargo, en el contexto local hay muchas dificultades legales, puesto que en Colombia el tema de carro compartido aún no cuenta con una estructura legal que lo soporte. El mismo gobierno tiene posiciones encontradas con respecto al tema, citando nuevamente a Fernando Rojas «hoy en día el ministerio de transporte dice que Uber no puede funcionar y MINTIC dice que sí» (IEU, 2017).

Hasta el momento se han hecho algunos ejercicios que evidencian los beneficios que puede traer la implementación de esta medida, como el caso la iniciativa de la industria privada de la semana del carro compartido en Bogotá, la cual arrojó unos datos que parecen ser positivos en donde más de 175 mil personas participaron, se hicieron más de 54 mil viajes, se redujo casi en un 8% las emisiones de gas carbónico y el consumo de gasolina (IEU, 2017).

A pesar de esto, en Colombia, aunque de manera tímida, sí hay plataformas interactivas donde la gente busca y ofrece cupos para sus viajes urbanos o entre municipios, tales como Voy con cupo (<https://voyconcupo.com/>), Rollin (<https://rollin.com.co/>) o Justgo (<https://www.justgo.co/>). Estas son plataformas que funcionan mediante aplicaciones móviles y son creadas y administradas por particulares. Hay casos como el de la Universidad de los Andes, que en el año 2010 tuvo un portal de viajes en donde con un usuario inscrito se podía compartir el vehículo con otros miembros de la institución y calificar a los demás, pero, por motivos que se desconocen, hoy en día no existe esta plataforma, y en respuesta a esto la comunidad universitaria creó una página de Facebook para poder compartir viajes a realizar como conductor y así encontrar pasajeros para compartir recorrido. A pesar de ser más segura la primera opción.

Así las cosas, en Colombia aún falta mucho por construir en este tema. «El estado debe dar una orientación hacia las aplicaciones y el sentido de la Movilidad Compartida» (IEU, 2017). Y aunque finalmente la plataforma pueda ser desarrollada por iniciativa privada, lo ideal sería que esta fuera del gobierno.

Hoy en día le ofrecemos a extraños toda la información nuestra, sin saber para qué está siendo usada. De dónde venimos y a dónde vamos, en qué horario, dónde viven nuestros seres queridos, donde trabajo, dónde estudio. Lo ideal sería que el sector público tuviera esa plataforma para poder usar toda esta información de

manera segura y tener la capacidad de calcular el CO₂ que se está dejando de emitir al viajar en autos compartidos o igualmente el dinero y combustible ahorrados para con ella misma optimizar las rutas de transporte público, la red de semáforos, la red de estacionamientos, como planear la ciudad para descongestionarla (IEU, 2017).

Sin embargo, de acuerdo con Fernando Rojas esta estrategia no cubre a todos los grupos de interés, tiene un enfoque más hacia los jóvenes ya que tienen mayor confianza frente a las tecnologías. Es por esto que el gobierno debe generar unas reglas básicas y claras para este tipo de aplicaciones, así, independientemente de la edad, quien lo use pueda sentirse seguro (IEU, 2017).

Un ejemplo de esto es la aplicación Carpooling hoy llamada BlaBlaCar, que al año 2012 ya tenía presencia en 45 países y en siete idiomas. El perfil de sus 3,9 millones de usuarios a esta fecha era «un joven con estudios universitarios, amante de los viajes y que se considera consumidor inteligente» (Motorpasion, 2012) (Ver Figura 23). Pero como se deben ofrecer alternativas de movilidad para todos los grupos de interés, no solamente a los que encajan dentro del perfil de las plataformas de carro compartido, debe

complementarse esta estrategia con transporte público, que sea eficiente y que satisfaga las necesidades de las personas en cuanto a movilidad.



Figura 23: Estadísticas usuarios plataforma Carpooling
Fuente: Motorpasión, 2012

Ciertamente, el servicio de transporte público debe estructurarse respondiendo a las necesidades de las personas, y en este caso, de las personas que se movilizan a diario entre los valles de Aburrá y San Nicolás por la vía Las Palmas, «...los gobiernos creen que la movilidad de la gente cambia por decreto, y eso genera un divorcio entre los que las autoridades quieren y lo que la ciudadanía en su vida real termina viviendo» (IEU, 2017). Para los usuarios no basta con que se les diga que deben usar el transporte público. Todos

tienen sus propias necesidades a atender como horarios a cumplir, necesidades físicas especiales, economía limitada, jornadas extendidas, entre otras.

Servicio público de mejor calidad

Para poder decirle a las personas que usen el transporte público, primero el gobierno debe proveer el servicio de manera tal que efectivamente supla las necesidades de las personas satisfactoriamente. Esto se logra con vehículos cómodos, amplios, con frecuencia en el servicio, con horarios establecidos y tan extensos como sea posible, con paradas fijas que mejoren la seguridad vial e infraestructura de soporte a este servicio como bahías y paraderos de bus. Además de la infraestructura, este servicio puede ser aún más eficiente con el apoyo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) basadas en los Sistemas de Apoyo a la Explotación (SAE)

Son sistemas específicos de gestión que se basan en el uso intensivo de la utilización de tecnologías de información y comunicación para la gestión del tráfico... de esta forma, a diferencia de las estrategias tradicionales —basadas en el aumento de las infraestructuras físicas y vehículos que pueden conducir hacia altos niveles de falta de sostenibilidad económica y medioambiental—, el SAE ofrece una oportunidad para la movilidad sostenible (De Pablos, Heredero & Montes, 2012).

Los datos almacenados en estos sistemas sirven para informar a los clientes, a los operadores y a los responsables del transporte público. Los SAE se apoyan a su vez en distintos sistemas, como son los Sistemas de Información al Usuario (SIU) embarcado, los Sistemas de Información al Conductor (SIC), los Puntos de Información al Usuario (PIU) en paradas, los sistemas de emergencia (SOS), los sistemas de localización de vehículos (GPS), los sistemas de expedición de billetes y los sistemas de comunicaciones. Como lo afirman De Pablos, Bermejo y Montes, la implementación de aplicaciones para la movilidad en la vía las palmas tendría un impacto positivo para usuarios, prestadores del servicio, el gobierno y el medio ambiente y generaría eficiencias en el tiempo (De Pablos *et al*, 2012).

Para los usuarios en general, una implementación de las TIC al transporte entre los valles significaría un transporte público de mejor calidad porque cada vez más respondería mejor a las necesidades en general de movilidad, permitiendo conocer los horarios de

partida y llegada al paradero más próximo de la ruta a tomar, hacer recarga del boleto de viaje, ver en tiempo real la ubicación de las paradas. Como plus se alimentarían las motivaciones intrínsecas de las personas informando a cada usuario como impacta de manera positiva sus hábitos de movilidad en transporte público, mediante la cuantificación del ahorro en las finanzas personales que significa este modo de transporte vs el privado, las calorías quemadas en los desplazamientos a pie o en bicicleta para iniciar o terminar su recorrido o el CO₂ que deja de emitir por no usar un vehículo privado.

Esta estrategia se implementa con variaciones en diferentes ciudades del mundo como el caso de las plataformas Better Points en el Reino Unido y SUNSET, en Enschede, Países Bajos, Gothenburg, Suecia y Leeds en Inglaterra (Better Points, s.f; Sustainable Social Network Services for Transport [SUNSET-PROJECT], s.f)

La plataforma Better Points premia a los usuarios con dinero real patrocinado por asociados y entes públicos que se puede cambiar por vales o por donaciones y SUNSET es una red social de servicios para el transporte a modo de laboratorio viviente que da a conocer a los usuarios las consecuencias a sus comportamientos de movilidad y en donde ellos pueden manifestar a los operadores que mejoras requiere el servicio, pueden recibir información de terceros permitiendo tomar buenas decisiones de viaje, y además son motivados por recompensas provenientes de patrocinios. Ambos tienen en común que fuera de servir a cada individuo de manera personal funciona como una plataforma que recoge los datos en hábitos de movilidad, generando todo tipo de estadísticas que permiten que el sistema de transporte se vaya estructurando de acuerdo a las necesidades de movilidad reales.

Plataforma laboratorio viviente de movilidad

El complemento del transporte público con las Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones como se mencionó anteriormente, complementa las cifras actuales de en lo que se refiere a las dinámicas de desplazamiento de las personas. Si se conocen las rutinas de las personas, se pueden identificar las fortalezas y falencias del

funcionamiento del sistema de movilidad y proponer alternativas encaminadas a reforzar lo positivo y mitigar lo negativo.

También como complemento a la mejora del sistema de transporte público existente, y siguiendo el ejemplo de ciudades europeas como Madrid, en donde hay una clara estructuración de la movilidad encaminada a el mejoramiento de la calidad del aire y el aumento de la seguridad vial «Plan anticontaminación de Madrid» (Otero, 2018), la mejora de este sistema debe ir acompañada de sitios de parqueo integrados al sistema de transporte, allá llamados «aparcamientos disuasorios». De esta manera las personas que viven de manera dispersa se acercan mediante sus propios vehículos al servicio de transporte público, y así dejan de ingresar de igual manera autos a las zonas urbanas, ayudando a su descongestión vehicular.

Aun así, habrá situaciones en que el transporte público existente hoy en la zona no será la mejor alternativa por las condiciones topográficas inherentes a los valles, como se evidencia en la Encuesta de Percepción ciudadana Medellín 2017. Los datos indican que el bus ha cedido terreno en los últimos cuatro años a los medios motorizados privados, especialmente a la moto. Los medios de transporte más satisfactorios en 2017 son el cable aéreo (metrocable), con el 100% de satisfechos, y la moto en segundo lugar, con 91%. Los medios con menor porcentaje de satisfechos son el bus, con 62%, y la caminata, con 75% (Medellín Cómo Vamos, 2017).

Movilidad no vehicular

Aunque con la implementación de las SAE para la movilidad se esperaría que la percepción ciudadana mejore en cuanto a la movilidad en bus, también es cierto que la capacidad de movilidad de estos es limitada con respecto a otro medio de transporte masivo, que puede ocupar el mismo o menos espacio público, como lo dicen las críticas al Desarrollo Orientado al Transporte (DOT) de Curitiba, que sus Buses de Tránsito Rápido podrían ser reemplazados por una vía férrea que trasladase mayor cantidad de pasajeros en menos tiempo (Duarte, Firmino & Prestes, 2011). Una comparación similar se da en el caso de Medellín que, con una topografía de altas pendientes hacia el río cuenta con el Sistema integrado de Transporte Metro el cual llega hacia otros municipios del valle y está constituido por trenes, tranvías y Cables. Comparando a los buses alimentadores del

sistema con las cabinas de cable, que han sido construidas en zonas de altas pendientes topográficas similares a las del caso en estudio, los primeros pasan con una frecuencia de 4 minutos con 17 segundos y tienen la capacidad de movilizar 1.417 pasajeros cada hora y las segundas pueden movilizar entre 1.200 y 3.000 pasajeros por hora y recogen pasajeros entre 9 y 14 segundos (Metro de Medellín Ltda, s.f) (Ver Figura 24).

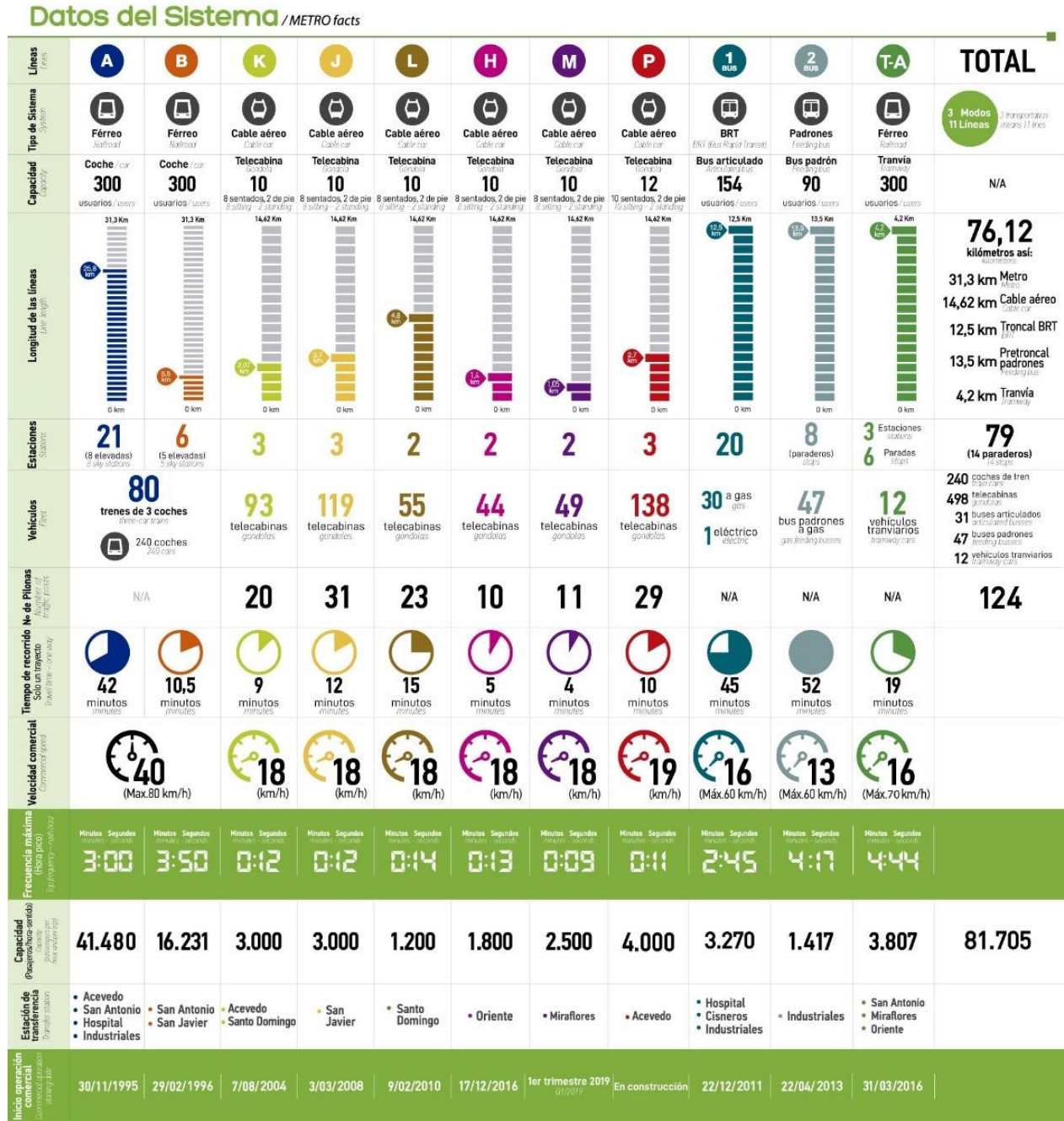


Figura 24: Datos Sistema Metro de Medellín

Fuente: Metro Medellín Ltda, s.f

El primer cable entró en funcionamiento en el año 2004 y se construyó en uno de los lugares más marginales de la ciudad, asegurando la accesibilidad a personas de bajos recursos y reduciendo los tiempos de viaje de dos horas en promedio a 10 minutos al sistema metro y 20 minutos más al centro de la ciudad (Bocarejo *et al*, 2014). Los demás cables construidos después han venido cumpliendo una labor similar excepto la línea L Arví cuya función es turística (Metro de Medellín Ltda, s.f). Este primer cable ha tenido un impacto positivo y medible en el acceso a actividades de la población de bajos ingresos en el área de enfoque, por lo tanto, confirma la importancia que tiene la mejora de la movilidad para la equidad entre los ciudadanos.

Sin embargo, este resultado coincide con investigaciones similares realizadas sobre el impacto producido por los sistemas BRT en ciudades latinoamericanas. Bocarejo *et al* (2014) sugiere que, aunque la accesibilidad proporcionada por el Metrocable fue un factor clave para mejorar las condiciones locales, posiblemente no sea una justificación para el nivel de inversión que el proyecto requiere. Esta innovadora tecnología demostró ser eficiente en términos de mejorar la accesibilidad, en comparación con las rutas de autobuses existentes en el caso específico de una zona con altas pendientes y una red vial pobre y discontinua. Porque, considerando la dinámica social y económica de la ciudad, se observó que el desarrollo económico estratégico y la planificación del uso del suelo podrían promover un aumento sustancial en la accesibilidad, incluso sin un teleférico.

Además, para Garsours, Suarez – Aleman y Serebrisky, (2017), mientras Los autores del anterior artículo mencionado encuentran un impacto positivo en el acceso a las actividades por parte de los usuarios de bajos ingresos, su análisis no les permite concluir que existía una relación estadísticamente válida entre el teleférico y los cambios en los costos de la vivienda. En otras palabras, los teleféricos en sí son rentables porque no requieren una infraestructura masiva y se pueden integrar fácilmente con la red de tránsito existente y con los proyectos de BTR y de tren ligero para crear sistemas multimodales. Ciertamente es poca la bibliografía sobre sistemas de cable para la movilidad urbana diferentes al caso Medellín, pero se considera necesario incluir esta publicación sobre el Cable *Mi Teleférico* que conecta a La Paz con El Alto en Bolivia, porque es la red de cable urbano más larga y alta del mundo. Allí, al igual que en el valle de Aburrá, la topografía

complica el movimiento de habitantes no solo entre las dos ciudades sino también dentro de ellas y que, en las últimas dos décadas, la población de ambas ciudades casi se ha duplicado y se estima que a diario más de 440.000 personas viajan de El Alto a La Paz. El estudio que menciona la publicación concluye que para los pasajeros el tiempo de viaje en el cable disminuye en un 22% en promedio en comparación con cualquier otro medio de transporte sin importar cuan largo o corto este sea.

Ahora, pasando a temas técnicos, en el diseño de los teleféricos se pueden encontrar muchos sistemas estructurales diferentes, por lo que su clasificación depende del criterio de identidad. Varios criterios son aceptados, sin embargo, dos de ellos son los principales: número y función de cuerdas (mono, bi y multicable), y tipo de movimiento (circulación y reversible). Para una clasificación adicional, se tienen en cuenta otros criterios como el tipo y tamaño de los teleféricos, la posibilidad de su separación en las estaciones (tipos de agarre), velocidad de operación de un teleférico, entre otros. (Bruja & Knawa, 2011). El desarrollo técnico de este sistema de transporte, aunque no es el objetivo de este trabajo si se menciona que sería determinado por las pendientes del terreno y longitudes entre estaciones. Esto establecería la capacidad y velocidades de funcionamiento del sistema de cable aéreo. Para este trabajo se presenta propuesta del trazado de conexión entre valles mediante sistema de cable aéreo ubicando las estaciones ya sea por criterios de

centros poblados, cercanía con instituciones educativas o con espacios de ocio (ver Figura 25).

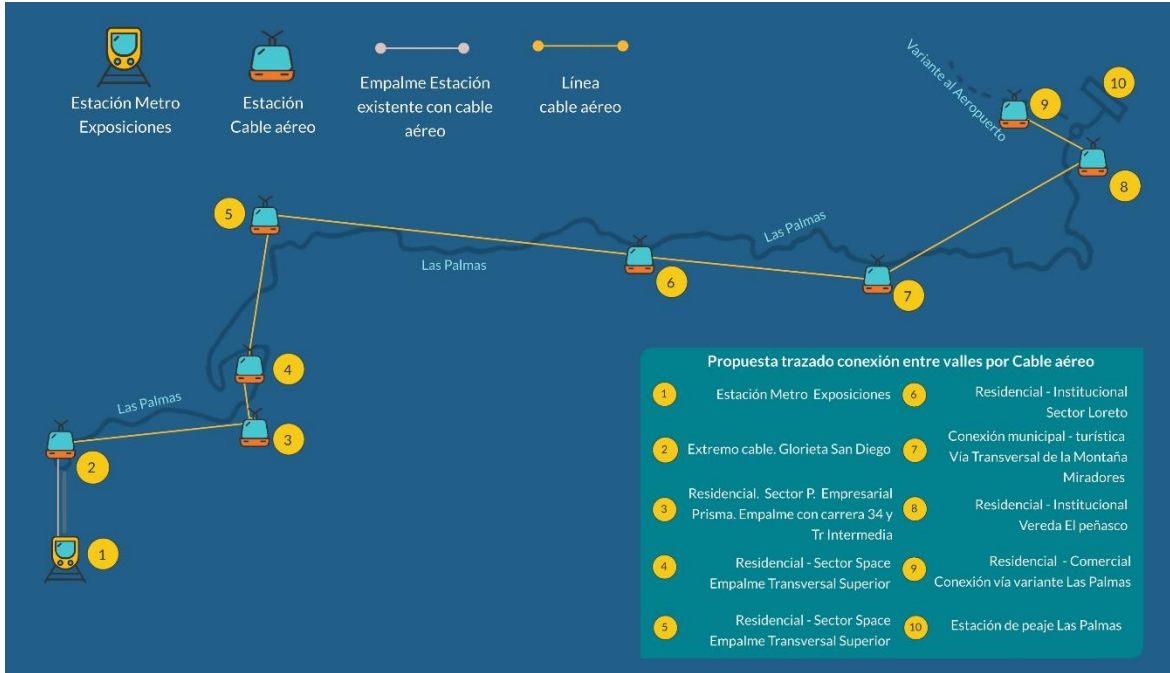


Figura 25: Propuesta trazado de conexión entre valles por Cable aéreo
Fuente: Elaboración propia

Con la información presentada se elabora la matriz de análisis de estrategias que representa una matriz de actuación. A la metodología de calificación se le da valor cuantitativo (ver Figura 26) y se reorganizan las estrategias en orden descendente, de

acuerdo a su mayor viabilidad o impactos positivos esperados basados en experiencias en otros contextos (ver Tabla 8).

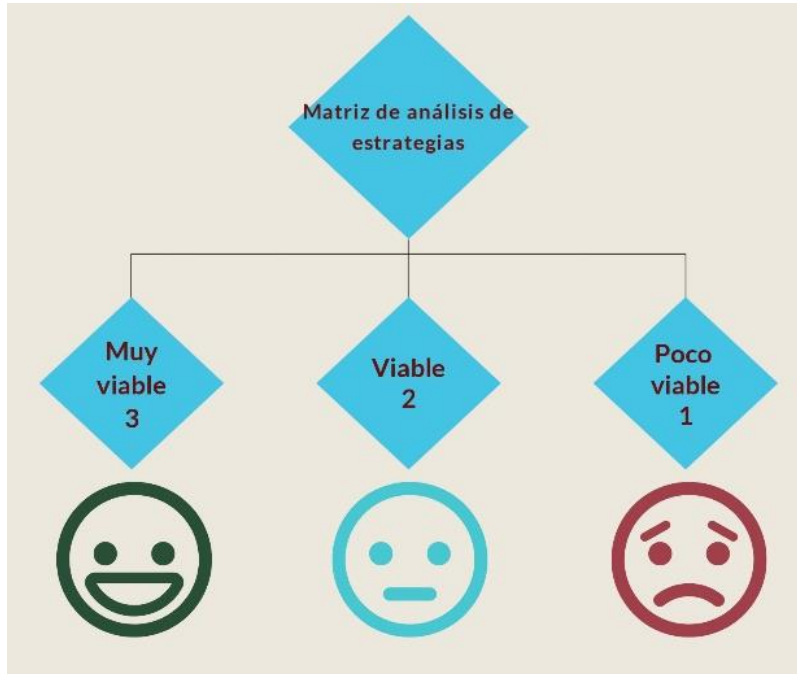


Figura 26: Escala cuantitativa de calificación
Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Matriz de actuación

Matriz de estrategias de actuación		Viabilidad						Resultados esperados				TOTAL	FROMEKO	
		Técnica	Tiempo	\$	Percep- ción	- CO2	- tiempo viaje	+ vida útil vías						
Problemática Alto volumen vehicular y constante aumento. A 2023 llegará al límite del nivel de servicio.	Meta Reducir el volumen vehicular	Estrategia	Servicio público de mejor calidad										20	
			Sistemas específicos de gestión basados en el uso intensivo de la utilización de tecnologías de información y comunicación para la gestión del										21	
			Restricción de número de pasajeros por vehículo										17	19
			Plataforma de carro compartido										20	
			Movilidad no vehicular: Sistema de transporte masivo										18	
			Reducción del ritmo de crecimiento de las zonas urbanas										17	17
			Aumentar la eficiencia del desplazamiento en la vía mediante señalización, obras civiles, semaforización, etc.										17	16
			Incentivos económicos: Boletos de transporte público y peajes mas económicos en horas valle										14	
			Construcción de nuevas vías y ampliación de las existentes										11	11

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la matriz de actuación presentada, el orden de importancia de acción inicia según el promedio obtenido por cada una de las metas, lo que implica que se debe priorizar las estrategias para reducir volumen de vehículos que transitan a diario por la vía Las Palmas.

Porque los resultados a esperar serían una reducción en todos los impactos negativos a nivel social, ambiental y económico. Como complemento también se deben destinar esfuerzos para la optimización de los desplazamientos entre valles restantes, sobre todo en el caso del transporte público y finalmente, después de analizar estudios de caso en otros contextos a nivel mundial, se determina que la mitigación de impactos no se logrará construyendo nuevas o ampliando las vías existentes.

4. Recomendaciones para una movilidad más sostenible entre los Valles de Aburrá y San Nicolás

Si se analizan las estrategias de movilidad exitosas a nivel internacional en otros contextos, podemos encontrar algo en común, y es que son viables en el tiempo desde las tres dimensiones de la sostenibilidad: Social, Ambiental y Económica. Cuando una estrategia solamente ataca a una de estas tres dimensiones, es solo cuestión de tiempo para que caiga por su propio peso. Por ejemplo, resolver el problema de la congestión mediante la generación de más espacio destinado a vías va a incrementar el tráfico y consigo las emisiones de CO₂. También hará que las administraciones tengan que destinar más recursos económicos para el mantenimiento de cada vez más vías.

Por lo anterior, es importante entender en este punto del trabajo que, si bien es necesario que desde el gobierno se entreguen alternativas para una movilidad sostenible, también es muy importante entender como suman las acciones particulares, ya que los impactos negativos se dan por el número de viajes individuales en autos particulares.

En este punto se vale mencionar la teoría de *La tragedia de los comunes*, Descrita por Garret Hardin (1968), citado por Ostrom (2018), que se refiere básicamente a como una decisión tomada por varias personas, de manera individual y para beneficio propio, termina destruyendo un recurso que todos necesitan. Para revertir la tragedia, Hardin recomendó que debe haber una fuerza coercitiva externa a la situación que imponga la propiedad gubernamental o privada a los bienes comunes. Lo anterior se refleja claramente en las tendencias de aumento de los vehículos de categoría I según recaudo de la estación de peaje (ANI, 2017) y el incremento en el mercado de las ventas en Colombia de vehículos de batería eléctrica que en el año 2011 se vendió solamente 1 unidad y para el año 2019 fueron 505 (Asociación Nacional de Movilidad Sostenible ANDEMOS, 2019). Esto permite entender la posición de muchas personas frente a la problemática de sostenibilidad para

los propietarios de vehículos y como se pudo leer, esta opción ni siquiera entró a ser parte de las estrategias de movilidad. Y no porque no se hayan estudiado, esto tiene otra razón y es que es cierto que actualmente está tomando fuerza en el mercado la opción de cambiar el vehículo privado de combustión interna por uno con motor eléctrico, con el cual las personas abrigan la idea de por estos no tener tubo de escape, entonces sus emisiones de CO₂ están reduciendo a cero y además, adquieren un auto con otros beneficios porque, ofrecen por encima de los vehículos de combustión interna ventajas en la eficiencia del tren motriz y los requerimientos de mantenimiento (Hawkins, Singh, Majeau – Bettez & Hammer, 2013).

Pero la realidad es otra, la industria no menciona a sus compradores que su manufactura implica un impacto ambiental más alto que el de los autos con motor de combustión interna, siendo la producción de las baterías uno de los principales contribuyentes del aporte total de sus emisiones (Canal, Martínez, Amante & Nieto, 2016).

Adicionalmente, en su ciclo de vida requieren de energía eléctrica para la carga de sus baterías, la cual proviene de la red de abastecimiento de las ciudades causando una mayor demanda de estos sistemas, los cuales ya son responsables del 25% de las emisiones de GEI a nivel global. Así que, con el aumento de estos vehículos se da por sentado que la generación de energía eléctrica aumentaría y en consecuencia su participación en la generación de estos gases (Canal *et al*, 2016).

Entonces, en el caso hipotético de que se cambiaran todos los vehículos que hoy en día transitan por el peaje de Las Palmas, por vehículos eléctricos, se conservan los problemas de emisiones y aún más la ocupación actual del espacio público destinado a

vías y por lo tanto, la necesidad de la ejecución de más de proyectos de mejoramiento de infraestructura vial en pro de la movilidad vehicular (Ver Figura 27)

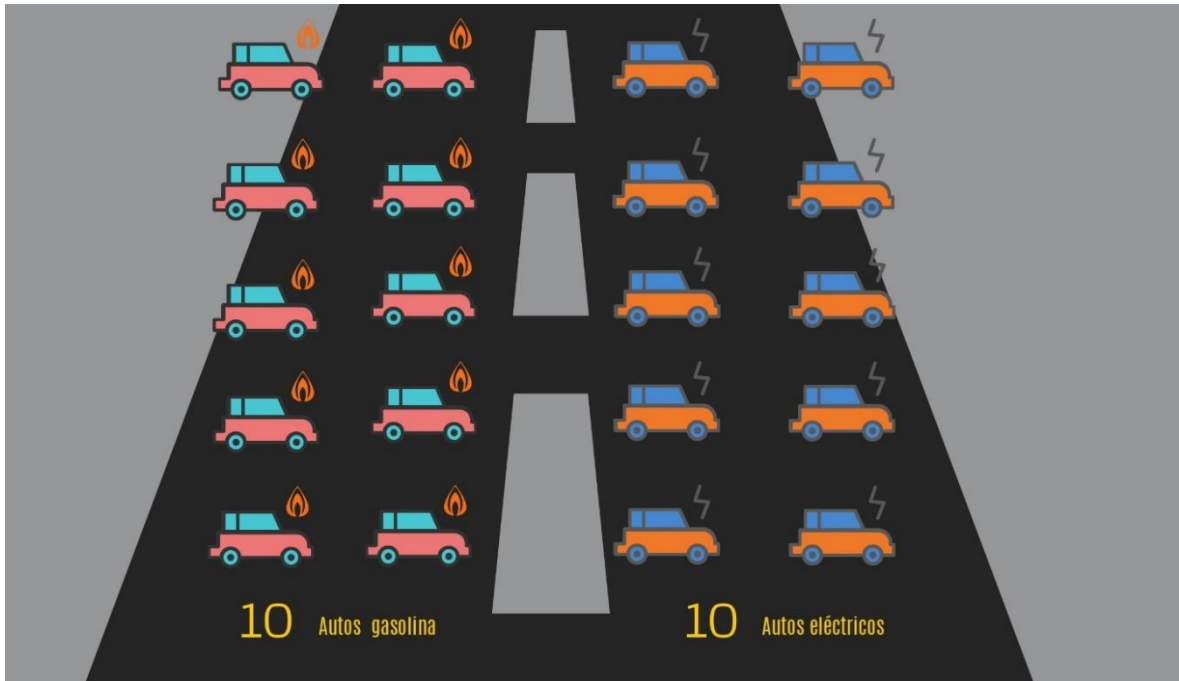


Figura 27: Comparación ocupación de espacios vehículos impulsados por combustibles fósiles y vehículos impulsados mediante electricidad.
Fuente: Elaboración propia.

Así parece que, con los autos eléctricos podría suceder igual que con los autos por combustión, cuyos altos volúmenes son un problema al día de hoy, y es que, en algún momento, con las primeras existencias de los primeros vehículos por combustión, estos fueron considerados una mejor opción a los vehículos de tracción animal. Porque los nuevos eran más silenciosos, veloces e higiénicos, así mismo sucede actualmente con los autos eléctricos que son promocionados como más silenciosos, sencillos de conducir y menos contaminantes que los de combustión. Sin embargo, una vez sean tantos, vendrán los impactos de los altos volúmenes de vehículos.

Según el economista William Stanley Jevons, a medida que una tecnología se vuelve más eficiente no se disminuye su uso; al contrario, este se incentiva siendo finalmente mayor el consumo energético antes del mejoramiento en la eficiencia de la tecnología. Con

autos cada vez más eficientes estaremos dispuestos a recorrer más kilómetros con un mayor consumo energético total (González, 2016).

La solución no está escondida entonces en las nuevas tecnologías, sino en el cambio de hábitos de movilidad. Conviene más conservar el automóvil actual, encontrando las maneras de usarlo en menor medida.

La herramienta más importante a desarrollar y de manera urgente es la mejora en el transporte público, y sobre todo la implementación del sistema de transporte masivo (como por ejemplo el cable aéreo) para que compita con el servicio de transporte particular. No es posible pedirle a la ciudadanía que reduzca el uso del transporte privado si no se le ofrece la posibilidad de desplazamiento en transporte público.

Las ciudades no deben crecer más, y mucho menos hacerlo sin la mejora del transporte público (Ramírez & Veloz Rosas, 2013). Es decir, hay que contener la problemática para poder resolverla, porque si se sigue expandiendo el territorio urbano los ciudadanos seguirán resolviendo la movilidad de manera particular, lo que puede ser un problema incontenible. La expansión del territorio urbano debe planificarse junto con las soluciones de movilidad hacia este crecimiento, y el Desarrollo Orientado al Transporte (DOT) es la clave para marcar diferencias frente a las soluciones individuales.

De igual manera, como este trabajo está basado en el alto número de vehículos y los impactos negativos por su aumento a través del tiempo, debe tener una permanente revisión y actualización de estas cifras. Porque de estas dependen los cambios en los impactos. Los estudios o diseños de vías y transporte asumen un crecimiento anual de este volumen, que generalmente no corresponde a la realidad por muchos motivos dada la cantidad de variables que pueden incidir en el fenómeno, como el caso del diseño para retornos del alto de Las Palmas, en el que asume un crecimiento anual del 5%, cuando para el último año solo los vehículos de categoría I aumentaron en un 7%, alterando los impactos teóricos respecto a los reales (ANI, 2017).

La implementación de alguna de las estrategias propuestas está sujeta a un proceso de profundización para obtener una mayor precisión en su viabilidad (técnica, temporal y económica) y revisión de los resultados esperados (percepción ciudadana, reducción en las emisiones de CO₂, disminución de los tiempos de desplazamiento y aumento de la vida

útil de la infraestructura vial). Si bien es cierto que algunos ciudadanos podrán reducir el número de desplazamientos a la semana entre valles, no es algo que todas las personas puedan hacer. Algunas sí pueden recurrir a las TIC para practicar el Tele Trabajo, por ejemplo. Pero, ¿y los demás?

A. Anexo: Serie histórica mensual de tráfico Peaje Las Palmas

ESTACION_DE_PEAJE	TOTAL_TRAF	TPD	TPD CAT I	TPS CAT II	TRÁFICO TOTAL CATEGORÍA I	TRÁFICO TOTAL CATEGORÍA II
LAS PALMAS	112.169	3.618			95.676	8.325
LAS PALMAS	90.083	3.217			75.240	7.420
LAS PALMAS	106.907	3.449			90.630	8.477
LAS PALMAS	98.501	3.283			82.317	8.251
LAS PALMAS	101.373	3.270			84.337	8.480
LAS PALMAS	112.091	3.736			95.663	8.418
LAS PALMAS	107.402	3.465			89.979	8.587
LAS PALMAS	138.245	4.460			119.003	9.607
LAS PALMAS	114.528	3.818			95.202	9.018
LAS PALMAS	121.027	3.904			101.095	9.542
LAS PALMAS	131.193	4.373			111.012	9.246
LAS PALMAS	153.581	4.954			133.357	9.913
TOTAL 2003	1.387.100	3.800	3.215	288	1.173.511	105.284
LAS PALMAS	130.841	4.221			111.883	9.322
LAS PALMAS	117.439	4.050			98.762	8.839
LAS PALMAS	124.069	4.002			103.867	9.400
LAS PALMAS	117.169	3.906			98.075	9.097
LAS PALMAS	123.615	3.988			103.964	9.529
LAS PALMAS	124.366	4.146			105.275	9.133
LAS PALMAS	131.789	4.251			112.024	9.561
LAS PALMAS	133.030	4.291			112.988	10.007
LAS PALMAS	113.471	3.782			94.423	10.351
LAS PALMAS	133.554	4.308			113.353	9.875
LAS PALMAS	133.554	4.452			113.353	9.875
LAS PALMAS	157.770	5.089			135.383	11.013
TOTAL 2004	1.540.667	4.209	3.561	317	1.303.350	116.002
LAS PALMAS	139.335	4.495			117.689	9.890
LAS PALMAS	114.983	4.107			95.142	8.583
LAS PALMAS	133.331	4.301			111.751	9.667
LAS PALMAS	124.464	4.149			102.508	9.395
LAS PALMAS	135.891	4.384			113.577	9.735
LAS PALMAS	125.802	4.193			104.005	9.524
LAS PALMAS	146.147	4.714			124.043	9.949
LAS PALMAS	132.801	4.284			109.670	9.983

ESTACION_DE_PEAJE	TOTAL_TRAF	TPD	TPD CAT I	TPS CAT II	TRÁFICO TOTAL CATEGORÍA I	TRÁFICO TOTAL CATEGORÍA II
LAS PALMAS	116.936	3.898			95.817	9.028
LAS PALMAS	104.437	3.369			86.184	8.520
LAS PALMAS	111.191	3.706			88.971	8.281
LAS PALMAS	123.503	3.984			105.249	8.360
TOTAL 2005	1.508.821	4.134	3.437	304	1.254.606	110.915
LAS PALMAS	109.617	3.536			92.407	8.243
LAS PALMAS	72.285	2.582			57.946	6.825
LAS PALMAS	72.500	2.339			57.974	6.339
LAS PALMAS	69.890	2.330			55.018	7.371
LAS PALMAS	57.939	1.869			46.794	3.435
LAS PALMAS	61.027	2.034			49.796	4.904
LAS PALMAS	112.545	3.630			93.558	8.818
LAS PALMAS	132.380	4.270			108.793	10.511
LAS PALMAS	130.650	4.355			107.321	10.171
LAS PALMAS	144.424	4.659			119.973	10.896
LAS PALMAS	142.084	4.736			117.436	10.544
LAS PALMAS	172.467	5.563			146.329	11.410
TOTAL 2006	1.277.808	3.501	2.886	273	1.053.345	99.467
LAS PALMAS	140.595	4.535			119.220	10.248
LAS PALMAS	117.495	4.196			99.245	9.161
LAS PALMAS	133.522	4.307			112.696	10.798
LAS PALMAS	128.303	4.277			108.724	10.492
LAS PALMAS	127.019	4.097			107.270	10.919
LAS PALMAS	129.624	4.321			110.965	10.464
LAS PALMAS	139.333	4.495			119.530	10.761
LAS PALMAS	136.732	4.411			115.945	11.215
LAS PALMAS	136.479	4.549			114.429	11.093
LAS PALMAS	140.060	4.518			114.851	11.502
LAS PALMAS	155.754	5.192			129.054	11.572
LAS PALMAS	189.994	6.129			162.824	12.153
TOTAL 2007	1.674.910	4.589	3.876	357	1.414.753	130.378

ESTACION_DE_PEAJE	TOTAL_TRAF	TPD	TPD CAT I	TPS CAT II	TRÁFICO TOTAL CATEGORÍA I	TRÁFICO TOTAL CATEGORÍA II
LAS PALMAS	165.210	5.329			138.437	11.586
LAS PALMAS	149.745	5.164			123.475	11.174
LAS PALMAS	161.157	5.199			135.087	11.399
LAS PALMAS	149.424	4.981			122.036	11.667
LAS PALMAS	150.309	4.849			125.074	10.766
LAS PALMAS	152.131	5.071			125.980	11.486
LAS PALMAS	153.487	4.951			124.686	11.788
LAS PALMAS	170.861	5.512			141.675	12.882
LAS PALMAS	153.794	5.126			124.316	12.623
LAS PALMAS	159.822	5.156			129.903	13.125
LAS PALMAS	162.515	5.417			133.567	12.536
LAS PALMAS	192.046	6.195			161.881	13.078
TOTAL 2008	1.920.501	5.247	4.334	394	1.586.117	144.110
LAS PALMAS	148.415	4.788			124.558	10.468
LAS PALMAS	104.662	3.738			87.123	7.080
LAS PALMAS	155.086	5.003			125.131	13.124
LAS PALMAS	149.529	4.984			122.656	12.655
LAS PALMAS	165.777	5.348			137.816	13.276
LAS PALMAS	163.184	5.439			135.183	12.533
LAS PALMAS	164.677	5.312			136.125	12.559
LAS PALMAS	175.231	5.653			146.093	13.224
LAS PALMAS	156.257	5.209			126.563	13.409
LAS PALMAS	164.211	5.297			134.875	13.635
LAS PALMAS	162.514	5.417			134.509	13.263
LAS PALMAS	200.911	6.481			170.410	13.785
TOTAL 2009	1.910.454	5.234	4.332	408	1.581.042	149.011
LAS PALMAS	179.338	5.785			149.950	13.219
LAS PALMAS	150.059	5.359			122.178	12.392
LAS PALMAS	170.576	5.502			138.634	13.623
LAS PALMAS	162.101	5.403			131.512	13.120
LAS PALMAS	175.049	5.647			143.644	13.738
LAS PALMAS	169.067	5.636			138.235	12.683
LAS PALMAS	175.365	5.657			142.834	13.113

ESTACION_DE_PEAJE	TOTAL_TRAF	TPD	TPD CAT I	TPS CAT II	TRÁFICO TOTAL CATEGORÍA I	TRÁFICO TOTAL CATEGORÍA II
LAS PALMAS	181.275	5.848			148.280	13.826
LAS PALMAS	163.005	5.434			131.193	13.845
LAS PALMAS	191.275	6.170			159.042	13.818
LAS PALMAS	147.839	4.928			123.638	12.612
LAS PALMAS	152.112	4.907			132.094	11.587
TOTAL 2010	2.017.061	5.526	4.551	432	1.661.234	157.576
LAS PALMAS	165.532	5.340			143.556	16.561
LAS PALMAS	149.335	5.333			127.495	15.711
LAS PALMAS	168.925	5.449			145.404	17.173
LAS PALMAS	166.893	5.563			144.142	16.030
LAS PALMAS	165.956	5.353			142.067	17.133
LAS PALMAS	173.895	5.797			151.975	15.568
LAS PALMAS	205.196	6.619			182.554	15.749
LAS PALMAS	183.910	5.933			158.093	17.157
LAS PALMAS	177.799	5.927			150.313	17.225
LAS PALMAS	187.841	6.059			160.242	17.011
LAS PALMAS	184.033	6.134			156.677	16.616
LAS PALMAS	217.937	7.030			189.668	17.455
TOTAL 2011	2.147.252	5.883	5.074	546	1.852.186	199.389
LAS PALMAS	195.327	6.301			168.231	16.721
LAS PALMAS	180.627	6.229			153.028	16.431
LAS PALMAS	196.252	6.331			166.364	17.497
LAS PALMAS	180.211	6.007			152.862	16.447
LAS PALMAS	194.689	6.280			164.538	17.504
LAS PALMAS	195.052	6.502			165.629	16.443
LAS PALMAS	202.880	6.545			173.236	16.441
LAS PALMAS	201.506	6.500			171.364	17.495
LAS PALMAS	196.755	6.559			167.650	17.323
LAS PALMAS	196.045	6.324			165.392	17.880
LAS PALMAS	202.661	6.755			172.323	17.455
LAS PALMAS	236.889	7.642			206.791	17.939
TOTAL 2012	2.378.894	6.500	5.539	562	2.027.408	205.576

ESTACION_DE_PEAJE	TOTAL_TRAF	TPD	TPD CAT I	TPS CAT II	TRÁFICO TOTAL CATEGORÍA I	TRÁFICO TOTAL CATEGORÍA II
LAS PALMAS	206.393	6.658			177.276	17.125
LAS PALMAS	183.137	6.541			153.685	16.075
LAS PALMAS	215.186	6.941			184.797	17.044
LAS PALMAS	199.070	6.636			167.110	17.236
LAS PALMAS	209.197	6.748			177.733	17.695
LAS PALMAS	220.481	7.349			190.948	16.244
LAS PALMAS	216.458	6.983			185.389	16.968
LAS PALMAS	222.467	7.176			190.793	17.559
LAS PALMAS	211.895	7.063			179.537	18.093
LAS PALMAS	219.269	7.073			186.192	18.431
LAS PALMAS	225.038	7.501			191.681	18.157
LAS PALMAS	255.420	8.239			221.483	18.608
TOTAL 2013	2.584.011	7.079	6.046	573	2.206.624	209.235
LAS PALMAS	224.152	7.231			191.294	17.880
	207.657	7.416			176.077	17.184
	234.966	7.580			199.734	18.883
	223.926	7.464			188.937	18.204
	231.158	7.457			194.592	19.476
	229.897	7.663			196.913	17.576
	231.250	7.460			195.392	18.375
	255.864	8.254			219.435	19.176
	232.708	7.757			195.032	19.113
	241.738	7.798			203.402	19.867
	246.424	8.214			211.139	19.049
282.699	9.119			244.824	20.113	
TOTAL 2014	2.842.439	7.788	6.621	616	2.416.771	224.896
LAS PALMAS	254.261	8.202			216.978	18.969
	234.757	8.384			196.486	18.493
	266.074	8.583			224.067	20.893
	247.164	8.239			206.442	20.089
	271.856	8.770			229.202	20.702
	261.998	8.733			219.538	19.734

ESTACION_DE_PEAJE	TOTAL_TRAF	TPD	TPD CAT I	TPS CAT II	TRÁFICO TOTAL CATEGORÍA I	TRÁFICO TOTAL CATEGORÍA II
	270.228	8.717			225.957	20.355
	282.670	9.118			238.130	21.423
	262.361	8.745			217.555	21.089
	263.503	8.500			218.589	21.491
	270.570	9.019			228.217	21.119
	310.445	10.014			265.657	21.173
TOTAL 2015	3.195.887	8.756	7.361	673	2.686.818	245.530
LAS PALMAS	276.928	8.634			235.064	20.499
	262.642	9.057			218.025	20.886
	282.694	9.119			238.021	21.842
	265.708	8.857			220.951	22.204
	286.889	9.254			241.766	22.733
	277.802	9.260			229.095	21.796
	293.479	9.467			245.441	21.938
	292.965	9.450			245.192	23.124
	281.103	9.370			235.821	22.353
	298.662	9.634			245.327	22.487
	300.545	10.018			248.295	22.766
	338.457	10.918			285.677	23.367
TOTAL 2016	3.457.874	9.448	7.893	727	2.888.675	265.995
LAS PALMAS	340.993	11.305			263.058	23.706
LAS PALMAS	272.813	9.743			227.843	21.875
LAS PALMAS	292.050	9.421			243.780	24.010
LAS PALMAS	287.603	9.587			242.632	22.373
LAS PALMAS	297.370	9.593			249.936	23.822
LAS PALMAS	290.885	9.696			244.533	22.683
LAS PALMAS	304.808	9.833			258.541	23.095
LAS PALMAS	305.414	9.852			256.340	23.953
LAS PALMAS	284.640	9.488			237.776	23.349
LAS PALMAS	297.134	9.585			249.095	23.339
LAS PALMAS	299.385	9.980			250.950	23.232
LAS PALMAS	335.531	10.824			286.551	23.892

ESTACION_DE_PEAJE	TOTAL_TRAF	TPD	TPD CAT I	TPS CAT II	TRÁFICO TOTAL CATEGORÍA I	TRÁFICO TOTAL CATEGORÍA II
TOTAL 2017	3.608.626	9.887	8.249	765	3.011.035	279.329

B. Anexo: Aforo Pasajeros Vehículos de Categoría I

CATEGORIA I VALLE DE ABURRÁ HACIA VALLE DE SAN NICOLÁS	
SENTIDO VALLE DE ABURRÁ - VALLE DE SAN NICOLÁS	
TOTAL VEHÍCULOS	457
TOTAL PASAJEROS	699
PROMEDIO PASAJEROS POR AUTO	1,53

CATEGORÍA I SENTIDO VALLE DE SAN NICOLÁS - VALLE DE ABURRÁ	
TOTAL VEHÍCULOS	603
TOTAL PASAJEROS	922
PROMEDIO PASAJEROS POR AUTO	1,53

C. Anexo: Ocupación de Vehículos de carácter público

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
SOTRARETIRO S.C.A						
RUTA						
EL RETIRO - MEDELLÍN						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HOR A	TERMINA L	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día
4:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00	80	29,60
4:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
4:40	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
5:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
5:15	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
5:30	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
5:45	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
6:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00	100	37,00
6:10	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
6:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
6:30	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
6:40	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
6:50	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
7:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
7:15	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
7:30	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
7:45	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
SOTRARETIRO S.C.A						
ruta						
EL RETIRO - MEDELLÍN						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HOR A	TERMINA L	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demand a aprox. Día
8:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00	70	25,90
8:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
8:40	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
9:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
9:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
9:40	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
10:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
10:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
10:40	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
12:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
12:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
12:40	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
13:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
13:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
13:40	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00	25,90	
14:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00	25,90	
14:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00	25,90	

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
SOTRARETIRO S.C.A						
RUTA						
EL RETIRO - MEDELLÍN						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HOR A	TERMINA L	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día
14:40	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
15:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
15:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
15:40	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
16:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
16:10	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
16:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
16:30	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
16:40	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
16:50	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
17:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00	100	37,00
17:10	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
17:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
17:30	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
17:40	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
17:50	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
18:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
SOTRARETIRO S.C.A						
RUTA						
EL RETIRO - MEDELLÍN						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HOR A	TERMINA L	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día
18:15	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00	80	29,60
18:30	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
18:45	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
19:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
19:30	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
20:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
Total pasajeros día						1.713,10

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
SOTRARETIRO S.C.A						
RUTA						
MEDELLÍN - EL RETIRO						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HOR A	TERMINA L	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día
5:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00	80	29,60
5:15	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
5:30	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
5:40	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
5:50	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
6:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00	100	37,00
6:10	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
6:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
6:30	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
6:45	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
7:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
7:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
7:40	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		37,00
8:00	SUR	BUS	37	\$ 6.700,00	70	25,90
8:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
8:40	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
9:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
SOTRARETIRO S.C.A						
ruta						
MEDELLÍN - EL RETIRO						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HOR A	TERMINA L	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demand a aprox. Día
9:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
9:40	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
10:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
10:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
10:40	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
11:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
11:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
11:40	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
12:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
12:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
12:40	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
13:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
13:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
13:40	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
14:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
14:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90
14:40	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90

TERMINAL DE TRANSPORTE							
SUR - NORTE							
EMPRESA DE TRANSPORTE							
SOTRARETIRO S.C.A							
RUTA							
MEDELLÍN - EL RETIRO							
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas							
HOR A	TERMINA L	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día	
15:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90	
15:15	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90	
15:30	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90	
15:45	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90	
16:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90	
16:15	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90	
16:30	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90	
16:45	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		25,90	
17:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		100	37,00
17:15	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00			37,00
17:30	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00	37,00		
17:45	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00	37,00		
18:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00	37,00		
18:15	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00	80	29,60	
18:30	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60	
18:45	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60	
19:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60	

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
SOTRARETIRO S.C.A						
ruta						
MEDELLÍN - EL RETIRO						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HOR A	TERMINA L	TIPO VEHÍCUL O	CAPACIDA D PASAJERO S	VALOR POR PASAJER O	% ocupació n vehículo	Promedi o Demand a aprox. Día
19:20	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
19:40	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
20:00	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
20:30	NORTE	BUS	37	\$ 6.700,00		29,60
Total pasajeros día						1.616,90

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
TRANSUNIDOS S.A						
RUTA						
LA CEJA - MEDELLÍN						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HOR A	TERMINA L	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día
4:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	80	29,60
4:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
4:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
5:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
5:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
5:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
5:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
5:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
6:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		100
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00	19,00	
6:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00	19,00	
6:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	37,00	
6:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	37,00	
6:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00	19,00	
7:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	37,00	
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00	19,00	

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
TRANSUNIDOS S.A						
ruta						
LA CEJA - MEDELLÍN						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HOR A	TERMINA L	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día
7:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		19,00
7:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		37,00
7:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		37,00
7:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		19,00
8:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	70	25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
8:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
8:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
8:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
8:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
9:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
9:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
9:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
9:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
9:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
10:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
TRANSUNIDOS S.A						
RUTA						
LA CEJA - MEDELLÍN						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HOR A	TERMINA L	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día
	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
10:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
10:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
10:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
10:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
11:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
11:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
11:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
11:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
11:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
12:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
12:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
12:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
12:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
12:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
TRANSUNIDOS S.A						
ruta						
LA CEJA - MEDELLÍN						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HOR A	TERMINA L	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demand a aprox. Día
13:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
13:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
13:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
13:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
13:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
14:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
14:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
14:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
14:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
14:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
15:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
15:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
15:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
15:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	25,90	

TERMINAL DE TRANSPORTE							
SUR - NORTE							
EMPRESA DE TRANSPORTE							
TRANSUNIDOS S.A							
RUTA							
LA CEJA - MEDELLÍN							
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas							
HOR A	TERMINA L	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día	
15:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30	
16:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90	
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30	
16:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30	
16:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90	
16:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90	
16:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30	
17:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		100	37,00
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00			19,00
17:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00			19,00
17:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00			37,00
17:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00			37,00
17:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00			19,00
18:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00			37,00
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00	19,00		
18:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00	19,00		
18:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	37,00		

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
TRANSUNIDOS S.A						
ruta						
LA CEJA - MEDELLÍN						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HOR A	TERMINA L	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día
18:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		37,00
18:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		19,00
19:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	80	29,60
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
19:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
19:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
19:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
19:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
20:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
20:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
20:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
20:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	29,60	
Total pasajeros día						2.219,80

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
TRANSUNIDOS S.A						
RUTA						
MEDELLÍN - LA CEJA						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HORA	TERMINAL	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día
4:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00	80	15,20
5:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
5:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
5:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
5:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
5:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
6:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		100
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00	19,00	
6:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00	19,00	
6:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	37,00	
6:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	37,00	
6:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00	19,00	
7:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	37,00	
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00	19,00	
7:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00	19,00	
7:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	37,00	
7:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	37,00	

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
TRANSUNIDOS S.A						
RUTA						
MEDELLÍN - LA CEJA						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HORA	TERMINAL	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día
7:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00	70	19,00
8:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
8:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
8:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
8:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
8:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
9:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
9:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
9:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
9:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
9:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
10:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
10:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
10:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	25,90	
10:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	25,90	

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
TRANSUNIDOS S.A						
RUTA						
MEDELLÍN - LA CEJA						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HORA	TERMINAL	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día
10:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
11:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
11:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
11:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
11:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
11:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
12:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
12:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
12:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
12:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
12:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
13:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
13:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
13:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
TRANSUNIDOS S.A						
RUTA						
MEDELLÍN - LA CEJA						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HORA	TERMINAL	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día
13:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
13:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
14:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
14:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
14:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
14:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
14:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
15:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
15:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
15:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
15:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
15:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
16:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
16:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
16:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
TRANSUNIDOS S.A						
RUTA						
MEDELLÍN - LA CEJA						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HORA	TERMINAL	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día
16:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	80	25,90
16:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
17:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		25,90
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		13,30
17:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
17:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
17:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
17:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
18:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
18:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
18:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
18:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
18:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
19:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00	29,60	
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00	15,20	
19:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00	15,20	

TERMINAL DE TRANSPORTE						
SUR - NORTE						
EMPRESA DE TRANSPORTE						
TRANSUNIDOS S.A						
RUTA						
MEDELLÍN - LA CEJA						
Hora pico am: 6:45 - 7:45 - pm: 17:00 - 18:00 horas						
HORA	TERMINAL	TIPO VEHÍCULO	CAPACIDAD PASAJEROS	VALOR POR PASAJERO	% ocupación vehículo	Promedio Demanda aprox. Día
19:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
19:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
19:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
20:00	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
20:15	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
20:20	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
20:40	NORTE	BUS	37	\$ 7.700,00		29,60
20:45	SUR	MICRO	19	\$ 8.400,00		15,20
Total pasajeros día						2088,6

D. Anexo: Costos diarios de mantenimiento, operación y rodamiento para un vehículo particular promedio

Costos Vehículo anual (COP)	Adquisición	Estado	Usado	Nuevo
		Modelo	2006	2016
		Cilindraje (litros)	1,4	1,2
		Compra	No se incluye	No se incluye
		Trámites		
	Mantenimiento y operación	Batería + Juego de llantas	\$750.000	\$0
		Impuestos	\$714.900	\$714.900
		Seguro de accidentes	\$2.500.000	\$2.500.000
		Seguro Obligatorio	\$315.000	\$315.000
		Revisión técnico mecánica	\$170.800	\$0
Aceite+ Alineación y Balanceo cada 10.000Km (rodamiento de lunes a viernes entre valles)		\$230.000	\$230.000	
Parqueadero (lunes a viernes por un año)		\$960.000	\$960.000	
lavada (dos veces al mes por un año)	\$432.000	\$432.000		
Totales	Total anual * no incluye intereses	\$6.072.700	\$5.151.900	
	Total mensual	\$506.058	\$429.325	
	Total semanal	\$25.303	\$21.466	
	Total día	\$5.061	\$4.293	
	Promedio diario		\$4.677	

Costos Vehículo diario (COP)	Rodamiento	Peajes diarios	\$16.400
		Combustible	
		Gasolina	\$12.389
		Diesel	\$8.948
		GNV	\$2.629
		Total costo diario por vehículo	
		Gasolina	\$33.466
		Diesel	\$30.025
		GNV	\$23.706

Costos diarios persona según promedio de ocupación	Vehículo ocupado con 1,53 personas en promedio	
	Gasolina	\$21.873
	Diesel	\$19.624
	GNV	\$15.494
	Vehículo ocupado con 1,91 personas en promedio	
	Gasolina	\$11.452
	Diesel	\$10.274
	GNV	\$8.112

E. Respuesta a comunicación oficial: Clasificación de los factores de emisión de material particulado y gases de efecto invernadero por categoría vehicular utilizados en el Inventario de Emisiones Atmosféricas y sus respectivas actualizaciones

SOMOS 10
TERRITORIOS
INTEGRADOS

10621-

20180409115342161127283
COMUNICACIONES OFICIALES DESPACHADAS
Abril 09, 2018 11:53
Radicado 00-007283

Medellín,

Señora
SARA RESTREPO RUIZ
Transversal 31 sur N° 32B - 20
Teléfono: 321 811 4370 – 332 7091
Envigado, Antioquia

Asunto: Respuesta a comunicación oficial recibida con radicado N° 8281 de marzo 13 de 2018.

Respetada Señora Sara:

Dando respuesta a la comunicación del asunto, en la cual Usted en calidad de ciudadana colombiana y en ejercicio del Derecho de Petición consagrado en el artículo 23 de la Constitución Política de Colombia, solicita las cifras en gr/km recorrido para fuentes móviles, diferenciadas por categoría vehicular, modelo y tipo de combustible, usadas en el Inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburrá 2015, nos permitimos informarle que:

Los datos solicitados corresponden a factores de emisión cuyas unidades de medida se encuentran en (gramos de contaminante por kilómetro recorrido), y no a emisión (masa de contaminante por unidad de tiempo). Estos factores son referentes teóricos tomados del International Vehicle Emissions Model (IVE) por sus siglas en inglés, los cuales fueron adaptados a las condiciones locales del Valle de Aburrá y se encuentran por categoría vehicular, además se constituyen un insumo del modelo energético LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System), modelo de simulación tipo bottom-up, con el que se estiman las emisiones atmosféricas provenientes de las fuentes móviles en el Valle de Aburrá.

Actualmente la Entidad está desarrollando un estudio que tiene por objeto "Determinar de los factores de emisión reales en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá" una primera fase realizada bajo el convenio de asociación No. 1096 de 2016 y con alcance a vehículos ligeros y motocicletas, y una segunda fase orientada a vehículos pesados de pasajeros y carga mediante el Convenio No. 888 de 2017, ambos con la Universidad de Antioquia, los cuales serán un insumo para empezar a reemplazar en el mediano plazo, algunos de los factores de emisión teóricos por datos de estimaciones propias.





Página 2 de 6

En el documento anexo se relaciona la clasificación de los factores de emisión de material particulado y gases de efecto invernadero por categoría vehicular utilizados en el Inventario de Emisiones Atmosféricas con sus respectivas actualizaciones.

Esperamos que esta información le permita tener mayor claridad para extraer los datos de acuerdo con sus necesidades.

Atentamente,

DIANA FERNANDA CASTRO HENAO
Líder Programa Gestión ambiental

Anexo: Clasificación de los factores de emisión de material particulado y gases de efecto invernadero por categoría vehicular.

Revisó: Ana Zulma Orrego
Profesional Universitaria

Proyectó: Tatiana M. Mosquera Rivas
Contratista Grupo aire

VoBo: Sara María Jaramillo
Abogada Contratista

Código de tarea: 1052463





SOMOS10
TERRITORIOS
INTEGRADOS

Clasificación factores de emisión de material particulado y gases de efecto invernadero por categoría vehicular utilizados en el inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburrá con sus respectivas actualizaciones.

Combustible	Categoría	Modelo	Factor de emisión PM10 (g/km)	Factor de emisión PM2.5 (g/km)	Factor de emisión CH ₄ (g/km)	Factor de emisión CO ₂ (g/km)	Factor de emisión N ₂ O (g/km)
Gasolina	Auto, Taxi ligero (<= 1500 cc)	1950 ≤ year < 1993	0.0138	0.002602965	0.543507541	350.386082	0.000302926
		1993 ≤ year < 1998	0.0138	0.002602965	0.054350754	254.5405618	0.0046
		1998 ≤ year < 2012	0.0138	0.002602965	0.012707112	236.5106053	0.0046
		≥ 2012	0.0138	0.0032	0.017202763	204.1982539	0.0046
		1950 ≤ year < 1993	0.0138	0.002607806	0.543507541	408.3636351	0.001
		1993 ≤ year < 1998	0.0138	0.002607806	0.054350754	303.5430229	0.0151
	Auto, Taxi mediano (1500<cc<=3000)	1950 ≤ year < 1993	0.0138	0.003205952	0.019179732	258.1143913	0.0151
		1993 ≤ year < 1998	0.0138	0.002607292	0.796878983	530.4910774	0.001697074
		1998 ≤ year < 2012	0.0138	0.002607292	0.079687898	394.1843422	0.0256
		≥ 2012	0.0138	0.002607292	0.017315753	388.7845567	0.0256
		1950 ≤ year < 1998	0.0138	0.00320532	0.023441895	335.9502104	0.0256
		1998 ≤ year < 2012	0.0216	0.032717802	0.6644375	660.0295963	0.000908778
Bus, Camión, Tracto-camión, Volqueta ligero (<= 3000 cc)	1950 ≤ year < 1998	0.0216	0.032717802	0.053658906	591.2765133	0.0138	
	≥ 2012	0.0216	0.020448626	0.6644375	521.3328571	0.0138	
	1950 ≤ year < 1998	0.0216	0.032244674	0.8974375	799.4724687	0.003	
Bus, Camión, Tracto-camión, Volqueta mediano (3000<cc<=6000)	1950 ≤ year < 1998	0.0216	0.032244674	0.8974375	799.4724687	0.003	



SOMOS 10
TERRITORIOS
INTEGRADOS

Página 4 de 6

Combustible	Categoría	Modelo	Factor de emisión PM10 (g/km)	Factor de emisión PM2.5 (g/km)	Factor de emisión CH ₄ (g/km)	Factor de emisión CO ₂ (g/km)	Factor de emisión N ₂ O (g/km)
Diésel	Bus, Camión, Tracto-camión, Volqueta pesado (> 6000 cc)	1998 ≤ year < 2012 ≥ 2012	0.0216	0.032244674	0.062296898	692.226162	0.0453
		1950 ≤ year < 1998	0.0216	0.020152921	0.8974375	619.9633976	0.0453
		1998 ≤ year < 2012 ≥ 2012	0.059	0.032244674	1.079375	847.2021684	0.005091222
		1998 ≤ year < 2012 ≥ 2012	0.059	0.032244674	0.073551563	834.7433129	0.0768
		1998 ≤ year < 2012 ≥ 2012	0.059	0.020152921	1.079375	827.0875327	0.0768
		All years	0.064	0.18	1.046666667	65.27692707	0
	Moto 2T Moto 4T ligera (≤ 100 cc) Moto 4T median a (100<cc≤300) Moto 4T pesada (> 300 cc)	1950 ≤ year < 2006 ≥ 2006	0.0064	0.07	0.26	54.39743923	0
		1950 ≤ year < 2006 ≥ 2006	0.0064	0.05	0.1	45.33119936	0
		1950 ≤ year < 2006 ≥ 2006	0.0064	0.0875	0.325	90.66239871	0
		1950 ≤ year < 2006 ≥ 2006	0.0064	0.0625	0.125	75.55199893	0
		All years	0.0064	0.125	0.25	113.3279984	0
		1950 ≤ year < 2000 2000 ≤ year < 2005 2005 ≤ year < 2010 2010 ≤ year < 2013 ≥ 2013	0.0138	0.059759549	0	239.1529722	0.000302926
Auto, Taxi ligero (≤ 1500 cc) Auto, Taxi mediano (1500<cc≤3000)	2000 ≤ year < 2005 2005 ≤ year < 2010 2010 ≤ year < 2013 ≥ 2013	0.0138	0.059759549	0	239.1529722	0.000302926	
	2000 ≤ year < 2005 2005 ≤ year < 2010 2010 ≤ year < 2013 ≥ 2013	0.0138	0.059759549	0	216.1020833	0.000302926	
	1950 ≤ year < 2000 2000 ≤ year < 2005 2005 ≤ year < 2010 2010 ≤ year < 2013 ≥ 2013	0.0138	0.06187045	0	201.6952777	0.000302926	
	1950 ≤ year < 2000 2000 ≤ year < 2005 2005 ≤ year < 2010 2010 ≤ year < 2013 ≥ 2013	0.0138	0.059759549	0	180.0850694	0.0046	
	1950 ≤ year < 2000 2000 ≤ year < 2005 2005 ≤ year < 2010 2010 ≤ year < 2013 ≥ 2013	0.0138	0.059759549	0	291.7378124	0.001	
	1950 ≤ year < 2000 2000 ≤ year < 2005 2005 ≤ year < 2010 2010 ≤ year < 2013 ≥ 2013	0.0138	0.059759549	0	291.7378124	0.001	
1950 ≤ year < 2000 2000 ≤ year < 2005 2005 ≤ year < 2010 2010 ≤ year < 2013 ≥ 2013	0.0138	0.052163144	0	263.6445416	0.001		
1950 ≤ year < 2000 2000 ≤ year < 2005 2005 ≤ year < 2010 2010 ≤ year < 2013 ≥ 2013	0.0138	0.06187045	0	244.9156944	0.001		
1950 ≤ year < 2000	0.0138	0.061441874	0	230.5088888	0.0151		
1950 ≤ year < 2000	0.0138	0.061441874	0	379.6193263	0.001697074		



SOMOS 10
TERRITORIOS
INTEGRADOS

Página 5 de 6

Combustible	Categoría	Modelo	Factor de emisión PM10 (g/km)	Factor de emisión PM2.5 (g/km)	Factor de emisión CH ₄ (g/km)	Factor de emisión CO ₂ (g/km)	Factor de emisión N ₂ O (g/km)
	Auto, Taxi pesado (> 3000 cc)	2000 ≤ year < 2005	0.0138	0.061441874	0	379.6193263	0.001697074
		2005 ≤ year < 2010	0.0138	0.061441874	0	341.4412916	0.001697074
		2010 ≤ year < 2013	0.0138	0.053631618	0	324.1531249	0.001697074
		≥ 2013	0.0138	0.0636122	0	302.5429166	0.0256
	Bus, Camión, Tracto-camión, Volqueta ligero (<= 3000 cc)	1950 ≤ year < 2000	0.0216	0.1	0	518.6449999	0.000908778
		2000 ≤ year < 2005	0.0216	0.08	0	500.6364929	0.000908778
		2005 ≤ year < 2010	0.0216	0.08	0	500.6364929	0.000908778
		2010 ≤ year < 2013	0.0216	0.064563447	0	399.7888541	0.000908778
	Bus, Camión, Tracto-camión, Volqueta mediano (3000<cc<=6000)	≥ 2013	0.0216	0.013766238	0	399.0685138	0.0138
		1950 ≤ year < 2000	0.0216	0.12	0	763.5606943	0.003
		2000 ≤ year < 2005	0.0216	0.096	0	684.3232637	0.003
		2005 ≤ year < 2010	0.0216	0.096	0	684.3232637	0.003
Bus, Camión, Tracto-camión, Volqueta pesado (> 6000 cc)	2010 ≤ year < 2013	0.0216	0.077476136	0	589.2383471	0.003	
	≥ 2013	0.0216	0.016519485	0	587.7976665	0.0453	
	1950 ≤ year < 2000	0.059	0.144	0	1074.747694	0.005091222	
	2000 ≤ year < 2005	0.059	0.1152	0	1036.569659	0.005091222	
Gas Natural	2005 ≤ year < 2010	0.059	0.1152	0	1036.569659	0.005091222	
	2010 ≤ year < 2013	0.059	0.092971363	0	826.9506387	0.005091222	
	≥ 2013	0.059	0.019823383	0	824.7896179	0.0768	
	1950 ≤ year < 1993	0.0138	0.002342668	7.065598034	198.8153113	0.000302926	
	Auto, Taxi ligero (<= 1500 cc)	≥ 1993	0.0138	0.002342668	0.298882568	198.8153113	0.0046
	Auto, Taxi mediano (1500<cc<=3000)	1950 ≤ year < 1993	0.0138	0.002347026	7.065598034	252.7794673	0.001
		≥ 1993	0.0138	0.002347026	0.964204158	241.4185923	0.0151

SOMOS 10
TERRITORIOS
INTEGRADOS



Combustible	Categoría	Modelo	Factor de emisión PM10 (g/km)	Factor de emisión PM2.5 (g/km)	Factor de emisión CH ₄ (g/km)	Factor de emisión CO ₂ (g/km)	Factor de emisión N ₂ O (g/km)
GNAS	Auto, Taxi pesado (> 3000 cc)	1950 ≤ year < 1993	0.0138	0.002346563	10.35942677	312.4240606	0.001697074
		≥ 1993	0.0138	0.002346563	1.178471749	295.3827483	0.0256
	Bus, Camión, Tracto-camión, Volqueta ligero (<= 3000 cc)	1950 ≤ year < 1993	0.0216	0.00163589	8.6376875	409.0240587	0.000908778
		≥ 1993	0.0216	0.00163589	0.697565781	379.8407437	0.0138
	Bus, Camión, Tracto-camión, Volqueta mediano (3000<cc<=6000)	1950 ≤ year < 1993	0.0216	0.001612234	11.6666875	493.1313576	0.003
		≥ 1993	0.0216	0.001612234	0.80985968	444.7210004	0.0453
	Bus, Camión, Tracto-camión, Volqueta pesado (> 6000 cc)	All years	0.0216	0.001612234	0.956170313	536.3408789	0.0768

F. Aforo de antigüedad de vehículos de carácter particular

AFORO MODELOS VEHICULOS				
TRAMO DE VÍA	VALLE DE ABURRÁ HACIA VALLE DE SAN NICOLÁS			
MODELOS AUTOS	AÑOS ANTERIORES - AÑO 2012			
FECHA	30/05/2018			
HORA	15:00 - 16:00			
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
4				

TOTAL	104
-------	-----

AFORO MODELOS VEHICULOS				
TRAMO DE VÍA	VALLE DE ABURRÁ HACIA VALLE DE SAN NICOLÁS			
MODELOS AUTOS	AÑO 2012 - HOY			
FECHA	30/05/2018			
HORA	15:00 - 16:00			
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
5				
TOTAL	155			

AFORO MODELOS VEHICULOS				
TRAMO DE VÍA	VALLE DE SAN NICOLÁS HACIA VALLE DE ABURRÁ			
MODELOS AUTOS	AÑOS ANTERIORES - AÑO 2012			
FECHA	30/05/2018			
HORA	15:00 - 16:00			
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
5	3	3		
TOTAL	111			

AFORO MODELOS VEHICULOS				
TRAMO DE VÍA	VALLE DE SAN NICOLÁS HACIA VALLE DE ABURRÁ			
MODELOS AUTOS	AÑO 2012 - HOY			
FECHA	30/05/2018			
HORA	15:00 - 16:00			
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
5	5	5	5	5
5	5	5	5	1
TOTAL	121			

MODELOS AUTOS QUE TRANSITAN POR VÍA LAS PALMAS	UNIDADES	PORCENTAJE
TOTAL AUTOS AFORADOS	491	100%
TOTAL AUTOS ANTES HASTA 2012	215	44%
TOTAL AUTOS 2012 HASTA HOY	276	56%

G. Tendencias a 2030 de emisiones Vehículos Categoría I y Categoría II

AÑO	AUTOS A GASOLINA	ASIENTOS UTILIZADOS A GASOLINA (PASAJEROS)	AUTOS NECESARIOS PARA DESPLAZAR PASAJEROS A CUPO COMPLETO	KM RECORRIDOS GASOLINA	FACTOR PROMEDIO DE EMISIÓN DE EMISIÓN CO ₂ (gr/km)	TOTAL EMISIÓN CO ₂ (Ton/Año)	EMISIÓN CO ₂ gr/año POR VEHICULO	EMISIONES CO ₂ /AÑO POR PASAJERO OCUPACIÓN 1.53 (gr/km)	PROYECCIONES				
									EMISIONES CO ₂ POR VEHICULO OCUPACIÓN ÓPTIMA (Ton/año)	EMISIÓN CO ₂ gr/año POR VEHICULO	EMISIONES CO ₂ /AÑO POR PASAJERO OCUPACIÓN ÓPTIMA (gr/km)	DISMINUCIÓN EMISIONES ANUALES	DISMINUCIÓN 20% EMISIONES ANUALES (Ton/año)
2017	2.055.031	3.144.198	628.840	58.917.750	287,05	16.912,42	8.230	5.379	1.646	69%	13.530	1.644.025	1,91
2018	2.030.460	3.106.604	621.321	58.213.293	287,05	16.710,21	8.230	5.379					
2019	2.124.350	3.250.255	650.051	60.905.102	287,05	17.482,89	8.230	5.379					
2020	2.218.239	3.393.906	678.781	63.596.910	287,05	18.255,58	8.230	5.379					
2021	2.312.128	3.537.556	707.511	66.288.719	287,05	19.028,27	8.230	5.379					
2022	2.406.018	3.681.207	736.241	68.980.528	287,05	19.800,96	8.230	5.379					
2023	2.499.907	3.824.858	764.972	71.672.336	287,05	20.573,64	8.230	5.379					
2024	2.593.796	3.968.509	793.702	74.364.145	287,05	21.346,33	8.230	5.379					
2025	2.687.686	4.112.159	822.432	77.055.953	287,05	22.119,02	8.230	5.379					
2026	2.781.575	4.255.810	851.162	79.747.762	287,05	22.891,70	8.230	5.379					
2027	2.875.465	4.399.461	879.892	82.439.570	287,05	23.664,39	8.230	5.379					
2028	2.969.354	4.543.112	908.622	85.131.379	287,05	24.437,08	8.230	5.379					
2029	3.063.243	4.686.762	937.352	87.823.188	287,05	25.209,77	8.230	5.379					
2030	3.157.133	4.830.413	966.083	90.514.996	287,05	25.982,45	8.230	5.379	1.646	69%	20.786	2.525.706	1,91

Categoría I - Vehículos transporte privado
Gasolina

AÑO	AUTOS A DIESEL	ASIENTOS UTILIZADOS DIESEL (PASAJEROS)	AUTOS NECESARIOS PARA DESPLAZAR PASAJEROS A CUPO COMPLETO	KM RECORRIDOS DIESEL	FACTOR PROMEDIO DE EMISIÓN CO ₂ (g/km)	TOTAL EMISIÓN CO ₂ (Ton/Año)	EMISIÓN CO ₂ gr/año POR VEHICULO	EMISIONES CO ₂ /AÑO POR PASAJERO 1.53 OCUPACIÓN (gr/Km)	EMISIONES CO ₂ /AÑO POR PASAJERO OCUPACIÓN ÓPTIMA (gr/Km)	DISMINUCIÓN EMISIONES ANUALES	DISMINUCIÓN 20% EMISIONES ANUALES (Ton/año)	N° VEHICULOS	PASAJEROS POR VEHICULO
PROYECCIONES													
2017	812.678	1.243.398	248.680	23.299.488	260,86	6.077,98	7.479	4.888	1.859,86	69%	4.862	650.143	1,91
2018	802.961	1.228.531	245.706	23.020.905	260,86	6.005,31	7.479	4.888	1.837,62				
2019	840.091	1.285.339	257.068	24.085.402	260,86	6.283,00	7.479	4.888	1.922,60				
2020	877.220	1.342.147	268.429	25.149.899	260,86	6.560,68	7.479	4.888	2.007,57				
2021	914.349	1.398.955	279.791	26.214.396	260,86	6.838,37	7.479	4.888	2.092,54				
2022	951.479	1.455.762	291.152	27.278.893	260,86	7.116,06	7.479	4.888	2.177,51				
2023	988.608	1.512.570	302.514	28.343.390	260,86	7.393,75	7.479	4.888	2.262,49				
2024	1.025.737	1.569.378	313.876	29.407.887	260,86	7.671,44	7.479	4.888	2.347,46				
2025	1.062.867	1.626.186	325.237	30.472.384	260,86	7.949,12	7.479	4.888	2.432,43				
2026	1.099.996	1.682.994	336.599	31.536.880	260,86	8.226,81	7.479	4.888	2.517,40				
2027	1.137.125	1.739.801	347.960	32.601.377	260,86	8.504,50	7.479	4.888	2.602,38				
2028	1.174.254	1.796.609	359.322	33.665.874	260,86	8.782,19	7.479	4.888	2.687,35				
2029	1.211.384	1.853.417	370.683	34.730.371	260,86	9.059,88	7.479	4.888	2.772,32				
2030	1.248.513	1.910.225	382.045	35.794.868	260,86	9.337,56	7.479	4.888	2.857,29	69%	7.470	998.810	1,91

Categoría I - Vehículos transporte privado Diesel

AÑO	AUTOS A DIESEL	ASIENTOS UTILIZADOS DIESEL (PASAJEROS)	AUTOS NECESARIOS PARA DESPLAZAR PASAJEROS A CUPO COMPLETO	KM RECORRIDOS DIESEL	PROMEDIO FACTOR DE EMISIÓN CO ₂ (g/km)	TOTAL EMISIÓN CO ₂ (Ton/Año)	EMISIÓN CO ₂ gr/año POR PASAJERO 79% OCUPACIÓN (gr/Km)	EMISIONES CO ₂ /AÑO POR PASAJERO OCUPACIÓN ÓPTIMA (gr/km)	EMISIONES CO ₂ POR VEHICULOS OCUPACIÓN ÓPTIMA (Ton/año)	EMISIÓN CO ₂ gr/año POR VEHICULO	EMISIONES CO ₂ /AÑO POR PASAJERO OCUPACIÓN ÓPTIMA (gr/km)	DISMINUCIÓN EMISIONES ANUALES	DISMINUCIÓN 20% EMISIONES ANUALES (Ton/año)	N° VEHICULOS	PASAEROS POR VEHICULO
2017	279.329	6.951.102	220.670	8.008.362	543,23	4.350,36	15.574	626	3.436,78	15.574	626	21%	3.480	223.463	31,11
2018	281.978	7.017.022	222.763	8.084.308	543,23	4.391,61	15.574	626	3.469,37						
2019	295.203	7.346.121	233.210	8.463.463	543,23	4.597,58	15.574	626	3.632,09						
2020	308.428	7.675.220	243.658	8.842.618	543,23	4.803,55	15.574	626	3.794,80						
2021	321.652	8.004.319	254.105	9.221.774	543,23	5.009,51	15.574	626	3.957,52						
2022	334.877	8.333.419	264.553	9.600.929	543,23	5.215,48	15.574	626	4.120,23						
2023	348.102	8.662.518	275.001	9.980.084	543,23	5.421,45	15.574	626	4.282,94						
2024	361.327	8.991.617	285.448	10.359.239	543,23	5.627,41	15.574	626	4.445,66						
2025	374.552	9.320.716	295.896	10.738.394	543,23	5.833,38	15.574	626	4.608,37						
2026	387.776	9.649.815	306.343	11.117.549	543,23	6.039,35	15.574	626	4.771,09						
2027	401.001	9.978.915	316.791	11.496.704	543,23	6.245,32	15.574	626	4.933,80						
2028	414.226	10.308.014	327.239	11.875.859	543,23	6.451,28	15.574	626	5.096,51						
2029	427.451	10.637.113	337.686	12.255.014	543,23	6.657,25	15.574	626	5.259,23						
2030	440.676	10.966.212	348.134	12.634.170	543,23	6.863,22	15.574	626	5.421,94	15.574	626	21%	5.491	352.540	31,11
PROYECCIONES															

Categoría II - Vehículos transporte público

AÑO	AUTOS A GLP	ASIENTOS UTILIZADOS GLP (PASAJEROS)	AUTOS NECESARIOS PARA DESPLAZAR PASAJEROS A CUPO COMPLETO	KM RECORRIDOS GAS LICUADO DE PETROLEO	FACTOR PROMEDIO DE EMISIÓN CO ₂ (gr/km)	TOTAL EMISIÓN CO ₂ (Ton/Año)	EMISIÓN CO ₂ gr/año POR VEHICULO	EMISIONES CO ₂ /AÑO POR PASAJERO 1.53 OCUPACIÓN (gr/km)	PROYECCIONES				EMISIONES CO ₂ POR VEHICULO OPTIMA (Ton/año)	EMISIÓN CO ₂ gr/año POR VEHICULO	EMISIONES CO ₂ /AÑO POR PASAJERO OPTIMA (gr/km)	DISMINUCIÓN EMISIONES ANUALES	DISMINUCIÓN 20% EMISIONES ANUALES (Ton/año)	N° VEHICULOS	PASAJEROS POR VEHICULO
2017	143.325	10.438	2.088	4.109.135	249,94	1.027,04	7.166	4.684	14,96	7.166	1.433	99%	822	114.660	0,09				
2018	141.612	10.313	2.063	4.060.004	249,94	1.014,76			14,78										
2019	148.160	10.790	2.158	4.247.740	249,94	1.061,68			15,46										
2020	154.708	11.267	2.253	4.435.477	249,94	1.108,60			16,15										
2021	161.256	11.744	2.349	4.623.213	249,94	1.155,53			16,83										
2022	167.804	12.221	2.444	4.810.950	249,94	1.202,45			17,51										
2023	174.352	12.698	2.540	4.998.686	249,94	1.249,37			18,20										
2024	180.901	13.175	2.635	5.186.422	249,94	1.296,29			18,88										
2025	187.449	13.652	2.730	5.374.159	249,94	1.343,22			19,56										
2026	193.997	14.128	2.826	5.561.895	249,94	1.390,14			20,25										
2027	200.545	14.605	2.921	5.749.632	249,94	1.437,06			20,93										
2028	207.093	15.082	3.016	5.937.368	249,94	1.483,99			21,62										
2029	213.642	15.559	3.112	6.125.104	249,94	1.530,91			22,30										
2030	220.190	16.036	3.207	6.312.841	249,94	1.577,83	7.166	4.684	22,98	7.166	1.433	99%	1.262	176.152	0,09				

Categoría I - Vehículos transporte privado
GNV

5. Referencias

- Fernández A., R. (Enero de 1999). Análisis del problema del transporte urbano. *Ciencia al día*, 2(1). Recuperado el 1 de marzo de 2017, de <http://www.ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen2/numero1/articulos/articulo2.html>
- , Secretaría de Movilidad Medellín; , Alcaldía Medellín;. (2014). *Plan de Movilidad Segura de Medellín 2014 - 2020*. Medellín. Recuperado el 15 de 05 de 2018, de <https://www.medellin.gov.co/movilidad/secretaria-de-movilidad/plan-de-movilidad-segura-de-medellin-2014-2020>
- [UPB], U. P. (2011). *ESTUDIO DE LA DISPERSION DE CONTAMINANTES EN EL VALLE DE SAN NICOLÁS*.
- ANDEMOS. (2018). *Informe sector automotor. Agosto 2018*. Recuperado el 04 de septiembre de 2018, de <http://www.andemos.org/wp-content/uploads/2018/09/ANDEMOS-Ago.-2018-Primera-Entrega-Sector-Automotor.pdf>
- ANDEMOS. (enero de 2019). *INFORME SECTOR AUTOMOTOR*. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de <http://www.andemos.org/wp-content/uploads/2019/01/ANDEMOS-DIC.-2018-Primera-Entrega-Sector-Automotor.pdf>
- ANI . (2017). *OPERACIÓN ESTADÍSTICA DE TRÁFICO Y RECAUDO*.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2017). *Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá, actualización 2015*. AMVA, Medellín.
- Área Metropolitana del valle de Aburrá. (s.f.). *AMVA*. Recuperado el 04 de 04 de 2017, de <http://www.metropol.gov.co/Pages/Encuestamovilidad2017.aspx>
- Area Metropolitana del Valle de Aburrá AMVA. (2017). *Movilidad Sostenible. Semana de la sostenibilidad ambiental y social*. Rionegro.
- Asociación Nacional de Movilidad Sostenible ANDEMOS. (2019). *Vehículos HEV, PHEV y BEV Agosto*. Colombia.
- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 73-80. Obtenido de <https://www.journals.elsevier.com/transport-policy>

- Banister, D. (2011). The trilogu of distance, speed and time. *Journal of Transport Geography*, 19, 950-959.
- Banister, D., & Hickman, R. (2013). Transport Futures. *Transport Policy*, 29, 283-293. Obtenido de <https://www.journals.elsevier.com/transport-policy>
- BetterPoints*. (2019). Obtenido de <https://www.betterpoints.uk/>
- Bocarejo, J. P., Portilla, I. J., Velasquez, J. M., Cruz, M. N., Peña, A., & Oviedo, D. R. (2014). An innovative transit system and its impact on low income users: the case of Metrocable in Medellín. *Journal of Transport Geography*, 39, 49-61.
- Bryja, D., & Knawa, M. (15 de junio de 2011). Computational model of an inclined aerial ropeway and numerical method. *Computers and Structures*, 89, 1895-1905. Recuperado el 25 de febrero de 2019
- Canal Casals, L., Martinez Laserna, E., Amante García, B., & Nieto, N. (2016). Sustainability analysis of the electric vehicle use in Europe for CO2 emissions reduction. *Journal of Cleaner Production*, 425-437. Recuperado el 08 de octubre de 2018
- CORNARE. (2017). *Cornare*. Recuperado el 04 de 04 de 2017, de <http://www.cornare.gov.co/component/content/category/159-tunel-orient>
- Curitiba, P. M. (s.f.). (P. M. Curitiba, Productor) Recuperado el 15 de septiembre de 2018, de www.curitiba.pr.gov.br
- Curitiba, P. M. (21 de 01 de 2019). *Prefeitura Municipal de Curitiba*. Obtenido de <http://www.curitiba.pr.gov.br/idioma/espanhol/progressoonibus>
- DANE. (2010). *Proyecciones de Población*.
- DANE. (2014). *COMERCIO DE VEHICULOS AUTOMOTORES NUEVOS*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/vehiculos/bol_veh_ltrim14.pdf
- DANE. (2018). *Encuesta Mensual de Comercio al por Menor y Vehículos - EMCM*.
- De Pablos Heredero, C., Pérez Bermejo, L., & Montes Botella, J. L. (enero - marzo de 2012). Impacto de los sistemas de apoyo a la explotación (SAE) en la mejora de los servicios de transporte público urbano. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 15, 12-24. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cede.2011.07.001>
- Departamento de asuntos económicos y Sociales de la UN (DESA). (10 de julio de 2014). *NACIONES UNIDAS. Departamento de Asuntos económicos y sociales*. Recuperado el 03 de 04 de 2017, de

<https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html>

- DEVIMED. (2018). *serie historica mensual de tarifas trafico y recaudo desde 2014 a diciembre 2017*.
- Diez, A. (2 de mayo de 2016). Balance de nuestra Infraestructura. (U. d. Andes, Ed.) Bogotá. Recuperado el 20 de enero de 2019, de <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2016/05/02/balance-de-nuestra-infraestructura/>
- Doku, K. (2 de abril de 2016). Lo que cuesta comprar y mantener un carro. *El Herald*. Recuperado el 6 de noviembre de 2017, de <https://www.elheraldo.co/economia/cuanto-cuesta-tener-un-carro-243575>
- DONOSTIA MOVILIDAD. (25 de 04 de 2018). <http://www.donostiamovilidad.com/>.
Obtenido de <http://www.donostiamovilidad.com/noticias/%C2%BFcuanto-espacios-quitan-los-coches/>
- Doppelmayr. (junio de 2014). Teleférico de Oriente.
- Duarte, F., Firmino, R., & Prestes, O. (7 de octubre de 2011). Learning from Failures: Avoiding Asymmetrical Views of Public Transportation Initiatives in Curitiba. *Journal of Urban Technology*, 18:3, 81-100.
- E. L. (30 de enero de 2019). metrodemedellin.gov.co. Recuperado el 25 de febrero de 2019, de <https://www.metrodemedellin.gov.co/qui%C3%A9nessomos/historia>
- El Tiempo. (10 de marzo de 2015). ¿Cuál sería el impacto de no tener nuevas vías en Bogotá? *El Tiempo*. Recuperado el 05 de noviembre de 2018, de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15374716>
- EL TIEMPO. (2017). ¿QUÉ TAN LIMPIOS SON LOS COMBUSTIBLES EN COLOMBIA? *MOTOR*. Obtenido de <https://www.motor.com.co/actualidad/industria/limpios-son-combustibles-colombia/28646>
- Envigado. (2011). *Plan de Ordenamiento Territorial*.
- FIMEVIC. (2002). *Las medidas para mejorar la movilidad de personas y bienes en el la Ciudad de México*. Recuperado el 05 de noviembre de 2018, de <http://www.fimevic.df.gob.mx/problemas/2lasmedidas.htm#subir>
- Frey, B., & Jegen, R. (2001). Motivation Crowding Theory: A Survey of Empirical Evidence. *Journal of Economic Surveys*, 15(5), 589-611.

- García Arbeláez, C., Vallejo López, G., Low Higgins, M., & Escobar, E. M. (2016). *El Acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al cambio climático*. Cali, Colombia: WWF- Colombia.
- García, E. (1999). La sostenibilidad de las ciudades y la organización social de la movilidad. *Ecología política*, 55-68.
- Garsours, G., Suárez - Alemán, A., & Serebrisky, T. (31 de mayo de 2017). Cable cars in urban transport: Travel time savings from La Paz-El Alto (Bolivia). *Transport Policy*, 1-12. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.05.005>
- Ginebra, Sociedad Global de Seguridad Vial. (2008). *Control de la velocidad: Un manual de seguridad vial para los responsables de tomar decisiones*. Obtenido de http://www.montevideo.gub.uy/sites/default/files/control_de_velocidad_1.pdf
- González, J. F. (2016). *Eficiencia energética y efecto rebote* (Vol. Num 2.). (F. ENT, Ed.) Vilanova i la Geltrú: DOCS.
- GoogleMaps. (13 de 11 de 2017). *GoogleMaps*. Recuperado el 13 de noviembre de 2017, de <https://goo.gl/maps/r7wWfvdCRz42>
- Hawkins, T., Singh, B., Majeau-Bettez, G., & Hammer Stromman, A. (2013). Coparative Enviromental Life Cycle Assessment of conventional and Electric Vehicles. *Journal of Industrial Ecology*, 17(1), 53. doi:10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x
- IDAE. (julio de 2006). PMUS: Guía práctica para la elaboración e implantación de planes de moviliadd urbana sostenible. Madrid, España: Fondo Editorial IDAE.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2016). *Inventario nacional y departamental de Gases de Efecto Invernadero - Colombia. Tercera Comunicación Nacional de*. Bogotá D.C., Colombia. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. (2015). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Colombia. Tercera comunicación Nacional de Cambio climático de colombia*. Bogotá, Colombia: IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM.
- Inspiración Social. (20 de noviembre de 2015). *Inspiración Social*. Recuperado el 18 de febrero de 2019, de <https://inspiracionsocial.wordpress.com/2015/11/20/lazooz-la-plataforma-distribuida-de-transporte-compartido-propiedad-de-sus-usuarios/>
- Instituto de Estudios Urbanos IEU (2017). El ejemplo del carro compartido debería empezar por el Estado. Bogotá, Colombia. Recuperado el 05 de noviembre de 2018, de <http://ieu.unal.edu.co/noticias-del-ieu/item/el-ejemplo-del-carro-compartido-deberia-empezar-por-el-distrito>

La Zooz. (s.f.). *La Zooz*. Recuperado el 18 de febrero de 2019, de <http://lazooz.org/>

Martínez, E. A. (20 de agosto de 2015). Nuevas vías no solucionan el problema de movilidad. *El Nuevo día*. Recuperado el 05 de noviembre de 2019, de <http://www.elnuevodia.com.co/nuevodia/actualidad/economica/267834-nuevas-vias-no-solucionan-el-problema-de-movilidad>

Medellín. (2006). *Plan de Ordenamiento Territorial POT*. Medellín. Obtenido de <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/documents/ServiciosLinea/PlaneacionMunicipal/ObservatorioPoliticPublicas/resultadosSeguimiento/pot.html>

Medellin Cómo Vamos. (2017). *ENCUESTA DE PERCEPCIÓN CIUDADANA MEDELLÍN 2017*. Medellín. Recuperado el 24 de febrero de 2019, de <https://www.medellincomovamos.org/informe-de-la-encuesta-de-percepcion-ciudadana-medellin-2017/>

Medellín, T. (s.f.). *Terminales Medellín*. Recuperado el 20 de noviembre de 2017, de [http://www.terminalesmedellin.com/busqueda-viajes/?desde=0&hasta=1390&emp=.](http://www.terminalesmedellin.com/busqueda-viajes/?desde=0&hasta=1390&emp=)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (24 de 04 de 2018). www.minambiente.gov.co. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=462:planti-lla-cambio-climatico-18#enlaces>

Motorpasion.com. (8 de agosto de 2012). Recuperado el 21 de febrero de 2019, de <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/plataformas-de-coche-compartido-carpooling>

MUY INTERESANTE. (s.f.). ¿Qué es el metano (CH₄)? *MUY INTERESANTE*. Recuperado el 23 de abril de 2018, de <https://www.muyinteresante.es/curiosidades/preguntas-respuestas/metano-ch4>

Nacional, U. (s.f.). [Grabado por Fernando].

OCEANA. (24 de 04 de 2018). <http://eu.oceana.org/es/portada>. Obtenido de <http://eu.oceana.org/es/node/46897>

OMS. (26 de septiembre de 2011). *Centro de prensa*. Recuperado el 23 de 04 de 2017, de http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2011/air_pollution_20110926/es/

OMS. (2 de Mayo de 2013). *Centro de prensa*. Recuperado el 23 de 04 de 2017, de http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2013/make_walking_safe_20130502/es/

- Organización Panamericana de la Salud. (2017). *La velocidad y los siniestros viales*. Whashington D.C. Recuperado el 28 de febrero de 2019, de https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=hojas-informativas-5231&alias=39851-hoja-informativa-velocidad-siniestros-viales-851&Itemid=270&lang=es
- Otero, A. (21 de mayo de 2018). *www.motorpasion.com*. Obtenido de <https://www.motorpasion.com/industria/plan-anticontaminacion-de-madrid-con-que-alternativas-al-coche-particular-deberian-contar-los-ciudadanos>
- Pérez, J. A. (13 de septiembre de 2013). Mantenimiento del carro ronda \$500 mil al mes. *El Colombiano*. Recuperado el 6 de noviembre de 2017, de http://www.elcolombiano.com/historico/mantenimiento_del_carro_ronda_500_mil_al_mes-IYEC_260239
- Posada Henao, J. j., Farbiarz Castro, V., & González Calderón, C. A. (enero de 2011). ANÁLISIS DEL “PICO Y PLACA” COMO RESTRICCIÓN A LA CIRCULACIÓN VEHICULAR EN MEDELLÍN BASADO EN VOLÚMENES VEHICULARES. *DYNA*, 78(165), 112-121. Recuperado el 21 de febrero de 2019, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25645/39143>
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) de México. (s.f.). *Portal de Indicadores de Eficiencia Energética y Emisiones Vehiculares*. Recuperado el 07 de 06 de 2018, de <http://www.ecovehiculos.gob.mx/comparamarcamodelo.php>
- Ramírez, S. M., & Veloz Rosas, J. (2013). *DESARROLLO ORIENTADO AL TRANSPORTE. Regenerar las ciudades mexicanas para mejorar la movilidad*. México D.F: Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo México.
- Retiro, E. (2013). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial*. Obtenido de <http://www.suenosytierras.com/biblioteca/EI-Retiro-P.B.O.T-Acuerdo-No.014-2013.pdf>
- Revista Dinero. (2018). <https://www.dinero.com/pais/articulo/venta-de-carros-en-el-ano-2017-en-colombia/253774>. *Revista Dinero*. Recuperado el 07 de 06 de 2018, de <https://www.dinero.com/pais/articulo/venta-de-carros-en-el-ano-2017-en-colombia/253774>
- SUNSET-PROJECT*. (s.f.). Obtenido de <http://sunset-project.eu/>
- Tránsito, V. y. (2017). *ESTUDIO DE TRÁNSITO RETORNOS ALTO PALMAS*. Envigado.
- United Nations. (2015). *Probabilistic Population Projections based on the world Population Prospects: The 2015 Revision. Population Division, DESA*. Obtenido de <http://esa.un.org/unpd/ppp/>

Universidad EAFIT; Metro de Medellín; Eafit, URBAM;. (2016). *Actualización de los corredores de transporte del plan Rector de Expansión*. Medellín. Recuperado el 04 de 04 de 2017

Vélez, G. (2017). Red vial Oriente Antioqueño. *Semana de la Sostenibilidad ambiental y social*. Rionegro.

Vélez, G. (14 de septiembre de 2017). Red vial Oriente Antioqueño. (S. R. Ruiz, Entrevistador) Rionegro.

World Bank. (2016). *World Development Indicators, The World Bank*. Recuperado el 23 de 04 de 2017, de <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>

www.cuantocuestamiapp.co. (18 de febrero de 2019). Obtenido de <https://www.cuantocuestamiapp.co/>