

# **INFLUENCIA DE LA PERCEPCIÓN DE SEGURIDAD EN LA ELECCIÓN ENTRE BRT Y MOTOTAXI**

Luis Márquez, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, [luis.marquez@uptc.edu.co](mailto:luis.marquez@uptc.edu.co)

Ricardo Pico, Universidad Pontificia Bolivariana, [ricardo.pico@upb.edu.co](mailto:ricardo.pico@upb.edu.co)

Víctor Cantillo, Universidad del Norte, [vcantill@uninorte.edu.co](mailto:vcantill@uninorte.edu.co)

## **RESUMEN**

El presente trabajo estudia la percepción de seguridad en un contexto de elección entre BRT y mototaxi. El análisis emplea un modelo híbrido estimado con datos de una encuesta de preferencias declaradas. Se encontró que las percepciones de seguridad y comodidad son determinantes en el proceso de elección entre BRT y mototaxi. Los resultados indican que la percepción de seguridad varía significativamente con la edad, el sexo, el ingreso y el nivel de estudios. Con base en la modelación se recomienda focalizar políticas de concienciación que intenten cambiar el comportamiento de ciertos grupos de usuarios.

*Palabras clave:* Percepción de seguridad, sistemas de transporte masivo, mototaxi

## **ABSTRACT**

This paper studies safety perception in a choice context between BRT and motorcycle taxi. A hybrid model estimated using data from a stated preference survey supported the analysis. It was found that perceptions of safety and comfort are crucial in the process of choosing between BRT and motorcycle taxi. The results show significant differences according safety perception regarding age, sex, income and level of education. In order to attempt to change the individual behavior, it is recommended focusing awareness policies on certain groups of users.

*Keywords:* Safety perception, BRT system, motorcycle taxi

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la mayoría de los países en vías de desarrollo, los sistemas de transporte masivo basados en autobuses, más comúnmente conocidos como los sistemas BRT (del inglés Bus Rapid Transit), han venido exhibiendo problemas que se ven reflejados en un bajo nivel de servicio a los usuarios, debido posiblemente a la poca capacidad institucional y la lentitud en los procesos regulatorios (Gómez-Lobo y J. Briones, 2014), lo que podría hacer que este tipo de sistemas pierda competitividad con respecto a otros modos de transporte disponibles en las ciudades.

En Colombia, las políticas nacionales de transporte urbano han logrado que se incremente el número de ciudades con sistemas BRT de 2 a 7 en los últimos años. En todos los casos, la evaluación económica de los proyectos ha previsto impactos positivos gracias a las reducciones en costos operativos, tiempos de viaje, emisiones de contaminantes atmosféricos y accidentes de tránsito (Hidalgo y Díaz, 2014). Sin embargo, en la práctica han sido identificados dos problemas fundamentales asociados con este tipo de sistemas: la dificultad de lograr su auto-sostenibilidad y la competencia con modos de transporte informales (Hidalgo y Díaz, 2014). A diferencia de Bogotá, donde los niveles de demanda del sistema han aumentado considerablemente (Hidalgo et al., 2013), en otras ciudades del país la competencia con modos de transporte no formales, como taxis colectivos y mototaxis, han puesto en evidencia la fragilidad financiera de los BRT.

Además del impacto sobre la sostenibilidad de los sistemas BRT, el uso de modos de transporte no formales, particularmente el uso del mototaxi, trae importantes consecuencias en el ámbito de la seguridad vial. En Colombia, los accidentes de tránsito se han convertido en la segunda causa de muerte violenta y la primera causa de muerte de los jóvenes menores de 30 años (Contraloría General de la República, 2012). Con respecto al riesgo de viajar en motocicleta, las cifras oficiales del año 2012 llaman la atención ya que entre 22,132 conductores accidentados, el 61.6% eran motociclistas y, en relación con los pasajeros, de 11,710 accidentados, el 44.5% se transportaban también en motocicleta. Asimismo, en casos de víctimas fatales, la motocicleta ocupó el primer lugar con el 15.33% (Moreno, 2012).

La importante participación de las motocicletas en la accidentalidad vial colombiana es un problema que ya había sido manifestado a nivel regional (Organización Panamericana de la Salud, 2009). El Informe sobre el estado de la seguridad vial en la región de las Américas estableció que en los últimos diez años las muertes relacionadas con motociclistas crecieron dramáticamente en América Latina: de 3,209 registradas en 1998, se pasó a 10,505 en el 2010, registrando un crecimiento del 227%. Uno de los datos que más llamó la atención de este estudio fue el hecho de que Colombia se ubicó como el país con la mayor tasa de mortalidad de motociclistas en América Latina, con 3.6 muertes por cada 100 mil habitantes, seguido por Brasil con 2.9, Paraguay con 2.5 y Suriname con 2.2.

En Colombia se evidencia una preocupación generalizada por definir e implementar lineamientos de política que impulsen y faciliten la coordinación institucional e intersectorial de acciones en seguridad vial (Ministerio de Transporte, 2014). Con respecto a las medidas sobre comportamiento humano el plan ha previsto un conjunto de acciones más bien generales, que podrían ser mejoradas si se modelan las variaciones de actitud de los individuos (Jakobsson et al., 2011; Johansson et al., 2006), incorporando además atributos del entorno del cual el individuo es parte (Dugundji et al., 2011).

En las últimas décadas se han desarrollado diferentes modelos y teorías para tratar de explicar las elecciones que realiza cada miembro de la sociedad cuando interviene en el sistema de transporte. Dichas teorías se ubican en dos campos principales: el microeconómico y el psicológico. En el campo microeconómico se han desarrollado los modelos de elección discreta, que se basan en la maximización de la utilidad aleatoria, siendo los modelos mixtos los de mayor flexibilidad. Los psicólogos, en cambio, han elaborado teorías del comportamiento más ajustadas a las decisiones reales pero de menor aplicación práctica. Los esfuerzos realizados por aproximar estos dos campos han dado como resultado la modelación híbrida.

Se considera que los modelos híbridos son superiores incluso a los modelos tradicionales de gran flexibilidad, como es el caso de los modelos mixtos, ya que estos últimos ignoran el efecto de las actitudes y percepciones subjetivas (Yáñez et al., 2010). La modelación híbrida ha sido utilizada con buenos resultados en distintos contextos de elección que han incorporado el efecto de variables latentes como la percepción de seguridad, siendo posible destacar, entre otros, el análisis de la aversión al riesgo en el comportamiento de viajeros (Tsirimpa et al., 2010), el efecto de la seguridad en la compra de vehículos (Daziano, 2012), las preocupaciones de los usuarios de tren (Daly et al., 2012), el análisis de variables latentes en la elección de ruta (Prato et al., 2012), el estudio de percepciones de comodidad y seguridad en el transporte fluvial (Márquez et al., 2014) y el efecto de la percepción de seguridad en la decisión de usar el celular mientras se conduce (Márquez et al., 2015).

Es importante resaltar como algunos estudios que han investigado políticas de transporte sin tomar en cuenta las percepciones de los usuarios han llegado a la conclusión que se debe analizar el comportamiento de los individuos para mejorar la gestión de dichas políticas (Cherry y Adelakun, 2012). En esta línea, han sido analizadas las percepciones de distintas clases de individuos con respecto a las políticas tomadas en materia de infraestructura (Wennberg et al., 2010) y en el uso de servicios de transporte público, encontrando que las percepciones de seguridad tienen un significativo efecto sobre el uso del servicio (Delbosch y Currie, 2012).

Así, en el marco de los modelos híbridos como herramienta de investigación y análisis de políticas de transporte, el presente trabajo estudia las percepciones de seguridad en el proceso de elección entre un sistema BRT y mototaxi.

## **2. METODOLOGÍA**

El trabajo de investigación se sustentó en la estimación simultánea de un modelo híbrido de elección y variables latentes, con base en datos provenientes de una encuesta de preferencias declaradas aplicada en la ciudad de Bucaramanga, dirigida a viajeros que eligen entre el sistema de transporte BRT de la ciudad y el servicio informal de mototaxi.

### **2.1. Contexto de elección**

Bucaramanga, capital del departamento de Santander, tiene la quinta economía más grande de Colombia y hace parte de las ocho ciudades más pobladas del país con 530,900 habitantes. Oficialmente, el área metropolitana de Bucaramanga comprende los municipios de Girón,

Piedecuesta y Floridablanca, que se encuentran ligados íntimamente con la ciudad capital gracias a su geografía y comercio. La población total de la zona metropolitana suma 1,276,329 habitantes.

La zona metropolitana de Bucaramanga cuenta con el sistema BRT METROLÍNEA, cuya construcción inició en 2006, inspirada en el éxito del sistema TRANSMILENIO de Bogotá. Su primera fase, que consta de 6 líneas, fue inaugurada a finales de 2009. A diferencia del sistema bogotano, METROLÍNEA no exhibe mayores problemas de hacinamiento en estaciones o buses, pues la situación actual indica que el sistema sirve menos del 50% de la demanda de transporte esperada. La cuota de mercado del servicio informal de mototaxi explica, en parte, la menor demanda del sistema BRT ya que, acuerdo con la administración del área metropolitana de Bucaramanga, los mototaxis movilizan cerca de 40 mil pasajeros diarios, que representan casi una cuarta parte de lo que transporta METROLÍNEA.

En 2014 METROLÍNEA tenía una tarifa de 1,750 COP (pesos colombianos), mientras que la tarifa de mototaxi ascendía a 2,000 COP, aunque al tratarse de un servicio informal, la tarifa bien podría ser acordada entre el usuario y el conductor de la motocicleta. Se observó que normalmente METROLÍNEA tiene un tiempo de viaje mayor si se compara con un viaje equivalente realizado en mototaxi. En general, se puede ver que el servicio de mototaxi es más rápido que el BRT pero ciertamente es más peligroso y probablemente sea menos cómodo.

Durante 2013 Bucaramanga registró una tasa de muertes en accidentes de tránsito de 15.38 por cada 100,000 habitantes, mientras que la tasa de heridos fue de 327.24. Estas tasas comparadas con el promedio nacional significan 1.17 veces más muertes y 3.68 veces más heridos. Al clasificar los accidentes por modo de transporte, los motociclistas de Bucaramanga ocupan el primer lugar con 44.28% de las muertes y 50.62% de las lesiones, mientras que los usuarios del transporte público en general se encuentran casi al final del escalafón con 11.38% de muertes y 2.43% de lesiones respectivamente (Vargas, 2013).

En este contexto, el experimento de elección se aplicó específicamente en aquellos paraderos del sistema METROLÍNEA que no contaban con control de acceso y que por lo tanto permitían a los usuarios esperar el servicio BRT o, finalmente, tomar la decisión de viajar en mototaxi. La Figura 1 brinda una idea de la manera como los usuarios acceden al servicio en dichos paraderos, evidenciando cómo al no existir control de acceso pueden desistir de usar el servicio regular, reduciendo así su tiempo de espera y eventualmente el tiempo de viaje.

## 2.2. Encuesta

Se diseñó y aplicó un instrumento de toma de información compuesto por tres partes principales: primero se identificó a cada uno de los individuos encuestados junto con sus atributos socioeconómicos, luego se formularon unas preguntas a manera de indicadores de percepción de seguridad y comodidad; finalmente se presentó el juego del experimento de elección con base en técnicas de preferencias declaradas.

La Tabla 1 muestra los indicadores utilizados, los cuales fueron relacionados *a priori* con cada una de las variables latentes de interés. Con base en las reuniones de grupo focal y a partir de los

ajustes propuestos después de la prueba piloto se encontró que estos indicadores eran apropiados para el contexto de elección estudiado.



Figura 1. Paraderos sin control de acceso en el sistema

Se empleó un diseño experimental de preferencias declaradas etiquetadas para dos alternativas, que fueron presentadas en condiciones similares a las que actualmente se tienen en la ciudad de Bucaramanga: usar el sistema BRT o usar el mototaxi. Cada alternativa se caracterizó con los atributos: tiempo de espera, tiempo de viaje y costo. Dado el contexto de elección en el que se llevó a cabo el experimento, no fue necesario considerar el tiempo de acceso de los usuarios, pues al estar ubicados en el sitio de parada dicho atributo dejaba de ser relevante en el proceso de elección.

Tabla 1. Indicadores de comodidad y seguridad

Variable	Indicador	Escala de calificación
Comodidad	I1-Probabilidad de saber cuánto será el tiempo de viaje	1:Poco probable 5:Muy probable
	I2-Comodidad en la silla	1:Poco cómodas 5:Muy cómodas
	I3-Amabilidad del conductor	1:Poco amable 5:Muy amable
Seguridad	I4-Respeto del conductor por las normas de tránsito	1:Poco respetuoso 5:Muy respetuoso
	I5-Probabilidad de ocurrencia de accidente	1:Muy probable 5:Poco probable
	I6-Probabilidad de resultar herido en caso de accidente	1:Muy probable 5:Poco probable

Para las variables asociadas con el tiempo de viaje, la encuesta proporcionó dos escenarios distintos: uno para los tiempos de viaje superiores a 30 minutos, y otro para los viajes más cortos, dependiendo de las declaraciones hechas por los individuos con respecto a su verdadero tiempo de viaje. La Tabla 2 muestra los niveles del diseño experimental para viajes largos, mientras que

la Tabla 3 contiene los tratamientos empleados en estudiar los efectos principales de los atributos experimentales en los viajes cortos.

En cada caso fueron considerados 9 tratamientos, en un diseño ortogonal basado en las diferencias de niveles de los atributos, obtenidos como resultado de los ajustes realizados a partir de una prueba piloto. Para hacer más creíble el experimento la tarifa del servicio METROLÍNEA se mantuvo fija, en tanto que la tarifa del mototaxi sí experimentó variaciones ya que al tratarse de un servicio de transporte informal los usuarios pueden pactar la tarifa al momento de acceder a dicho servicio.

Tabla 2. Niveles del diseño experimental para viajes largos

METROLÍNEA			Mototaxi		
Tiempo de espera (min)	Tiempo de viaje (min)	Tarifa (COP)	Tiempo de espera (min)	Tiempo de viaje (min)	Tarifa (COP)
15	40	1,750	5	35	2,000
6	45	1,750	1	40	2,250
15	40	1,750	15	35	2,500
15	35	1,750	15	27	2,000
20	35	1,750	10	25	2,500
6	45	1,750	1	35	2,000
18	35	1,750	8	27	2,250
15	45	1,750	15	35	2,250
6	45	1,750	1	37	2,500

Tabla 3. Niveles del diseño experimental para viajes cortos

METROLÍNEA			Mototaxi		
Tiempo de espera (min)	Tiempo de viaje (min)	Tarifa (COP)	Tiempo de espera (min)	Tiempo de viaje (min)	Tarifa (COP)
6	25	1,750	1	23	2,000
15	25	1,750	5	23	2,250
15	25	1,750	15	23	2,500
15	20	1,750	15	16	2,000
6	15	1,750	1	9	2,500
20	15	1,750	10	9	2,000
6	20	1,750	1	16	2,250
15	15	1,750	15	9	2,250
18	20	1,750	8	16	2,500

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Y LOS INDICADORES

La encuesta examinó las opiniones de 236 individuos seleccionados sistemáticamente entre los usuarios que llegaban a algunas paradas del sistema que no contaban con control de acceso. La Figura 2 muestra la distribución de los principales atributos socioeconómicos de los individuos.

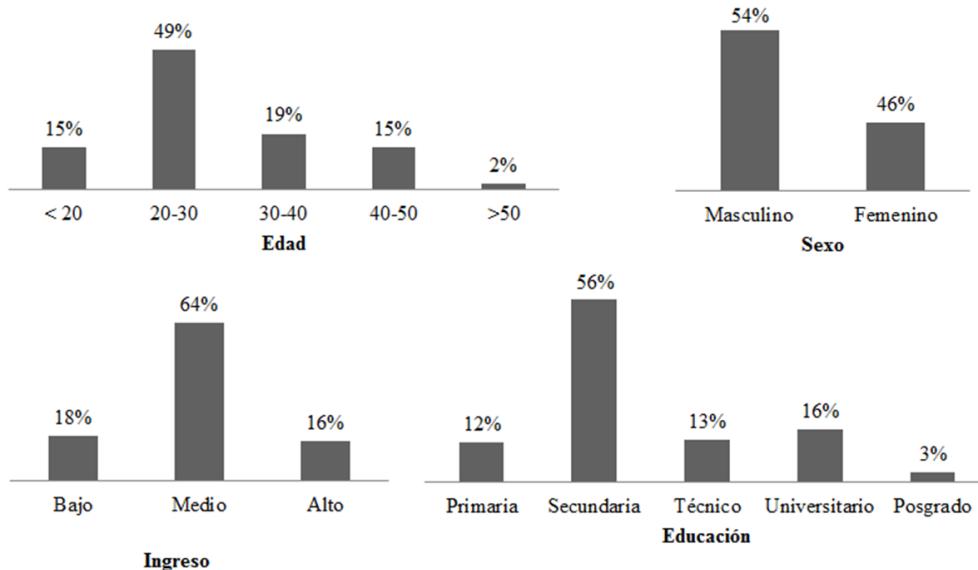


Figura 2. Distribución de los atributos socioeconómicos de la muestra

Los encuestados reportaron un promedio de edad de 28 años, en un rango de variación entre 17 y 64 años de edad. La distribución por nivel de estudios indicó que el 56% había alcanzado el nivel de educación secundaria, mientras que el 19% ya contaba con estudios universitarios. Aunque no fueron encuestados menores de 17 años se encontró una proporción importante de personas que sólo contaban con educación primaria.

En cuanto al sexo, la muestra quedó conformada por 54% de mujeres y 46% de hombres. La distribución de los encuestados por nivel de ingresos fue la siguiente: 16% de alto ingreso, 64% de ingreso medio, y 18% de ingreso bajo. En general, la distribución de los atributos socioeconómicos representó aceptablemente las distribuciones observadas en la población del área metropolitana de Bucaramanga.

Como se ve en la Figura 3, en la que 5 es la mejor calificación, los individuos reconocieron que el servicio de mototaxi era menos seguro que el de BRT. Esto salta a la vista comoquiera que el 47% de los encuestados indica que es “muy probable” el riesgo de accidentarse en mototaxi. De la misma manera, el 78% de ellos indica que es “muy probable” resultar herido en caso de accidente en mototaxi. Estas calificaciones son consistentes con la manera como se evaluó el indicador I4-Respeto por las normas de tránsito, donde el servicio de mototaxi resulta peor calificado. No obstante, cuando se califica la calidad del servicio parece ser mejor el mototaxi en términos de una mayor posibilidad de estimar cuánto tardará el viaje y un mejor trato por parte del conductor.

#### 4. ESPECIFICACIÓN DEL MODELO

La búsqueda de los coeficientes significativos partió de la especificación del modelo híbrido de elección y variables latentes mostrado en la Figura 4, que contiene el diagrama del modelo completo, en el que tanto los parámetros de escala ( $\alpha$ ) como los del modelo de elección ( $\beta$ ) fueron especificados en forma genérica. Dadas las relaciones establecidas *a priori* entre las variables

latentes específicas de cada modo y sus correspondientes indicadores de seguridad y comodidad, esta fue la especificación más completa que se utilizó.

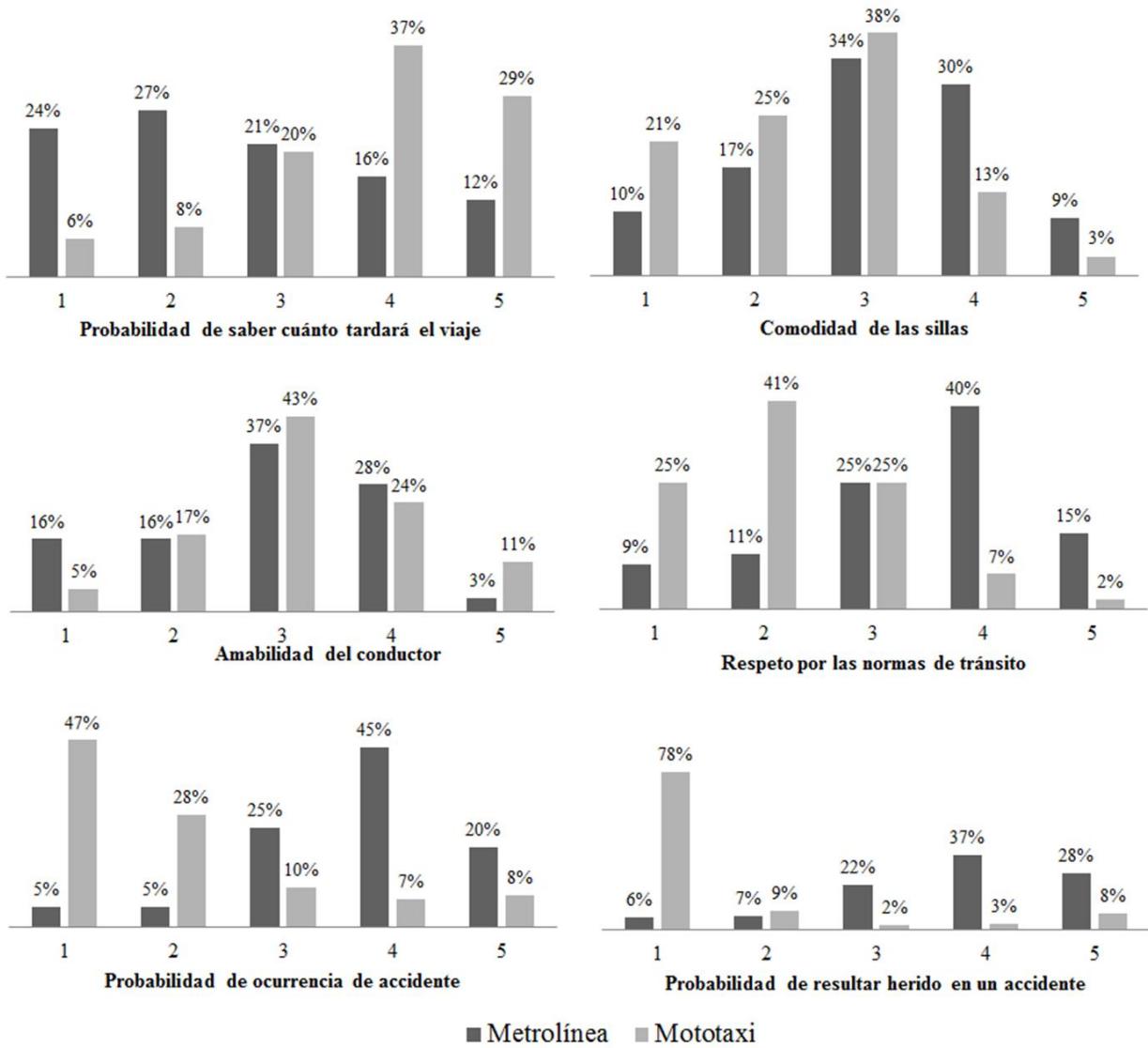


Figura 3. Calificación de los indicadores

Las convenciones adoptadas en la Figura 4 representan los constructos no observables mediante elipses, mientras que las variables observables son representadas por rectángulos. Las flechas punteadas representan las mediciones necesarias para cuantificar y caracterizar los constructos latentes, entre ellos la utilidad de cada alternativa. Las flechas continuas vinculan variables causales observables con las variables latentes y relacionan también a las variables latentes estudiadas con las utilidades de cada modo, que fueron observadas mediante las elecciones de los individuos.

Como lo sugiere la Figura 4, los enlaces previstos son finalmente los parámetros a estimar. De esta manera, el modelo integrado de elección y variables latentes quedó especificado por un total de 84 parámetros a estimar: 6 parámetros  $\beta$  en el modelo de elección, 6 parámetros de escala  $\alpha$  en

el modelo de medición, 24 parámetros  $\lambda$  en el modelo estructural y 48 umbrales  $\tau$  en el modelo de medición.

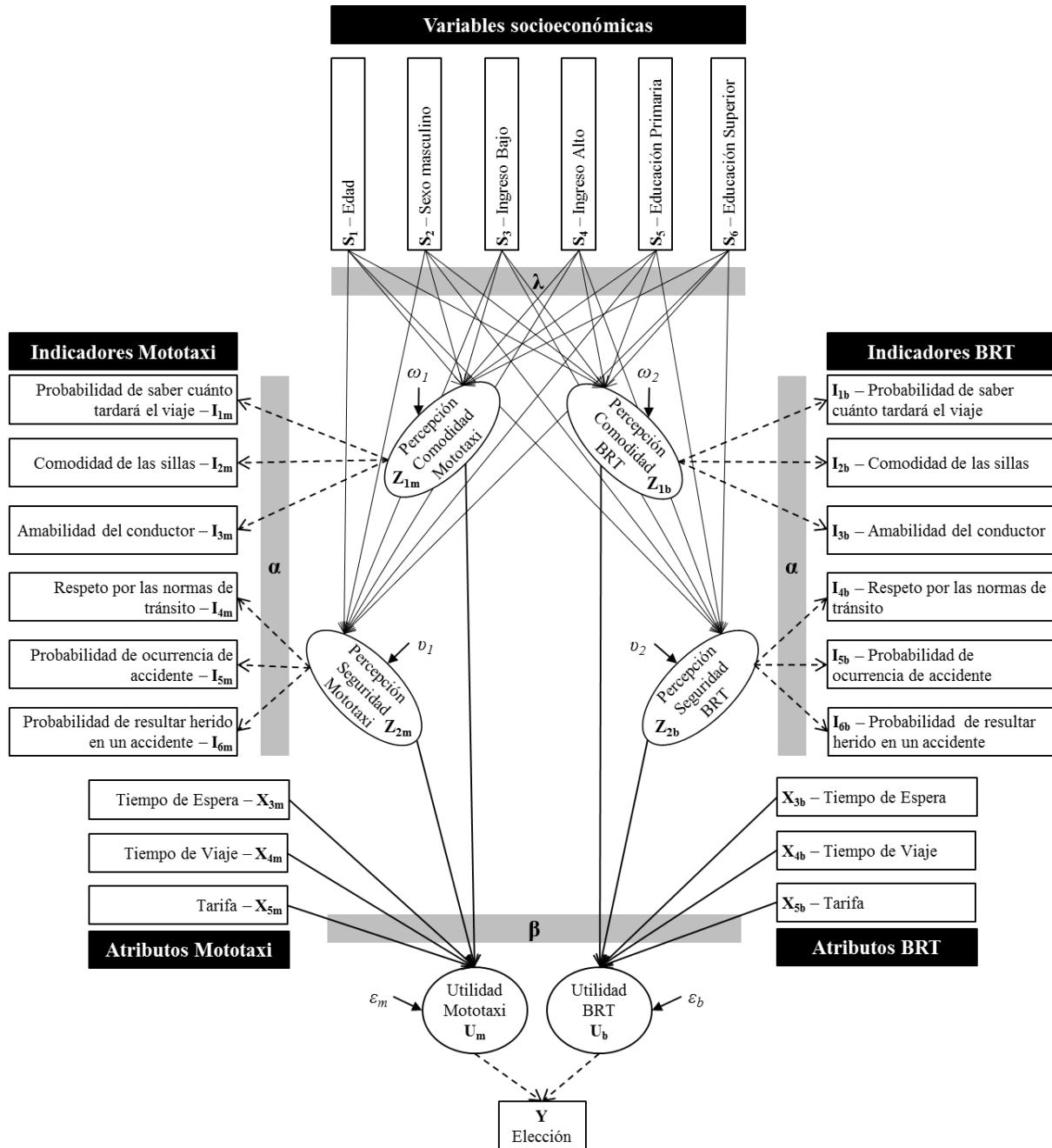


Figura 4. Diagrama del modelo completo

#### 4.1. Ecuaciones estructurales

El modelo de variables latentes quedó integrado por 4 ecuaciones estructurales, una por cada variable latente considerada, tal como se muestra a continuación:

$$Z_{1m} = \lambda_{11m}S_1 + \lambda_{21m}S_2 + \lambda_{31m}S_3 + \lambda_{41m}S_4 + \lambda_{51m}S_5 + \lambda_{61m}S_6 + \omega_1, \quad \omega_1 \sim N(0, \sigma_{\omega_1}^2) \quad (1)$$

$$Z_{1b} = \lambda_{11b}S_1 + \lambda_{21b}S_2 + \lambda_{31b}S_3 + \lambda_{41b}S_4 + \lambda_{51b}S_5 + \lambda_{61b}S_6 + \omega_2, \quad \omega_2 \sim N(0, \sigma_{\omega_2}^2) \quad (2)$$

$$Z_{2m} = \lambda_{12m}S_1 + \lambda_{12m}S_2 + \lambda_{13m}S_3 + \lambda_{14m}S_4 + \lambda_{15m}S_5 + \lambda_{16m}S_6 + v_1, \quad v_1 \sim N(0, \sigma_{v_1}^2) \quad (3)$$

$$Z_{2b} = \lambda_{12b}S_1 + \lambda_{12b}S_2 + \lambda_{13b}S_3 + \lambda_{14b}S_4 + \lambda_{15b}S_5 + \lambda_{16b}S_6 + v_2, \quad v_2 \sim N(0, \sigma_{v_2}^2) \quad (4)$$

Por problemas de identificación, todas las desviaciones estándar  $\sigma_{\omega_1}, \sigma_{\omega_2}, \sigma_{v_1}$  y  $\sigma_{v_2}$  fueron fijadas en 1.

La especificación de la utilidad en el modelo de elección se hizo a partir de las diferencias de los atributos, tal como se indica:

$$U_m = V_m + \varepsilon_m, \quad \varepsilon_m \sim \text{IID Gumbel}(0, \sigma_{\varepsilon_m}^2) \quad (5)$$

$$U_b = V_b + \varepsilon_b, \quad \varepsilon_b \sim \text{IID Gumbel}(0, \sigma_{\varepsilon_b}^2) \quad (6)$$

$$U_m - U_b = V_m - V_b + \varepsilon_m - \varepsilon_b, \quad \varepsilon_m - \varepsilon_b \sim \text{IID Gumbel}(0, \sigma_{\varepsilon_m - \varepsilon_b}^2) \quad (7)$$

Donde,

$$V_m = \beta_1 Z_{1m} + \beta_2 Z_{2m} + \beta_3 X_{3m} + \beta_5 X_{5m} + \beta_5 X_{5m} \quad (8)$$

$$V_b = \beta_1 Z_{1b} + \beta_2 Z_{2b} + \beta_3 X_{3b} + \beta_5 X_{5b} + \beta_5 X_{5b} \quad (9)$$

También por problemas de identificación, el parámetro de escala del modelo logit binario se fijó en 1.

## 4.2. Ecuaciones de medición

Tal como se indicó en la Tabla 1 y en la Figura 4, fueron empleados 12 indicadores específicos:

- 3 indicadores de la percepción de comodidad de motocicleta ( $I_{i1m}, i \in \{1,2,3\}$ )
- 3 indicadores de la percepción de seguridad de motocicleta ( $I_{i2m}, i \in \{1,2,3\}$ )
- 3 indicadores de la percepción de comodidad del BRT ( $I_{i1b}, i \in \{4,5,6\}$ )
- 3 indicadores de la percepción de seguridad del BRT ( $I_{i2b}, i \in \{4,5,6\}$ )

En todos los casos, las ecuaciones de medición fueron especificadas mediante modelos de tipo logit ordinal, así:

$$P(I_{i1m} = k) = 1/(1 + e^{-(\tau_{i1mk} - \alpha_i z_{1m})}) - 1/(1 + e^{-(\tau_{i1mk-1} - \alpha_i z_{1m})}) \quad (10)$$

$$P(I_{i2m} = k) = 1/(1 + e^{-(\tau_{i2mk} - \alpha_i z_{2m})}) - 1/(1 + e^{-(\tau_{i2mk-1} - \alpha_i z_{2m})}) \quad (11)$$

$$P(I_{i1b} = k) = 1/(1 + e^{-(\tau_{i1bk} - \alpha_i z_{1b})}) - 1/(1 + e^{-(\tau_{i1bk-1} - \alpha_i z_{1b})}) \quad (12)$$

$$P(I_{i2b} = k) = 1/(1 + e^{-(\tau_{i2bk} - \alpha_i z_{2b})}) - 1/(1 + e^{-(\tau_{i2bk-1} - \alpha_i z_{2b})}) \quad (13)$$

Donde  $P(I_{i1m} = k)$ ,  $P(I_{i2m} = k)$ ,  $P(I_{i1b} = k)$  y  $P(I_{i2b} = k)$  son las probabilidades de observar  $k, k \in \{1,2,3,4,5\}$  y  $\tau_{i1mk}, \tau_{i2mk}, \tau_{i1bk}$  y  $\tau_{i2bk}$  son los umbrales a ser estimados, siendo iguales a  $-\infty$  cuando  $k = 0$  e iguales a  $+\infty$  cuando  $k = 5$ . En este caso también fue necesario fijar el parámetro de escala de los modelos ordinales en 1.

La estimación del modelo se hizo por máxima verosimilitud simulada, mediante la adaptación de un código computacional originalmente escrito por Arellana (2012).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 4 contiene los coeficientes estimados del modelo híbrido de elección y variables latentes, junto con los coeficientes estimados de un modelo logit de referencia. En ambos casos se tuvo en cuenta el efecto panel de las observaciones.

La primera parte de la Tabla 4 presenta los coeficientes estimados de los dos modelos y muestra entre paréntesis el estadístico  $t$  que permite evaluar la significancia de cada coeficiente. La segunda parte de la tabla muestra los principales indicadores de ajuste, tales como la log-verosimilitud en convergencia y el test razón de verosimilitud.

Tabla 4. Parámetros estimados del modelo de elección

Parámetro	Notación	Estimaciones de los modelos	
		Modelo híbrido	Modelo de referencia
Percepción de comodidad	$\beta_1$	0.34034 (-1.61)	
Percepción de seguridad	$\beta_2$	0.51770 (-3.27)	
Tiempo de espera	$\beta_3$	-0.26895 (-17.15)	-0.24926 (-15.16)
Tiempo de viaje	$\beta_4$	-0.20786 (-7.45)	-0.18320 (-7.79)
Tarifa	$\beta_5$	-0.003795 (-12.64)	-0.003510 (-11.69)
Constante específica de BRT	$Asc_b$	0.069012 (0.222)	0.51681 (-2.14)
BONDAD DE AJUSTE DE LOS MODELOS			
Test razón de verosimilitud	$LR$	577.82	553,44
Log-verosimilitud en convergencia	$l(\beta)$	-1,140.67	-1,152.86
Log-verosimilitud inicial	$l(0)$	-1,429.58	-1,429.58
Parámetros estimados	$k$	6	4
Número de observaciones	$n$	2,124	2,124

Como se esperaba, la log-verosimilitud del modelo híbrido de elección y variables latentes resultó ser mejor, lo que se explica por la inclusión de las variables latentes en sí mismas y por los términos de error asociados a ellas. Este resultado es consistente con el cambio que se produjo sobre el tamaño y la significancia de la constante específica que, como se ve, resultó ser mucho más pequeña y menos significativa en el caso del modelo híbrido, aunque mantuvo su signo.

Al examinar los signos de los coeficientes estimados se encuentra que todos ellos son consistentes con el efecto esperado en el proceso de elección. El signo positivo de las variables latentes indica que a medida que aumenta la percepción de seguridad y/o de comodidad de un modo en particular, se produce un incremento en la utilidad percibida de dicho modo, lo que hace que se incremente su probabilidad de elección. La misma consistencia se observó en los coeficientes de los atributos modales, ya que 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 la alternativa BRT, insinúa que si los atributos de las dos alternativas fueran iguales, los usuarios encontrarían más atractiva la alternativa de viajar en BRT debido a su mayor utilidad. Ese comportamiento se manifestó tanto en el modelo híbrido como en el modelo de referencia, aunque como se había dicho anteriormente, en el caso del modelo híbrido de elección y variables latentes, la constante modal dejó de ser significativa.

Si bien la percepción de comodidad fue significativa al 10,45%, la primera implicación importante de los resultados encontrados es que las percepciones de seguridad y comodidad son determinantes en el proceso de elección entre BRT y mototaxi en Bucaramanga. Conviene aclarar que, dado el diseño del experimento, las percepciones de comodidad están referidas específicamente a la confiabilidad del servicio (I1-Probabilidad de saber cuánto tardará el viaje), al confort del viaje (I2-Comodidad de las sillas) y a la atención recibida (I3-Amabilidad del conductor).

Del mismo modo, las percepciones de seguridad están representadas únicamente por la conducta del conductor (I4-Respeto por las normas de tránsito), riesgo de accidente (I5-Probabilidad de ocurrencia de accidente) y riesgo de lesión (I6-Probabilidad de resultar herido en un accidente). También se considera necesario advertir que, como el experimento se aplicó a usuarios ubicados en paraderos sin control de acceso, los resultados aquí encontrados no tomaron en cuenta el tiempo de acceso desde el origen del viaje y por lo tanto no serían válidos para ese otro contexto, donde eventualmente el tiempo de acceso podría llegar a ser determinante.

La tasa marginal de sustitución entre el tiempo de viaje y el costo, es decir el valor subjetivo del tiempo de viaje, resultó ser consistente con los resultados obtenidos en estudios anteriores. En el caso del modelo híbrido el valor del tiempo de ubicó en 54.77 COP/min, mientras que en el modelo de referencia, dicha valoración fue de 52.19 COP/min. En ambos casos las valoraciones fueron cercanas a las que habían sido reportadas en estudios previos (ver por ejemplo la Tabla 2 de Márquez, 2013) y se evidencia en este caso que la valoración del tiempo de viaje no fue influenciada por la incorporación de las variables latentes en el modelo.

La Tabla 5 muestra los coeficientes de los modelos estructurales junto con el estadístico *t* entre paréntesis. Se encontró que varios enlaces entre las variables socioeconómicas y las variables latentes, que habían sido especificados en el modelo completo, no resultaron significativos. Por ejemplo, el nivel de educación universitario, que había sido incluido como una variable muda, no resultó significativo en ninguna de las especificaciones probadas, lo que significa que dichos individuos no perciben de manera diferente la comodidad y la seguridad, en comparación con los individuos de nivel de educación medio, que fue la categoría tomada como referencia.

Tabla 5. Coeficientes estimados de los modelos estructurales

Variable latente	Parámetro	Notación	Estimación
Comodidad del Mototaxi	Ingreso bajo	$\lambda_{31m}$	0.30910 ( 1.39)
	Ingreso alto	$\lambda_{41m}$	-1.0315 (-3.78)
Seguridad del Mototaxi	Ingreso alto	$\lambda_{42m}$	-0.20941 (-1.34)
	Educación primaria	$\lambda_{52m}$	0.26890 ( 1.39)
Comodidad del BRT	Edad	$\lambda_{11b}$	0.01518 ( 1.52)
	Sexo masculino	$\lambda_{21b}$	0.44655 ( 2.23)
Seguridad del BRT	Edad	$\lambda_{12b}$	0.020046 ( 2.79)
	Sexo masculino	$\lambda_{22b}$	0.23428 ( 1.62)
	Ingreso bajo	$\lambda_{32b}$	-0.34485 (-1.72)

Los coeficientes del modelo estructural indicaron que, tomando como referencia los individuos de ingreso medio, aquellos que obtienen menores ingresos perciben una mayor comodidad del mototaxi, mientras que las personas que devengan más ingresos encuentran menos cómodo dicho servicio informal. Este resultado se considera razonable, pues de acuerdo con el conocimiento que se tiene del contexto estudiado se había visto que los mayores usuarios del mototaxi son personas de bajos ingresos.

El modelo estructural mostró que las personas de mayor edad encuentran más cómodo el servicio de BRT, lo que parece lógico desde la perspectiva de la comodidad de las sillas, pues en la medida que aumenta la edad de la persona es razonable que valore más la comodidad al interior del bus. Aunque el efecto del sexo sobre la percepción de comodidad del BRT no fue tan fácil de interpretar, el hecho es que el modelo estructural mostró que los individuos de sexo masculino encuentran más cómodo el servicio de BRT. No se encontraron referentes al respecto que permitieran ampliar la discusión.

En cuanto a las percepciones de seguridad, los resultados del modelo estructural son reveladores. Lo primero que se observó es que las personas de mayores ingresos encuentran menos seguro el servicio informal de mototaxi, mientras que los individuos de menor nivel educativo perciben que el servicio de mototaxi es más seguro, en comparación con los individuos de nivel de educación medio que se tomaron como referencia. Este hallazgo permitiría a las autoridades focalizar una política de concientización acerca del riesgo inherente al uso del mototaxi, que podría llegar a ser más efectiva si se dirige a personas de ingresos medios y bajos, lo mismo que a individuos con nivel de educación bajo.

En el caso de la percepción de seguridad del servicio de BRT, que es objetivamente un servicio seguro, el modelo estructural mostró que la percepción de seguridad aumenta con la edad,

situación que es perfectamente justificable ya que normalmente personas mayores están dispuestas a asumir menores riesgos; en cambio, personas de menor ingreso sienten que el servicio de BRT es menos seguro. Nuevamente, en el diseño de políticas públicas de concienciación acerca de los riesgos del servicio de transporte urbano en la ciudad, las autoridades podrían focalizar sus esfuerzos hacia las personas de menores ingresos para hacerles ver las bondades del servicio de BRT en cuanto a la mayor seguridad que ofrece y de esta manera tratar de incrementar su cuota de mercado.

Con respecto a las principales variables que inciden en las percepciones de seguridad del servicio, los resultados encontrados son consistentes con los hallazgos de Rundmo *et al.* (2011), Byrnes *et al.* (1999), Boholm (1998), Davidson y Freudenburg (1996), quienes habían mostrado diferencias significativas en las percepciones de seguridad por sexo, edad y nivel de educación. En forma adicional, el presente estudio encontró diferencias significativas en la percepción de seguridad por nivel de ingreso.

La Tabla 6 muestra los coeficientes estimados de los modelos de medición. En primer lugar son mostrados los parámetros de escala de cada indicador, en el presente caso especificados en forma genérica para las dos alternativas estudiadas, y luego se presentan en orden los umbrales correspondientes, primero los umbrales de los modelos de medición del mototaxi y luego los umbrales de los modelos de medición de BRT.

Tabla 6. Coeficientes estimados de los modelos de medición

Variable	Comodidad			Seguridad		
Indicador $i$	1	2	3	4	5	6
PARÁMETROS DE ESCALA						
Notación	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$	$\alpha_6$
Estimado	0.96536 (5.02)	0.89371 (5.09)	1.1177 (5.31)	0.71091 (6.42)	5.2228 (1.82)	1.7271 (7.24)
UMBRALES MOTOTAXI						
$\tau_{i1m1}$	-0.79940 (-2.29)	-1.3880 (-4.08)	-1.2794 (-3.12)	-1.8675 (-6.87)	-6.2117 (-1.95)	-2.7212 (-5.27)
$\tau_{i1m2}$	0.60631 (1.71)	-0.17906 (-0.55)	-0.14431 (-0.37)	-0.86358 (-3.71)	-3.6683 (-1.79)	-1.6114 (-3.46)
$\tau_{i1m3}$	1.6847 (4.41)	1.4578 (4.18)	1.7713 (4.09)	0.53855 (2.40)	1.0613 (0.73)	0.28475 (0.64)
$\tau_{i1m4}$	2.8736 (6.68)	3.3871 (7.82)	4.2397 (7.37)	2.4560 (8.81)	7.7027 (1.86)	2.3269 (4.76)
UMBRALES BRT						
$\tau_{i1b1}$	-3.3313 (-7.36)	-1.7390 (-4.99)	-3.7668 (-6.87)	-1.2205 (-7.04)	-0.36100 (-0.58)	1.8905 (6.37)
$\tau_{i1b2}$	-2.3694 (-5.97)	-0.38057 (-1.17)	-1.8496 (-4.18)	0.72753 (4.57)	3.9895 (1.95)	2.7985 (7.93)
$\tau_{i1b3}$	-1.0267 (-2.88)	1.6988 (4.80)	0.56576 (1.43)	2.5283 (10.23)	6.2061 (2.00)	3.0877 (8.24)
$\tau_{i1b4}$	0.88998 (2.51)	3.6774 (7.34)	2.3863 (5.49)	4.0863 (8.81)	8.3129 (2.01)	3.5116 (8.56)

Los coeficientes estimados para los umbrales resultaron ser consistentes con el comportamiento esperado, dado que para cada conjunto de umbrales en particular se encontraron valores ordenados de menor a mayor, lo que es requerido para la correcta evaluación del modelo logit ordinal. Además, dado que los umbrales varían en el dominio de los números reales, estadísticamente alguno de ellos podría ser igual a 0, lo que justifica la presencia de algunos coeficientes no significativos. Solamente en el caso del indicador 5-Probabilidad de ocurrencia de accidente, se encontró un comportamiento no deseado, pues como se ve en el caso del mototaxi, ninguno de los 4 umbrales obtenidos resultó significativo al 5%. En todos los demás casos se encontró significancia estadística.

Los signos positivos de los parámetros de escala son correctos tal como se deduce de las ecuaciones 10 a 13. Todos los coeficientes dieron significativos al 1%, excepto el parámetro asociado con la probabilidad de ocurrencia de accidente, cuya significancia fue de 6.85%. Como los indicadores son endógenos al proceso de elección no se considera necesario ampliar la discusión sobre ellos.

## **6. CONCLUSIONES**

El presente trabajo estudió la percepción de seguridad en un contexto de elección entre BRT y mototaxi, en la ciudad de Bucaramanga (Colombia). Se encontró que las percepciones de seguridad varían con la edad, el sexo, el ingreso y el nivel educativo. Los resultados son concluyentes en el sentido que las personas con mayores ingresos encuentran menos seguro el servicio informal de mototaxi, en contraste con las personas de menor nivel educativo que perciben que dicho servicio es más seguro.

En cuanto al servicio del BRT, se evidenció que personas de mayor edad perciben que el servicio es más seguro, en tanto que personas con menor nivel de ingreso sienten que dicho servicio es menos seguro. Asimismo, se encontró evidencia que los hombres perciben una mayor seguridad del BRT que las mujeres, lo que implica que la percepción de los hombres se aproxima más a la evaluación objetiva del menor riesgo asociado a dicha alternativa.

La metodología empleada podría ser utilizada en otros contextos donde se presente competencia entre el BRT y servicios informales como el mototaxi o el motocarro, como ocurre en el caso particular de Barranquilla (Colombia). Antes de replicar el estudio es recomendable efectuar una prueba piloto para determinar si los indicadores y niveles utilizados son adecuados a ese nuevo contexto de elección.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a Volvo Research and Educational Foundations (VREF). EP-2013-01-SVG-2015-01.

## **REFERENCIAS**

- Arellana, J. (2012) **Modelos de elección de hora de inicio de viajes**, Tesis doctoral, Santiago, Chile: Pontificia Universidad de Chile.
- Boholm, A. (1998) Comparative studies of risk perception: a review of twenty years of research. **Journal of Risk Research**, 1, 2, 135-163.
- Byrnes, J. P., Miller, D. C. y Schafer, W. D. (1999) Gender differences in risk taking: a meta-analysis. **Psychological Bulletin**, 125, 3, 364-383.
- Contraloría General de la República (2012) **Seguimiento a los resultados de la política pública de Seguridad Vial en Colombia**. Bogotá.
- Cherry, C. R. y Adelakun, A. A. (2012) Truck driver perceptions and preferences: Congestion and conflict, managed lanes, and tolls. **Transport Policy**, 24, 1-9.
- Daly, A., Hess, S., Patruni, B., Potoglou, D. y Rohr, C. (2012) Using ordered attitudinal indicators in a latent variable choice model: a study of the impact of security on rail travel behaviour. **Transportation**, 39, 267-297.
- Davidson, D. J., Freudenburg, W. R. (1996) Gender and environmental risk concerns: a review and analysis of available research. **Environment and Behavior**, 28, 302-339.
- Daziano, R. A. (2012) Taking account of the role of safety on vehicle choice using a new generation of discrete choice models. **Safety Science**, 50, 1, 103-112.
- Delbosc, A. y Currie, G. (2012) Modelling the causes and impacts of personal safety perceptions on public transport ridership. **Transport Policy**, 24, 302-309.
- Dugundji, E. R., Páez, A., Arentze, T. A. y Walker, J. L. (2011) Transportation and social interactions. **Transportation Research Part A**, 45, 239-247.
- Gómez-Lobo, A. y Briones, J. (2014) Incentives in Bus Concession Contracts: A Review of Several Experiences in Latin America. **Transport Reviews**, 34, 246-265.
- Hidalgo, D. y Díaz, R. (2014) Advancing Urban Mobility with National Programs: A Review of Colombia's National Urban Transport Policy. **Transportation Research Board 93rd Annual Meeting**, January 2014, Washington DC, USA, 12-16.
- Hidalgo, D., Pereira, L., Estupiñán, N. y Jiménez, P. L. (2013) TransMilenio BRT system in Bogota, high performance and positive impact – Main results of an ex-post evaluation. **Research in Transportation Economics**, 39, 133-138.
- Jakobsson, C., Gamble, A., Gärling, T., Hagman, O., Polk, M., Ettema, D., Friman, M. y Olsson, L. (2011) Subjective well-being related to satisfaction with daily travel. **Transportation**, 38, 1, 1-15.

Johansson, M. V., Heldt, T. y Johansson, P. (2006) The effects of attitudes and personality traits on mode choice. **Transportation Research Part A**, 40, 6, 507-525.

Márquez, L. (2013) 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**, 78, 45-72

Márquez, L., Cantillo V. y Arellana, J. (2014) How are comfort and safety perceived by inland waterway transport passengers? **Transport Policy**, 36, 46-52.

Márquez, L., Cantillo V. y Arellana, J. (2015) Mobile phone use while driving: A hybrid modeling approach. **Accident Analysis & Prevention**, 78, 73-80.

Ministerio de Transporte (2014) **Plan Nacional de Seguridad Vial Colombia 2013 – 2021**. Bogotá.

Moreno, S. L. (2012) **Muertes y lesiones por accidentes de transporte, Colombia, 2012**. Grupo Centro de Referencia Nacional sobre Violencia, Bogotá: Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses.

Organización Panamericana de la Salud (2009). **Informe sobre el estado de la seguridad vial en la región de las Américas**. Washington, DC.

Prato, C., Bekhor, S. y Pronello, C. (2012) Latent variables and route choice behaviour. **Transportation**, 39, 299-319.

Rundmo, T., Nordfjærn, T., Iversen, H. H., Oltedal, S. y Jørgensen, S. H. (2011) The role of risk perception and other risk-related judgments in transportation mode use. **Safety Science**, 49, 226-235.

Tsirimpa, A., Polydoropoulou, A. y Constantinos, A. (2010) Development of a Latent Variable Model to Capture the Impact of Risk Aversion on Travelers' Switching Behavior. **Journal of Choice Modelling**, 3, 1, 127-148.

Vargas, D. A. (2014) **Comportamiento de muertes y lesiones por accidente de transporte, Colombia, 2013**. Bogotá: Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, 56 p.

Wennberg, H., Hydén, C. y Ståhl, A. (2010) Barrier-free outdoor environments: Older peoples' perceptions before and after implementation of legislative directives. **Transport Policy**, 17, 464-474.

Yáñez, M. F., Raveau, S. y Ortúzar, J. D. (2010) Inclusion of latent variables in Mixed Logit models: Modelling and forecasting. **Transportation Research Part A**, 44, 744-753.