



# Subsidio a la tarifa para fortalecer la operación de los sistemas estratégicos de transporte público en Colombia

## Fare subsidy scheme to strengthen the operation in Colombia's public transportation strategic systems

Miller Salas-Rondón <sup>1a</sup>, José Carlos Jiménez-Serpa <sup>2</sup>, Yerly Fabián Martínez-Estupiñán <sup>1b</sup>

<sup>1</sup> Grupo de investigación Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, Colombia. Correos electrónicos: <sup>a</sup> miller.salas@uis.edu.co, <sup>b</sup> yerfamar@uis.edu.co. Orcid: <sup>a</sup> 0000-0001-9236-9750, <sup>b</sup> 0000-0003-3270-2325.

<sup>2</sup> Ginprosa, Colombia. Correo electrónico: jjimenez@ginprosa.com. Orcid: 0000-0002-1158-2240

Recibido: 22 septiembre, 2020. Aceptado: 30 enero, 2021. Versión final: 7 mayo, 2021.

### Resumen

Este artículo propone diferentes acciones para mejorar la futura operación de los sistemas estratégicos de transporte público (SETP) implementados en ocho ciudades colombianas como parte de las metas propuestas en la *Política nacional del transporte urbano*. Han pasado más de diez años desde que se formalizó su implementación y, sin embargo, ninguno ha entrado en operación. En contraste, se ha generado un mayor uso de motocicletas y un surgimiento de plataformas tecnológicas que han favorecido y hecho más eficiente el transporte informal, en detrimento de la seguridad vial y la calidad del aire. En esta investigación, usando encuestas de preferencias declaradas, se estableció la percepción de fidelidad del usuario del SETP frente al uso de transporte informal. Las situaciones analizadas consistieron en responder qué modo de transporte utilizaría el encuestado bajo las condiciones de tiempo de viaje, espera y costo del modo a utilizar. En cada situación se le presentaron al encuestado varios escenarios, los cuales correlacionan el costo, la duración del trayecto y el tiempo de espera. Además, mediante el uso de la teoría de la utilidad aleatoria se identificó que es posible modificar la tendencia creciente del uso de transporte informal, si se mejora la calidad del servicio del transporte público y se establece un subsidio a la tarifa para un determinado grupo de usuarios. Se estimó un modelo binario que incluyó la elección entre utilizar el transporte informal y el SETP subsidiado; también se incluyeron variables sociodemográficas como edad y estrato, que permitieron explicar mejor el comportamiento de los individuos, y, de esta forma, se pudo definir el intervalo del subsidio posible para reducir la tarifa. Los resultados obtenidos muestran que los subsidios a la tarifa están relacionados positivamente con el aumento de usuarios de transporte público, pero no tanto como una mejora en los tiempos de viaje y en el grado de cobertura. Este resultado muestra que una política tarifaria adecuada no solo se basa en una disminución de la tarifa, sino que debe abarcar el mejoramiento de la prestación del servicio.

**Palabras clave:** transporte público; modelos elección discreta; tarifa subsidiada.



## Abstract

This article proposes different actions to improve the future operation of the Strategic Public Transportation Systems (SETP) implemented in eight Colombian cities as part of the goals proposed in the National Urban Transportation Policy. More than ten years have passed since was formalized this implementation; however, SETP has not entered into operation yet. In contrast, there has been greater use of motorcycles and technological platforms that favored and made more efficient informal transport to detriment the road safety and air quality. In this research, using surveys of declared preferences established the perception of the SETP user's loyalty to informal transport. The situations analyzed consisted of answering which mode of transportation the participant would use under travel time, waiting time, and cost of the mode. In each case, several scenarios were presented that correlate the fare cost, the duration of the journey, and the waiting period. In addition, using the theory of random utility, it is possible to modify the increasing trend of informal transport if the quality of the public transport service is improved and a subsidy is established to the fare for a specific group of users. A binary model was estimated that included the choice between using informal transport and the subsidized SETP. Also, sociodemographic variables such as age and stratum were included, which allowed us to better explain the behavior of individuals, and it was possible to define the interval of the possible subsidy to reduce the fare. The results showed that subsidies are positively related to the increase in public transport users, but not so much as an improvement in travel times and the degree of coverage. This result shows that an adequate fare scheme policy is not only based on a reduction in the fare but must also include the improvement of the service provision.

**Keywords:** public transport; discrete choice models; fare subsidy.

## 1. Introducción

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Colombia posee alrededor de 50 millones de habitantes, de los cuales el 80 % se concentra en las áreas urbanas y genera el 76 % del PIB nacional. Este panorama urbano ha repercutido en la necesidad de una mayor y mejor movilidad en el que la gestión de un sistema de transporte eficiente trasciende en un impacto directo en la vida cotidiana de los ciudadanos. Dado lo anterior, el país ha apostado al fortalecimiento del transporte público soportado en autobuses, mejorando la infraestructura vial existente, los paraderos y el espacio público en general. Además, el mejoramiento del servicio se hace a través de la optimización de rutas que disminuyen tiempos de viaje, contribuyen a reducir la contaminación y buscan el crecimiento sustentable y organizado de las áreas urbanas.

Desde el 2002, los entes territoriales de las principales ciudades han apoyado e impulsado la política nacional del transporte urbano (PNTU), fortaleciendo la capacidad institucional de planear y gestionar el tráfico para incrementar su calidad de vida y productividad. En el desarrollo de esta política, el Gobierno nacional ha comprometido cerca de 49,4 billones de pesos (2017) en los últimos 16 años, para la implementación de siete sistemas integrados de transporte masivo (SITM) en ciudades de más de 600.000 habitantes, ocho sistemas estratégicos de transporte público (SETP) para ciudades intermedias entre 250.000 y 600.000 habitantes y dos sistemas férreos [1].

La Ley 1151 de 2007 aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, que consolida la política nacional del transporte urbano y fortalece el apoyo a los SETP en el marco del programa de “Ciudades Amables” [2]. Posteriormente, y a partir del 2008, cada ciudad seleccionada para la implantación del SETP dio inicio a la fase de preinversión y generó su respectivo documento CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social), el cual le permitía obtener recursos del Gobierno nacional para la financiación de su propio proyecto. Cada documento CONPES se elaboró con diseños conceptuales, que permitieron definir las características de operación (sistema de rutas) y otros proyectos: rehabilitación de la red vial, centros de control y gestión de flota, paraderos con espacio público, terminales y centros de transferencia, semaforización, señalética, ciclorrutas, puentes peatonales y vehiculares, patio talleres, etc.

Durante la fase de construcción, se encontraron dificultades como el movimiento de redes de servicios, la compra de predios, la reubicación de ocupantes del espacio público, etc., las cuales generaron malestar y desencanto ciudadano a la hora de movilizarse. Esta situación ha producido mayores atascos y aumento del tiempo de viaje por desvíos, causando menor uso del transporte público urbano convencional y la búsqueda de alternativas informales de movilidad. También, ha creado en las familias de estratos bajo y medio la necesidad de adquirir vehículo particular, especialmente, la motocicleta, cuyas ventajas en cuanto a precio, costos de operación, disminución de tiempos de viaje y servicio puerta a puerta hacen a este vehículo más asequible al

presupuesto familiar. No obstante, esta valoración de atributos por el uso de la motocicleta —propia o bajo la figura de transporte informal— contrasta con el incremento de la accidentalidad no solo para los usuarios de las motocicletas, sino también para los usuarios más vulnerables del espacio vial como son los peatones, quienes terminan siendo, en muchos casos, las principales víctimas de las imprudencias de conducción de algunos motociclistas.

Luego, al contrastar la situación de movilidad actual de cada ciudad respecto a lo formulado en los proyectos, se genera incertidumbre en el Gobierno nacional y en los entes gestores y territoriales, ya que los estudios que soportan la estructuración de los SETP (documentos CONPES que datan del 2008 según ciudad) requieren de actualizaciones en todos los componentes, pero especialmente a nivel técnico, legal y financiero.

Este artículo tiene como objetivo investigar diversas acciones que los gobiernos tendrían que implementar para influenciar, fidelizar e incrementar el número de usuarios que usarían los SETP. La priorización de la inversión enfocada en los pasajeros, la alta calidad del servicio durante la operación y la posibilidad de subsidiar la tarifa a estudiantes, adultos mayores y personas de bajos ingresos contribuirían, además, a desalentar el uso del transporte informal y a reducir los índices de accidentalidad en motociclistas.

El artículo está estructurado de la siguiente forma: en la sección 2 se presenta una revisión de la literatura sobre el estado de los SETP en Colombia, así como una serie de acciones que fueron identificadas por los autores para fortalecer la operación de los SETP; en la sección 3 se presenta la estimación del modelo de utilidad aleatoria para subsidio de la tarifa del SETP; en la sección 4 se presentan los resultados de cada uno de los escenarios modelados; en la sección 5 y 6 se presentan las conclusiones y recomendaciones, respectivamente.

## 2. Metodología Revisión de la literatura para la implementación de los SETP

Los SETP fueron reglamentados por el Decreto 3422 de 2009 [3], actualmente contenido en el Decreto 1079 de 2015 [4]. De manera general, los SETP se definen como

...aquellos servicios de transporte colectivo integrados y accesibles para la población en radio de acción, que deberán ser prestados por empresas administradoras integrales de los equipos, con sistemas de recaudo centralizado y equipos apropiados, cuya operación será planeada, gestionada y controlada mediante el Sistema de

Gestión y Control de Flota (SGCF), por la autoridad de transporte o por quien esta delegue y se estructurarán con base en los resultados de los estudios técnicos desarrollados por cada ente territorial y validados por la Nación a través del Departamento Nacional de Planeación (DNP) [4].

Los SETP están orientados a lograr una movilidad segura, equitativa, integrada, eficiente, accesible y ambientalmente sostenible.

Consolidar este tipo de proyectos ha tardado más de 10 años, ya que en sus fases de preinversión y construcción se han presentado tropiezos como la necesidad de disponer de diseños definitivos para ejecutar la infraestructura vial; compra de predios; construcción; reubicación de familias; construcción de terminales de integración y transferencia, patios-talleres, paraderos; traslados y mejoras de las redes de servicio público; adecuación y mejoras del espacio público, etc., las cuales han generado retrasos y sobrecostos para la ejecución de las obras. Además, se ha requerido de una gran armonía y confianza entre los diversos actores políticos y entes gubernamentales a nivel municipal y nacional para que haya continuidad en la meta proyectada. La tabla 1 ilustra las ciudades amables en fase de implementación de los SETP (Santa Marta, Pasto, Popayán, Armenia, Sincelejo, Montería, Valledupar y Neiva) y en fase de estructuración (Manizales, Ibagué, Villavicencio, Buenaventura).

Tabla 1. Ciudades de Colombia con proyectos de implementación de los SETP

Ciudad con SETP - Ente Gestor (CONPES/Año)	Costo total millones de pesos (2009)
Santa Marta: SETP (3548/2008)	291.997
Pasto: Avante (3549/2008)	292.057
Armenia: Amable (3572/2009)	179.093
Popayán: Movilidad Futura S. A. S. (3602/2009)	230.103
Montería: Ciudad Amable S. A. S. (3638/2010)	223.087
Sincelejo Metro Sabanas S. A. S. (3637/2010)	143.317
Valledupar: SIVA S.A.S (3656/2010)	235.676
Neiva: SETP Transfederal S. A. S. (3756/2013)	252.991 <sup>(2012)</sup>

Fuente: elaboración propia a partir de [5].

## 2.1. Aspectos positivos durante la implementación de los SETP

En la búsqueda de una ciudad más organizada a nivel de territorio e institucional, se han logrado durante la implementación de los SETP aspectos positivos [6], entre los cuales se destacan:

- La creciente capacidad institucional de los entes gestores de los SETP en términos gerenciales, técnicos, jurídicos y de gestión socio-predial.
- La construcción de obras importantes en las cuales se priorizan los ejes estructurantes de la operación del sistema, la recuperación y adecuación de la malla vial principal y de movilidad complementaria (andenes y ciclorutas) de las ciudades y mejoramiento de rutas del transporte público.
- Notable labor en materia de adquisición de predios para la construcción de patio-talleres, construcción de infraestructura para la operación del sistema, para el reasentamiento y reubicación de ocupantes del espacio público con planes acordes con el Marco de Reasentamiento de Colombia.
- Aplicación de una política social con planes de reasentamiento por proyecto, que ha beneficiado a múltiples familias en temáticas de gestión social, información y consulta, solución de quejas y reclamos, alternativas de reubicación, restablecimiento de condiciones sociales y económicas.
- Gran aceptación de los ciudadanos en la reconstrucción de las viviendas que han sido afectadas.
- Obras de alta calidad y valor agregado en la construcción de infraestructura.
- Algunos paraderos (cubiertos y señalizados) con gran espacio público se han convertido en hitos urbanos; en la recuperación de espacio público se resalta el diseño urbano incluyente.
- En algunas ciudades se destaca el desarrollo en detalle de la Estructuración Técnica, Legal y Financiera (ETLF) por parte del ente gestor.
- Implementación del Centro de Control y Gestión de Movilidad con equipos de regulación vehicular y peatonal que permiten realizar el seguimiento a la operación de la flota de autobuses.
- Gran estrategia de comunicación que, además de permitir conocer las obras entregadas, promueve la apropiación del uso del sistema y de los elementos operacionales de los SETP.
- Generación de miles de empleos directos e indirectos durante la fase implementación y construcción.

- Modernización de equipos e instalación de cámaras en las intersecciones semaforizadas.
- Reestructuración de las empresas afiliadoras del transporte público en sociedades más robustas.

Estas mejoras en el transporte público permitirán múltiples beneficios en materia de movilidad, desarrollo económico, social y ambiental para el futuro, y a la vez permiten que se vayan cumpliendo las metas planeadas desde el mismo Gobierno nacional.

## 2.2. Problemáticas asociadas a la implementación de los SETP

Actualmente, los SETP en las ocho ciudades intermedias del país presentan retrasos en su implementación y no ha sido posible la entrada en operación, pese a los esfuerzos realizados para la creación de los entes gestores, el acompañamiento y seguimiento por parte de la nación y la programación de importantes montos financieros. Las principales causas de las demoras son:

### 2.2.1. Falta de recursos para la ejecución de las obras

La dificultad inicial de los entes territoriales para la consecución de recursos necesarios para los traslados de redes de servicio público afectó el avance de los proyectos, ya que se encontraban en los componentes no elegibles de la cofinanciación. Lo anterior se debe a que los SETP se estructuraron presupuestalmente mediante convenios de cofinanciación, basados en diseños conceptuales; luego, al avanzar los diferentes estudios a nivel de factibilidad, las necesidades presupuestales se modificaron notablemente en los diferentes proyectos y componentes de cada sistema. Se resalta que siete de los ocho proyectos tenían previsto iniciar operaciones para el 2011 y se habían comprometido recursos por 2,3 billones de pesos de 2016. Las ejecuciones de estos recursos no se ajustaron a las cifras programadas inicialmente, tal como se ilustra en la figura 1. Cumplido el plazo (en diciembre de 2014) para la ejecución del 67 %, las ciudades solo habían ejecutado, en promedio, el 52 % de los recursos estipulados al inicio de los convenios de cofinanciación [7].

Ante esta dificultad, el Departamento Nacional de Planeación propuso fortalecer los lineamientos para la redistribución de los elementos cofinanciables, con el fin de lograr los objetivos dispuestos por la nación en la implementación de los diferentes SETP.

Para ello, planteó una metodología para optimizar las inversiones estipuladas para cada sistema y flexibilizar el uso de los recursos asignados en los convenios de cofinanciación [7].

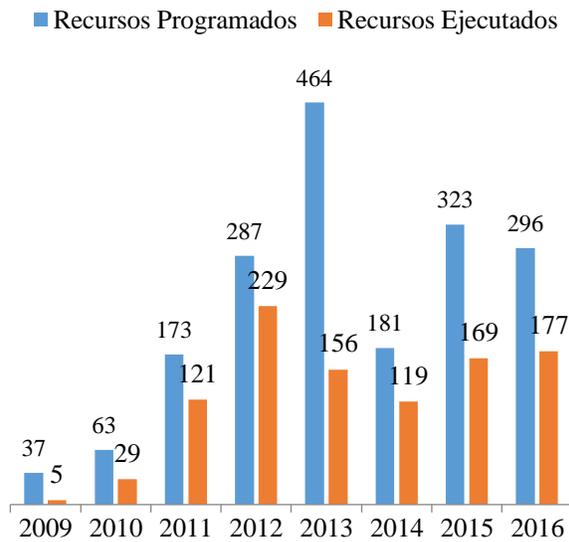


Figura 1. Recursos programados y ejecutados en los SETP. Cifras en miles de millones de pesos de 2016.

Fuente: elaboración propia a partir de [7].

### 2.2.2. Efectos en la demanda de pasajeros del transporte público colectivo urbano (TPCU)

Al contrastar el crecimiento de la población [8] versus la variación del total de pasajeros transportados en el TPCU a partir de la Encuesta de Transporte Urbano de Pasajeros (ETUP) que posee el DANE [9], para estas ciudades en el periodo comprendido entre 2009 a 2018, se observa un crecimiento permanente de la población y una disminución de los usuarios del TPCU a nivel de cada ciudad y en el total de pasajeros transportados. Con base en la información del DANE se presenta la figura 2 que ilustra cada comportamiento. La parte (c) de la figura 2 detalla que en todas las ciudades analizadas existe una tendencia a la pérdida de pasajeros del TPCU cada año, donde Sincelejo es la ciudad que más disuade usuarios del transporte público. Este escenario es preocupante, si se tiene en cuenta que la población en cada una de estas ciudades ha aumentado. No obstante, esta situación puede presentarse por el alza de tarifas o por fallos en la calidad del servicio público. Otro factor que puede explicar la pérdida de pasajeros del TPCU es el aumento en el uso de la motocicleta como modo de transporte, tanto como vehículo de transporte propio o bajo el servicio de transporte informal o mototaxi. Este uso acelerado de la motocicleta ha traído otra problemática asociada, como lo es el aumento en las tasas de accidentalidad de estas ciudades. En la siguiente sección se presentan en detalle los antecedentes de dicha problemática.

En este mismo sentido, el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad” indica que el uso de transporte público colectivo por parte de la ciudadanía ha caído en ciudades con SETP, debido al incremento de la motorización y al transporte ilegal, con una tasa de crecimiento anual del 9,45 % en el periodo 2002-2016, con la consecuencia de mayor congestión y accidentalidad. Por otro lado, tener en cuenta solo la tarifa como fuente de ingresos para cubrir los costos de operación vehicular debe reevaluarse y, por lo tanto, habrá que definir nuevas fuentes de financiación. No obstante, la dificultad en la implementación de estas fuentes de ingresos, unida a la insuficiencia del aporte de recursos directos de las autoridades de transporte y a las bajas demandas, ocasionan que se reduzcan los ingresos para prestar un servicio de calidad, que a su vez requiere tarifas superiores a la capacidad de pago y a un alto nivel de endeudamiento de los operadores. Además, la canasta de costos asociada a las tarifas de transporte público desconoce los cambios tecnológicos que ha presentado el sector en los últimos 20 años [1].

### 2.2.3. Efectos en la accidentalidad de motociclistas y peatones

El creciente uso de las motocicletas en Colombia y especialmente en las ciudades que han implementado los SETP tiene varias causas, entre ellas: rutas de difícil acceso sobre todo al inicio y final del viaje, tiempo de espera incierto, tiempo de recorrido superior al de la motocicleta, bajos costos de adquisición, facilidades de compra de la motocicleta e incremento permanente del transporte informal. Los últimos datos de vehículos matriculados, suministrado por el Registro Único Nacional del Tránsito (RUNT), indican que, a corte de septiembre 2019, en Colombia el parque automotor registrado es de 15'107.211, de los cuales el 58 % corresponde a motocicletas; el 41 %, a automóviles y el 1 %, a maquinaria, remolques y semirremolques [10].

En Colombia, los gastos en transporte corresponden en promedio al 15,2 % de la canasta familiar. Una persona que gane el salario mínimo (\$828.116 para el año 2019 sin considerar el subsidio de transporte) y deba tomar cuatro buses diarios para ir a su lugar de trabajo y luego regresar a su vivienda (por ejemplo, aborda el TPCU en Montería durante 20 días de trabajo al mes con solo 4 trayectos diarios), gasta alrededor del 21 % de su salario al mes para transportarse. Esta cifra aumenta cuando se trata de la canasta familiar de estratos con menores ingresos. Cualquier ahorro que estas personas hagan tendrá un alto impacto en su poder adquisitivo, y esta es una de las principales razones para que las familias con menores ingresos se decanten por la motocicleta como una alternativa legítima para su movilidad.

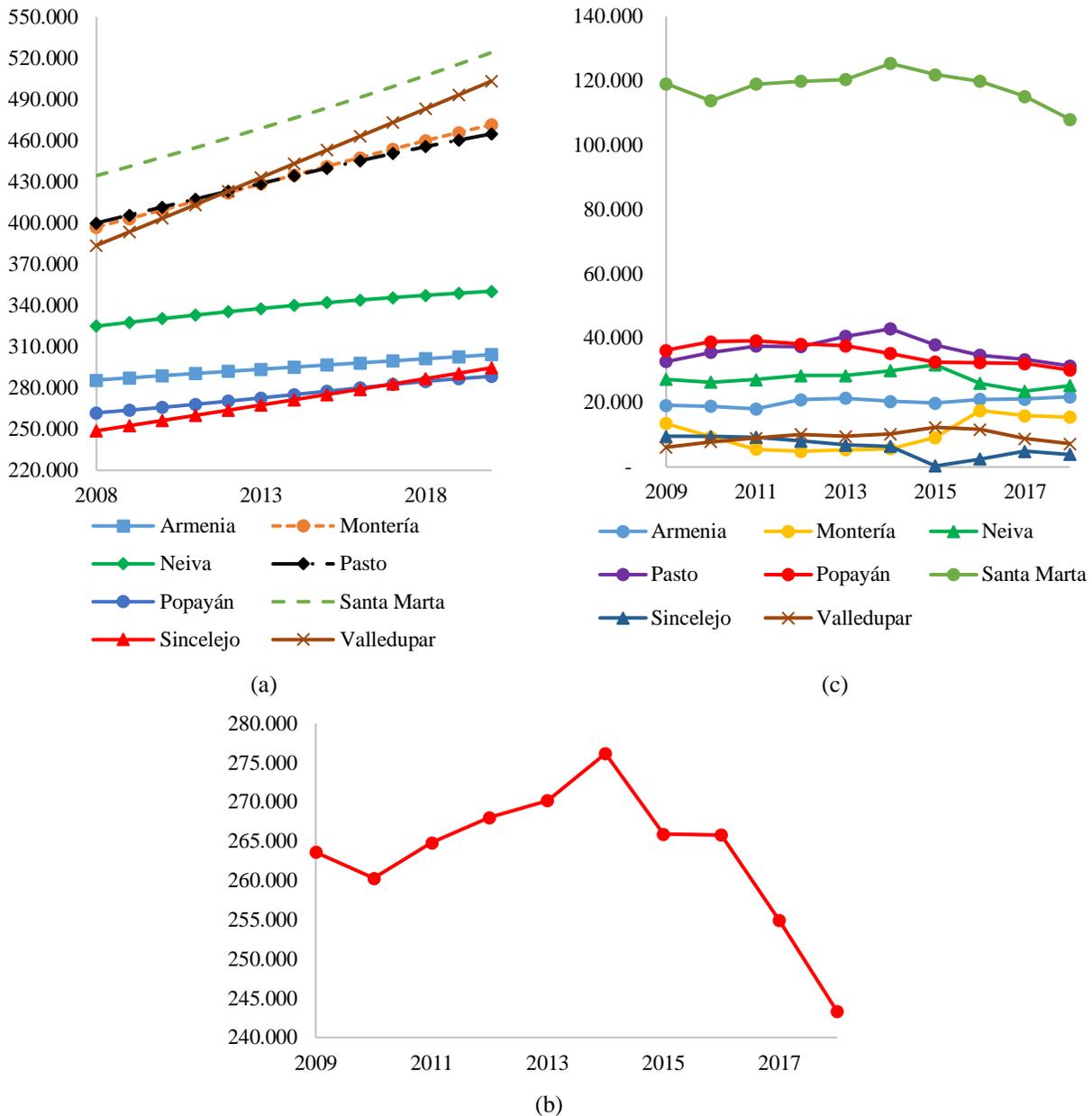


Figura 2. Para cada ciudad con proyecto SETP: (a) crecimiento permanente de la población [8], (b) comportamiento anual de viajes en TPCU [9] y (c) pasajeros transportados en TPCU. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, si se recurre al transporte informal, lo que las personas más aprecian de esta modalidad es el cubrimiento de rutas donde no llega el SETP, el servicio puerta a puerta y, sobre todo, los ahorros en tiempo de viaje (espera y desplazamiento). No obstante, esta valoración de atributos por el uso de la motocicleta contrasta con el incremento de la accidentalidad.

Los datos de la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) muestran que durante el año 2018 los siniestros viales en Colombia dejaron 6476 personas fallecidas y

37.213 lesionadas. Estas cifras, en relación con el total de la población de Colombia, sitúan la tasa nacional de fallecidos por cada 100 mil habitantes en 13 y la de lesionados en 74,67, donde los usuarios de la motocicleta son las víctimas más afectadas, representando un 48,3 % del total de fallecidos y un 56 % del total de lesionados [11].

La tabla 2 muestra las cifras de fallecidos y heridos, de acuerdo con la condición agrupada de la víctima (P: peatón, M: motociclista, O: otros usuarios) durante los

años 2017 y 2018, para las ciudades que están implantado el SETP. Se resalta que la gran mayoría de los fallecidos y heridos ocurren por el uso de la motocicleta, y los hombres son los que más fallecen (en promedio 81 %) o resultan heridos (en promedio 63 %).

Al revisar la localización de los accidentes a través de mapas de calor (entre más amarillo, mayor cantidad de accidentes) del Geovisor de la Agencia Nacional de Seguridad Vial [12], se detalla la concentración de víctimas fallecidas y heridas en el casco urbano de los municipios que están implementando el proyecto SETP, tal como se muestra en la figura 3 que agrupa las imágenes de esta problemática social.

Realizado el diagnóstico actual de los SETP para ciudades intermedias de Colombia, se identifican (i) dificultades relacionadas con la pérdida significativa de la demanda de pasajeros inicialmente proyectada y (ii) el crecimiento de la tasa de motorización individual (especialmente motocicleta), transporte informal y accidentalidad. A partir de esta revisión del estado de los SETP en Colombia, a continuación, se plantean una serie de acciones que buscan fortalecer la futura entrada en operación de los SETP.

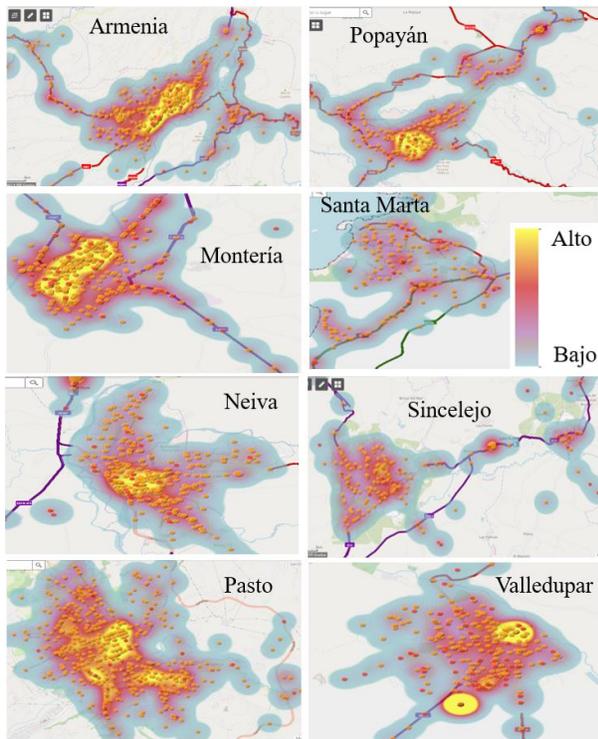


Figura 3. Localización de muertos y heridos por accidentes en vías de ciudades con proyecto SETP.  
Fuente: elaboración propia a partir de [12].

Tabla 2. (a) Cifras de fallecidos, (b) cifras de heridos en 2017 y 2018, según tipo de víctima para ciudades con implementación SETP

Tipo de víctima/ ciudad SETP		P	M	O	Total
Armenia	2017	33	31	19	83
	2018	22	22	11	55
Montería	2017	15	50	24	89
	2018	6	31	41	78
Neiva	2017	12	30	17	59
	2018	17	26	5	48
Pasto	2017	27	32	11	70
	2018	19	22	9	50
Popayán	2017	11	24	6	41
	2018	19	17	7	43
Santa Marta	2017	17	36	19	72
	2018	22	40	17	79
Sincelejo	2017	12	27	11	50
	2018	7	29	5	41
Valledupar	2017	10	39	12	61
	2018	6	30	11	47

(a)

Tipo de víctima/ ciudad SETP		P	M	O	Total
Armenia	2017	33	31	137	761
	2018	22	22	127	712
Montería	2017	15	50	60	348
	2018	6	31	43	356
Neiva	2017	12	30	58	508
	2018	17	26	43	429
Pasto	2017	27	32	185	1418
	2018	19	22	177	1046
Popayán	2017	11	24	76	376
	2018	19	17	77	415
Santa Marta	2017	17	36	77	359
	2018	22	40	82	326
Sincelejo	2017	12	27	16	135
	2018	7	29	16	143
Valledupar	2017	10	39	63	465
	2018	6	30	66	367

(b)

Nota. P: peatón, M: motociclista, O: otros usuarios  
Fuente: elaboración propia a partir de [11].

### 2.3. Acciones para fortalecer la operación de los SETP

Al contrastar la situación de movilidad actual de cada ciudad respecto a lo formulado en los proyectos, se genera una preocupación en el Gobierno nacional y en los entes gestores y territoriales, ya que los estudios que soportan la estructuración de los SETP (documentos CONPES que datan del 2008 según ciudad) requieren de actualizaciones en todos los componentes, especialmente a nivel técnico, legal y financiero. Las siguientes acciones para implementar buscan fidelizar e incrementar el número de usuarios que usarán el SETP.

#### 2.3.1. Priorizar la inversión en la pronta operación y mejorar los indicadores de pasajeros que serán beneficiados

Después de 10 años de haberse formalizado la implementación de los SETP, cada ente gestor y territorial requiere priorizar la inversión en función del esquema operacional, tal que se mejore el nivel de servicio de sus usuarios. Dicho nivel de inversión dependerá de la relevancia para la atención de la demanda, a través de un determinado proyecto [7], según la relación:

$$R_v = \frac{q_p}{D_t} \quad (1)$$

Donde,

$R_v$ : relevancia.

$q_p$ : número de usuarios del SETP que serán atendidos con determinado proyecto.

$D_t$ : demanda total que espera atender el SETP.

Dentro de los proyectos que más benefician a la comunidad se encuentran:

- **Centro de control y gestión de flota (CCGF)**

Es la implementación de un centro de operaciones que a través de tecnología optimice la operación y gestión integral del servicio del SETP. Está constituido por una serie de elementos basados en tecnología de localización satelital (GPS), apoyado en un sistema de información geográfica (GIS) interconectado a través de una red de comunicaciones. Dentro de sus principales características se encuentran:

- Optimización de los servicios,
- reducción de los costos operativos,
- conocimiento real de la demanda,

- comunicación en tiempo real con los buses,
- generación de indicadores para el seguimiento de la operación,
- servicio de información e interacción con el usuario (cálculo de rutas, paraderos, rutas en mapas, horarios, servicios y beneficios del SETP).

- **Mejorar el confort y servicio en todo el SETP**

Dentro de las diferentes encuestas de preferencias declaradas (PD), aplicadas a estudiantes y adultos mayores usuarios del servicio de transporte público, se evidenció que, para mantener y atraer más demanda al sistema, es necesario implementar mejores atributos de calidad [13] al SETP, entre estos:

- Wifi en las estaciones, autobuses con aire acondicionado, cargadores USB, plataforma baja.
- Mejorar paraderos y crear más carriles exclusivos.
- Aplicación móvil en tiempo real para disminuir tiempos de espera.
- Mejorar espacios en paraderos y zonas de transbordo con ergonomía postural.
- Mayor seguridad en paraderos y autobuses (p. ej.: instalación de cámaras).
- Disminuir la cantidad de emisiones de los autobuses que funcionan con diesel y a futuro reemplazarlos con autobuses eléctricos.
- Establecer rutas nocturnas de autobuses.
- Tarifas competitivas a través de nuevas formas de financiación de los costos de operación vehicular (permitir publicidad en autobuses y paraderos, etc.). Enmarcado dentro de un sistema de recaudo centralizado.
- Implementación de aplicativos para ampliar a la red de venta y recarga de billetes de acceso al SETP.
- Política tarifaria según grupos de usuarios e integración tarifaria con rutas complementarias, sobre todo al inicio y final del viaje.
- Fortalecimiento de modos no motorizados a través de bicicletas públicas y andenes amplios.

- **Centro integrado de gestión de la movilidad**

Permite monitorear, planificar, sincronizar y regular los flujos vehiculares y peatonales en las intersecciones de la red vial, bajo la gestión del CCGF. Se busca priorizar las rutas de transporte público mejorando la regulación semafórica, de tal manera que disminuya los tiempos de viaje y brinde una mayor seguridad al sistema. La figura 4 ilustra el esquema para gestionar la movilidad vehicular y peatonal.



Figura 4. Centro de gestión de la movilidad en las ciudades con SETP. Fuente: elaboración propia.

### 3. Implementación de un subsidio a la tarifa del SETP

Entre las medidas existentes para fortalecer el uso de los servicios de transporte público se encuentran aquellas estrategias que se enfocan en la reducción diferenciada de la tarifa. En esta investigación para el estudio del comportamiento del individuo frente a la utilización del SETP y el transporte informal se emplean modelos de elección discreta [14], teniendo en cuenta la existencia de efectos individuales inobservables, que pueden estar correlacionados con otras variables incluidas en la especificación de una relación econométrica y modelizar relaciones dinámicas entre las variables exógenas y endógenas [15]. Usando encuestas de PD se estableció el valor del subsidio [16], [17] que los usuarios aceptarían para hacer un trasvase del transporte informal hacia el SETP [18].

#### 3.1. Formulación teórica empleada

El modelo teórico empleado en este trabajo para realizar las estimaciones y pronósticos se basa en la teoría de la utilidad aleatoria, y argumenta que el individuo elige la alternativa que maximiza su utilidad, una vez que se confronta con el ejercicio de elección [1], dados los atributos de los modos considerados y sus características.

$$W_{jq} = V_{jq} + \eta_{jq} = U_{jq} + \tau_{jq} \quad (2)$$

Donde:

$V_{jq}$ : parte determinística de la utilidad aleatoria.

$\eta_{jq}$ : es un error aleatorio que refleja la idiosincrasia y los gustos individuales de las personas en cada situación de elección.

$U_{jq}$ : es una pseudoutilidad obtenida de un modelo de PD.  $\tau_{jq}$ : representa el error de medición en la variable dependiente asociado al experimento de PD, resultado por ejemplo del efecto fatiga en las respuestas.

El subíndice  $j$  se refiere a la alternativa (SETP con subsidio) considerada y  $q$  se refiere al individuo  $q$ -ésimo en la muestra. Asumiendo  $\tau_{jq}$  homocedástica, la ecuación puede reescribirse como:

$$W_{jq} = V_{jq} + (\eta_{jq} - \tau_{jq}) = U_{jq} + \varepsilon_{jq} \quad (3)$$

Para realizar las predicciones, resulta crucial una comprensión acabada de la magnitud  $\tau_{jq}$  y de la forma de estimar los  $\eta_{jq}$  y  $\tau_{jq}$  en forma separada, usando datos de PD para estimar el modelo. Diseños experimentales cuidadosos pueden hacer que  $\tau_{iq}$  sea insignificante en relación con  $\varepsilon_{iq}$  y el modelo estimado podrá usarse para realizar pronósticos. Como se afirma en [14] respecto a la descomposición de la utilidad y a la utilidad determinística:

...para que la descomposición sea correcta, se requiere una cierta homogeneidad en la población bajo estudio. En principio se requiere que todos los individuos compartan el mismo conjunto de alternativas y las mismas restricciones, y para llegar a esto quizás sea necesario segmentar el mercado.

Por lo tanto, el individuo  $q$  elegiría la alternativa  $j$  en el caso en que perciba que esta le otorgará una mayor utilidad que la alternativa  $i$ . Entonces, la parte sistemática (o determinística) de la utilidad individual a menudo se supone como una función aditiva lineal en los atributos, como:

$$V_{jq} = ASC_j + \sum_k \theta_{kj} x_{jkq} \quad (4)$$

Donde los parámetros  $\theta$  se asumen constantes para todos los individuos y pueden variar entre alternativas. La  $ASC_j$  es la denominada *constante específica de la alternativa*, que representa la influencia neta de todas las características no observadas del individuo o de la alternativa en el modelo especificado, como son: comodidad y conveniencia de uso de un modo de transporte específico. El individuo  $q$  elige la alternativa que maximiza su utilidad, es decir:

$$U_{jq} \geq U_{iq} \quad (5)$$

Donde los subíndices  $i$  y  $j$  se refieren a las alternativas en el modelo binario. Esto es:

$$V_{jq} + \varepsilon_{jq} \geq V_{iq} + \varepsilon_{iq} \quad (6)$$

$$V_{jq} - V_{iq} \geq \varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq} \quad (7)$$

Dado que el individuo elige la opción que maximiza su utilidad, no se conoce el valor del lado derecho de la última desigualdad presentada, y el procedimiento para determinar la probabilidad de elegir el modo  $j$  (alternativa  $j$ ) por el individuo  $q$  viene dado por:

$$P_{jq} = \Pr(\varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq} \leq V_{jq} - V_{iq}, \forall i, j) \quad (8)$$

Hasta aquí, no es posible derivar una expresión analítica para el modelo sin conocer la distribución de los residuos  $\varepsilon$ . Entonces, asumiendo que los residuos asociados a cada alternativa tienen una distribución de valor extremo de tipo I (o distribución Weibull), tienen las mismas varianzas y no están correlacionadas; puede utilizarse el modelo logit para la estimación. El modelo logit multinomial MNL o MXL para la elección entre  $k$  alternativas expresa la probabilidad de que un individuo elija alguna alternativa  $j$  como una función de las utilidades de las  $k$  alternativas disponibles:

$$P_j = \frac{e^{V_j}}{\sum_k e^{V_k}} \quad (9)$$

Se estima un modelo binario que incluya la elección entre las dos alternativas de utilizar el transporte informal y el SETP subsidiado. Luego, la especificación de la función de utilidad se obtiene a partir de la ecuación 10, es decir:

$$\begin{aligned} V_{SETP} &= ASC_{SETP} + \theta_{Te} t_{eSETP} + \theta_{Tv} t_{vSETP} + \theta_S S_{SETP} + \varepsilon_{SETP} \\ V_{Ti} &= ASC_{Ti} + \theta_{Te} t_{ei} + \theta_{Tv} t_{vi} + \theta_C C_i + \varepsilon_{Ti} \end{aligned} \quad (10)$$

Estos modelos especifican coeficientes genéricos y efectos principales entre las variables independientes o atributos, de igual manera, se incluyen variables sociodemográficas que explicarán mejor el comportamiento de los individuos, tales como:

$ASC$ ,  $\theta$ : coeficientes del tiempo de espera, tiempo de viaje, subsidio SETP y costo del transporte informal.  
 $Te$ : tiempo de espera para el SETP y transporte informal.  
 $Tv$ : tiempo de viaje para el SETP y transporte informal.  
 $S$ : subsidio o beneficio económico en la tarifa del SETP.  
 $C$ : costo del transporte informal.

También, se estimaron modelos logit mixtos o de parámetros aleatorios MXL, para lo cual se usó el *software* de uso libre Biogeme, maximizando la función de Log-verosimilitud que se muestra a continuación:

$$l(\theta^*) = \sum_{q=1}^Q \sum_{A_j \in A(q)} g_{jq} \ln(P_{jq}) \quad (11)$$

Donde,  $g_{jq} = 1$ , si la probabilidad  $P_{jq}$  aparece en la ecuación y 0 en otro caso. En cada uno de los modelos obtenidos se verificó la consistencia de los signos y la significancia de los parámetros estimados.

### 3.2. Materiales y métodos

Teniendo en cuenta los comportamientos individuales descritos en procesos de elección, tal que el que decide genera una única alternativa o juicios (datos) declarados de cómo actuaría el individuo frente a diferentes situaciones hipotéticas que le son presentadas y que deben ser lo más aproximadas a la realidad [14], se realizó una encuesta orientada a establecer la percepción de fidelidad del usuario del SETP frente al uso de transporte informal, presentándole a un grupo de usuarios (estudiantes, adultos mayores, y para familias de estratos 1 y 2) un incentivo de descuentos (subsidio) en un rango entre el 30 % y el 50 % respecto a la tarifa actual para usar el SETP.

La aplicación de las encuestas se hizo en la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Montería, donde fueron encuestados diferentes usuarios de transporte público. En este proceso se plantearon diversos escenarios que consistían en responder cuál modo de transporte utilizaría bajo las condiciones de tiempo de viaje, espera y costo del modo a utilizar. En cada situación se le presentaron varios escenarios, los cuales correlacionan el costo (COP), la duración del trayecto (en minutos) y el periodo de espera (en minutos). Para este experimento se genera inicialmente una prueba piloto de 675 observaciones (75 individuos) mediante una encuesta de PD, y para aplicar la encuesta definitiva se calculó cada parámetro tomando un 95 % de nivel de confianza, así como los valores preliminares estimados con el modelo MNL y MXL preliminar y su error estándar asintótico [14], evaluando la ecuación 12.

$$N > \left( \frac{t_k se(\theta_k)}{\theta_k} \right)^2 \quad (12)$$

Donde:

$N$  = tamaño de la muestra.

$t_k$  = t-estadístico, obtenido de la regresión en la prueba piloto.

$se$  = error estándar, obtenido de la regresión en la prueba piloto.

$\theta_k$  = valor del coeficiente de la variable más restringida, obtenido de la regresión en la prueba piloto.

En este caso, la variable más restringida correspondió al tiempo de viaje, encontrando que el tamaño muestral debería ser de 1948 observaciones, es decir, unos 216

individuos como mínimo, ya que cada encuestado contribuye en la muestra total con una cantidad de 9 observaciones, igual al número de opciones hipotéticas contestadas; teóricamente, este sería el tamaño muestral mínimo a considerar. En ella se estimó para el SETP subsidiado un descuento en la tarifa entre el 30 % y el 50 %, un tiempo de espera variable entre 5 y 15 minutos, un tiempo de viaje variable entre 20 y 40 minutos. Estas variables se correlacionan con el servicio del transporte informal actual. Una vez analizada la población objeto, se obtienen los parámetros de interés a partir de la estimación de modelos econométricos de elección discreta [16], los cuales permitirán una mejor representación de los patrones de comportamiento de los individuos en la elección, dentro del conjunto disponible de alternativas mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivas.

En este caso, se plantearon dos alternativas donde se presentaron nueve escenarios, para lo cual el individuo debería elegir su preferencia de utilizar SETP o transporte informal, con miras a maximizar el bienestar económico y social [20], [21]. Asimismo, el proyecto experimental mostró seguridad, calidad y comodidad para el caso hipotético de utilizar un SETP subsidiado. El diseño del experimento se presentó al individuo mediante la elección de 9 alternativas diferentes y de manera aleatoria. En la tabla 3 se muestra un ejemplo de la forma como se les presentó a los encuestados una de las 9 alternativas de elección de la encuesta de PD.

Tabla 3. Ejemplo de presentación del experimento al individuo encuestado (diseño PD)

Alternativa i	Transporte informal	SETP
Tiempo de espera (min)	1	5
Tiempo de viaje (min)	20	30
Tarifa (COP)	2000	1400

Fuente: elaboración propia.

En la encuesta realizada en Montería, se analizaron las diferentes elecciones de 216 individuos que se encuestaron en algunas paradas del futuro sistema SETP (actual TPCU), y donde también se tenía acceso al transporte informal. La figura 5 muestra la distribución de los principales atributos socioeconómicos de los individuos encuestados.

Por otro lado, se obtuvo información adicional para caracterizar el viaje y nutrir el modelo, garantizando que la metodología y aplicación estimada satisfaga la relación entre el SETP y el transporte informal.

El diseño de la encuesta se basó en los principios de ortogonalidad. La combinación de estos cuatro atributos y sus niveles de variación dio lugar a un diseño fraccional factorial de 18 tratamientos [15].

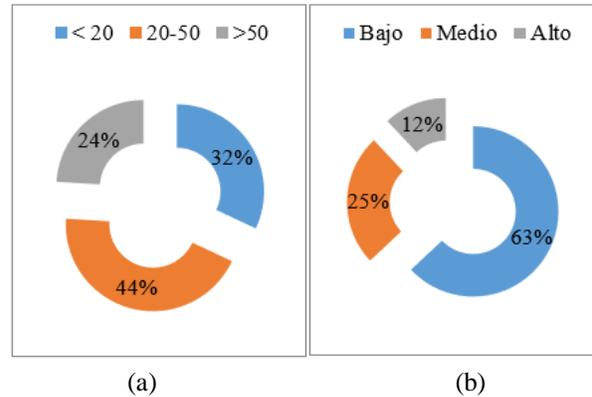


Figura 5. Atributos de los individuos encuestados: (a) edad y (b) estrato. Fuente: elaboración propia.

#### 4. Resultados

La tabla 4 resume los modelos estimados a partir de las 675 observaciones, los cuales fueron obtenidos mediante la técnica de maximización de la verosimilitud; junto a cada parámetro estimado se muestra el estadístico  $t$  entre paréntesis, y al final se presentan las pruebas de bondad de ajuste que permitieron elegir el mejor modelo.

Al analizar los resultados consolidados en la tabla 4, se observa que el modelo de coeficientes aleatorios  $MXL_1$  presentó un mejor comportamiento al analizar el estadístico  $t$  que permite evaluar la significancia de cada coeficiente. Además, los signos de los coeficientes de los principales indicadores de ajuste, la prueba razón de verosimilitud (LR) y Log-verosimilitud en convergencia  $L(\Theta)$  son consistentes con la maximización esperada en el proceso de elección. Ahora bien, en los coeficientes de los atributos modales, su signo negativo sugiere que en la medida en que el tiempo de espera, el tiempo de viaje o la tarifa de una alternativa aumentan, su utilidad percibida disminuye y, en consecuencia, se reduce su probabilidad de ser elegida. El signo positivo de la constante modal, especificada únicamente para el uso del transporte público, indica que si los atributos de las dos alternativas fueran iguales, es decir, transporte informal o SETP, los usuarios encontrarían más atractiva la alternativa de viajar en el SETP, debido a la implementación del subsidio. El modelo predictivo obtenido se expresa en la ecuación 13.

Tabla 4. Resultados de los coeficientes estimados para los modelos analizados a partir de los datos obtenidos de las encuestas de PD

Descripción. notación del parámetro	MNL <sub>2</sub> Subsidio 42 %	MXL <sub>1</sub> Subsidio 42 %
ASC <sub>TI</sub> : coeficiente específico transporte informal (TI)	-	-
ASC <sub>SETP</sub> : coeficiente específico SETP	0,0852 (1,17)	0,4560 (3,98)
Θ <sub>CI</sub> : Media variable aleatoria costo TI	0,0062 (1,50)	-
*Θ <sub>CSETP</sub> : media variable aleatoria costo SETP subsidiado	-0,0047 (-2,85)	-0,0047 (-3,03)
* Θ <sub>Te</sub> : media variable aleatoria tiempo espera	-0,3060 (-12,58)	-0,3550 (-13,07)
* Θ <sub>Tv</sub> : media variable aleatoria tiempo de viaje	-0,1950 (-6,63)	-0,2370 (-7,13)
* σ <sub>Tv</sub> : desviación variable aleatoria del tiempo de viaje	-	0,0835 (8,32)
LR: test razón de verosimilitud	523.22	568.37
L(Θ): Log-verosimilitud en convergencia	-653,483	-1130,67
n: observaciones	1948	1948

\* $\theta_k$  es significativamente distinto de cero. Si  $t > 1,96$  para un 95 % de confianza, se rechaza la hipótesis nula  $\theta_k=0$  y se acepta que el atributo  $X_k$  tiene un efecto significativo.

Fuente: elaboración propia.

$$V_{SETP} = 0,456 - 0,355Te - 0,237Tv - 0,0047S \quad (13)$$

Donde:

$Te$ : tiempo de espera para el SETP y transporte informal.

$Tv$ : tiempo de viaje para el SETP y transporte informal.

$S$ : subsidio o beneficio económico en la tarifa del SETP.

La tasa marginal de sustitución entre el tiempo de viaje y el costo en el modelo con mejor ajuste MXL<sub>1</sub> (valor subjetivo del tiempo de viaje) resultó ser consistente con los resultados obtenidos en estudios anteriores. En el caso del modelo logit mixto o de parámetros aleatorios MXL el valor del tiempo se ubicó en 50,42 COP/min, cuyo resultado es consistente con estudios previos realizados en Colombia [20]. Ahora bien, luego de evaluar varios rangos de posibles porcentajes de subsidios a la tarifa plena que actualmente está en 2400 COP para el caso de la ciudad de Montería, se identificó que los individuos perciben una maximización del subsidio cuando se le aplica un descuento del 42 % al costo de la tarifa, que

para este caso particular correspondería a 1000 COP por pasaje para los grupos de usuarios beneficiados, incluyendo la aplicación de variables de mejora del servicio como el confort y la seguridad. Las demoras del tiempo de viaje son un parámetro muy sensible y se valora más que el mismo subsidio.

## 5. Conclusiones

Ante el panorama negativo mostrado por la tardía implementación de los SETP resulta fundamental para las ciudades intermedias desarrollar planes de gestión que permitan definir y trabajar en busca de un modelo de transporte público enfocado en un mejoramiento integral de la prestación del servicio, cuyo foco principal deberá ser el mantener los usuarios actuales que usan el sistema de transporte público y, en segundo lugar, atraer nuevos usuarios.

Además, más allá de la construcción de infraestructura, que pareciera muchas veces ser el centro de las políticas de los SETP, estas ciudades deben de reforzar sus instituciones, optimizar sus procesos y mejorar las coordinaciones con otras entidades aliadas. En materia de integración de la red, los esfuerzos debieran estar dirigidos a la integración física y tarifaria con otros componentes del sistema, por ejemplo, sistemas de bicicletas públicas.

Asimismo, en términos de políticas tarifarias, los resultados muestran que los subsidios a la tarifa están relacionados positivamente con el aumento de usuarios de transporte público, pero no tanto como una mejora en los tiempos de viaje y en el grado de cobertura. Este resultado muestra que una política tarifaria adecuada no solo se basa en una disminución de la tarifa, sino que debe abarcar el mejoramiento de la prestación del servicio. Este mejoramiento debe manifestarse en autobuses de alto estándar, mayores frecuencias (menores tiempos de espera, buses viajando con capacidad disponible para más pasajeros), paraderos cómodos y con resguardo para las inclemencias del clima, información precisa y oportuna a los usuarios, es decir, hacer del viaje en transporte público una experiencia agradable para el usuario y no una tortura, ya que a diferencia de otros bienes, el transporte no tiene muchos sustitutos, sobre todo para las personas de menores ingresos.

En el análisis de los atributos socioeconómicos de los individuos encuestados, se identificó que la mayoría de los usuarios había utilizado el sistema de transporte informal representado con un porcentaje del 63 % en los estratos bajos. Con relación a los aspectos negativos del TPCU, futuro SETP, el 48 % de los individuos se

identificaron con la opción referente a la demora en pasar el sistema por las estaciones (tiempo de espera). Los individuos también eligieron la opción correspondiente a tener una aplicación móvil (*app*) en la cual pudieran conocer de forma anticipada los tiempos de llegada del futuro SETP a las estaciones, seguido de esto la implementación de climatización con un 33 %. En los modelos econométricos planteados se identifica que el de mejor ajuste es el correspondiente al logit mixto MXL, en el cual se determina un valor del tiempo de 50,42 COP/min, cuyo resultado es consistente con estudios previos realizados en Colombia. Se identificó que el porcentaje de maximización de los individuos en la aplicación de un subsidio se ubicó en el 42 % sobre la tarifa plena del transporte SETP.

### Recomendaciones

Esta investigación contribuye a lograr un sistema de transporte público seguro, asequible, accesible y sostenible para todos; luego, se recomienda al ente territorial implementar medidas de gestión de la demanda del vehículo particular y, en paralelo, brindar beneficios a los usuarios actuales del TPCU y futuros interesados del SETP.

Para incentivar el uso de los SETP, se recomienda la aplicación de un subsidio a la tarifa del servicio de transporte público, el cual oscila entre el 30 % y 42 % de la tarifa actual del TPCU. Sin embargo, no basta con reducir el costo de la tarifa, también se requiere una notable mejora en la prestación del servicio a través de disminución de los tiempos de viaje y espera, y brindar un mayor confort y seguridad dentro de los autobuses y los paraderos.

Para compensar el costo de los subsidios a la tarifa del servicio de transporte público de los SETP, se pueden implementar estrategias de venta de publicidad tanto en los autobuses del sistema como en los paraderos distribuidos sobre las vías de la ciudad.

Para futuras investigaciones y, dado que actualmente hay cuatro ciudades (Buenaventura, Ibagué, Manizales y Villavicencio) en proceso de estructuración del proyecto SETP, se plantea hacer un análisis comparativo basado en PD y datos históricos de cómo ha sido la evolución de la prestación del servicio de transporte público antes y después de la implementación de los SETP en las ocho ciudades en las que está próximo a iniciar la operación del sistema. Dicha comparación permitirá concluir si realmente ofrecer un servicio de transporte público de calidad cambiará la tendencia a la baja en el número de pasajeros o si por el contrario hay otros factores externos a la operación y gestión del transporte público.

Cabe destacar que para este tipo de investigación se debe hacer un análisis progresivo, ya que los antecedentes muestran que en algunas ciudades los retrasos en su implementación podrían hacer que su puesta en funcionamiento pueda tardar más de dos años.

### Agradecimientos

Al ingeniero Jaime Lakah, director de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería, por el apoyo brindado en la realización de las encuestas de PD.

### Referencias

- [1] Ley 1955, “Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, Pacto por la equidad”, DNP, Bogotá, D.C., 2019.
- [2] Ley 1151, “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 Estado comunitario desarrollo para todos”, DNP, Bogotá, D.C., 2007.
- [3] Gobierno Nacional-Decreto 3422, “Por el cual se reglamentan los Sistemas Estratégicos de Transporte Público (SETP) de conformidad con la Ley 1151 de 2007,” Ministerio de Transporte, Bogotá, D.C., 2009.
- [4] Gobierno Nacional-Decreto 1079, “Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario para el Sector Transporte,” Ministerio de Transporte, Bogotá, D.C., 2015.
- [5] DNP-CONPES 3833, “Seguimiento a los sistemas de transporte público (SITM-SETP). Ajuste del perfil de aportes y recomposición de componentes,” DNP, Bogotá, D.C., 2015.
- [6] M. R. Porce, J. B. Gonzalez, O. M. B. Real, *Programa de Sistemas Estratégicos de Transporte Público (SETP) Caso de estudio Colombia*. Bogotá, D.C. Colombia: BID-Banco Interamericano de Desarrollo, 2018.
- [7] DNP-CONPES 3896, “Seguimiento de la Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo: Lineamientos para la redistribución de componentes cofinanciables de los SETP.,” DNP, Bogotá, D.C., 2017.
- [8] DANE, “Proyecciones de población”, 2019, [En línea]. Disponible: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>

- [9] DANE, “Encuesta de transporte urbano de pasajeros (ETUP) Históricas”, 2019, [En línea]. Disponible: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/transporte>
- [10] Ministerio de Transporte, “Anuario Estadístico Transporte en Cifras - Estadísticas 2018”, 03 Mayo 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.mintransporte.gov.co/documentos/15/estadisticas/>
- [11] Agencia nacional de Seguridad Vial, *Boletín Estadístico Colombia: Fallecidos y Lesionados Serie Nacional Comparativo 2017-2018*. Bogotá, D.C., Colombia: Observatorio Nacional de Seguridad Vial, 2019.
- [12] Agencia Nacional de Seguridad Vial, “Observatorio Nacional de Seguridad Vial”, 10 Abril 2018. [En línea]. Disponible: <https://ansv.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=5a1bdb5c4fe041e0bb9892fd3748cf6a>.
- [13] J. Chica, H. Gachs-Sanchez, C. Lizarraga, “Route effect on the perception of public transport services quality”, *Transport Policy*, vol. 64, pp. 40-48, 2018, doi: 10.1016/j.tranpol.2017.03.024
- [14] J. D. Ortuzar, L. Willumsen, *Modelos de Transporte*. Santander, España: Ediciones de la Universidad de Cantabria, 2008.
- [15] G. Kocur, T. Adler, W. Hyman, B. Aunet, , *Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment*. Washington, D.C, USA: Urban Mass administration, US Department of Transportation, 1982.
- [16] L. Basso, S. Jara-Díaz, “The case for subsidisation of urban public transport and the Mohring effect”, *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 44, no. 6, pp. 365-372, 2010.
- [17] J. M. Arranza, M. Burguilloa, J. Rubio, “Subsidisation of public transport fares for the young: An impact evaluation analysis for the Madrid Metropolitan Area”, *Transport Policy*, vol.74, pp. 84-92, 2019, doi: 10.1016/j.tranpol.2018.11.008
- [18] L. Márquez, R. Pico, V. Cantillo, “Understanding captive user behavior in the competition between BRT and motorcycle taxis”, *Transport policy*, vol. 61, pp. 1-9, 2018, doi: 10.1016/j.tranpol.2017.10.003
- [19] KTrain, *Discrete Choice Methods with Simulation*. Cambridge, Inglaterra: University Press, 2003.
- [20] L. Márquez, “Disposición a pagar por reducir el tiempo de viaje en Tunja (Colombia): Comparación entre estudiantes y trabajadores con un modelo Logit mixto”, *Lecturas de Economía*, vol. 1, no. 78, pp. 45-72, 2013.
- [21] I. Makarova, A. Pashkevich, K. Shubenkova, “Ensuring sustainability of public transport system through rational management”, *Procedia Engineering*, vol. 178, pp. 137-146, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.01.078