

**MODELATION OF MODAL ELECTION FOR URBAN PUBLIC TRANSPORT
BASED ON THE INTRODUCTION OF A NEW MODE****MODELACIÓN DE LA ELECCIÓN MODAL EN TRANSPORTE PÚBLICO
URBANO A PARTIR DE LA INTRODUCCIÓN DE UN NUEVO MODO**

Ing. Angy Tatiana Duarte Chinchilla*, **Ing. Yeraldith Carolina Mendoza Silva***,
MSc. Andrea S. Arévalo Támara*, **MSc. Thomas Edison Guerrero Barbosa**

***Universidad Franciso de Paula Santander - Sede Ocaña.**

Facultad de Ingenierías, Departamento de Ingeniería Civil.

Email: {ing.angieduarte, yera1804, asarevalotamara, teguerrero} @ufps.edu.co

Abstract: It is pretended to perform a modelation of the choice modal to urban level with the introduction of a new form of transport (collective taxi) on the routes that lead to the campus of the Francisco de Paula Santander University in Ocaña, Colombia, calibrating multinomial-logit (MNL) and nested-logit(NL) systems. The methodological approach was based on the collection of information from Revealed Preferences (RP) and Declared Preferences (DP) to students, teachers, administrators and visitors to the campus, as they are those who experience uncomfortable situations such as long waiting times, overcrowding in vehicles, increased travel times, among others, which has caused negative perception of the level of service currently operating modes. From the calibrated models are predicted partitions of market to various modeling scenarios given the implementation of transport policies, the quantitative estimation of the subjective value of time (SVT), the willingness to pay (WP) and an analysis of elasticities.

Keywords: Urban public transport; shared taxi; stated preference; revealed preference, elasticities; subjective value of time.

Resumen: Este documento presenta la elección modal en un contexto urbano ante la introducción de un nuevo modo de transporte (taxi colectivo) en las rutas que conducen al campus de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (Colombia) calibrando modelos logit-multinomial (MNL) y logit-anidado (NL). El enfoque metodológico se basó en la recolección de información a partir de Preferencias Relevadas (PR) y Preferencias Declaradas (PD) a estudiantes, docentes, administrativos y visitantes al campus, ya que son quienes experimentan situaciones incómodas como: largos tiempos de espera, sobrecupo en los vehículos, aumento en los tiempos de viaje, entre otros, lo que ha provocado percepción negativa del nivel de servicio de los modos que actualmente operan. A partir de los modelos calibrados se predicen las particiones de mercado ante varios escenarios de modelación dada la implementación de políticas de transporte, la estimación cuantitativa del valor subjetivo del tiempo (VST), la disposición al pago (DP) y un análisis de elasticidades.

Palabras clave: Transporte público urbano; taxi colectivo; preferencias declaradas; preferencias reveladas; elasticidades; valor subjetivo del tiempo.

1. INTRODUCCIÓN

La movilidad es considerada como una necesidad básica de una comunidad que satisface los requerimientos de desplazamiento de los ciudadanos para la realización de actividades diarias, como: asistencia a lugares de trabajo, planteles educativos, sectores de salud, entre otros; entre las alternativas de selección de transporte, se pueden encontrar: transporte particular como: automóvil o motocicleta; transporte público como: buses, taxi, colectivos; y transporte informal; motivando a los ciudadanos a la elección de medios de transporte que permitan satisfacer dichas necesidades mediante el sistema de transporte que más se adapte a el requerimiento de movilidad de las personas dependiendo del origen, destino, ubicación, rutas, precio, comodidad entre otras características determinantes para la selección del medio indicado.

El crecimiento poblacional es una variable determinante para la generación de mayores ofertas en el campo automotriz y medios de transporte, tal efecto se ha visto reflejado en el municipio de Ocaña a causa de una dinámica económica que ha envuelto en los últimos años a la región, es tal el crecimiento poblacional que instituciones educativas como la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPSO) pasa de tener 2349 estudiantes en 2003 a tener 5386 estudiantes en 2012, lo cual ha posicionado a la Universidad como un polo generador/atractor de viajes de TPU durante las horas pico. La selección de medios de transporte para acceder al Campus de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO) es relativamente sencillo ya que para acceder a este se dispone únicamente de 2 medios en transporte público urbano (TPU) (Busetas, Microbús) y el transporte privado.

A pesar de la gran demanda de pasajeros que presenta el Campus, el TPU ha experimentado una degradación a causa del transporte informal y el uso desmesurado del transporte privado (vehículos y motocicletas) generando en los usuarios una baja percepción del nivel de servicio reflejado en largos tiempos de espera, sobrecupo en los vehículos, aumento en los tiempos de viaje, entre otros, lo que finalmente se conducido a perdida de demanda, afectando directamente las finanzas de las empresas de TPU legalmente constituidas.

Siendo esta problemática una situación inherente a la comunidad Universitaria, este documento presenta la estimación de modelos de elección discreta para cada una de las alternativas de TPU disponibles en las rutas que conducen al Campus e introduciendo una

nueva alternativa (hipotética) representada por el taxi colectivo, proponiendo el taxi colectivo como una alternativa de transporte de mayor costo en comparación con las actualmente en servicio pero con ventajas sustanciales como la comodidad y menores tiempos de viaje.

El modelo desarrollado podría ser implementado al actual sistema de transporte si así se quisiera, por lo que esta investigación se convierte en un reporte de evidencia adicional para éste tipo de análisis de elección modal a nivel urbano. Se busca de éste modo, desarrollar una herramienta que permita determinar el comportamiento de la demanda frente a las alternativas disponibles y predecir las variaciones de la misma ante la introducción de un nuevo modo, basados en características técnicas acerca de los atributos que el usuario del sistema de transporte evalúa para la elección de su modo de transporte y en la jerarquización que le da a cada uno de ellos, de manera que sea posible la construcción de una serie de políticas para la implementación del nuevo modo de transporte.

Dentro del análisis econométrico que debe realizarse para llevar a cabo la calibración del modelo, se hace necesario recolectar la información de campo con el diligenciamiento de instrumentos (encuestas, experimentos) de PR y PD a una muestra de 150 individuos respecto a su último viaje hacia/desde la UFPSO y proponer escenarios de elección hipotéticos ante la implementación de un nuevo servicio.

Dentro de la literatura se reporta un estudio de caso respecto a recolección de información y modelación se presentó en el campus universitario de la Universidad de La Laguna (González, Martínez, & Esquivel, 2012), siendo esta una referencia similar a la situación que se desea presentar en este trabajo.

Dentro del contexto urbano, la modelación de elección modal es amplia permitiendo encontrar investigaciones a nivel mundial que abordan el problema de forma adecuada. En centro urbanos altamente densos como Shangai (Liu, 2007), se analizó el comportamiento de elección del viajero mediante la combinación de datos mixtos PR/PD, la elección del modo en viajes cuyo motivo es trabajo, teniendo en cuenta las diferentes escalas de las dos fuentes de datos. En lo que se refiere a la elección del modo, los resultados destacan la importancia de los factores contextuales e individuales, además de las características del modo (tiempo de viaje, el costo y comodidad). La decisión de la propiedad de automóviles se encuentra para ser en su mayoría relacionados con los niveles de ingreso de las casas,

restricciones contextuales y los problemas de localización.

En definitiva, los resultados parecen poner de relieve la insuficiencia relativa del transporte público para las necesidades de algunos viajeros, especialmente aquellos que viven en las zonas suburbanas, a través de la frontera con Francia (De Palma & Rochat, 2000). Los rápidos cambios económicos y demográficos en el área metropolitana de Dublín entre el período 1996-2006, con aumentos asociados a la dependencia del automóvil y la congestión, han generado el fomento de políticas de viajes más sostenibles. En este contexto (Commins & Nolan, 2011), la investigación se enfocó sobre aquellos viajes cuyo propósito fue el trabajo, llevando necesariamente a conocer los patrones de viaje actuales que son cruciales en la modelación del fenómeno. En el contexto colombiano, un estudio realizado (Álvarez, 2011) implementó la metodología secuencial de dos pasos para estimar modelos híbridos de elección discreta, cuya finalidad era incluir variables latentes en los modelos de elección discreta habituales; de esta manera, se buscaba reducir la brecha que existe entre la teoría del comportamiento y los modelos de elección discreta.

2. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Modelos de elección discreta (MED)

Los MED son utilizados para estimación de aproximaciones econométricas en la demanda, entre las cuales se encuentra: Elección de destino turístico (Seddighi & Theocharous, 2002), elección del tipo de vehículo (Choo & Mokhtarian, 2004), elección del lugar de residencia (Prashker, Shiftan, & Hershkovit, 2008), entre otros. Dichos modelos se sustentan en teorías de comportamiento individual, postulando que: “*La probabilidad de que un individuo escoja una alternativa dada, es función de sus características socioeconómicas y su atracción relativa hacia esa opción*” (Ortúzar & Willumsen, 2011), de manera que, la utilidad del individuo (U_{jq}) está representada por la suma de un término conocido por el modelador y otro aleatorio, como se aprecia a continuación:

$$U_{jq} = V_{jq} + e_{jq} \quad (1)$$

Aquí, V_{jq} representa la parte medible o determinística de la utilidad, que es función de un conjunto de atributos \mathbf{X} ; por otra parte, e_{jq} refleja el comportamiento, gustos individuales e idiosincrasia de los individuos, errores de medición que haya

cometido el modelador, en general, representa el efecto de la parte no observable de la utilidad (Ortúzar & Willumsen, 2011). El modelo es capaz de explicar cómo dos individuos con los mismos atributos y con el mismo conjunto de alternativas disponibles, pueden elegir de forma distinta, o que un individuo no siempre opte por la alternativa con mayor utilidad (desde el punto de vista del modelador). Así, un individuo q elegirá la alternativa j solamente si:

$$U_{jq} \geq U_{iq}, \forall A_i \in A_q \quad (2)$$

2.2 Valor subjetivo del tiempo

Siguiendo el enfoque clásico (Jara-Díaz & Ortúzar, 1985), se plantea un modelo desagregado estimado a partir de datos PD con variables explicativas el tiempo y el costo:

$$U_i = \mathbf{q}_1 t_i + \mathbf{q}_2 C_i \quad (3)$$

Donde t_i corresponde al tiempo de viaje de la alternativa i y C_i es el costo o tarifa del viaje para la misma alternativa; para modelos lineales, una forma adecuada de estimar el valor subjetivo del tiempo (VST) es encontrando la tasa marginal de sustitución del tiempo y el costo a utilidad constante, como se muestra a continuación:

$$VST = \frac{\frac{\partial U_i}{\partial t_i}}{\frac{\partial U_i}{\partial C_i}} = \frac{\mathbf{q}_1}{\mathbf{q}_2} \quad (4)$$

Dentro del enfoque metodológico de modelación para el caso urbano, investigaciones se ha logrado estimar VST para diferentes tipos de viajeros según la variable ingreso y según el modo de viaje (Ortúzar & González, 2002) (Guerrero, Cantillo, & Camargo, 2013), respectivamente, donde se encontró que para individuos de ingresos altos tenían valoración más alta del tiempo independientemente del propósito de viaje u otras características. Otras referencias (Liu, 2007) muestran la significancia de VST para viajes cuyo motivo es trabajo.

2.3 Elasticidades

La elasticidad (Jou, Hensher, & Hs, 2011) en modelos de elección discreta, se define como la sensibilidad de la probabilidad (P_{iq}) de elegir una alternativa A_i respecto a una variación marginal en un

atributo X_{iq} . Matemáticamente, la elasticidad directa puntual viene dado:

$$E_{P_i, X_{iq}} = \frac{\partial P_{iq}}{\partial X_{iq}} * \frac{X_{iq}}{P_{iq}} \quad (5)$$

3. LOS DATOS E INSTRUMENTOS

Los datos utilizados en esta investigación provienen del uso de instrumentos de PR y PD aplicada a estudiantes, empleados y visitantes de la UFPSO entre los meses de febrero, marzo y abril del año 2013. Para obtener el consolidado de datos definitivos, se realizó un grupo focal para determinar las variables atractivas asociadas a los modos de transporte que se deseaban modelar, para seguidamente realizar una prueba piloto con los instrumentos preliminares que conllevaría a el diseño definitivo y aplicación de los instrumentos de PR y PD; con la información obtenida se logró caracterizar la población demandante y estimar los modelos de elección discreta.

Con el fin de obtener información sobre las preferencias y percepciones de los usuarios del TPU de las rutas que conducen hacia y desde el Campus de la UFPSO, se realizó un grupo focal para conocer los atributos más relevantes que tienen en consideración los usuarios al momento de efectuar su elección modal. El grupo focal es una de las técnicas más usadas para la recopilación de información, este consiste en una discusión diseñada tendiente a obtener percepciones sobre un área particular de interés (Krueger & Casey, 2009). Reviste de gran importancia la realización de un grupo focal previo a la aplicación de la encuesta, pues presenta una perspectiva inicial para el modelador acerca del fenómeno a estudiar y pone sobre la mesa puntos de vista de los encuestados que enriquecen el modelo.

De los resultados arrojados por el grupo focal, los atributos que los usuarios tienen en cuenta al momento de elegir el modo de transporte dentro del contexto urbano son: comodidad, frecuencia de despacho, tiempo de viaje y costo del pasaje.

Ejecutado el grupo focal, se procedió a diseñar los instrumentos de PR y PD preliminares para ejecutar la prueba piloto. Con el fin de obtener la máxima información posible a partir de una muestra representativa, se planteó un cuestionario dividido en dos partes, donde cada encuestado tenía la obligación de completar las dos partes de la encuesta. Si bien el método de PR permite conocer de los encuestados el comportamiento de elección (real) observado, las

opciones indicadas con el instrumento de PD proporciona a los encuestados la elección ante escenarios hipotéticos de elección y por lo tanto tiene la ventaja de costo-efectividad. Dentro de los instrumentos de PD la ortogonalidad del mismo se garantiza con el diseño factorial fraccional, de manera que es posible replicar cero correlaciones entre los atributos asociados a las alternativas, condicional ideal para la calibración de modelos lineales (Rose & Bliemer, 2009).

En definitiva, las preguntas planteadas en el instrumento PR fueron: género, edad, ocupación principal, motivo del viaje, lugar de origen del viaje, frecuencia del viaje, tiempo de acceso, modo de transporte utilizado y en caso de haber usado algún TPU el usuario debía responder 3 preguntas adicionales: costo del pasaje, el tiempo de viaje y si existió o no sobrecupo. Finalmente, se interrogó sobre los ingresos personales mensuales. Por otro lado, el cuestionario de PD enfrenta al usuario a diferentes escenarios de elección del modo de transporte (taxi colectivo, busetas y microbús), caracterizados por diferentes variables asociadas al nivel de servicio de cada modo: comodidad, frecuencia de despacho, tiempo de viaje y costo del pasaje.

La aplicación de la encuesta se realizó a través de dos medios: El primero consistió en el diligenciamiento de la encuesta mediante un aplicativo web y el segundo fue a través de entrevistas cara a cara (*face to face*). Ejecutada la prueba piloto, se realizaron ajustes a los instrumentos de PR y PD, que llevaron a su diseño definitivo. En total se obtuvieron 192 encuestas diligenciadas, de las cuales se extrajeron 55 que correspondían a individuos detectados como cautivos o lexicográficos (Saelensminde, 1998).

4. ESPECIFICACIÓN, ESTIMACIÓN Y RESULTADOS DEL MODELO

El modelo a estimar tendrá como fin determinar la utilidad sistemática o determinística que percibe el usuario en cada alternativa. Los modos a considerar fueron: taxi colectivo, buseta y microbús. La estructura general de la utilidad sistemática o determinística se presenta a continuación:

$$V_i = ASC_i + b_c.C + b_T.T + b_F.F + b_{Co}.Co \quad (6)$$

Donde los términos C , T , F y Co corresponden a las variables costo del pasaje (Pesos Colombiano - COP), tiempo de viaje (minutos), frecuencia de despacho (minutos) y comodidad (variable dummy que vale 1 si el usuario va sentado "0" en otro caso), asociada a

la alternativa i , respectivamente. El término ASC se refiere a la constante modal. Los parámetros β_k estimados son también conocidos como utilidades marginales.

La función de utilidad modal fue definida en términos de los principales atributos del nivel de servicio así como también de las características socioeconómicas de los individuos. Se lograron estimar utilidades marginales compuestas para variables socioeconómicas e interacciones entre las variables socio económicas y atributos inherentes al nivel de servicio (Espino, Román, & Ortúzar, 2006) (Guerrero, Cantillo, & Camargo, 2013). Se incluye la interacción de la variable “gen” (variable muda que vale 1 si la persona encuestada es de género masculino, 0 en otro caso) con la variable costo de viaje; también fue posible analizar la variable socioeconómica “Mott” (variable dummy que vale 1 si el motivo de viaje es trabajo, 0 en otro caso). Respecto al modo “taxi colectivo” es de aclarar que el valor de la variable comodidad para este caso siempre tomó el valor de 1, es decir, se garantizó en el experimento de PD que siempre se podría ir sentado en la alternativa “taxi colectivo” caso que no presentaba en la alternativas “buseta” y “microbús”, donde este atributo variaba entre 0 y 1 (ir parado o ir sentado, respectivamente).

Fueron estimados modelos tipo logit multinomial MNL, dicha aproximación supone que los términos de error se distribuyen idéntica e independientemente Gumbel. Adicionalmente se proponen el modelo logit jerárquico NL, ya que los modeladores consideraron correlación entre determinadas alternativas incluidas en un nido, presumiendo la existencia de un término de error adicional que sigue una distribución logística; no obstante, también fueron considerados varios modelos multinomiales que no fueron incluidos en el reporte final por no resultar significativos. Para todos los modelos estimados, fue evidente que el modo preferido por la población encuestada corresponde al taxi colectivo, ya que posee el valor más alto respecto a las constantes modales estimadas. La estimación de los modelos se muestra en la **Tabla 1**, donde se definieron los modos taxi colectivo, buseta y microbús como 1, 2 y 3, respectivamente. Puede notarse que se fijó en cero (0) la constante modal correspondiente al modo taxi colectivo. El MNL_1 contempla la estimación de un modelo con las variables básicas de servicio (costo, tiempo de viaje, frecuencia y comodidad), dicho modelo cuenta con la verosimilitud $l(?)$ más elevada con respecto a los demás modelos. El modelo MNL_2 se basa en una interacción entre la variable socioeconómica género (gen) con el costo del pasaje,

según los resultados de este modelo, el género masculino tiende a castigar de mayor forma el costo del pasaje, es decir, este tipo de individuos tienen menos propensión a elegir el taxi. En el modelo MNL_3 el signo positivo de la variable “mott” indica que quienes realizan viaje con motivo trabajo tienen mayor propensión a usar taxi.

Tabla 1. Estimación de resultados de los modelos

PARAMETRO	MNL_1	MNL_2	MNL_3	NL_1
ASC1	0	0	0	0
ASC2	-0,438 (-1,72)	-0,458 (-1,80)	-0,556 (-2,09)	-0,388 (-1,22)
ASC3	-0,0545 (-0,27)	-0,0641 (-0,32)	-0,157 (-0,74)	-0,0402 (-0,20)
Costo (c) (1,2,3)	-0,00351 (-7,24)	-0,00298 (-5,59)	-0,00356 (-7,31)	-0,00349 (-7,15)
Tiempo (t) (1,2,3)	-0,0928 (-6,52)	-0,0918 (-6,44)	-0,0906 (-6,34)	-0,092 (-6,38)
Frecuencia (f) (1,2,3)	-0,024 (-1,23)	-0,0243 (-1,25)	-0,0247 (-1,27)	-0,0241 (-1,25)
Comodidad (co) (1,2,3)	0,421 (3,81)	0,425 (3,85)	0,428 (3,86)	0,400 (3,00)
NESTA (1)	- -	- -	- -	1,00 -
NESTB (2,3)	- -	- -	- -	1,06 (4,29)
gen (1)	- -	- -	-0,306 (-2,49)	- -
mott (1)	- -	- -	0,471 (2,96)	- -
Costo (gen) (1,2,3)	- -	-0,00106 (-2,30)	- -	- -
?2	0,09	0,091	0,093	0,089
l (0)	-1354,589	-1354,589	-1354,589	-1354,589
l (?)	-1227,159	-1224,497	-1220,078	-1227,13
Observaciones	1233	1233	1233	1233

Como era de esperarse, la variable costo de viaje y el tiempo de viaje juegan un papel importante en la elección del modo (Ben-Akiva & Lerman, 1985). Los signos de todos los parámetros estimados son consistentes con la teoría microeconómica, de manera que la utilidad marginal de la variable comodidad es

positiva, en tanto que los atributos relacionados con el costo, el tiempo de viaje y la frecuencia, son negativos dado que representan pérdidas en las utilidades para los individuos. En general para todos los modelos, los test-t son estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95% excepto para la variable “frecuencia”, que a pesar de no ser estadísticamente significativa, presenta siempre el signo correcto, razón por la cual se decidió mantenerla (Ortúzar & Willumsen, 2011) en todos los modelos MNL. La variación sistemática del parámetro del costo respecto al género “Costo (gen)”, muestra que cuando el individuo es de género masculino es mayor el decrecimiento en la utilidad marginal del costo respecto a cuándo el individuo es de género femenino, en pocas palabras, las mujeres son más generosas al momento de pagar por un servicio, en este caso, el taxi colectivo.

Entretanto, el modelo NL_1 indica que efectivamente como se había pensado preliminarmente existe una correlación significativa entre los modos buseta y microbús, dados las características operativas del servicio que ofrecen. En general, aplicando los test de bondad de ajuste como el test-t y el LR, es evidente que el parámetro es significativamente igual a 1, por lo cual se prefiere el MNL.

4.1 Valoración de atributos

La calibración de modelos permite estimar las DP por mejoras marginales en los atributos, es decir, que tanto está dispuesto a pagar el usuario para que una variable asociada al nivel de servicio mejore o se implemente. Una de las disposiciones al pago más estudiadas es la relacionada con la estimación del VST, el cual consiste en encontrar la tasa marginal de sustitución entre el tiempo de viaje y el costo del pasaje. Para el cálculo del VST se puede expresar de la siguiente forma:

$$VST = \frac{b_T}{b_C} \quad (7)$$

Dónde: β_T = Utilidad marginal del tiempo de viaje.
 β_C = Utilidad marginal del costo de pasaje.

Fue posible la estimación de VST por modo y género los cuales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. VST por modo y género

	Modo			Género	
	Taxi colectivo	Buseta	Micr obús	Mascul ino	Femeni no
VST (COL\$/min)	38,3	29,8	33,6	22,7	30,8

Los valores de VST reportados indican una alta valoración del tiempo de viaje por parte de los usuarios del taxi colectivo, mientras que los usuarios del modo buseta alcanzan las valoraciones más bajas. En interesante ver como la valoración del tiempo es afectada por el género del usuario, encontrándose que los usuarios de género femenino tienen una mayor disposición a pagar por ahorros sustantivos de su tiempo de viaje.

De forma general, la DP por un bien o servicio se puede estimar de la siguiente manera:

$$DP = \frac{b_k}{b_C} \quad (8)$$

Dónde: β_k = Utilidad marginal de la variable k .
 β_C = Utilidad marginal del costo de pasaje.

Dado que para los modelos estimados se evidenció que la variable comodidad tenía significancia estadística, se estimó la DP del usuario por ir siempre sentado, encontrándose un valor de \$120.

4.2 Análisis de elasticidades

Para evaluar medidas de política a tomar en la modelación que sirvan para planificación, se analizaron elasticidades de la demanda para los distintos modos respecto a las variables asociadas al nivel de servicio: costo, tiempo de viaje y comodidad. De los valores presentados en la [Tabla 3](#) se destaca que la demanda de los tres modos es altamente sensible al costo del pasaje. Para los tres modos estudiados, la comodidad es el atributo que es menos sensible a los cambios porcentuales a realizar en las variables de servicio.

Tabla 3. Estimaciones de elasticidades

ELASTICIDAD/ MODO	TAXI COLECTIVO	BUSETA	MICROBÚS
Costo	1,1016	0,7141	0,9806
Tiempo de viaje	0,3512	0,4885	0,5220
Comodidad	-	0,0940	0,1018

4.3 Análisis de estrategias

Es posible realizar predicciones de demanda a partir de la implementación de estrategias que consideren reducciones y/o incrementos de algunos de los atributos de las alternativas. Las políticas contempladas consideran aumentos y reducciones en el costo del pasaje, en los tiempos de viaje. La respuesta de la demanda ante los posibles cambios

hechos mediante políticas se evalúa como cambio porcentual en la partición modal agregada de la alternativa j con respecto a la situación inicial (Román, Espino, & Martín, 2007):

$$\Delta P_j = \frac{P_j^1 - P_j^0}{P_j^0} \cdot 100 \quad (9)$$

Dónde: $?P_j$ (%) corresponde al porcentaje de cambio en la partición de mercado para el modo j con respecto a la situación inicial; P_j^0 es la partición de mercado inicial para el modo j ; P_j^1 es la partición de mercado para el modo j después de implementada la política. Los valores presentados en la **Tabla 4** hasta la **Tabla 8** muestran las predicciones utilizando después de aplicadas las políticas de incremento y reducción en el costo del pasaje y tiempo de viaje. El primer caso que se consideró (1) corresponde a la aplicación de cambios sobre el modo taxi colectivo; el segundo caso (2) corresponde a la aplicación de cambios sobre el modo buseta y finalmente el caso (3) en el cual se considera al modo microbús.

Tabla 4. Predicciones para el 20% de incremento en el costo del pasaje

Políticas/Modos	Taxi Colectivo	Buseta	Microbús
?P (%) (1)	21,61%	26,36%	52,04%
?P (%) (2)	44,69%	10,77%	44,54%
?P (%) (3)	50,98%	26,08%	22,94%

Tabla 5. Predicciones para el 20% de reducción en el costo del pasaje

Políticas/Modos	Taxi Colectivo	Buseta	Microbús
?P (%) (1)	62,27%	12,74%	24,99%
?P (%) (2)	33,34%	34,39%	32,27%
?P (%) (3)	27,33%	13,41%	59,26%

Tabla 6. Predicciones para el 20% de incremento en el tiempo de viaje

Políticas/Modos	Taxi Colectivo	Buseta	Microbús
?P (%) (1)	33,53%	22,34%	44,13%
?P (%) (2)	43,62%	13,19%	43,19%
?P (%) (3)	46,40%	23,33%	30,27%

Tabla 7. Predicciones para el 20% de reducción en el tiempo de viaje

Políticas/Modos	Taxi Colectivo	Buseta	Microbús
?P (%) (1)	47,26%	17,78%	34,96%
?P (%) (2)	35,36%	29,88%	34,76%
?P (%) (3)	33,28%	16,63%	50,09%

Tabla 8. Predicciones para garantizar comodidad

Políticas/Modos	Taxi Colectivo	Buseta	Microbús
?P (%) (2)	39,11%	21,99%	38,90%
?P (%) (3)	38,96%	19,35%	41,69%

Dado que uno de los objetivos del estudio es proponer estrategias de implementación ante la introducción de un servicio de transporte, se plantearon diferentes opciones con el fin de mantener un equilibrio de la demanda ante las alternativas estudiadas en esta investigación. Según lo expuesto anteriormente, el equilibrio en la partición de mercado está reflejado en la **Tabla 5** cuando se hace una reducción del 20% al costo del pasaje en el modo buseta (?P (%) (2)). Es evidente que cualquier política que intente mejorar las condiciones de servicio del taxi colectivo afecta de gran forma la partición de mercado en el modo buseta.

5. CONCLUSIONES

En esta investigación ha realizado un primer acercamiento a la modelación de elección modal en el contexto urbano de transporte público de pasajeros en el municipio de Ocaña, Colombia. Dado que no existen evidencias de trabajos previos de este tipo, este proyecto constituye un aporte a este campo investigativo y abre la puerta para próximas aplicaciones en el área del transporte.

Con respecto a la realización del grupo focal se debe destacar que es un método práctico cuando se requiere la opinión de individuos a cerca de un tema específico, en este caso hace relación a los atributos asociados al nivel de servicio que ofrece el sistema de TPU de las rutas que conducen de Ocaña a la UFPSO, con esta noción se logra tener un conocimiento inicial de las preferencias que las personas tienen en cuenta al momento de elegir en qué modo de transporte desplazarse.

Se diseñaron y aplicaron instrumentos de PR y PD a una muestra de 192 individuos, obteniendo información socioeconómica, características del último realizado y planteamiento de escenarios hipotéticos de elección. Con la información proporcionada por las encuestas PR y PD fue posible estimar modelos de elección discreta tipo MNL y NL, convirtiéndose estos instrumentos de gran utilidad y en evidencia para este tipo de investigaciones.

Fue posible la especificación, formulación y calibración de modelos tipo MNL y NL. Al evaluarlos y compararlos, se puede decir que el mejor

fue el MNL, en este se evidencia que el costo del pasaje, el tiempo de viaje y la comodidad son atributos relevantes que impactan en la decisión de la elección modal sobre el usuario; de hecho el modelo MNL muestra que existen percepciones asociadas a las características socioeconómicas del individuo como es la evidenciada presentada al incorporar la variable dummy motivo de viaje trabajo (mott) y la variación sistemática del parámetro costo con respecto al género (cgen), que para ambos casos arrojó valores significativos en los test de bondad de ajuste. Respecto a este tema se demostró las preferencias de las mujeres mostrando mayor aceptación por la alternativa que se desea implementar (taxi colectivo), al igual que las personas que tienen como motivo de su viaje el trabajo. Para todos los escenarios modelados, se destaca que el modo taxi tuvo gran aceptación para los usuarios. Aunque la variable frecuencia no fue significativa para un nivel de confianza del 95% (test $t > 1,95$) a criterio de los modeladores se decidió dejarla dentro del modelo, ya que según la teoría econométrica arrojó el signo esperado.

A partir de la estimación de las utilidades marginales presentadas en los modelos se realizaron valoraciones asociadas al VST por modo y la DP por mejoras en el nivel de servicio; ante la presentación de este hecho se pudo notar que existen diferencias de valoración entre los usuarios de los modos, siendo mayor en el taxi colectivo con \$38,3 por minuto. En lo que respecta a la disposición al pago por mejoras en el servicio los usuarios están dispuestos a pagar \$120 por viajar siempre sentados. Estos valores se convierten en referencias para otros posibles estudios donde se desee evaluar los VST dentro del contexto urbano.

El análisis de elasticidades a partir de los modelos de elección discreta arrojó la probabilidad de elección de los individuos frente a cualquiera de las alternativas planteadas. Las estimaciones muestran que la mayor elasticidad se obtiene con la variable costo de viaje en la alternativa taxi colectivo, arrojando un valor de 1,10%, en ella; el efecto de aumentos o disminuciones en el costo de viaje del modo taxi colectivo se verá reflejado con una disminución o un aumento de demanda respectivamente. Del anterior análisis se evidencia que la demanda podrá tener una variación del 1,10% según sea el caso de que el costo se aumente o se disminuya en un 1%.

Otra aplicación importante de los modelos calibrados consiste en la evaluación de estrategias y de esta manera predecir las particiones de mercado. Se probaron varias estrategias de implementación en las

cuales se aumentaba o disminuían los costos y tiempos de viaje asociadas a cada modo, hallándose que el equilibrio entre las alternativas asociadas se encuentran cuando se efectúa una reducción del 20% al costo del pasaje en el modo buseta; de esta manera las particiones de mercado serían 33,34% para el taxi colectivo, 34,39% para el modo buseta y finalmente 32,27% para el microbús.

REFERENCIAS

- Álvarez, J. E. (2011). *Aproximaciones econométricas para evaluar percepciones subjetivas en transporte público urbano*. Tesis de Maestría, Fundación Universidad del Norte, Barranquilla.
- Ben-Akiva, M., & Lerman, S. (1985). *Discrete choice analysis: Theory and application to travel demand*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Choo, S., & Mokhtarian, L. (2004). What type of vehicle do people drive? The role of attitude and lifestyle in influencing vehicle type choice. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(3), 201-222.
- Commins, N., & Nolan, A. (2011). The determinants of mode of transport to work in the Greater Dublin Area. *Transport Policy*, 18, 259-268.
- De Palma, A., & Rochat, D. (2000). Mode choices for trips to work in Geneva: an empirical analysis. *Journal of Transport Geography*, 8, 43-51.
- Espino, R., Román, C., & Ortúzar, J. d. (2006). Analysing demand for suburban trips: a mixed RP/SP model with latent variables and interaction effects. *Transportation*(33), 241-261.
- González, R. M., Martínez, E., & Esquivel, A. (2012). Contraste de las preferencias declaradas con preferencias reveladas. El caso de los alumnos de la Universidad de La Laguna ante implantación del tranvía. *Metodología de Encuestas*, 14, 65-80.
- Guerrero, T. E., Cantillo, V., & Camargo, S. (2013). Modelación de viajes interurbanos de pasajeros en sistemas intermodales de baja demanda. *Revista EIA*, 10(20), 101-110.
- Jara-Díaz, S., & Ortúzar, J. (1985). Valor subjetivo del tiempo y rol del ingreso en la especificación de la demanda de transporte. *Apuntes de ingeniería* 24, 5-36.
- Jou, R.-C., Hensher, D. A., & Hs, T.-L. (2011). Airport ground access mode choice behavior after the introduction of a new mode: A case study of Taoyuan International Airport in Taiwan. *Transportation Research Part E*, 47, 371-381.
- Krueger, R., & Casey, M. A. (2009). *Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research* (Cuarta

- ed.). Beverly Hills: California: SAGE Publications, Inc.
- Liu, G. (2007). A behavioral model of work-trip mode choice in Shanghai. *China Economic Review*, 18, 456-476.
- Ortúzar, J. d., & González, R. M. (2002). *Inter-Island travel demand response with discret choice models. Journal of Transport Economics and Policy, Volume 36, Part 1, pp 115-138.*
- Ortúzar, J. d., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport* (Cuarta ed.). Chichester: John Wiley and Sons.
- Prashker, J., Shiftan, Y., & Hershkovit, P. (2008). Residential choice location, gender and the commute trip to work in Tel Aviv. *Journal of Transport Geography*, 16, 332-341.
- Román, C., Espino, R., & Martín, R. (2007). *Competition of high-speed train with air transport: The case of Madrid-Barcelona. Journal of Air Transport Management* 13. Pag 277-284.
- Rose, J. M., & Bliemer, M. (2009). Constructing efficient stated choice experimental designs. *Transport Reviews*, 29, 587-617.
- Saelensminde, K. (1998). Causes and consequences of lexicographic choices in stated choice studies. *Working Paper, Institute of Transport Economics: Oslo.*
- Seddighi, H., & Theocharous, A. (2002). A model of tourism destination choice: a theoretical and empirical analysis. *Tourism Management*, 23, 475-487.