

ANÁLISIS DE BIENESTAR CAUSADO POR LA IMPLEMENTACIÓN DE ZONIFICACIÓN TARIFARIA EN LA LÍNEA A DEL METRO DE MEDELLÍN

Jose Fernando Jaramillo Boon, Universidad Nacional de Colombia jjaramillobo@unal.edu.co
Iván Reinaldo Sarmiento Ordosgoitia, Universidad Nacional de Colombia irsarmie@unal.edu.co

RESUMEN

La presente investigación propone una metodología para evaluar el bienestar social de la implementación de un esquema tarifario por zonas tarifarias en SITM con una aplicación para la línea A del Metro del AMVA. Los datos usados corresponden a una matriz de origen/destino del SITVA y a 720 encuestas realizadas a usuarios del SITVA. Como hallazgo principal se cuenta la posibilidad de modelar la disposición a pagar de los usuarios de un SITM por una tarifa por zonas tarifarias frente a otros modos motorizados, en un análisis de bienestar social.

Palabras claves: Tarifas por zonas, Modelos de Disposición a Pagar y de Elección Discreta, Análisis de Bienestar

ABSTRACT

This research proposes a methodology to evaluate the social welfare of the implementation of a tariff scheme by tariff zones in SITM with an application for line A of the AMVA Metro. The data used corresponds to a SITVA origin/destination matrix and 720 surveys carried out with SITVA users. The main finding is the possibility of modeling the willingness to pay of the users of a SITM for a rate by rate zones compared to other motorized modes, in an analysis of social welfare.

Keywords: Rates by zones, Willingness to Pay and Discrete Choice Models, Welfare Analysis

1 INTRODUCCION

El bienestar es la utilidad que obtienen los agentes del mercado al momento de intercambiar bienes y servicios. Cambiar el esquema o fijar nuevas tarifas generaría impactos en el bienestar de los agentes, por ende, considerar el cobro por zonas tarifarias en esquemas tarifarios de las políticas tarifarias debe evaluarse, ya que influye en el número de usuarios que demandan el sistema. Por esta razón la problemática de este trabajo de investigación se resumió en la solución de la siguiente pregunta de investigación. ¿Cuál es el efecto sobre el bienestar social que tendría implementar zonificación tarifaria en la política tarifaria de un Sistema Integrado de transporte Masivo? Por esta razón el objetivo se resume en: Analizar el efecto sobre el bienestar social de implementar zonificación tarifaria al esquema tarifario del Sistema Integrado de Transporte Masivo en Medellín y su área metropolitana. La presente investigación tiene por alcance medir el efecto sobre el bienestar social al implementar zonificación tarifaria en un SITM. Para esto se diseña un experimento para un caso de estudio específico como es el área geográfica del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), más específicamente en la línea A del Metro de Medellín. Como hallazgo principal se cuenta la posibilidad de modelar la disposición a pagar de los usuarios de un SITM por una tarifa por zonas tarifarias frente a otros modos motorizados, en un análisis de bienestar social. Se encontró que la política tarifaria de esquemas por zonas puede tener resultados positivos y negativos según el nivel de tarifas cobradas a los usuarios. A partir de lo anterior se recomendaron tarifas para viajes en una, dos y tres zonas. Con estas tarifas el Metro tendría el 53% del mercado entre Metro y Bus, que representa un 18% del mercado de transporte del AMVA con un aumento de pasajeros del 26%.

2 ANTECEDENTES DE POLITICA TARIFARIA

Las políticas tarifarias para los SITM son todos aquellos lineamientos, objetivos y criterios que usan las empresas y autoridades del sector transporte al momento de definir y fijar las tarifas que se cobrarán por el servicio a los usuarios del sistema de transporte. Estas políticas generalmente cuentan con 4 componentes fundamentales, como son:

- Esquemas Tarifarios: según la estructura espacial o geográfica y el nivel de integración del sistema una tarifa puede ser plana, por distancia o por zonas tarifarias.
- Tarifa por productos: el tipo de servicio que se ofrece (sencillos, múltiples viajes, periódicos) y también según la segmentación de usuarios.
- Valor de la Tarifa: el precio de cada servicio.
- Medios de Pago: Tecnología usada para el cobro de la tarifa (monedas, billetes, tiquetes, tarjeta, app, código QR, escáner de retinas, entre otros).

El enfoque de esta investigación son los esquemas tarifarios. En la Tabla 1 se hace referencia a algunas fortalezas y debilidades que tienen los diferentes esquemas tarifarios más básicos en el transporte.

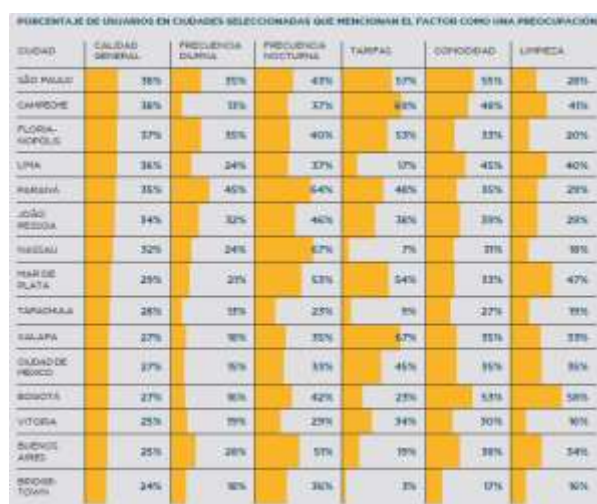
Tabla 1 Esquemas Tarifarios básicos: Fortalezas y Debilidades

Estructura	Fortalezas	Debilidades
Plana	Sencillez	No hay relación entre tarifa y distancia recorrida
	Bajos costos de emisión de boletos	Subsidios cruzados implícitos entre viajes de corta y larga distancia que distorsionan los patrones de viaje
	No hay margen para anular	Transbordos difíciles, pero no imposibles de manejar
Por Distancia	Establece una fuerte relación entre la tarifa y la distancia recorrida	Difícil Cálculo de tarifa para viajes irregulares
	Generalmente percibido como 'justo'	La tarifa de largas distancias incentiva a las personas de bajos recursos a salir del modo
	Amplia relación entre tarifa y distancia recorrida	Problemas de límites' (es decir, pasajeros que viajan una distancia corta a través de un límite zonal)
Zonal	Relativamente fácil de entender	
	Facilita transferencias sencillas entre servicios	

Fuente: Modificado de (Charles & Streeting, 2006)

En materia de políticas tarifarias no se encuentran esquemas tarifarios por zonificación tarifaria visibles o exitosos en América latina. Tampoco parece existir una preocupación sobre abordar investigaciones sobre este tipo de tema en la región (BID, 2019) (CAF, 2018) (CAF, 2019). Pero la tarifa está presente como una de las principales preocupaciones de los usuarios de los SITM como se puede ver en la Ilustración 1.

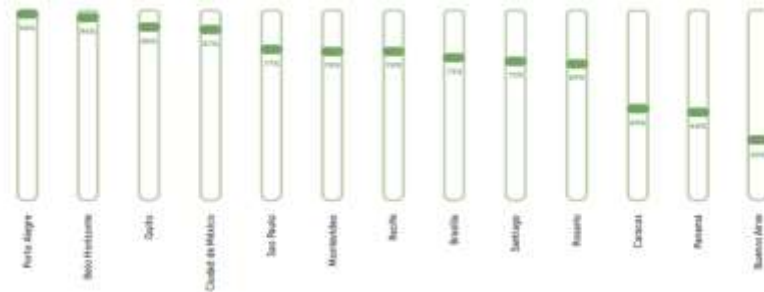
Ilustración 1 Factores que generan preocupación entre los usuarios de transporte público en América Latina y el Caribe



Fuente: (BID, 2019)

Para las ciudades latinoamericanas, la tarifa tiene mayor peso en la financiación del sistema operativo del SITM en la mayoría de las ciudades. Esto puede ser debido al poco desarrollo de fuentes alternativas de financiación. En la Ilustración 2 se puede observar la relevancia que tiene la tarifa para financiar el SITM en distintas ciudades latinoamericanas.

Ilustración 2 Porcentaje del costo operativo del transporte público que se cubre con tarifas en ciudades de América Latina.



Fuente: (CAF, 2018)

Para el caso del área metropolitana de la Gran buenos Aires, la financiación que recibe el SITM por parte de la tarifa es tan solo del 29% y el porcentaje de usuarios que les preocupa este gasto es del 19% de los usuarios, además el salario mínimo en esta área metropolitana ha crecido mucho más que la tarifa de los buses del SITM. En la Ilustración 3 se presentan las variaciones porcentuales en el salario mínimo y la tarifa de los sistemas de buses de distintas ciudades en Latinoamérica.

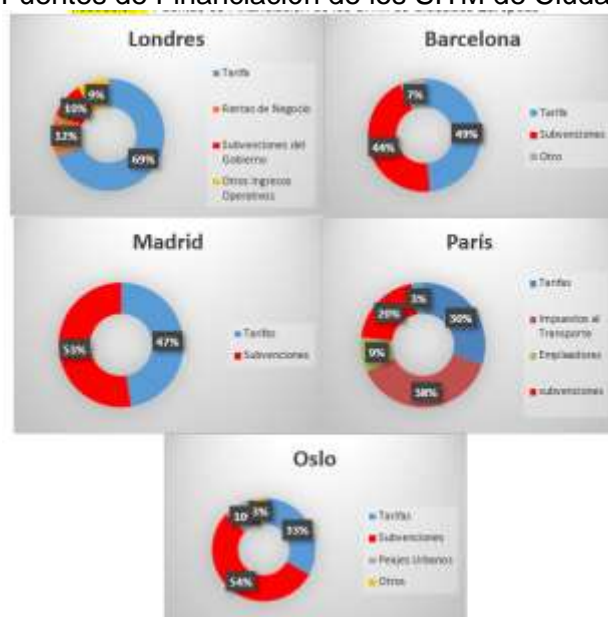
Ilustración 3 Variación relativa del valor del salario mínimo y de la tarifa del ómnibus estándar para el periodo 2007-2014



Fuente: (CAF, 2018)

Esta gráfica puede servir de referencia y de aproximación a la preocupación manifestada por usuarios de los SITM y es que en ciudades como México D.F. el salario mínimo creció mucho menos que la tarifa del sistema de buses siendo posible que este fenómeno también ocurriera para los demás modos del SITM, lo que explicaría los niveles de preocupación de los usuarios y de financiación del sistema a través de la tarifa. En la Ilustración 4 se puede observar cómo la tarifa es un factor fundamental del sistema de transporte para estos 5 SITM en capitales europeas. Para el de París representa el 30%, para Madrid es el 47%, para Barcelona el 48% y para Londres es el 68%. En Londres la política tarifaria logra ser el componente fundamental de financiación del SITM. Como se puede ver en la Ilustración 4.

Ilustración 4 Fuentes de Financiación de los SITM de Ciudades Europeas



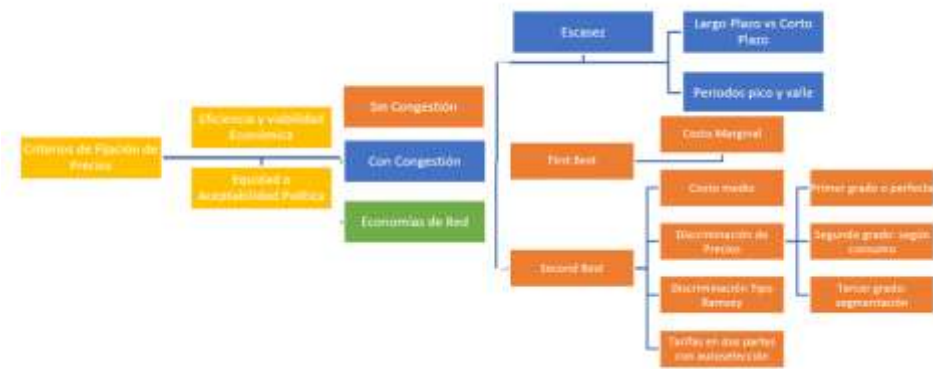
Fuente: Modificado de (CAF, 2018)

Para estos 5 casos de capitales europeas, el esquema tarifario es por anillos o zonas tarifarias y representa un modelo exitoso, que cubre una parte importante de la financiación del SITM.

3 MARCO TEORICO

La fijación de tarifas en el transporte público y más en específico para un SITM está determinada por componentes como los esquemas tarifarios, la tarifa de los productos o servicios y el valor o nivel de la tarifa. Autores como Nash, Glaister y Collings propusieron tratar la fijación de tarifas como un problema de optimización, es decir, para maximizar objetivos tales como ingresos, millas de pasajeros o bienestar social sujetos a una restricción presupuestaria. El primero aplicó una función de demanda basada en la elasticidad para calcular los precios máximos y mínimos. Los segundos estimaron una función de demanda lineal de cuya pendiente se derivan los valores de elasticidad para calcular las tarifas para diferentes modos y así resolver numéricamente las condiciones de primer orden del modelo para diferentes elasticidades y niveles de restricción presupuestaria (C. Nash, 1978) (S. Glaister, J. Collings, 1978). Otros autores han evaluado modelos desde la oferta, como Kocur & Hendrickson, (1982) y De Borger, Mayeres, Proost, & Wouters, (1996). Los primeros autores proponen un "análisis de área local" en una cuadrícula de calles rectangular infinitamente fina para "hacer compensaciones más explícitas entre aumentos de productividad, cambios de servicio y política de tarifas". Los segundos autores abordan el problema para calcular "todos los costos sociales marginales relevantes" (G. Kocur, C. Hendrickson, 1982) (B. De Borger, I. Mayeres, S. Proost, S. Wouters, 1996). Según Gines, Campos, & Nombela, (2003) existen varios criterios o principios económicos que el sector público puede aplicar porque tiene algún grado de control sobre estos para fijar precios a las tarifas del transporte público como puede verse en la Ilustración 5.

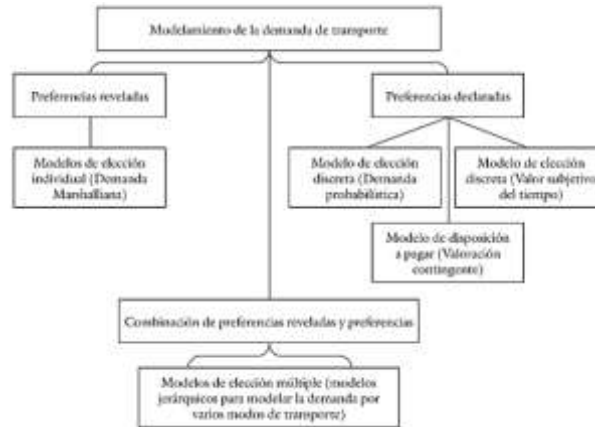
Ilustración 5 Criterios de Fijación de Tarifas en el Transporte Publico



Fuente: Elaboración propia con base en (De Rus, Campos, & Nombela, 2003)

El problema de los esquemas tarifarios por zonificación tarifaria fue abordado de forma analítica por algunos autores. En la actualidad se aborda desde la programación matemática (Schöbel, 1995). Para estos el problema de la estimación de tarifas óptimas relacionadas con zonas tarifarias se resuelve mediante un enfoque de dos niveles. En el nivel superior se resuelve la búsqueda de la zonificación óptima mediante técnicas de clustering. Mientras que el nivel inferior consiste en buscar la tarifa óptima para cada par de zonas O / D y se resuelve analíticamente. Otros autores han propuesto métodos para resolver ambos problemas de forma combinada (Pratelli, 2004). Hamacher & Schöbel, (2001) proponen un método para hacer la estimación de la tarifa por zonas a partir de una tarifa por distancia. Existen dos problemas fundamentales en esta metodología. La planificación de zonas $P = \{V_1, V_2, V_3, V_n\}$, es decir la subdivisión del sistema geográficamente. En una red de transporte dada por $G = (V, E)$ donde V es el número de estaciones y E las conexiones entre estaciones, el primer paso consiste en establecer el número de zonas P que se desea tener y determinar en qué zonas queda cada una de las estaciones V . A partir de aquí, se puede solucionar el problema de estimar la tarifa $C(P)$ por viajar intrazona C_0 , por viajar en dos zonas C_1 , en tres zonas C_2 , en cuatro zonas C_3 , etc. Cuando el objetivo del modelador es estimar la tarifa del usuario para un modo de transporte en el contexto de competencia se utiliza un modelo de disposición a pagar dentro de un modelo de elección discreta. Según Mendieta & Perdomo, (2008) estos tipos de estudio que usan modelos de utilidad aleatoria son utilizados para estimar la tarifa que tendrá un nuevo medio de transporte establecido en determinada ciudad o región. El marco teórico de los modelos de demanda de transporte basa su estructura en el tipo de información de la que se alimentan como se puede observar en la Ilustración 6. Los datos de preferencias reveladas PR y de preferencia declarada PD son dos tipos de datos que se utilizan comúnmente en la investigación del transporte.

Ilustración 6 Modelos de Demanda de Transporte



Fuente: (Mendieta & Perdomo, 2008)

Luego de estimar los modelos de disposición a pagar en el contexto de un modelo de elección, se pueden utilizar los resultados para estimar el bienestar social ganado o perdido por un cambio en los precios de las tarifas del modo de transporte. El excedente del consumidor está relacionado con la disposición a pagar de los usuarios de un sistema. Según Castro & Mokate, (2003) el excedente del consumidor es la diferencia entre la disponibilidad a pagar y lo que efectivamente paga. Es decir, siempre que un usuario de un SITM pague una tarifa por debajo de lo que estaría dispuesto a pagar por usar el sistema, este estaría ganando un excedente por su uso. Luego de estimar los modelos de disposición a pagar en el contexto de un modelo de elección, se pueden utilizar los resultados para estimar el bienestar social ganado o perdido por un cambio en los precios de las tarifas del modo, medio o sistema de transporte.

El método de excedente del consumidor puede ser usado para estimar el bienestar social del usuario por el uso actual del modo, medio o sistema de transporte. Pero también puede ser usado para calcular el bienestar social producido por cambios en las características del sistema. Por ejemplo, cambios en los tiempos de viaje, seguridad, comodidad o cambios en la política tarifaria. Cuando se evalúan los cambios en las políticas tarifarias, como un cambio en el esquema tarifario, la variación positiva o negativa en el bienestar social se puede calcular como un área. Es decir, como el área por debajo de la demanda y por encima del precio y que surge de la diferencia entre lo que está dispuesto a pagar el consumidor y lo que realmente paga en el mercado (Mendieta & Perdomo, 2008) como se ve en la siguiente expresión:

$$\Delta EC = - \int_{p_1^0}^{p_1^1} (p_i, m) d p_i \quad (1)$$

La forma funcional para hacer la estimación de la variación en el excedente del consumidor por cambios en las políticas tarifarias en el contexto de la competencia con otros modos es la siguiente:

$$\Delta DAP = p^* = \frac{\alpha}{B} LN \frac{\sum_{j=1}^{m-1} e^{v^*j}}{\sum_{j=1}^m e^{v_j}} \quad (2)$$

4 METODOLOGIA APLICADA

La metodología para lograr el objetivo propuesto se compone de 7 puntos que se exponen a continuación.

- Revisión bibliográfica.
- Revisión y análisis de información secundaria.
- sondeo previo y un grupo focal.
- Encuesta piloto con PR y PD.
- Encuesta Definitiva con PR y PD.
- Diseño de zonas tarifarias.
- formulación y estimación de modelos de elección discreta.
- Análisis de bienestar

Los datos usados corresponden a una matriz de origen/destino del SITVA y a 720 encuestas realizadas a usuarios del SITVA, con las cuales se estimaron tarifas por zonas y modelos logit de elección discreta con la inclusión de una variable de viajes en una, dos y tres zonas que afectan el valor de las tarifas. Los modelos fueron usados con fines predictivos y de análisis de bienestar para conocer los cambios en la demanda, excedente del consumidor y productor y variaciones compensatorias y equivalentes.

5 FORMULACION Y EVALUACION

Para estimar las tarifas por zonas se parte de una tarifa técnica por distancias recorridas. Se tomó como referencia para el cálculo de la tarifa por km un modelo de costos que se estimó para el plan maestro de movilidad (AMVA & Steer, 2020). Los valores de estos parámetros se ajustaron a 2017 con la inflación acumulada para que coincidiera con la matriz de viajes de 2017. Los resultados se presentan en la Tabla 2:

Tabla 2 Tarifas por Zonas para la Línea A del Metro

ZONAS	Cmax	C1	C1 (2)	C2
0	\$ 2.508	\$ 707	\$ 825	\$ 1.059
1	\$ 4.699	\$ 2.426	\$ 2.380	\$ 2.691
2	\$ 6.246	\$ 4.755	\$ 4.760	\$ 4.734

Fuente: Elaboración Propia

El siguiente paso es estimar los ingresos para la tarifa por kilómetro y para cada una de las tarifas calculadas en la metodología y luego sacar los diferenciales como se puede ver en la Tabla 3:

Tabla 3 Desviaciones en los ingresos como consecuencia de las nuevas tarifa

viajes Línea A 2017	491.827
Ingresos Tarifa por km	\$ 1.327.777.830
Ingresos Tarifa plana 2017	\$ 983.654.000
Ingresos C_{max}	\$ 2.208.477.921
Ingresos C_1	\$ 1.195.751.826
Ingresos $C_1(2)$	\$ 1.193.022.929
Ingresos C_2	\$ 1.313.233.352
Desviación máxima (B_{max})	\$ 880.700.091
Desviación Mediana (B_1)	\$ (132.026.003)
Desviación Media ($B_1(2)$)	\$ (134.754.900)
Desviación Cuadrática (B_2)	\$ (14.544.477)

Fuente: Elaboración Propia

De los 720 encuestados, 472 eligieron el viaje en la línea A del Metro (65%), 192 en el bus (27%), 7 en taxi, 15 en auto y 34 en moto. La forma de la Función de Utilidad Estimada para correr el modelo es la siguiente:

$$MNL: U_{Modo} = Asc_{Modo} + \beta_{tv} * tv_{Modo} + (\beta_{cv} + \beta_{ri1} * ri1_{Modo} + \beta_{ri2} * ri2_{Modo} + \beta_{ri3} * ri3_{Modo} + \beta_{ri4} * ri5_{Modo} + \beta_{ri6} * ri6_{Modo}) * cv_{Modo} + (\beta_{vuz} * vuz_{Modo} + \beta_{vdz} * vdz_{Modo} + \beta_{vtz} * vtz_{Modo}) \quad (3)$$

Donde los β estimados se asocian a las variables observadas listadas en la Tabla 4:

Tabla 4 Variables del MNL con variables PD

Variable	Código
Constante Modal	Asc
Utilidad marginal del Tiempo de Viaje	B_{tv}
Utilidad marginal del Tarifa (costo del viaje)	B_{cv}
Utilidad marginal del ingreso de 0 a 1 SMMLV (\$0 a \$908.526)	B_{ri1}
Utilidad marginal del ingreso de 1 a 2 SMMLV (\$908.526 a \$ 1'817.052)	B_{ri2}
Utilidad marginal del ingreso de 2 a 3 SMMLV (\$ 1'817.052 - \$ 2'725.578)	B_{ri3}
Utilidad marginal del ingreso de 3 a 4 SMMLV (\$ 2'725.578 - \$ 3'634.104)	B_{ri4}
Utilidad marginal del ingreso de 4 a 5 SMMLV (\$ 3'634.104 - \$5'451.15)	B_{ri5}
Utilidad marginal del ingreso de más de 5 SMMLV (\$5'451.15)	B_{ri6}
Variable que identifica la disposición a usar el modo Metro cuando se hace un viaje en zona 1	B_{vuz1}
Variable que identifica la disposición a usar el modo Metro cuando se hace un viaje en zona 2	B_{vuz2}
Variable que identifica la disposición a usar el modo Metro cuando se hace un viaje en zona 3	B_{vuz3}
Tiempo de viaje del modo elegido	tv
Costo de viaje del modo elegido	cv
Variable del Rango de Ingresos de 0 a 1 SMMLV (\$0 a \$908.526)	$ri1$
Variable del Rango de Ingresos de 1 a 2 SMMLV (\$908.526 a \$ 1'817.052)	$ri2$
Variable del Rango de Ingresos de 2 a 3 SMMLV (\$ 1'817.052 - \$ 2'725.578)	$ri3$
Variable del Rango de Ingresos de 3 a 4 SMMLV (\$ 2'725.578 - \$ 3'634.104)	$ri4$
Variable del Rango de Ingresos de 4 a 5 SMMLV (\$ 3'634.104 - \$5'451.15)	$ri5$
Variable del Rango de Ingresos de más de 5 SMMLV (\$5'451.15)	$ri6$
Viaje en una zona tarifaria del metro	vuz
Viaje en dos zonas tarifarias del metro	vdz
Viaje en tres zonas tarifarias del metro	vtz

Fuente: Elaboración Propia

Donde los parámetros de Disposición a Pagar (DAP) y el Valor Subjetivo del Tiempo (VST) estimados se asocian a los indicadores observados listados en la Tabla 5:

Tabla 5 Variables del MNL con variables PD

Variable	Código
La disposición a pagar por hacer un viaje en dos zonas es la tasa marginal de sustitución que tiene el individuo porque está dispuesto a pagar por acceder al modo Metro con respecto al cambio en su utilidad generado por los cambios marginales en el costo de viaje	DAPV02 P
La disposición a pagar por hacer un viaje en tres zonas es la tasa marginal de sustitución que tiene el individuo porque está dispuesto a pagar por acceder al modo Metro con respecto al cambio en su utilidad generado por los cambios marginales en el costo de viaje	DAPV03 P
La disposición a pagar por hacer un viaje en una zona es la tasa marginal de sustitución que tiene el individuo porque está dispuesto a pagar por acceder al modo Metro con respecto al cambio en su utilidad generado por los cambios marginales en el tiempo de viaje	DAPV02 T
La disposición a pagar por hacer un viaje en dos zonas es la tasa marginal de sustitución que tiene el individuo porque está dispuesto a pagar por acceder al modo Metro con respecto al cambio en su utilidad generado por los cambios marginales en el tiempo de viaje	DAPV02 T
La disposición a pagar por hacer un viaje en tres zonas es la tasa marginal de sustitución que tiene el individuo porque está dispuesto a pagar por acceder al modo Metro con respecto al cambio en su utilidad generado por los cambios marginales en el tiempo de viaje	DAPV03 T
La disposición a pagar por hacer un viaje en una zona es la tasa marginal de sustitución que tiene el individuo porque está dispuesto a pagar por acceder al modo Metro con respecto al cambio en su utilidad generado por los cambios marginales en los rangos de ingreso r1, r2, r3, r4, r5, r6	DAPV02 RI
La disposición a pagar por hacer un viaje en dos zonas es la tasa marginal de sustitución que tiene el individuo porque está dispuesto a pagar por acceder al modo Metro con respecto al cambio en su utilidad generado por los cambios marginales en los rangos de ingreso r1, r2, r3, r4, r5, r6	DAPV02 RI
La disposición a pagar por hacer un viaje en tres zonas es la tasa marginal de sustitución que tiene el individuo porque está dispuesto a pagar por acceder al modo Metro con respecto al cambio en su utilidad generado por los cambios marginales en los rangos de ingreso r1, r2, r3, r4, r5, r6	DAPV03 RI

Fuente: Elaboración Propia

Los signos esperados para las variables tiempo de viaje y costo de viaje son negativos, mientras que para las variables de viaje en zona y rangos de ingresos se espera que sean positivas. A partir de estos resultados se corrieron 14 modelos de elección MNL en el software Pndas Biogeme como se presenta en la Tabla 6 y se calculó el VST y la DAP para cada uno de ellos. En color rojo se pueden ver las variables de los modelos cuyos signos no son correctos, lo que indica que estos modelos tienen problemas y en color verde se puede ver las variables con signo correcto:

Tabla 6 Modelos MNL según disponibilidad de modos del encuestado

	1	2	3	4	5	6	7
	BI-METRO	TAXI-METRO	AUTO-METRO	MOTO-METRO	BUS-TAXI-METRO	BUS-AUTO-METRO	BUS-MOTO-METRO
ASC BUS	-0.70				0.02	0.07	0.08
ASC TAXI		-0.28			-0.22		
ASC AUTO			-0.01			0.30	
ASC MOTO				-0.17			-0.00
ASC MOTO							
B_V1	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V2	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V3	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V4	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V5	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V6	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V7	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V8	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V9	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V10	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V11	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V12	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V13	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V14	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V15	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V16	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V17	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V18	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V19	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V20	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V21	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V22	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V23	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V24	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V25	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V26	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V27	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V28	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V29	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V30	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V31	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V32	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V33	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V34	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V35	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V36	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V37	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V38	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V39	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V40	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V41	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V42	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V43	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V44	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V45	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V46	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V47	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V48	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V49	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V50	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V51	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V52	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V53	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V54	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V55	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V56	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V57	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V58	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V59	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V60	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V61	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V62	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V63	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V64	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V65	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V66	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V67	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V68	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V69	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V70	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V71	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V72	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V73	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V74	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V75	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V76	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V77	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V78	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V79	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V80	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V81	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V82	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V83	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V84	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V85	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V86	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V87	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V88	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V89	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V90	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V91	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V92	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V93	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V94	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V95	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V96	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V97	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V98	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V99	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V100	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V101	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V102	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V103	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V104	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V105	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V106	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V107	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V108	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V109	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V110	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V111	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V112	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V113	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V114	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V115	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V116	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V117	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V118	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V119	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V120	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V121	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V122	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V123	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V124	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V125	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V126	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V127	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V128	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V129	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V130	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V131	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V132	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V133	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V134	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V135	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V136	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V137	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V138	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V139	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V140	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V141	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V142	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V143	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V144	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V145	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V146	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V147	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V148	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V149	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V150	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V151	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V152	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V153	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V154	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V155	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V156	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V157	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V158	-0.20	-0.00	-0.20	-0.20	-0.17	-0.00	-0.11
B_V159	-0.27	-0.20	-0.20	-0.01	-0.17	-0.00	-0.11
B_V160	-0.20	-0.00					

preferencia por el uso del modo Metro sobre la alternativa, mientras que el signo negativo indica la preferencia por la alternativa. Los modelos 4, 5, 6, 7 y 11 son descartados por no cumplir con el mínimo tamaño muestral estimado en el software Ngene. Los resultados para el VST y la DAP se presentan para el modelo 1 BUS_METRO en la Tabla 7:

Tabla 7 Valor subjetivo del tiempo y disposición a pagar por acceder al modo

VST	\$ 110	DAP	\$ 1.934
VST*DAPVUZ	\$ 78	DAPVUZ T	\$ 170
VST*DAPVDZ	\$ 54	DAPVDZ T	\$ 117
VST*DAPVTZ	-\$ 51	DAPVTZ T	-\$ 111
VST RI1	\$ 101	DAPVUZ P	\$ 1.861
VST RI2	\$ 121	DAPVDZ P	\$ 1.287
VST RI3	\$ 123	DAPVTZ P	-\$ 1.213
VST RI4	\$ 162	DAPVUZ G	\$ 2.030
VST RI5	\$ 240	DAPVDZ G	\$ 1.404
VST RI6	\$ 167	DAPVTZ G	-\$ 1.324
VST*DAPVUZ RI1	\$ 72	DAPVUZ RI1	\$ 172
VST*DAPVDZ RI1	\$ 49	DAPVDZ RI1	\$ 119
VST*DAPVTZ RI1	-\$ 47	DAPVTZ RI1	-\$ 112
VST*DAPVUZ RI2	\$ 85	DAPVUZ RI2	\$ 5.424
VST*DAPVDZ RI2	\$ 59	DAPVDZ RI2	\$ 3.752
VST*DAPVTZ RI2	-\$ 56	DAPVTZ RI2	-\$ 3.537
VST*DAPVUZ RI3	\$ 87	DAPVUZ RI3	\$ 4.617
VST*DAPVDZ RI3	\$ 60	DAPVDZ RI3	\$ 3.193
VST*DAPVTZ RI3	-\$ 57	DAPVTZ RI3	-\$ 3.010
VST*DAPVUZ RI4	\$ 114	DAPVUZ RI4	\$ 1.525
VST*DAPVDZ RI4	\$ 79	DAPVDZ RI4	\$ 1.055
VST*DAPVTZ RI4	-\$ 75	DAPVTZ RI4	-\$ 994
VST*DAPVUZ RI5	\$ 169	DAPVUZ RI5	\$ 903
VST*DAPVDZ RI5	\$ 117	DAPVDZ RI5	\$ 625
VST*DAPVTZ RI5	-\$ 110	DAPVTZ RI5	-\$ 589
VST*DAPVUZ RI6	\$ 169	DAPVUZ RI6	\$ 1.420
VST*DAPVDZ RI6	\$ 117	DAPVDZ RI6	\$ 982
VST*DAPVTZ RI6	-\$ 110	DAPVTZ RI6	-\$ 926

Fuente: Elaboración Propia en base a PD

El modelo BUS_METRO donde los usuarios del metro tienen como alternativa el bus tiene significancia mayor al 90% en los coeficientes estimados de las variables tiempo de viaje, viaje en una y dos zonas y en la constante modal del bus. Los encuestados en promedio están dispuestos a pagar por ahorrar un minuto de viaje \$110. Para los del RI1 el VST es de \$101, para el RI2 \$121, para el RI3 \$123, para el RI4 \$162, para el RI5 \$240 y para el RI6 \$167. Cuando se estima los valores del VST por zonas de viaje se tiene que las personas están dispuestas a pagar por ahorrar un minuto de viaje en la primera zona y en dos zonas \$78 y \$54 respectivamente; mientras que para los viajes en tres zonas tendrían que recibir por lo menos \$51 por minuto adicional para quedarse en el modo Metro, es decir, requieren ser subsidiados. El indicador de disposición a pagar por acceder al sistema es de \$1934 en promedio. Para los viajes en una zona el DAP es de \$1861, para dos zonas es \$1287 y para tres tendrían que recibir \$1213, para las tarifas de la PD. También se estima una disposición a pagar por acceder a un sistema con un tiempo de viaje para el viaje en una zona de \$170, para dos zonas de \$117 y para el viaje en tres zonas tendrían que recibir por minuto \$111. En este sentido la disposición a pagar del costo generalizado sería \$2030 para viajes en una zona, \$1404 para viajes en dos zonas y tendrían que subsidiar los viajes en tres zonas en \$1324. Cuando se combina la disposición a ahorrar tiempo con la disposición a acceder se tiene un indicador de disposición a pagar por acceder y ahorrar tiempo que para viajes en una zona fue de \$78 el minuto, para viajes en dos zonas fue de \$54 y para viajes en tres zonas fue de menos \$51. Los demás indicadores de la Tabla 7 están en términos de rangos de ingresos y se analizan de la misma forma. Finalmente, al usar el modelo para hacer predicción y validar sus resultados, el modelo sobrestima la predicción para el Metro en un 13,6%. Para que el modelo refleje las cuotas de mercado y corrija la predicción se calibraron las constantes de tal manera que la constante del Metro se fija a cero y la del Bus tiene un valor de 0,49 como se puede ver en la

Tabla 8.

Tabla 8 Pronóstico, error y calibración de estimación de los modelos

% con la Muestra PD		Metro	Bus
BUS - METRO	Pme	63,3%	36,7%
BUS - METRO	Pb	76,9%	23,1%
Error del modelo Original		ErrorPme	ErrorPb
BUS - METRO		13,6%	-13,6%
% con la Población EODH		Metro	Bus
BUS - METRO	Pme	42,4%	57,6%
BUS - METRO	Pb	42,4%	57,6%
Error del modelo Corregido		ErrorPme	ErrorPb
BUS - METRO		-0,1%	0,1%

Fuente: Elaboración Propia en base a PD

Para la planificación tarifaria se comenzó probando las tarifas estimadas por la metodología de Hamacher & Schöbel (2001) en el modelo BUS_METRO corregido. Los resultados se ven en la Tabla 9 :

Tabla 9 Análisis de Tarifas por zonas en el Modelo de elección para BUS_METRO

	Cuota de mercado base 100		Cuota de mercado real		Cuota de mercado		variación		variación %		BUS_METRO Resultados del modelo
	Pme	Pb	Pme	Pb	Pme	Pb	Pme	Pb	Pme	Pb	
1	42%	58%	14%	19%	869629*	1182807*	0	0	0	0	
2	50%	50%	16%	17%	1018378	1034058	148749	-148749	17,1%	-12,6%	C ₁
3	49%	51%	16%	17%	1014439	1037997	144810	-144810	16,7%	-12,2%	C ₁ (2)
4	48%	52%	16%	17%	981861	1070575	112232	-112232	12,9%	-9,5%	C ₂
5	34%	66%	11%	22%	701428	1351008	-168201	168201	-19,3%	14,2%	C _{max}

Fuente: Elaboración Propia en base a PD; *dato de la EODH 2017 del AMVA

Como se puede observar en la Tabla 9 las diferentes tarifas estimadas generan variaciones en las cuotas del mercado de transporte entre el Bus y el Metro. Las tarifas C1 y C1 (2) generan un incremento del 17% en los viajes del Metro, mientras que la tarifa C2 le genera un incremento del 13% y las de Cmax una reducción en la demanda del 19%. Las tarifas del Cmax quedan descartadas del resto del análisis por dicha reducción en la cuota de mercado. Las variaciones en las cuotas de mercado y demanda para este mercado quedan respaldadas por el análisis de sensibilidad por rangos de ingresos para los viajes por zonas. En la Tabla 10 se tienen las elasticidades precio/demandas directas E2, E3, E4, E5, E6 y E7 para los rangos de ingresos RI2, RI3, RI4, RI5, RI6 y RI7 respectivamente, las elasticidades precio/demandas promedio E1 y la elasticidad cruzada con la alternativa E8:

Tabla 10 Elasticidad precio/demanda directa y cruzada del Modelo

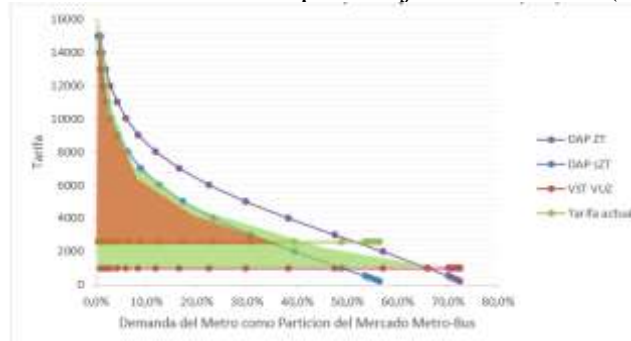
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
vuz	-0,16	-0,17	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	-0,16	0,33
vdz	-0,42	-0,45	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	0,42
vtz	-2,92	-3,10	-2,88	-2,90	-2,90	-2,89	-2,91	0,83

Fuente: Elaboración Propia en base a PD

Para la Tabla 10 la E1 es la elasticidad precio/demanda de la muestra de usuarios del Metro. La elasticidad directa de -0,163 indica que una disminución del 10% en el precio de la tarifa para un viaje en una zona puede hacer subir la demanda del Metro en 16,3%, para un viaje en dos zonas en 42,3% y para el viaje en tres zonas 292,3%. Con respecto a la elasticidad cruzada E8, una disminución del 10% del precio de la tarifa del bus para un viaje en una zona puede hacer subir la

demanda en 32,5% del Metro frente al Bus, para un viaje en dos zonas en 42,1% y para el viaje en tres zonas 83,2%. Para el análisis de bienestar se aplicaron las medidas de excedente del consumidor, análisis compensatorio y análisis equivalentes de tal manera que con estos resultados se hicieron las respectivas recomendaciones para el valor de la tarifa por zonas de la línea A del Metro de Medellín. En la Ilustración 7, Ilustración 8 y Ilustración 9 se presenta la curva de demanda para el Metro construida a partir de la disposición a pagar por acceder y ahorrar tiempo para la situación con zonas tarifarias (DAP ZT) y sin zonas tarifarias (DAP sZT), el valor de la tarifa del Metro en la actualidad y el valor máximo a pagar por hacer un viaje entre estaciones de una, dos y tres zonas tarifarias (VST VUZ, VST VDZ, VST VTZ).

Ilustración 7 Mercado Metro-Bus para viajes en una zona (VUZ)



Disposición a Pagar para situación con zonas tarifarias (DAP ZT) y sin zonas tarifarias (DAP sZT) Fuente: Elaboración Propia en base a PD

Lo que muestra la Ilustración 7 son dos situaciones para el mercado de Metro-Bus. Una sin zonas tarifarias donde se cobra la tarifa plana en el Metro y otra con las zonas tarifarias. Para viajes con un promedio de duración de 13 minutos a una tarifa de \$2580 la demanda del Metro en el trayecto que considera los viajes en una zona sería del 32% del mercado de transporte público entre el Metro y el Bus. Si se consideran las zonas tarifarias, los viajeros del Metro tendrían una disposición máxima a pagar por un viaje entre estaciones de una zona en promedio de 13 minutos de \$1009 lo que llevaría la demanda del Metro en este mercado a tener una participación del 73%.

Ilustración 8 Mercado Metro-Bus para viajes en dos zonas (VDZ)

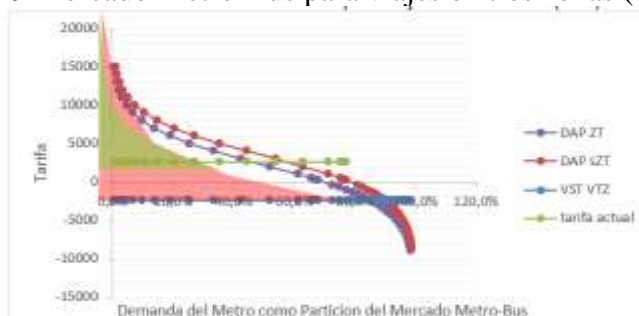


Disposición a Pagar para situación con zonas tarifarias (DAP ZT) y sin zonas tarifarias (DAP sZT) Fuente: Elaboración Propia en base a PD

En la Ilustración 8 también se presentan dos situaciones para el mercado de Metro-Bus como en la anterior Ilustración, pero para viajes entre estaciones de dos zonas. Para viajes con un

promedio de duración de 35 minutos a una tarifa de \$2580 la demanda del Metro en el trayecto que considera los viajes en una zona sería del 37% del mercado de transporte público entre el Metro y el Bus. Si se consideran las zonas tarifarias, los viajeros del Metro tendrían una disposición máxima a pagar por un viaje en promedio de 35 minutos de \$1878 lo que llevaría la demanda del Metro en este mercado a tener una participación del 56%.

Ilustración 9 Mercado Metro-Bus para viajes en tres zonas (VTZ)



Disposición a Pagar para situación con zonas tarifarias (DAP ZT) y sin zonas tarifarias (DAP sZT) Fuente: Elaboración Propia en base a PD

Para la

Ilustración 9 se procede con el mismo análisis de las anteriores para viajes entre estaciones de tres zonas. Para viajes con un promedio de duración de 48 minutos a una tarifa de \$2580 la demanda del Metro en el trayecto que considera los viajes en tres zonas sería del 28% del mercado de transporte público entre el Metro y el Bus. Si se consideran las zonas tarifarias, los viajeros del Metro tendrían una disposición máxima a pagar por un viaje entre estaciones en tres zonas en promedio de 48 minutos negativa, es decir, tendríamos que darles a los usuarios \$2428 lo que llevaría la demanda del Metro en este mercado a tener una participación del 67%. En la Tabla 11 y Tabla 12 se presentan los beneficios netos para el consumidor y el operador del Metro al momento de implementar tarifas por zonas.

Tabla 11 Variación en el bienestar social con VST por zonas tarifarias

VARIACIÓN EN EL EXCEDENTE		CONSUMIDOR		PRODUCTOR		TOTAL, BIENESTAR SOCIAL
time	VSTVUZ					
11	\$ 857	\$ 660 550 945	-\$ 48 125 253			\$ 612 425 692
13	\$ 1 019	\$ 627 756 961	-\$ 31 651 494			\$ 596 105 466
15	\$ 1 160	\$ 588 348 370	-\$ 43 693 354			\$ 544 655 016
time	VSTVDZ					
30	\$ 1 536	\$ 771 339 461	\$ 114 981 454			\$ 886 320 915
35	\$ 1 878	\$ 473 445 528	\$ 138 033 718			\$ 611 479 245
40	\$ 2 160	\$ 63 044 122	\$ 34 379 979			\$ 97 424 100
time	VSTVTZ					
41	-\$ 2 064	\$ 299 289 381	-\$ 572 120 792			\$ 272 831 411
48	-\$ 2 428	\$ 471 595 895	-\$ 734 897 613			\$ 263 301 607
55	-\$ 2 792	\$ 1 256 334 351	-\$ 1 149 486 130			\$ 106 848 221
PD Nivel Bajo		\$ 1 731 179 708	-\$ 596 164 582			\$ 1 135 015 126
PD Nivel Medio		\$ 1 572 795 294	-\$ 827 975 388			\$ 744 819 906
PD Nivel Alto		\$ 1 627 726 643	-\$ 1 158 193 505			\$ 469 533 137

Fuente: Elaboración Propia en base a PD

Tabla 12 Variación en el bienestar social con Tarifas estimadas por zonas tarifarias

VARIACIÓN EN EL EXCEDENTE		CONSUMIDOR		PRODUCTOR		TOTAL, BIENESTAR SOCIAL
time	Tarifa VUZ					
11	\$ 707	\$ 732 987 673	-\$ 84 468 117			\$ 648 519 556
13	\$ 825	\$ 717 298 116	-\$ 74 375 925			\$ 642 922 191
15	\$ 1 059	\$ 544 686 439	-\$ 61 108 727			\$ 483 577 712
time	Tarifa VDZ					
30	\$ 2 425	\$ 487 523 238	\$ 347 936 530			\$ 835 459 768
35	\$ 2 380	\$ 495 571 070	\$ 269 973 792			\$ 765 544 862
40	\$ 2 691	\$ 141 335 856	\$ 135 792 319			\$ 277 128 175
time	Tarifa VTZ					
41	\$ 4 755	-\$ 132 609 771	-\$ 23 486 367			\$ 156 096 138
48	\$ 4 760	-\$ 123 859 718	-\$ 18 618 954			\$ 142 478 673
55	\$ 4 734	-\$ 74 554 520	-\$ 28 730 510			\$ 45 824 010
C ₁		\$ 1 087 901 041	\$ 239 999 346			\$ 1 326 900 387
C ₁ (d)		\$ 1 089 209 468	\$ 176 977 913			\$ 1 266 187 380
L ₁		\$ 611 447 775	\$ 103 414 103			\$ 714 861 878

Fuente: Elaboración Propia en base a PD

En las Tabla 13 y Tabla 14 se presentan las variación compensatoria y equivalente como mecanismo para estimar niveles de subsidios cruzados o directos con el fin de aumentar el bienestar social:

Tabla 13 Variación Compensatoria

VVVUZ	COMPENSACION			Tarifa Efectiva	Tarifa VUZ	COMPENSACION			Tarifa Efectiva
\$ 887	\$ 227.893.832	\$ 736	SUSTRAR	\$ 1.594	\$ 707	\$ 282.744.410	\$ 1.187	SUSTRAR	\$ 1.874
\$ 1.000	\$ 228.186.160	\$ 749	SUSTRAR	\$ 1.706	\$ 828	\$ 273.488.840	\$ 1.170	SUSTRAR	\$ 1.866
\$ 1.160	\$ 228.878.181	\$ 805	SUSTRAR	\$ 1.084	\$ 1.058	\$ 250.921.108	\$ 1.084	SUSTRAR	\$ 2.143
VVVUZ	COMPENSACION			Tarifa Efectiva	Tarifa VUZ	COMPENSACION			Tarifa Efectiva
\$ 1.586	\$ 200.887.481	\$ 326	SUSTRAR	\$ 1.020	\$ 2.438	\$ 48.203.338	\$ 103	SUSTRAR	\$ 2.530
\$ 1.878	\$ 44.818.780	\$ 73	SUSTRAR	\$ 1.082	\$ 2.380	\$ 77.289.718	\$ 148	SUSTRAR	\$ 2.528
\$ 2.180	\$ 137.433.370	\$ 224	DAR	\$ 1.030	\$ 2.691	\$ 47.073.461	\$ 90	DAR	\$ 2.801
VVVUZ	COMPENSACION			Tarifa Efectiva	Tarifa VUZ	COMPENSACION			Tarifa Efectiva
\$ 2.084	\$ 502.914.560	\$ 2.507	DAR	\$ 443	\$ 4.758	\$ 104.930.568	\$ 2.128	DAR	\$ 2.828
\$ 2.428	\$ 861.847.542	\$ 2.778	DAR	\$ 349	\$ 4.760	\$ 106.409.912	\$ 1.871	DAR	\$ 2.869
\$ 2.792	\$ 1.276.591.850	\$ 3.634	DAR	\$ 1.141	\$ 4.734	\$ 74.106.658	\$ 1.280	DAR	\$ 3.448

Fuente: Elaboración Propia en base a PD

Tabla 14 Variación Equivalente

VVVUZ	EQUIVALENCIA			Tarifa Efectiva	Tarifa VUZ	EQUIVALENCIA			Tarifa Efectiva
\$ 887	\$ 485.410.275	\$ 1.601	SUSTRAR	\$ 2.458	\$ 707	\$ 507.948.902	\$ 2.523	SUSTRAR	\$ 2.230
\$ 1.000	\$ 467.954.785	\$ 1.503	SUSTRAR	\$ 2.511	\$ 828	\$ 544.928.848	\$ 2.541	SUSTRAR	\$ 3.188
\$ 1.160	\$ 508.133.038	\$ 1.313	SUSTRAR	\$ 2.472	\$ 1.058	\$ 407.038.850	\$ 1.759	SUSTRAR	\$ 3.618
VVVUZ	EQUIVALENCIA			Tarifa Efectiva	Tarifa VUZ	EQUIVALENCIA			Tarifa Efectiva
\$ 1.586	\$ 387.818.823	\$ 488	SUSTRAR	\$ 2.082	\$ 2.438	\$ 83.988.450	\$ 180	SUSTRAR	\$ 2.808
\$ 1.878	\$ 98.380.594	\$ 128	SUSTRAR	\$ 2.007	\$ 2.380	\$ 118.414.108	\$ 227	SUSTRAR	\$ 2.807
\$ 2.180	\$ 120.744.130	\$ 180	DAR	\$ 1.077	\$ 2.691	\$ 42.452.386	\$ 81	DAR	\$ 2.808
VVVUZ	EQUIVALENCIA			Tarifa Efectiva	Tarifa VUZ	EQUIVALENCIA			Tarifa Efectiva
\$ 2.084	\$ 387.947.873	\$ 2.044	DAR	\$ 30	\$ 4.758	\$ 94.351.274	\$ 1.732	DAR	\$ 3.022
\$ 2.428	\$ 808.784.877	\$ 2.431	DAR	\$ 2	\$ 4.760	\$ 98.470.847	\$ 1.878	DAR	\$ 2.781
\$ 2.792	\$ 1.208.813.078	\$ 3.728	DAR	\$ 935	\$ 4.734	\$ 121.378.782	\$ 2.108	DAR	\$ 2.828

Fuente: Elaboración Propia en base a PD

La combinación de Tarifas que aumentan en mayor medida el bienestar social según los resultados de la Tabla 13 y Tabla 14 son \$1594 para viajes en una zona, \$1952 para viajes en dos zonas y \$3022 para viajes en tres zonas. Esta combinación de tarifas permite a el Metro tener un 53% del mercado Metro-Bus y un 18% del mercado de transporte del AMVA, con un aumento del 25,8% de pasajeros y manteniendo los ingresos del sistema.

6 CONCLUSIONES

Para este análisis de bienestar se aplicó la estimación del excedente del consumidor y del productor para evaluar si las tarifas por zonas generaban variaciones positivas para los usuarios y la empresa. Se encontró que las tarifas propuestas para viajes en estaciones de una y dos zonas generan en la mayoría de los casos variaciones positivas para ambos agentes. Mientras que las tarifas propuestas para los viajes en tres zonas generaron una pérdida sustancial para los usuarios del Metro, tanto así que se vieron empujados al modo Bus.

Estos resultados justifican el análisis de las variaciones compensatorias y equivalentes. De tal manera que a partir de estas evaluaciones se pueden plantear subsidios directos e indirectos para los pasajeros que necesitan hacer viajes en estaciones de tres zonas.