

# **El transporte urbano en cable incluyendo variables latentes**

## **- Caso Medellín – Colombia-**

**Laura Inés Agudelo Vélez**

Docente, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, Colombia  
e-mail:liagudel@unal.edu.co

**Ángela Beatriz Mejía Gutiérrez**

Docente, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, Colombia  
e-mail:abmejia@unal.edu.co

**Iván Reinaldo Sarmiento Ordosgoitia**

Docente, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, Colombia  
e-mail:irsarmie@unal.edu.co

**Jorge Eliecer Córdoba Maquilón**

Docente, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, Colombia  
e-mail:jecordob@unal.edu.co

Área temática: Transporte público urbano

### **RESUMEN**

Las líneas de cable (K y J) del Sistema de Transporte Masivo de la Región Metropolitana del Valle de Aburrá (RMVA), se encuentran localizadas en las comunas del nororiente y del occidente de la ciudad de Medellín. La línea K en las comunas 1 y 2, el cual es un sector consolidado de la ciudad, localizado sobre cuencas pequeñas con origen en la parte alta de la ladera nororiental y que terminan en la parte baja sobre el río Aburrá. Estas comunas se conformaron a partir de la época de violencia de los años 50, con ingreso de personas por la autopista norte.

Por su parte, las comunas 13 y 7, de la línea J, son un lugar poblado más recientemente a partir de los desplazamientos producto de la violencia de los años 90. El asentamiento de viviendas se realiza sobre las laderas de la cuenca de la quebrada la Iguaná, que a diferencia de las cuencas del costado oriental es grande, inestable y alargada. Los habitantes de esta comuna provienen predominantemente del Urabá Antioqueño y del norte del departamento de Antioquia.

El modelo de crecimiento adoptado por los planificadores de la ciudad permite la expansión hacia las laderas, donde los precios del suelo son menores que al interior de la misma, pero la red de servicios públicos es deficitaria al igual que el servicio de transporte público. La densificación de la zona y el crecimiento espontáneo han llevado a la insatisfacción de las necesidades de transporte por el escaso y precario trazado de vías, además de la dificultad de construcción de infraestructura vial a causa de la topografía de la ladera, estas y otras condiciones han llevado a la construcción de las líneas de cable, articuladas al sistema Metro.

Los sistemas de cable por lo limitado de su cobertura y por sus características, no alcanzan a cubrir la totalidad de las necesidades propias de la vida cotidiana de la población. Se trata de un sistema complementario para el funcionamiento de estos sectores, sólo atiende las necesidades de desplazamiento de una parte de la población, aquella cuyo origen y destino

se encuentra cercano a las estaciones del sistema, es complementario a los sistemas tradicionales terrestres que ofrecen el abastecimiento de insumos, servicios públicos domiciliarios, servicios de salud, entre otros.

La investigación inicialmente aborda una contextualización de los sistemas de cable, en segundo lugar se realiza el análisis de sus impactos en términos de movilidad y los impactos sociales. Los primeros se estudian desde el análisis cuantitativo de las encuestas origen destino 2000 y 2005, donde se identifican cambios de modo de transporte y cambios en la accesibilidad desde las comunas en estudio hacia el RMVA. Los impactos sociales se estudian a partir de las percepciones (variables latentes) medidas con encuestas de Preferencias Declaradas (PD) y Grupos Focales, a partir de cuyo análisis se analizan los cambios en el acceso a las oportunidades, en la calidad de vida y en la inclusión social. Finalmente, y a partir del análisis anterior se caracteriza la explicación de los cambios en una función de utilidad, resultado de un modelo de elección discreta el cual además del valor del tiempo ayuda en la definición de políticas de transporte.

## **1. CONTEXTUALIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE METROCABLE DESDE LA INGENIERÍA DEL TRANSPORTE**

Medellín hace parte de la Región Metropolitana del Valle de Aburrá (RMVA), la cual se encuentra conformada por 10 municipios, que de sur a norte son: Caldas, La Estrella, Sabaneta, Itagüí, Envigado, Medellín, Bello, Copacabana, Girardota, Barbosa y las subregiones vecinas. La RMVA cuenta con una extensión total 184 km<sup>2</sup> de área urbana y 965 km<sup>2</sup> de área rural, donde se asientan 3.312.000 habitantes. Estos municipios se agruparon administrativamente en la entidad Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), excepto Envigado, el cual decidió no hacer parte de tal entidad.

El Metro cuenta con tres líneas:

La línea A tiene una longitud de 23.2 kilómetros, recorre longitudinalmente el Valle de Aburrá desde Niquía, municipio de Bello, en el Norte, hasta el municipio de Itagüí, en el Sur. La mayor parte del recorrido de la Línea A se hace paralelo al río Medellín, separándose de éste en la estación Caribe, para atravesar el centro de la ciudad y hasta el puente de Argos, donde vuelve a acompañar a esta arteria fluvial. Cuenta con un total de 19 estaciones: Niquía, Bello, Madera, Acevedo (transferencia al Metrocable), Tricentenario, Caribe (transferencia a la línea C de enlace), Universidad, Hospital, Prado, Parque Berrío, San Antonio (en esta se realiza el intercambio con la línea B), Alpujarra, Exposiciones, Industriales, El Poblado, Aguacatala, Ayurá, Envigado e Itagüí.

La línea B tiene 5.6 kilómetros de longitud, seis estaciones elevadas y una en el extremo que es a nivel. Va desde San Javier, en el occidente, hasta el centro de Medellín, en el cruce de las calles Bolívar con Maturín, en la estación San Antonio. Cuenta con un total de 7 estaciones: San Javier, Santa Lucía, Floresta, Estadio, Suramericana (transferencia a la línea C de enlace), Cisneros y San Antonio (estación central de transferencia a la línea A).

La duración del viaje completo, entre las estaciones Niquía e Itagüí, es de aproximadamente 38 minutos y, de 10 minutos en los recorridos entre las estaciones de San Antonio y San Javier (AMVA; 2002). El sistema se ilustra en la Figura 1.

**Adicional al sistema Metro se cuenta con tres líneas de cable:**

**La línea K** recorre 2 kilómetros en el nororiente de la ciudad, en las comunas 1 y 2. Está conectada al sistema Metro en la estación Acevedo y los usuarios pueden hacer transferencia sin pagar un valor adicional. Las estaciones de la línea K son Andalucía, Popular y Santo Domingo.

**La línea J** recorre 2.9 kilómetros en el Occidente de Medellín, en las comunas 13 y 7. Está conectada al sistema Metro en la estación San Javier y los usuarios pueden hacer transferencia sin pagar un valor adicional. Las estaciones de la línea J son Juan XXIII, Vallejuelos y La Aurora.

**La Línea L** recorre 4.6 kilómetros y permite acceder al parque ecoturístico ARVI. Está conectada físicamente al Metro en la estación de transferencia en Santo Domingo y va hasta la vereda El Tambo del corregimiento de Santa Elena, donde se encuentra la segunda y última estación. Esta es la primera línea turística del Metro, para acceder a ella debe adquirirse un tiquete adicional en la estación Santo Domingo, lo que implica que no hay integración tarifaria con el Metro.



**Figura 1. Líneas del Metro y Metrocable de la ciudad de Medellín.** (Fuente: [www.metrodeMedellin.gov.co](http://www.metrodeMedellin.gov.co) (izquierda) Elaboración propia adaptado de Google Earth (derecha)).

## 2. INFORMACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DE LAS LÍNEAS DE METROCABLE EN MEDELLÍN.

### 2.1 Características técnicas de las tres líneas de cable existentes en la ciudad de Medellín.

En la Tabla 1 se presenta una descripción en paralelo de las tres líneas de cable. El estudio se enfocará únicamente en las líneas K y J, la línea L se considera de manera informativa y no se analiza con relación a las otras dos por tratarse de una línea turística exclusivamente. Ver Figura 1.

	LÍNEA K	LÍNEA J	LÍNEA L
Fecha inicio de construcción	Abril 11 de de 2003	Octubre 26 de 2006	Octubre 22 de 2008
Fecha inicio de operación	Agosto 7 de 2004	Marzo 3 de 2008	Febrero 10 de 2010
Plazo de ejecución de la obra	14 meses	15 meses	10 meses
Longitud del Trazado	2.072m	2.782m	4.469m
Número de pilonas	20	31	25
Velocidad comercial del sistema	5 m/s	5 m/s	6 m/s
Número de estaciones	4	4	2
Núm. cabinas (cap.10 usuarios c/u)	93	119	27
Capacidad instalada	3000 pasajeros/hora	3000 pasajeros/hora	1200 pasajeros/hora
Frecuencia	12s	11.5s	65s
Valor estimado en pesos	68,350 millones	100,000 millones	44,500 millones
Aportes por entidades	Municipio 55% Metro 45%	Municipio 73% Metro 27%	Municipio 38% Gobernación 17% Min Tte 9% Corp. Arví 2% Metro 34%

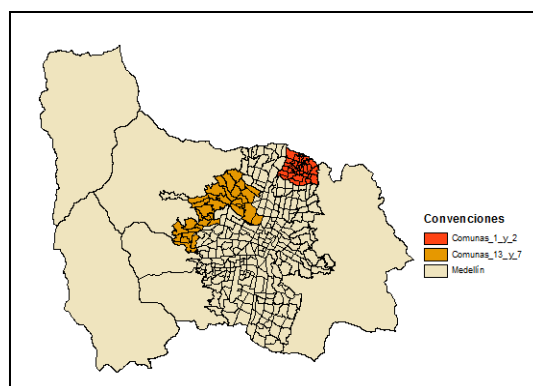
**Tabla 1. Características de las líneas K, J y L de Metrocable.** (Fuente: Elaboración propia)

### 3. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

#### 3.1 Descripción de la zona de estudio y de los modos de transporte allí disponibles.

El municipio de Medellín se encuentra dividido en 16 comunas y 5 corregimientos. La zona de estudio está conformada por las comunas 1 y 2 y 13 y 7, las cuales se presentan en la

Figura 2 dentro del contexto municipal tanto urbano como rural. La zona de influencia de la línea K tiene 23 barrios, con cerca de 230 mil habitantes, distribuidos así: 12 para la comuna 1 (129.806 hab.) y 11 para la 2 (99.381 hab.). En el caso de la zona de influencia de la línea J se tiene un total de 37 barrios con cerca de 315 mil habitantes, distribuidos de la siguiente manera: 24 para la comuna 7 (181.970 hab.) y 20 para la 13 (134.365 hab.).



**Figura 2. Zonas de estudio en el contexto urbano y rural del municipio de Medellín.**

(Fuente: Elaboración propia a partir de Shapefile de las zonas SIT del Área Metropolitana del Valle de Aburrá).

### 3.2 Descripción de viajes (Encuesta Origen Destino (EOD) 2005)

Se tomaron los resultados de la EOD 2005, y se procesaron para analizar los resultados de las Comunas 1 y 2 de la ciudad de Medellín, para determinar la zona de influencia de la Línea K. De igual manera se procedió para las comunas 13 y 7, para determinar la zona de influencia de la línea J. En la Tabla 2 se presenta el comparativo de los viajes realizados en las dos zonas de estudio (comunas 1 y 2 y Comunas 13 y 7), y distribuidos por modo contra el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Comparativo reparto modal de viajes año 2005 Área Metropolitana y Comunas 1, 2, 13 y 7						
Modo Transporte	# viajes comunas 13 y 7	%	# viajes comunas 1 y 2	%	AMVA	%
Transporte público en buses	175,720	37.91	90,070	32.30	1,593,000	31.63
Metro	40,971	8.84	51,587	18.50	376,000	7.47
Taxi	34,881	7.53	10,586	3.80	570,000	11.32
Automóvil	38,578	8.32	5,069	1.82	597,500	11.86
Avión	130	0.03	40	0.01	10,000	0.20
Transporte escolar	19,331	4.17	3,449	1.24	200,000	3.97
Moto	22,475	4.85	9,570	3.43	228,200	4.53
Bicicleta	2,950	0.64	1,542	0.55	45,100	0.90
A pie	128,445	27.71	106,981	38.36	1,416,300	28.12
<b>Total</b>	<b>463,480</b>	<b>100.00</b>	<b>278,894</b>	<b>100.00</b>	<b>5,036,100</b>	<b>100.00</b>

**Tabla 2. Comparativo de reparto modal de viajes entre zona de estudio y AMVA - año 2005.** (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la EOD 2005 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá).

**Línea K.** Los habitantes de las Comunas 1 (129,806) y 2 (99,381), según la EOD 2005, realizan un total de 278,894 viajes diariamente, los cuales equivalen al 5.5% de los 5'036,100 viajes reportados en el AMVA para un día hábil en el año 2005. De la Tabla 2, se observa que el modo predominante para las comunas 1 y 2 es A pie con un 38.4% del total de los viajes de las comunas, seguido del Bus con un 31.7% y finalmente el Metro con un 18.5%. Estos tres modos representan el 88.6% del total de los viajes de las dos comunas, los demás modos poseen porcentajes inferiores al 5% y entre todos alcanzan el 11.4% restante.

**Línea J.** Los habitantes de las Comunas 13 (134,365) y 7 (181,970), según la EOD 2005, realizan un total de 463,480 viajes diariamente, los cuales equivalen al 9.2% de los 5'036,100 viajes reportados en el AMVA para un día hábil en el año 2005. De la Tabla 2, se observa que el modo predominante para las comunas 13 y 7 es Bus con un 37.22% del total de los viajes de las comunas, seguido del modo A pie con un 27.71% y finalmente el Metro con un 8.84%. Estos tres modos representan el 73.77% del total de los viajes de las dos comunas, los demás modos poseen porcentajes inferiores al 7% y entre todos alcanzan el 26.23% restante. Es importante tener en cuenta que cuando se hizo la encuesta en el 2005, aún no funcionaba la línea J, que entró en operación durante el 2008.

## 4. ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL SISTEMA DE CABLE AÉREO

Para identificar y analizar el impacto del sistema de cable aéreo en las personas del área de influencia se clasifica la población en usuarios (usuarios de cable) y no usuarios (usuarios de bus) y por medio de encuestas, efectuadas a cada uno de los grupos, se pretende determinar la accesibilidad en términos de tiempo, e identificar variables cualitativas que permitan bosquejar la situación de viajes antes y después de la implementación del sistema, con el fin de encontrar motivos que conllevan al uso o no del mismo.

### 4.1 Metodología para la recopilación de información primaria

Se hace un acercamiento cualitativo para identificar los cambios ocurridos en la movilidad y las implicaciones en términos de accesibilidad. Los cambios se plantean en función de tres variables dependientes: impedancia en acceder al sistema, cambios en el acceso a las oportunidades y cambios en el poder adquisitivo familiar o individual. Con dos variables independientes: Género y edad. Previo a la elaboración del formato de encuesta de preferencias declaradas (PD) y con el fin de identificar las variables a considerar dentro del cuestionario, y que den cuenta del sentir de los habitantes de la zona y permitan generar un modelo de viajes y de decisión acorde con las características propias de cada zona, se procede con la elaboración de grupos focales con personas de la zona de influencia de cada una de las dos líneas de cable. Se identifican variables cuantitativas tiempo (de acceso, de espera y de viaje) y Costo (tarifa) y cualitativas comodidad y seguridad.

### 4.2. Diseño de la encuesta de Preferencias Declaradas (PD)

Se realizaron 4 grupos focales 2 por cada línea de cable: adultos mayores de 25 años con responsabilidades familiares y jóvenes entre 15 y 25 años que viven en la zona de estudio. A partir de la información tomada de los grupos focales se definen las variables a incluir dentro de los formularios de Preferencias Declaradas (PD), como son tiempo y costo (variables cuantitativas) y seguridad y comodidad (Variables latentes). Con el fin de evaluar las variables latentes se desarrollan preguntas que permitan construir cada variable e involucrarla en el modelo de transporte y en la función de utilidad. Para la calificación de estas variables se utiliza una escala de 1 a 7, tipo Likert. En este caso se estudiarán las variables latentes Seguridad y Comodidad. El diseño de las PD se hace de acuerdo con Kocur et al. (1982), para el caso de este estudio se obtuvo el plan Master 3, el cual representa la generación de 9 casos de elección, combinando los modos con las alternativas para cada uno.

	Encuestas ejecutadas línea J		Encuestas ejecutadas línea K	
	Metrocable	Buses	Metrocable	Buses
	21 Prueba piloto	21 Prueba piloto	21 Prueba piloto	21 Prueba piloto
	66 Enc. Definitiva	79 Enc. Definitiva	92 Enc. definitiva	71 Enc. definitiva
<b>Total</b>	<b>67</b>	<b>100</b>	<b>113</b>	<b>92</b>

**Tabla 3. Relación de encuestas de PD realizadas.** (Fuente: Elaboración propia.)

### 4.3. Aspectos metodológicos para la incorporación de variables latentes

**VARIABLES LATENTES PARA EL CASO DE ESTUDIO: SEGURIDAD (S), COMODIDAD (C); MODOS: Cable y Bus**

**Indicadores de Seguridad (S):**

$I_{SRA}$ : indicador de seguridad en cuanto a robo o atraco;  $I_{SFP}$ : Indicador de seguridad en cuanto a presencia de fuerza pública en el modo;  $I_{SIF}$ : Indicador de seguridad en cuanto a la vulnerabilidad en la integridad física al interior del modo de transporte.

**Indicadores de Comodidad (C):**

$I_{CSD}$ : Indicador de comodidad en cuanto a la suavidad en el desplazamiento del modo;  $I_{CCA}$ : Indicador de comodidad en cuanto a la cercanía y facilidad para acceder al modo de transporte desde el origen;  $I_{CAD}$ : Indicador de comodidad en cuanto a encontrar asiento disponible en el modo;  $I_{CIP}$ : Indicador de comodidad en cuanto a la existencia de indicaciones de cómo comportarse y prohibiciones al interior del modo.

**Indicadores según modo:** A cada uno de los indicadores definidos para las variables latentes seguridad y comodidad se les adiciona un subíndice para indicar si se miden en el Cable (C) o en el bus (B), por ejemplo:  $I_{SRAC}$ : Indicador de seguridad en cuanto a robo o atraco en el cable;  $I_{SRAB}$ : Indicador de seguridad en cuanto a robo o atraco en el bus.

### 4.4. Resultados Modelos de Elección Discreta (MED)

Para los diferentes modelos elaborados se evaluaron los valores de TEST-t de cada variable, que para el caso de obtener variables significativas deberán ser mayores a 1.96. Se plantean ecuaciones de utilidad para cada alternativa modal posible, como se muestra a continuación:

$$\text{Bus: } \beta_c * C_b + \beta_{Ta} * T_{ab} + \beta_{Te} * T_{eb} + \beta_{Tv} * T_{vb} \quad (1)$$

$$\text{Cable: } ASC_{\text{cable}} + \beta_c * C_c + \beta_{Ta} * T_{ac} + \beta_{Te} * T_{ec} + \beta_{Tv} * T_{vc} \quad (2)$$

$$\text{Cable+R. I. : } ASC_{\text{Cable+integrada}} + \beta_c * C_{cri} + \beta_{Ta} * T_{acri} + \beta_{Te} * T_{ecri} + \beta_{Tv} * T_{vcri} \quad (3)$$

Donde:

$C_i$  es la tarifa o costo (C) por usar el modo ( $i= b$ : Bus,  $c$ : Cable,  $cri$ : cable mas ruta integrada)

$T_{ai}$  es el tiempo de acceso al modo ( $i= b$ : Bus,  $c$ : Cable,  $cri$ : cable mas ruta integrada)

$T_{ei}$  es el tiempo de espera del modo ( $i= b$ : Bus,  $c$ : Cable,  $cri$ : cable mas ruta integrada)

$T_{vi}$  es el tiempo de viaje en el modo ( $i= b$ : Bus,  $c$ : Cable,  $cri$ : cable mas ruta integrada)

$ASC_{\text{bus}}$ ,  $ASC_{\text{cable}}$  y  $ASC_{\text{cable+integrada}}$  son constantes modales que dan idea de la atractividad de un modo respecto al que se ha tomado como referencia que es el bus, para el cual la constante se fija en cero.

Los parámetros  $\beta$ , son los parámetros de cada una de los tipos de variables: Costo, Tiempos de acceso, espera y viaje a bordo de un vehículo. Para el caso de los parámetros  $\beta$  se espera un signo negativo que indica una desutilidad en términos de invertir tiempo y dinero para un viaje ya sea en bus o en cable.

Reemplazando los valores obtenidos para los parámetros y las constantes en cada una de las ecuaciones se obtienen la utilidad y la probabilidad de elección del modo, las cuales se presentan en la Tabla 4.

	variable	valor	Prob. elección comunas 13 y 7 datos bus	Prob. elección comuna 13 y 7 datos cable	Prob. elección comuna 13 y 7 datos bus +cable	Prob. elección comuna 1 y 2 datos bus	Prob. elección comunas 1 y 2 datos cable	Prob. elección comuna 1 y 2 datos bus +cable
BUS	C (\$)	3.000	38.5%	7.7%	27.8%	26.3%	10.1%	16.6%
	Ta (min)	7,5						
	Te (min)	15						
	Tv (min)	50						
CABLE	C (\$)	1.900	40.9%	68.9%	50.6%	57.4%	66.8%	62.9%
	Ta (min)	35						
	Te (min)	17,5						
	Tv (min)	30						
CABLE +RI	C (\$)	2.100	20.6%	23.4%	21.6%	16.3%	23.1%	20.5%
	Ta (min)	22,5						
	Te (min)	35						
	Tv (min)	45						

Prob. Probabilidad, Ta: Tiempo de acceso, Te: Tiempo de espera, Tv: Tiempo de viaje, C: costo

**Tabla 4. Probabilidad de elección del modo para líneas J y K** (Fuente: Elaboración propia)

Los resultados de la Tabla 4 muestran que de acuerdo a la probabilidad de elección de los usuarios el sistema Metrocable de la línea K tiene mayor consolidación en la utilización del modo que el de la línea J. Al observar los datos conjuntos de bus y cable tanto en la línea K como en la línea J hay mayor probabilidad de elegir cable en la zona K (62.9%) que en la zona J (50.6%). Esto se debe, entre otras cosas, a que la antigüedad del sistema en la línea K es mayor que la de la línea J; al igual que la intervención urbanística es mayor y por otro lado en la línea J las condiciones de orden público son más desfavorables. Sin embargo, ninguno de esos dos porcentajes (63% y 51%) pueden llegar a hacerse realidad en todas las comunas del área de influencia, debido a la capacidad de los cables respecto a las poblaciones que desean viajar en cada zona. Esto muestra que habría que hacer una operación de restar al potencial de demanda la capacidad del sistema, y ese remanente asignárselo al modo bus, pues el cable no es capaz de llevarlo, aunque una parte de los usuarios lo desee.

En todos los casos la probabilidad de elegir cable es mayor que la de elegir bus. Aquí se muestra cómo los usuarios buscan disminuir el valor pagado por tarifa para llegar a su destino, tal y como se manifestó en los grupos focales donde los tiempos de acceso y espera representan el aporte del usuario al costo del viaje, (incluyendo el valor de la tarifa más el valor del tiempo). Lo cual puede vincularse con el valor subjetivo del tiempo que se obtiene en el siguiente numeral.

#### 4.4.1. Valor Subjetivo del Tiempo (VST)

El VST se obtiene con la relación:  $\beta_t/\beta_c$ . Para los habitantes de la zona de influencia de la línea J del Metrocable (comunas 13 y 7) el VST es de: **VST = \$46 / minuto**. Por su parte para la línea K (comunas 1 y 2) se tiene un valor de: **VST = \$42 / minuto**. Esto es equivalente a \$2.520/hora, \$20.160/día, \$604.800/mes. Estos valores son muy cercanos a



los de un Salario Mínimo Mensual Vigente (SMLV): \$2.497/hora, \$19.973/día, \$599.200/mes (incluyendo el subsidio de transporte).

La mayoría de los viajes encuestados son por motivo trabajo o estudio. De los grupos focales se concluye que se tiene una baja resistencia a elegir el modo Metrocable independiente del tiempo de caminata, con tal de ahorrar en el costo del viaje.

*Algunos testimonios son: “Yo voy así porque así me sale más favorable, porque si yo me pagara los dos pasajes en el metrocable me saldría en tres mil cien (3.100), en cambio así me sale en mil novecientos (1.900).* Robeiro trabajador de la construcción

*“Lo que pasa es que uno camina según el bolsillo que uno tenga, porque si usted lo puede pagar lo paga, pero si no lo puede pagar camina, una hora y hasta más. Si está lloviendo uno usa el paraguas, llueva, truene o relampaguee hay que caminar”* William (grupo Adultos línea K).

#### 4.4.2. Modelos de múltiples indicadores múltiples causas (MIMIC)

En la Tabla 5 se presentan los resultados de los parámetros de los indicadores de variables latentes que resultan del modelo MIMIC para los datos tomados en bus en la zona de la línea J.

VARIABLE EXOGENA-INDICADOR	VARIABLE LATENTE	PARÁMETRO	TEST-t
EDA (EDAD)	SB	0.412	1.380
EDA (EDAD)	CC	0.875	2.605
SEX (SEXO)	SC	-0.406	-2.363
SEX (SEXO)	CB	-0.210	-1.220
I <sub>SRAC</sub>	SC	0.874	2.648
I <sub>SFPC</sub>	SC	0.443	2.648
I <sub>SRAB</sub>	SB	0.931	2.675
I <sub>SFPB</sub>	SB	0.474	2.012
I <sub>CSDC</sub>	CC	0.286	2.867
I <sub>CCAC</sub>	CC	0.783	3.241
I <sub>CADC</sub>	CC	0.858	3.538
I <sub>CADB</sub>	CB	0.971	1.409
I <sub>CCAB</sub>	CB	0.279	1.163
I <sub>CSDB</sub>	CB	0.263	1.122
I <sub>CSDB</sub>	SB	0.620	2.423

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5. Modelo MIMIC con datos tomados en bus, comunas 13 y 7 (Línea J)**

Según los resultados obtenidos para este modelo, puede observarse que para los usuarios del bus (datos tomados en bus), en la zona de estudio de las comunas 13 y 7, la comodidad en el modo cable está definida significativamente por la posibilidad de encontrar un asiento disponible al momento de utilizar el modo, ya que el T-test de este indicador para el modo cable (I<sub>CADC</sub>) arrojó un valor de 3.5. Por su parte estos mismos encuestados pero midiendo el indicador en el bus (I<sub>CADB</sub>), éste no es significativo en la construcción de la variable comodidad desde la posibilidad de encontrar un asiento disponible en el bus, ya que el valor para este indicador es inferior a 1.96 (1.409).

La seguridad es una variable considerada significativa tanto en el bus como en el cable.

En términos de género y edad, las mujeres encuestadas consideran significativamente menos seguro el cable que los hombres. Con respecto a la comodidad a mayor edad se

percibe significativamente más cómodo el cable. En términos de género, las mujeres consideran el cable más incómodo que los hombres, y el bus más seguro que los hombres. En términos generales tanto para datos tomados en cable como en bus, el cable de la línea J se percibe más inseguro que el de la línea K, lo cual coincide con la percepción general de la ciudad, dado los enfrentamientos violentos que se han dado en las inmediaciones de la línea K. Por su parte según los datos tomados en bus, el bus de la línea J se percibe más inseguro que el de la K, lo cual también se relaciona con lo anterior, porque aunque los usuarios de bus de la zona de la línea J no sienten tanto riesgo, como en el cable, aun perciben las dificultades de la zona. Finalmente, con los datos del cable, el bus en la zona de la línea K se percibe más inseguro que el de la J. Esto también es lógico, puesto que los usuarios de la zona de la línea K ven muy seguro el cable respecto al bus, castigando la calificación del bus. No así en la zona de la línea J, donde los usuarios del cable, conscientes del riesgo de los disparos al aire que se dan en dicha zona, ven aún en el bus, un modo con menor riesgo.

*Algunos testimonios son: “Que aunque yo uso mucho el cable, el temor que me da es de pronto por la violencia que se está viviendo, porque es como en ese punto que se ve mucho eso, entonces le dicen a uno no vaya por allá mejor baje y coja el bus”. Ángela Rodríguez, empleada de servicio doméstico. Línea J.*

*“Por ejemplo cuando estaba pasando todo eso en Juan XXIII yo sólo me iba en colectivo (bus)”. Fredis, Trabajador de la construcción. Línea J*

Con relación a la comodidad, con los datos de bus se encuentra que se percibe más incómodo el cable de la línea J que el de la K y con la información del cable ambos (cable J y K) se perciben igualmente cómodos; para el modo bus, con los datos suministrados por los usuarios del bus, es más cómodo el bus de las comunas 13 y 7 que el de las 1 y 2; y por el contrario, con los datos tomados en cable, es más cómodo el bus de las comunas 1 y 2 que el de las 13 y 7.

A partir de los resultados obtenidos con los modelos MED y los MIMIC se construyen los modelos híbridos cuyos resultados se presentan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Dichos modelos consideran las variables cuantitativas de tiempo y costo (tarifa) con las variables latentes (seguridad y comodidad).

VARIABLES	Modelo Híbrido zona de estudio comunas 1 y 2 seguridad en el modo bus con datos tomados en bus		Modelo Híbrido zona de estudio comunas 1 y 2 seguridad en el modo bus con datos tomados en cable		Modelo Híbrido zona de estudio comunas 1 y 2 seguridad en el modo bus con datos tomados en cable y bus	
	PARÁMETROS	TEST-t	PARÁMETROS	TEST-t	PARÁMETROS	TEST-t
ASC <sub>bus</sub>	Fijo		Fijo		Fijo	
ASC <sub>Cable</sub>	0.524	1.45	1.65	4.82	0.871	3.65
ASC <sub>cable+integrada</sub>	0.0363	0.12	1.51	5.04	0.603	2.96
$\beta_{Ta}$ ( $\beta$ Tiempo de acceso)	-0.0613	-8.79	-0.0489	-8.71	-0.0524	-12.20
$\beta_{Te}$ ( $\beta$ Tiempo de espera)	-0.0411	-6.54	-0.0476	-8.12	-0.0433	-10.34
$\beta_{Tv}$ ( $\beta$ Tiempo de viaje)	-0.0360	-4.78	-0.0365	-5.48	-0.0363	-7.33
$\beta_c$ ( $\beta$ costo)	-0.00140	-6.05	-0.000786	-4.10	-0.00104	-7.20
B <sub>seg</sub> ( $\beta$ seguridad)	2.21	2.46	-0.566	-1.13	-0.958	-2.54
$\ell(\beta)$	-593.687		-785.166		-1418.822	
$\rho^2$	0.230		0.297		0.249	

	Modelo Híbrido zona de estudio comunas 1 y 2 seguridad en el modo bus con datos tomados en bus		Modelo Híbrido zona de estudio comunas 1 y 2 seguridad en el modo bus con datos tomados en cable		Modelo Híbrido zona de estudio comunas 1 y 2 seguridad en el modo bus con datos tomados en cable y bus	
VARIABLES	PARÁMETROS	TEST-t	PARÁMETROS	TEST-t	PARÁMETROS	TEST-t
N	702		1017		1719	

$\ell(\beta)$  = logverosimilitud,  $\rho^2$  = coeficiente de correlación, n= número de observaciones

**Tabla 6. Seguridad en bus y cable con datos tomados en bus y cable respectivamente y seguridad en el bus con datos tomados en cable y bus para las comunas 1 y 2** (Fuente: Elaboración propia)

## 5. CONCLUSIONES

En esta investigación se aplicó la técnica de grupos focales (GF) con el fin de aclarar y precisar la naturaleza de un comportamiento humano complejo y de difícil detección. Con base en ellos se determinaron las variables y los niveles de éstas para construir los modelos. A partir de esta técnica de investigación se identificaron dos tipos de variables a ser incluidas en los modelos de elección discreta, Múltiples indicadores - múltiples causas e híbridos que fueron construidos en este trabajo. Estos dos grupos son: Variables cuantitativas: Tiempo (acceso, espera y viaje) y costo; y variables latentes: Seguridad y Comodidad.

Las variables latentes fueron construidas a partir de indicadores que recogen las manifestaciones de los participantes en los GF en torno a éstas; encontrando como representativo de la comodidad la facilidad y/o cercanía en el acceso al modo, la disponibilidad de asientos y las condiciones del desplazamiento. En lo referente a seguridad se encontró representativo para la construcción de esta variable la probabilidad de robo o atraco al interior del modo, la presencia de fuerza pública y la vulnerabilidad en la integridad física de los usuarios. Es importante resaltar que los indicadores que permiten construir estas variables, se obtienen a partir de las percepciones de los encuestados, constituyéndose en variables complejas que representan más adecuadamente una realidad en el contexto de una población. Es en este sentido en el que se hace importante el desarrollo de esta investigación ya que al analizar los resultados se encuentra que representan significativamente la elección de un modo.

Las ecuaciones de utilidad que permiten calcular la probabilidad en la elección de un modo ofrecen elementos para la definición de políticas de transporte que permitan estudiar los efectos de la elección a causa de cambios en las variables, y que debido a que los modelos a partir de los cuales se obtiene éstas incluyen variables más completas permiten precisar implicaciones urbanísticas sociales y políticas de un sistema de transporte urbano localizado al interior y al servicio de una comunidad.

Los MED estimados con datos de PD tanto para usuarios de cable como de bus mostraron que las variables Tiempo (acceso, viaje y espera) y Costo (tarifa) son significativas a la hora de elegir los modos de transporte, corroborando la percepción obtenida de los GF. Sin embargo estos modelos mostraron que, ante los mismos valores de tiempos y tarifas, eligen diferente las personas que actualmente usan bus a las que usan cable, lo que amerita una mayor investigación de nuevas variables explicativas a estos modelos.

Unos modelos más avanzados son los híbridos que introducen variables como la seguridad y la comodidad. Estas variables latentes son unos constructos basados en percepciones que dependen de características socioeconómicas (por ejemplo sexo o edad), y que tienen indicadores de diferentes aspectos de la variable. Por ejemplo en comodidad estos indicadores son la posibilidad de ir sentado, la suavidad en la conducción, etc.

Aunque no siempre resultaron significativas las variables latentes, se pudieron construir varios modelos, donde estas variables juegan un papel importante en la elección, ya que al momento de asignar una utilidad a un modo determinado tienen en cuenta la seguridad o la comodidad expresada en función del sexo o la edad, con unos coeficientes que fueron construidos con base a las percepciones medidas con indicadores (I).

## 6. AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se desarrolló en el marco del proyecto de investigación **“Gobierno local, movilidad urbana y reducción de pobreza. Lecciones de Medellín, Colombia”**. Desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, La Universidad de Los Andes y La University College of London (UCL de Londres). Financiado por el Consejo de Investigación Económica y Social (ESRC Economic & Social Research Council).

## 7. REFERENCIAS

AGUDELO, Laura (2008) *“Racionalidad de la oferta y lógicas de uso, en los sistemas de transporte masivo: exploraciones en Medellín, Colombia”* tesis (Magíster en Estudios Urbano-Regionales), Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín) Facultad de Arquitectura.

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ (2002) *Proyecto Metrópoli 2002-2020 – Plan Integral de Desarrollo Metropolitano del Valle de Aburrá*, Medellín.

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ (2006) *Encuesta Domiciliaria Origen y Destino año 2005*, Medellín.

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ (2007) *Formulación del plan Maestro de Movilidad para la región metropolitana del Valle de Aburrá*, Medellín.

CÓRDOBA, Jorge (2011) *“Modelo de elección discreta integrando variables latentes y racionalidad limitada”* Tesis doctoral – Ingeniería - Área Sistemas, Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín) Facultad de Minas.

KOCUR, G., ADLER, T., HYMAN, W. Y AUNET B. (1982). Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment. Report No UMTA-NH-11-0001-82, Urban Mass Transportation Administration, US Department of Transportation, Washington, DC.

HERMELIN, Echeverri, Giraldo editores (2010) *Medellín medio-ambiente urbanismo sociedad*, Urbam. Universidad EAFIT.

MUNICIPIO DE MEDELLÍN, (2004) Encuesta de calidad de vida.

MEJÍA, Ángela (2007) *“relación entre movilidad y espacio público: exploraciones en el sector de el poblado, Medellín”* tesis (Magíster en Estudios Urbano-Regionales), Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín) Facultad de Arquitectura.

METRO DE MEDELLÍN (2000) *Encuesta Domiciliaria Origen y Destino año 2000*, Medellín.

SARMIENTO, Iván et al., (2000) *“Análisis de la Accesibilidad vial en la Región del Occidente Colombiano”*. V Congreso español de Ingeniería de transporte. Valencia, España.