

# MODELACIÓN DE PREFERENCIAS DECLARADAS PARA LA OBTENCIÓN DE INDICADORES DE LA CALIDAD DEL SERVICIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO URBANO

---

**HENRY JAIMES MONSALVE**

*Ingeniero en Transportes y Vías  
Candidato a Magister en Ingeniería con énfasis en Transporte  
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
Tunja, Colombia  
hjaimes@argentina.com*

**DOMINGO ERNESTO DUEÑAS RUIZ**

*Ingeniero en Transportes y Vías  
Doctor Ingeniero en Caminos, Canales y Puertos  
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
Tunja, Colombia  
doduenasr@yahoo.com*

*Fecha de Recibido: 10/11/2009*

*Fecha de Aprobación: 02/12/2009*

## RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de una encuesta de preferencias declaradas, en un experimento de elección discreta diseñado para la obtención de indicadores de calidad en el servicio de transporte colectivo urbano en el Municipio de Barrancabermeja, para lo cual se plantearon alternativas que contienen los atributos: tarifa, distancia de caminata desde el origen al paradero, tiempo de espera en el paradero, tiempo de viaje en el vehículo, disponibilidad de asientos, conductor y estado del vehículo, generando un modelo Logit Multinomial, que permite concluir para la ciudad en estudio que los atributos más relevantes sobre la calidad del servicio son: tarifa 32.6%, distancia caminada desde el origen al paradero 18.0% y tiempo de viaje 14.3%.

**PALABRAS CLAVE:** Experimento de elección, Modelos de elección discreta, Preferencias declaradas.

## ABSTRACT

This paper presents the results of stated-preference, discrete selection experiments designed to obtain quality indicators in the urban public transport service in the town of Barrancabermeja, which was raised to two alternatives that contain the attributes : fare, walking distance from origin to fate, waiting time at bus stop, travel time in vehicle, availability of seats, driver and vehicle, generating a Multinomial Logit model, which allows the city to complete study attributes most relevant to the quality of the service are: 32.6% rate, walking distance from the origin to the whereabouts 18.0% and 14.3% travel time.

**KEY WORDS:** Selection experiment, Discrete selection modelling, Stated preferences.

## 1. INTRODUCCIÓN

La dinámica de las ciudades requieren cada vez más un servicio de Transporte Público Colectivo Urbano TPCU eficiente, siendo vital tener en cuenta la percepción que los usuarios tienen sobre la calidad del servicio, con el

fin de diseñar estrategias que permitan el mejoramiento continuo de este modo de transporte, por ende es necesario abordar el tema de la calidad del servicio desde la óptica de quien lo utiliza con el fin de proveer a reguladores y operadores herramientas que permitan la obtención de estándares de calidad que garanticen su sostenibilidad.

Una perspectiva interesante y no muy explorada aún en nuestro medio para abordar el tema de la calidad de servicio de TPCU, es la modelación, razón por la cual se desarrolló una metodología basada en la estimación de modelos de elección discreta con datos provenientes de un experimento de preferencias declaradas. En éste se plantea una serie de situaciones hipotéticas de elección y las respuestas de los encuestados explicitan sus preferencias. Posteriormente la información se trata de forma similar a elecciones reales, modelándola en base a la teoría de la utilidad aleatoria que permite abordar empíricamente el problema de modelación en el contexto de elecciones discretas[1].

El objetivo primordial de esta investigación es encontrar los pesos con los que los individuos evalúan cada atributo dentro de lo que se considera el nivel de satisfacción global o utilidad.

Para tal fin se recurre a las técnicas de preferencias declaradas (PD), las que son utilizadas para estudiar la forma en que las personas toman sus decisiones en situaciones de elección entre o dos o más alternativas. Su uso se ha extendido a variadas disciplinas y sus aplicaciones se han ido ampliando en la medida que se han formalizado como un método efectivo para entender el comportamiento individual[2]. Esencialmente, en este tipo de estudios los encuestados se enfrentan a un conjunto de situaciones hipotéticas que los ponen en la disyuntiva de elegir entre distintas alternativas descritas por una serie de características o atributos[3], y a través de sus elecciones los individuos explicitan sus preferencias.

Esto constituye una diferencia importante respecto a otros métodos de análisis de comportamiento, ya que se trabaja en base a respuestas de elección (preferencia entre alternativas) y no a la valoración directa de una variable de interés. De esta manera, es posible conocer la contribución de cada atributo elemental a la medida global de calidad.

Para interpretar los datos se utilizan modelos de elección discreta, que permiten obtener los pesos (parámetros  $\theta_i$ ) de los atributos ( $X_i$ ) en la función de utilidad, que generalmente adoptará la forma lineal:

$$U = \theta_1 X_1 + \theta_2 X_2 + \theta_3 X_3 + \theta_4 X_4 + \theta_5 X_5 + \theta_6 X_6 \dots \quad (1)$$

El análisis de las preferencias de los viajeros se basa en la explotación de las bases de datos de preferencias declaradas. La metodología de estimación con datos

mixtos propuesta en [4] permite combinar bases de datos de distinta naturaleza. De esta manera es posible estimar el efecto marginal de cada uno de los atributos incluidos en el experimento.

El uso conjunto de distintas bases de datos para estimar modelos de elección modal se basa en la hipótesis de que la diferencia entre el error estocástico de las utilidades se puede representar en función de sus varianzas de acuerdo a la expresión [5]:

$$\sigma^2_{\varepsilon} = \mu^2 \cdot \sigma^2_{\eta} \quad (2)$$

Donde  $\mu$  es un parámetro desconocido y  $\varepsilon$  y  $\eta$  son los términos de error de las utilidades de las dos bases de datos de PD respectivamente. Para poder combinar ambas bases de datos se plantean las funciones de utilidad siguientes para una alternativa  $j$  que esté presente en ambas bases de datos:

$$\begin{aligned} \mu U_j^{PD_1} &= \mu(V_j^{PD_1} + \eta_j) = \mu(\theta \cdot X_j^{PD_1} + \omega \cdot Z_j^{PD_1} + \eta_j) \\ \mu U_j^{PD_2} &= V_j^{PD_2} + \varepsilon_j = \theta \cdot X_j^{PD_2} + \alpha \cdot Y_j^{PD_2} + \varepsilon_j \end{aligned} \quad (3)$$

Donde  $\theta$ ,  $\alpha$  y  $\omega$  son parámetros a estimar;  $X_j^{PD_1}$  y  $X_j^{PD_2}$  son atributos comunes a ambas bases de datos; y  $Z_j^{PD_1}$  y  $Y_j^{PD_2}$  son atributos que sólo pertenecen a una de las bases de datos.

La metodología propuesta para la realización de un estudio de preferencias declaradas para la obtención de indicadores de la calidad del servicio del transporte público colectivo urbano, incluye los siguientes seis pasos: 1. Aspectos previos, 2. Definición de atributos relevantes, 3. Diseño de la encuesta, 4. Toma de información de campo. Aplicación de la encuesta, 5. Estimación de modelos de elección discreta y 6. Interpretación de resultados y conclusiones.

## 2. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN LA CIUDAD INTERMEDIA. CASO: BARRANCABERMEJA

### 2.1 Aspectos previos

#### 2.1.1. Tipo de experimento

En este experimento se analiza solo un modo de transporte, el servicio de transporte público colectivo urbano TPCU. Por lo tanto, se trata de un experimento de elección sin etiquetar, razón por la cual no hay constante modal.

### 2.1.2. Contexto de elección

Se tomó como caso la ciudad de Barrancabermeja, por ser una ciudad intermedia, con un total de 197.311<sup>1</sup> habitantes.

El objetivo de este experimento consiste en obtener indicadores que permitan medir de forma agregada la calidad de los servicios de transporte público colectivo urbano en el Municipio Barrancabermeja, por lo tanto se le pide al individuo imaginar que se encuentra haciendo uso de este servicio de transporte y se le presentan dos alternativas en las cuales hay una serie de atributos, cuya variación difiere de una alternativa a otra. En este contexto se le pide al encuestado que elija entre pares de alternativas, en cuál percibe mayor utilidad o mejor calidad del servicio, mediante sus preferencias con relación a la tarifa, viaje, conductor y vehículo.

### 2.1.3. Información secundaria.

La fuente más importante de la información secundaria fue el estudio de *reestructuración de rutas de transporte público colectivo urbano* [6], realizado por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC, el cual permitió caracterizar la ciudad. De igual manera, se recurrió a información suministrada por el DANE, dependencias oficiales del Municipio de Barrancabermeja y las empresas de transporte.

En la Figura 1, se muestra su localización que corresponde a Latitud 7°03'48" y Longitud 73°51'50", altura de 75.94 msnm, extensión urbana de 30.37 km<sup>2</sup> y rural de 1,317.46 km<sup>2</sup> y temperatura promedio de 28°C.

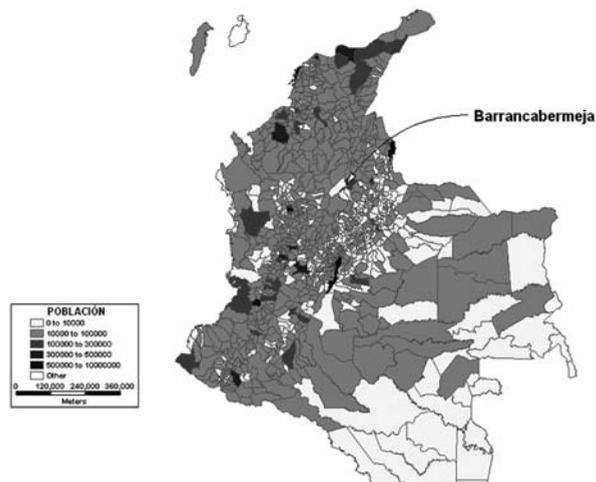


Figura 1. Localización Municipio de Barrancabermeja

<sup>1</sup> Censo DANE 2005.

El número de hogares por comuna, se muestra en la Tabla 1 El POT<sup>2</sup>, considera un tamaño medio del hogar en 4,1 personas, por lo cual, la población del área urbana, estimada es de 169.125 personas.

Tabla 1. Viviendas por comuna, para 2005

COMUNA	VIVIENDAS
1	6.975
2	5.154
3	7.429
4	6.328
5	7.674
6	6.686
7	4.004
TOTAL	44.250

Fuente: Convenio 0870-04. Municipio de Barrancabermeja-UPTC

Para ilustrar la caracterización de la ciudad, se presenta la Figura 2.



Figura 2. Comunas Municipio de Barrancabermeja

Que corresponde a las comunas de la ciudad, la Figura 3 presenta algunos datos socioeconómicos, la Figura 4 ilustra la distribución de viajes según el modo de transporte y la Figura 5 corresponde al patrón horario de la movilidad para un día hábil.

<sup>2</sup> BARRANCABERMEJA. Plan de Ordenamiento Territorial. 2002.

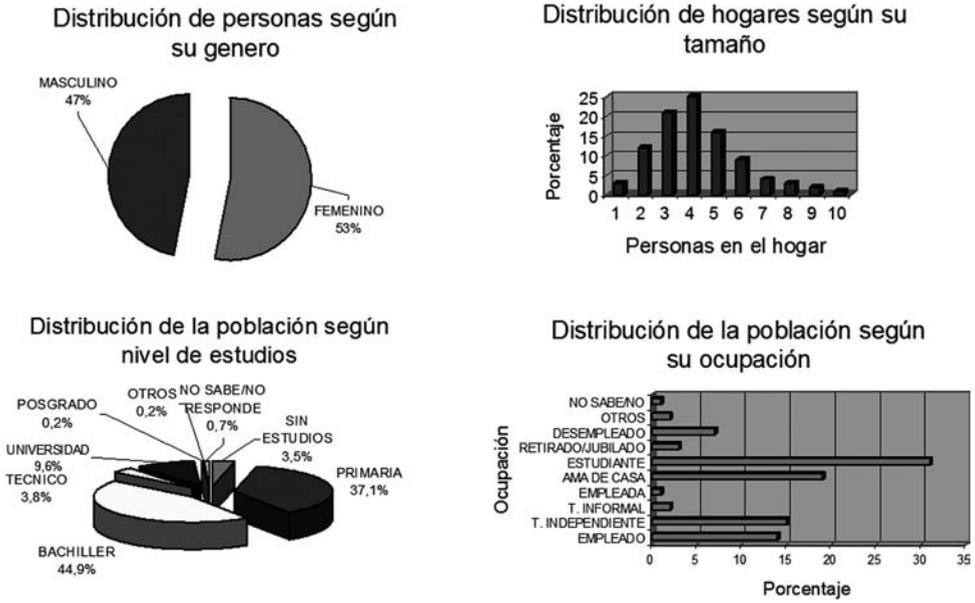


Figura 3. Características Socioeconómicas Municipio de Barrancabermeja

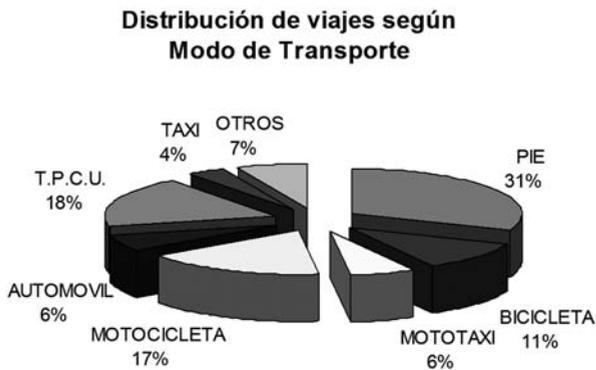


Figura 4. Distribución de viajes según el modo de transporte



Figura 5. Patrón horario de la movilidad, para un día hábil

El servicio de transporte público colectivo urbano actualmente es prestado por dos (2) empresas: Coochoferes LTDA y San Silvestre S.A., quienes ofrecen un total de 19 rutas, en vehículos tipo colectivo y microbús, cuyas capacidades en promedio son de 12 y

19 pasajeros y una edad promedio del parque automotor de 8.5 años. La cobertura de la rutas, se muestra en la Figura 6, cuyos indicadores más relevantes son: 310 km de rutas, 1.81 km de rutas/1000 habitantes y 10.21 km de rutas / km<sup>2</sup>.

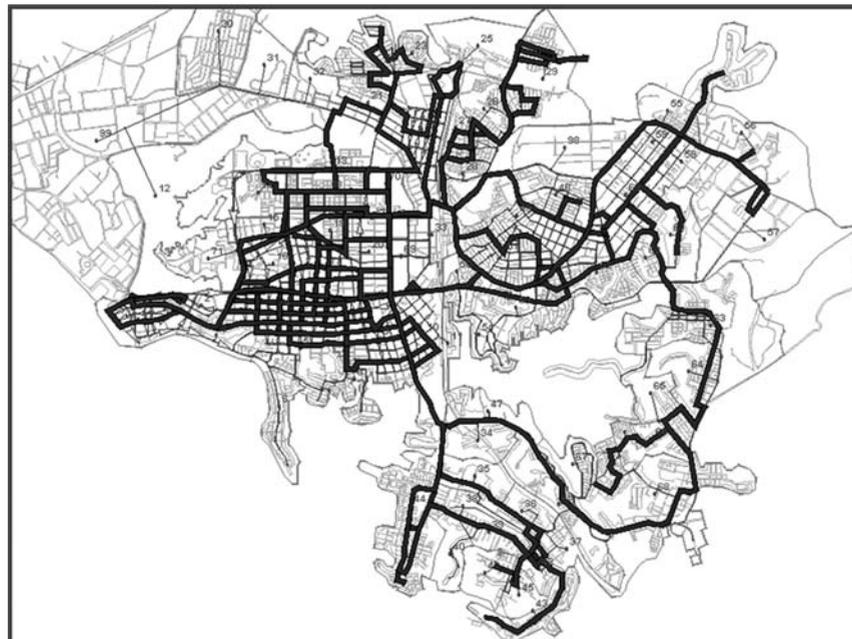


Figura 6. Cobertura de rutas en el Municipio de Barrancabermeja

#### 2.1.4. Preparación de la toma de información (zonificación y tamaño muestral)

Teniendo en cuenta que en el referido estudio ejecutado por la UPTC en el año 2005, se realizaron encuestas domiciliarias en cada una de las zonas establecidas, se optó por tomar como base dicha zonificación para establecer el número de hogares a visitar por comuna de acuerdo a los siguientes criterios:

- De la base de datos original se obtuvo una base de datos de referencia en la cual en una vivienda al menos uno de sus integrantes hizo uso del servicio del transporte público colectivo urbano.
- De acuerdo al total de encuestas a realizar y proporcionalmente al número de viviendas por comuna, se determinó el total de encuestas a realizar por comuna
- En cada comuna, se programaron encuestas tratando de abarcar el mayor número posible de sectores con el fin de garantizar que la muestra sea representativa.

Se tomó una muestra de 120 individuos en proporción al número de hogares por comuna con el fin de garantizar el cubrimiento de gran parte de las rutas ofrecidas por el TPCU. Tabla 2. De igual manera se propendió por tener en cuenta la cobertura de la población de acuerdo a las características socioeconómicas de la ciudad.

Tabla 2. Número encuestas por comuna

COMUNA	VIVIENDAS	TOTAL ENCUESTAS
1	6.975	19
2	5.154	14
3	7.429	20
4	6.328	16
5	7.674	20
6	6.686	18
7	4.004	13
<b>TOTAL</b>	<b>44.250</b>	<b>120</b>

Fuente: Autores

#### 2.2 Definición de Atributos y sus Niveles, Alternativas y Juegos.

Para garantizar la confiabilidad de la encuesta, se dio énfasis a la tarea de hacer un buen diseño, con atributos y sus niveles razonables o creíbles.

Los atributos para analizar la calidad del servicio son muchos, pero se requiere definir un número determinado para realizar el experimento para lo cual se recurrió a las

recomendaciones y experiencias de algunos expertos en el tema, dentro de los cuales se resaltan: Juan de Dios Ortúzar et al [7], Rodrigo A Garrido y Juan de Dios Ortúzar [8], David A. Hensher [9] y el ingeniero Domingo E. Dueñas Ruiz [10] como pionero en el Tema de la Calidad del Servicio de Transporte Público Colectivo Urbano en nuestro país.

En la Tabla 3 se presentan el total de atributos resultantes, los cuales han sido utilizados en diferentes investigaciones y estudios de aplicación práctica y sobre los cuales se pudo establecer una jerarquización inicial que permitió definir con cuales atributos se lleva a cabo el experimento de preferencias declaradas, teniendo en cuenta además las condiciones de nuestro medio.

**Tabla 3.** Listado de atributos

No.	ATRIBUTO	Hensher	Garrido	Ortuzar	Dueñas
<b>CON RELACIÓN AL CONDUCTOR</b>					
1	Actitud del conductor (relaciones humanas)	X			X
2	Apariencia del conductor (Vestido y aseo)		X	X	X
3	Comportamiento del conductor (Abordo y desembarque pasajeros)		X	X	X
<b>CON RELACIÓN AL VEHÍCULO</b>					
4	Limpieza general	X	X	X	X
5	Seguridad del vehículo (Riesgo de accidentes en función del estado mecánico)		X	X	X
6	Seguridad dentro del vehículo (Pasajeros en áreas prohibidas)		X	X	X
7	Disponibilidad de asientos en el autobús	X	X	X	X
8	Asientos (Estado, ubicación, espaciamento)		X	X	X
9	Especificaciones (altura y amplitud de pasillo)				X
10	Temperatura o ventilación	X			X
<b>CON RELACIÓN AL PARADERO</b>					
11	Información en la parada de autobús	X			
12	Instalaciones del paradero	X			
13	Acceso al autobús	X			
14	Otros (Limpieza, seguridad, iluminación, facilidad de acceso y localización)				X
<b>CON RELACIÓN AL VIAJE</b>					
15	Tiempo de desplazamiento a pie hasta el paradero	X	X	X	X
16	Tiempo de espera en el paradero	X	X	X	X
17	Tiempo de viaje en el vehículo	X	X	X	X
18	Tiempo de desplazamiento a pie desde el paradero al destino				X
19	Tarifa (costo del viaje)	X			X

Fuente: Autores

Los atributos se seleccionaron de la tabla anterior y del documento “Calidad del servicio ofrecido por el transporte público colectivo urbano en Barrancabermeja” contenido en el estudio realizado por la UPTC en el año 2005, se establecieron los valores promedios de los atributos,

algunos de ellos ajustados a los valores presentes, tales como la tarifa y las frecuencias de viaje, información que fue suministrada por las empresas de transporte. En la Tabla 4, se resume los valores promedio de estos atributos, tomados para la situación actual.

**Tabla 4.** Atributos y valores promedio

No	Atributo	Nivel Actual
1	Tarifa (en pesos)	1200
2	Frecuencia (en minutos)	8
3	Tiempo de caminata (en cuadras)	2
4	Tiempo de viaje (en minutos)	16
5	Comodidad (Disponibilidad de asientos)	De pie parte del Trayecto
6	Actitud del conductor	Hostil
7	Limpieza del vehiculo	Mala

Fuente: Autores

Con relación al costo, se considera del mayor interés determinar los cambios en la elección ocasionados por variaciones en la tarifa. La frecuencia que se relaciona con el tiempo de espera, fue incluida para aislar su efecto, ya que a diferencia del tiempo de viaje, su valoración cambia debido a la incomodidad y ansiedad asociadas, lo que implica que deba ser computado de manera distinta [11]. Por lo tanto, con respecto al tiempo interesa evaluar el efecto que produce en la elección un cambio en el tiempo de viaje, en el tiempo de espera o el tiempo de caminata desde el origen al paradero; este último tiempo, se tomara en cuadras, para efectos de tener una unidad de medida práctica para los encuestados. El atributo comodidad tiene como referencia la disponibilidad de asientos, variable que esta relacionada con el tamaño del vehículo y el sobrecupo. La actitud del conductor, se tuvo en cuenta en función de las relaciones humanas, específicamente el trato a los usuarios del servicio y la limpieza del vehiculo desde el punto de vista de su estado interior y exterior.

El experimento inicial se planteo considerando dos (2) alternativas: una correspondiente a la situación actual con un solo nivel en sus atributos, que corresponden a los valores promedios y una situación hipotética cuyos atributos presentan diferentes niveles de variación.

Para las variables cuantitativas, que corresponden al atributo tarifa y las relacionadas con tiempos se propuso tres (3) niveles; y, para las variables cualitativas relacionadas con la comodidad, conductor y vehículo se planteó tres (3) niveles para el atributo disponibilidad de sillas y dos (2) niveles en las otros. Los niveles predefinidos para cada uno de los atributos se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Niveles de los atributos situación hipotética

No	Atributo	NIVELES		
		1	2	3
1	Tarifa	1000	1200	1400
2	Frecuencia (en minutos)	6	8	10
3	Tiempo de caminata (en cuadras)	1	2	3
4	Tiempo de viaje (en minutos)	13	16	19
5	Comodidad (Disponibilidad de asientos)	De pie todo el trayecto	De pie parte del trayecto	Sentado todo el trayecto
6	Actitud del conductor	Amable	Hostil	
7	Limpieza del vehículo	Buena	Mala	

Fuente: Autores

Dicho planteamiento introdujo dos cuestionamientos: Primero el hecho de que en todos los tratamientos para la situación actual los valores presentados serían los mismos y Segundo, el número de juegos conveniente, teniendo en cuenta el número de atributos y la variación de sus niveles.

Por lo tanto, se considero conveniente someter a consideración de expertos en el tema, como un primer grupo focal, a efectos de conocer sus apreciaciones sobre los atributos y niveles elegidos y su opinión sobre los cuestionamientos planteados.

El ejercicio fue fructífero en el sentido de que se logró una mejor identificación de los atributos y de sus niveles. Para el caso de la frecuencia se determino que para los individuos es más entendible llamarlo tiempo de espera y para el caso de la limpieza, a la gente le puede parecer más relevante el estado del vehículo. Sobre la frecuencia y tiempo de viaje se encontró muy poca la variabilidad de los niveles, ya que si bien es cierto Barrancabermeja es una ciudad intermedia, es importante que el encuestado sienta la diferencia. También se notó que los valores asignados a los niveles de los atributos frecuencia y tiempo de viaje, no son bien percibidos por los encuestados, porque la gente refiriéndose a tiempos en un sistema de transporte tiende a redondear de cinco en cinco minutos aunque en la realidad esos no sean los tiempos, por ejemplo 5, 10 y 15 minutos.

Para las variables cualitativas, comodidad, actitud del conductor y la limpieza son interesantes para el objeto del experimento, ya que lo que se espera es conocer su influencia en la decisión. El problema es la utilización de estas variables para predicción, ya que a futuro es difícil darle valor a estas variables. De todas maneras, se recomendó considerar solo dos niveles en estos atributos. También se concluyó cambiar la palabra hostil por grosero, ya que a pesar de ser una palabra fuerte, es un sinónimo más entendible para el común de las personas para conceptuar sobre el conductor.

Respecto a los cuestionamientos planteados, con relación al primero se opinó que si bien puede hacerse, es mejor cambiarle los atributos para que el encuestado no de una respuesta sesgada y por tanto no es muy buena idea mantener siempre idéntica la alternativa actual, por que la gente pierde concentración; y con relación a la segunda, se sugirió en principio armar un juego con todas las variables y aplicar una encuesta piloto, lo cual no funciona ya que no hubo consistencia en algunos signos, razón por la cual se definió hacer dos (2) juegos.

En ese orden de ideas los atributos y niveles recomendados quedan estipulados como se relacionan en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Niveles de los atributos de las alternativas

No	Atributo	NIVELES		
		1	2	3
1	Tarifa	1000	1200	1400
2	Tiempo de caminata (en cuerdas)	1	2	
3	Tiempo de espera (en minutos)	5	10	
4	Tiempo de viaje (en minutos)	10	15	20
5	Comodidad (Disponibilidad de asientos)	Sentado	De pie	
6	Actitud del conductor	Amable	Hostil	
7	Limpieza del vehículo	Bueno	Malo	

Fuente: Autores

Las conclusiones, permiten definir un experimento que propone trabajar siempre con situaciones hipotéticas, con lo cual es conveniente utilizar las siguientes etiquetas *SERVICIO A* y *SERVICIO B* para denominar las alternativas. De esta forma se aprovecha la ventaja del método de PD, cual es las posibilidad de trabajar

con situaciones hipotéticas, pero se debe tener en cuenta que las variaciones debe ser creíbles.

### 2.3. Diseño Experimental

La encuesta a los usuarios del servicio de transporte público colectivo urbano en el Municipio de Barrancabermeja se dividió en tres secciones para recabar información socioeconómica de los encuestados, información acerca del último viaje realizado en la ruta de interés, e información de PD para investigar sobre la elección de las alternativas disponibles.

#### 2.3.1. Información socioeconómica de los individuos

La Tabla 7 contiene la selección de las variables que se consideraron más relevantes para los efectos de considerar una muestra que incluya toda la población usuaria del servicio de TPCU.

**Tabla 7.** Variables que identifican los individuos

Variable	Tipo	Valores
Sexo	Discreta	Femenino, Masculino
Edad	Numérica	Enteros positivos
Nivel de estudio	Catagórica	Primaria, Bachillerato, Universitarios
Ocupación	Catagórica	Estudiante, Empleado, Independiente, Ama de Casa
Ingreso	Catagórica	Menos de \$500.000, \$500.000 - \$1.000.000- \$1.000 - \$2.000.000, Más de \$2.000.000

Fuente: Autores

#### 2.3.2 Información acerca del viaje más reciente

Para conocer la manera como cada individuo realizó el último viaje en una ruta urbana, se diseñó el conjunto de variables presentadas en la **Tabla 8**.

**Tabla 8.** Información asociada con el último viaje de TPCU

Variable	Tipo	Valores
Motivo de viaje	Catagórica	Trabajo, Estudio, Negocios, Compras, Recreación, Otros
Hora del viaje	Numérica	Enteros
Numero de ruta abordada	Numérica	Enteros
Tipo de vehículo	Catagórica	Microbús o Microbús
Tiempo de caminata	Numérica	Enteros positivos
Tiempo de espera	Numérica	Enteros positivos
Tiempo de viaje	Numérica	Enteros positivos
Viajar sentado	Discreta	Si o No
Estado del vehículo	Discreta	Bueno o Malo

Fuente: Autores

### 2.3.3 Encuesta de Preferencias Declaradas (PD)

#### 2.3.3.1. Diseño de la versión inicial

Se utilizó un diseño sin etiquetado, donde cada una de las opciones (SERVICIO A y SERVICIO B) representa una alternativa para realizar un viaje en una ruta de transporte público colectivo urbano; el diseño experimental se basó en los principios de ortogonalidad, balance de niveles, traslape mínimo y balance de utilidades, que en conjunto satisfacen que el diseño tenga un mínimo D-error [12].

Se consideraron dos (2) juegos cada uno con cuatro atributos en los cuales se mantiene la tarifa en ambos, en el primer juego se tuvieron en cuenta los atributos tarifa, tiempo de caminata del origen al paradero, tiempo de espera en el paradero y tiempo de viaje y en segundo juego agrupó la tarifa junto con las variables cualitativas: Comodidad, conductor y vehículo,

Aunque se tenían a disposición las tablas de Koçur [13] se prefirió obtener el plan ortogonal de efectos principales con el algoritmo de búsqueda del software SAS, tal como lo proponen Street, D., L. Burgess and J. Louviere [14] en la estrategia 5. La eficiencia del plan ortogonal de efectos principales, para un total de nueve (9) tratamientos para el Juego No. 1, Tabla 9 y ocho (8) tratamientos para el Juego No. 2, Tabla 10.

**Tabla 9.** Información de eficiencia del plan ortogonal Juego No. 1

Alternativas	D-eficiencia	A-eficiencia	G-eficiencia	Error estándar
SERV A / B	96.6908	93.3333	88.1917	0,9129

Fuente: Autores

**Tabla 10.** Información de eficiencia del plan ortogonal Juego No. 2

Alternativas	D-eficiencia	A-eficiencia	G-eficiencia	Error estándar
SERV A / B	97.2081	94.7368	92.5820	0.8898

Fuente: Autores

Los planes ortogonales presentan un balance de niveles razonable, ya que la distribución de cada nivel en cada uno de los atributos es adecuada, excepto en el juego 1 donde para los atributos distancia caminata desde el origen al paradero y tiempo de espera en el paradero, la proporción es 1:2 para los dos niveles considerados. Para efectos de obtener el diseño experimental en cada uno de los juegos, se hicieron simulaciones para el diseño de la urna No. 2, intercambiando aleatoriamente las filas, las columnas o los niveles de los atributos, teniendo en cuenta la mínima repetición de niveles y presentar alternativas que tuvieran balance de utilidad. El resultado correspondiente al diseño definitivo para cada uno de los juegos se presenta en la Tabla 11 para el Juego No. 1 y en la Tabla 12 para el Juego No. 2.

**Tabla 11.** Diseño Inicial Juego No. 1

Tratamiento	Servicio A				Servicio B			
	T	Dc	Te	Tv	T	Dc	Te	Tv
1	1000	1	5	15	1000	3	10	10
2	1000	2	5	10	1200	1	5	10
3	1000	2	10	20	1400	3	5	15
4	1200	1	10	10	1000	1	5	20
5	1200	2	5	15	1000	1	10	15
6	1200	2	5	20	1400	1	10	10
7	1400	1	5	20	1200	3	10	20
8	1400	2	5	10	1200	1	10	15
9	1400	2	10	15	1400	1	10	20

Fuente: Autores

**Tabla 12.** Diseño inicial Juego No. 2

Tratamiento	Servicio A				Servicio B			
	Tarifa	Comodidad	Conductor	Vehículo	Tarifa	Comodidad	Conductor	Vehículo
1	1000	De pie	Amable	Malo	1400	Sentado	Normal	Bueno
2	1000	Sentado	Hostil	Bueno	1200	Sentado	Mejorado	Bueno
3	1200	De pie	Hostil	Malo	1400	De pie	Mejorado	Malo
4	1200	Sentado	Hostil	Malo	1400	De pie	Mejorado	Bueno
5	1200	De pie	Amable	Bueno	1000	Sentado	Mejorado	Malo
6	1200	Sentado	Amable	Bueno	1000	De pie	Normal	Bueno
7	1400	Sentado	Amable	Malo	1200	De pie	Normal	Malo
8	1400	De pie	Hostil	Bueno	1400	Sentado	Normal	Malo

Fuente: Autores

### 2.3.3.2. Reuniones de tipo focal-Ajustes

Este diseño fue sometido a consideración de un segundo grupo focal, el cual estuvo conformado por autoridades de transporte del municipio, empresarios del transporte y profesionales del área del transporte.

Para el atributo tiempo de caminata se sugirió denominarlo distancia caminada y darle más variabilidad al nivel 1, que se recomendó en tres (3) cuadras.

También se hizo hincapié sobre el atributo tiempo de viaje, el cual varía en función del origen destino del individuo y para lo cual se propuso que con el fin de hacer más realista el experimento, al entrevistado se le debía presentar un tiempo de viaje similar al último tiempo de viaje experimentado por él, situación que se puede ofrecer al considerar varios juegos de encuestas PD en los cuales se varíe solo este atributo. Para tal fin se armaron juegos en donde se tienen tiempos de viaje en múltiplos de 5 y se mantiene el resto del diseño igual.

Respecto al atributo actitud del conductor, se considero que era más conveniente proponer a los entrevistados, el ofrecer un conductor con uniforme y mejor capacitación respecto al conductor normal.

**Tabla 14.** Diseño definitivo Juego No. 2

Tratamiento	Servicio A				Servicio B			
	Tarifa	Comodidad	Conductor	Vehículo	Tarifa	Comodidad	Conductor	Vehículo
1	1000	De pie	Mejorado*	Malo	1400	Sentado	Normal	Bueno
2	1000	Sentado	Normal	Bueno	1200	Sentado	Mejorado	Bueno
3	1200	De pie	Normal	Malo	1400	De pie	Mejorado	Malo
4	1200	Sentado	Normal	Malo	1400	De pie	Mejorado	Bueno
5	1200	De pie	Mejorado	Bueno	1000	Sentado	Mejorado	Malo
6	1200	Sentado	Mejorado	Bueno	1000	De pie	Normal	Bueno
7	1400	Sentado	Mejorado	Malo	1200	De pie	Normal	Malo
8	1400	De pie	Normal	Bueno	1400	Sentado	Normal	Malo

\*Conductor Mejorado: Con uniforme y mejor capacitación

Fuente: Autores

### 2.4.2. Toma de información de campo. Aplicación de la encuesta.

Las encuestas se tomaron del 18 al 26 de agosto de 2009. Cada encuestado aportó una observación de PR para un

## 2.4. Toma de información

### 2.4.1. Prueba Piloto - Ajustes

Con los diseños que se muestran en la Tablas 13 y 14, se realizó una encuesta piloto y a partir de las observaciones obtenidas se hizo la calibración preliminar de un modelo logit multinomial, obteniendo signos correctos en todos los atributos, aunque con baja significancia en todos los parámetros debido al número reducido de observaciones.

**Tabla 13.** Diseño definitivo Juego No. 1

Tratamiento	Servicio A				Servicio B			
	T	Dc	Te	Tv	T	Dc	Te	Tv
1	1000	1	5	15	1000	3	10	10
2	1000	3	5	10	1200	1	5	10
3	1000	3	10	20	1400	3	5	15
4	1200	1	10	10	1000	1	5	20
5	1200	3	5	15	1000	1	10	15
6	1200	3	5	20	1400	1	10	10
7	1400	1	5	20	1200	3	10	20
8	1400	3	5	10	1200	1	10	15
9	1400	3	10	15	1400	1	10	20

Fuente: Autores

total de 120 registros y 8 o 9 de PD, dependiendo del juego aplicado, conformando una muestra de 1020 registros.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Análisis descriptivo de la muestra

Se valoró una muestra de 120 individuos, compuesta por 57 hombres y 41 mujeres usuarios de transporte público colectivo urbano del Municipio de Barrancabermeja, que en promedio hacen 10 viajes/semana. En la Figura

7 se muestra las características socioeconómicas de las personas encuestadas y en la Figura 8 se presenta las características del último viaje realizado.

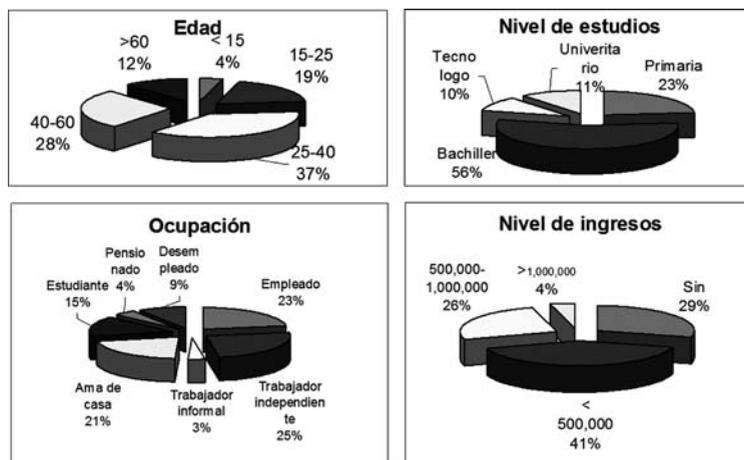


Figura 7. Características Socioeconómicas de los individuos

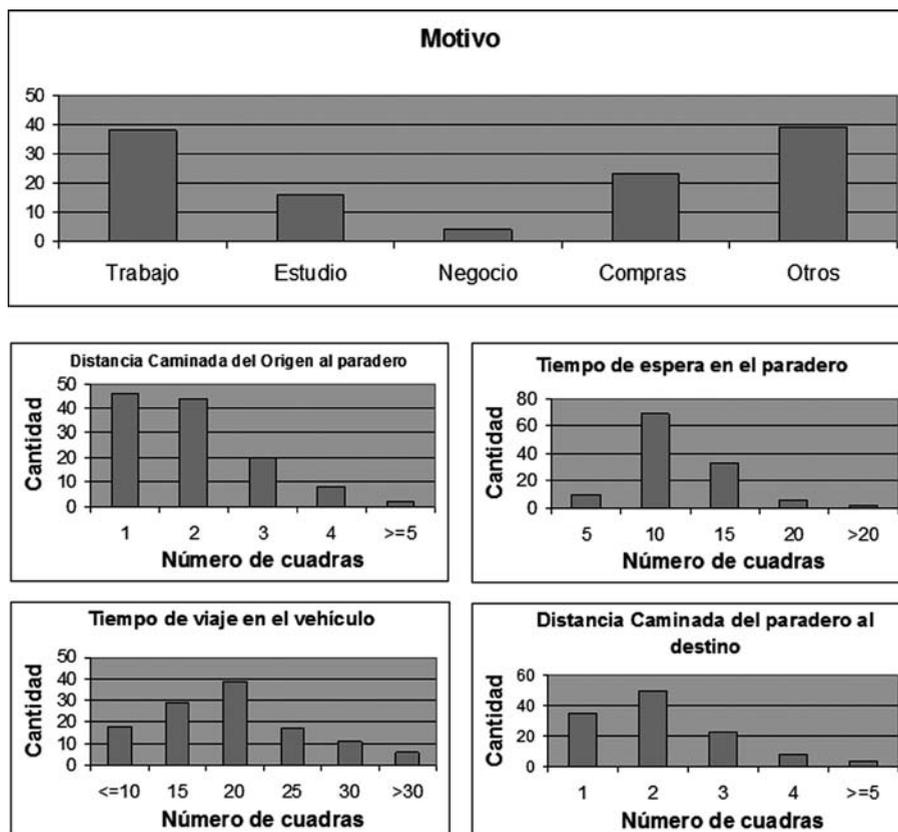


Figura 8. Características del último viaje

### 3.2 Calibración del modelo

Para la obtención del modelo, se utilizó el programa BIOGEME 1.7 (2008). En el modelo propuesto se hizo la calibración de los coeficientes de utilidad sin considerar constantes específicas ya que este es un experimento sin etiquetado.

Se estimó un modelo tipo Logit Multinomial utilizando la estructura de árbol artificial propuesta en la metodología de estimación con datos mixtos, tal y como se muestra en la Figura 9.

Se consideró una especificación lineal para todos los atributos. En la Tabla 15 se muestran los resultados de la estimación, los cuales muestran que todos los parámetros se estimaron con el signo correcto y fueron significativos a un nivel de confianza del 90%, excepto el atributo tipo de conductor, lo cual indica que para los usuarios del servicio de transporte no es relevante el que los conductores tengan uniforme y una mejor capacitación.

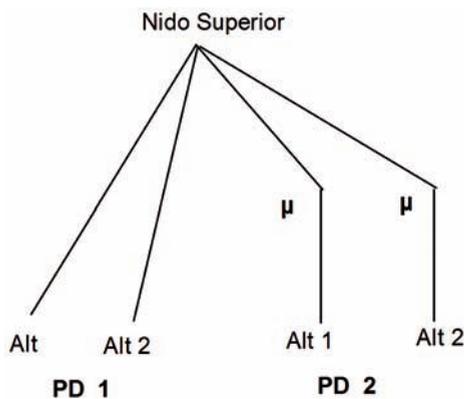


Figura 9. Estructura de árbol artificial

Tabla 15. Resultados de la estimación

Parámetro	MNL
Constantes modales	
Servicio A (1)	ASC1 0
Servicio B (2)	ASC2 0
Coeficientes modales	
Tarifa (1, 2)	$\beta_1$ -0,00195 (-1,67)

Distancia Caminada (1, 2) (Desde el origen al paradero)	$\beta_2$	-0,43 (-5,94)
Tiempo de espera (1, 2) (en el paradero)	$\beta_3$	-0,135 (-2,93)
Tiempo de viaje (1, 2) (en el vehículo)	$\beta_4$	-0,0684 (-1,63)
Disponibilidad de asientos (1, 2)	$\beta_5$	0,97 (1,560)
Tipo de conductor (1, 2)	$\beta_6$	0,148 (1,350)
Estado del vehículo (1, 2)	$\beta_7$	0,732 (1,620)
Theta	$\mu$	2,03 (1,470)
Bondad de Ajuste	$\alpha(0)$	-707,010
	$\alpha(C)$	-698,243
	$\alpha(\theta)$	-618,643
$\rho^2$ ajustado		0,114
Número de parámetros		8
Número de observaciones		1020

En la función de utilidad y con los valores promedios de los atributos, se obtienen los pesos que tienen cada uno de los atributos en la función de utilidad que representa la calidad global del servicio de transporte público colectivo urbano, tal y como se muestra en la Figura 10.

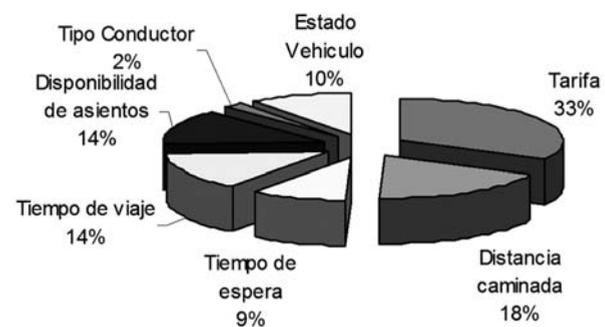


Figura 10. Atributos de la calidad del servicio de TPCU

#### 4. CONCLUSIONES

Los usuarios del servicio de transporte público colectivo urbano en promedio deben caminar 2 cuadras hasta el paradero para acceder desde el origen o hasta el destino, esperando en promedio 10 minutos en el paradero y con un tiempo de viaje de 20 minutos. De otra parte el 80% de los usuarios del servicio tienen la oportunidad de viajar sentados y el 70% considera que los vehículos se encuentran en buen estado.

Los usuarios ponderan el doble el tiempo de espera (\$35.08) en comparación con el tiempo de viaje (\$69.23), lo cual es concordante con los valores que se tienen como referencia en modelación para la valoración del costo generalizado en nuestro medio.

Los atributos que tienen una percepción negativa para el usuario como la tarifa y los tiempos con relación al viaje tienen un peso de 74% en la función de utilidad de la calidad global del servicio.

Respecto a las variables cualitativas estudiadas, la disponibilidad de asientos se considera como el atributo más representativo, con un 13.51% dentro de la utilidad global de la calidad global del servicio.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] Train, K. (2003). *Discrete Choice Methods with Simulation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [2] Louviere, J.J., Hensher, D.A. y Swait, J.D. (2000) *Stated Choice Methods: Analysis and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [3] Lancaster, K.J. (1966) A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy* 14, 132-157.
- [4] Bradley, M.A. y Daly, A. J. (1997) Estimation of logit choice models using mixed stated preference and revealed preference information. In P.R. Stopher and M. Lee-Gosselin (eds.), *Understanding Travel Behaviour in an Era of Change*, Pergamon, Oxford.
- [5] Ben-Akiva, M.E. y Morikawa, T. (1990) Estimation of travel demand models from multiple data sources. *Proceedings 11th International Symposium on Transportation and Traffic Theory*, Yokohama
- [6] Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Convenio 0870-04 suscrito entre la Universidad, el Municipio de Barrancabermeja y La Inspección de Tránsito y Transporte de Barrancabermeja, para la Reestructuración de Rutas de Transporte Público Urbano de Barrancabermeja (2005)
- [7] Ortúzar, J. de D., Ivelic, A.M. y Candia, A. (1997) User perception of public transport level-of-service. En P.R. Stopher y M. Lee-Gosselin (eds.), *Understanding Travel Behaviour in an Era of Change*, 123-142, Pergamon, Oxford.
- [8] Garrido, R. A. y J. de D. Ortúzar (1994) Deriving public transport level of service weights from multiple comparison of latent and observable variables. *Journal of the Operational Research Society*, 45 (10), 1099-1107.
- [9] Hensher, D.A., P. Stopher y P. Bullock (2003) Service quality—developing a service quality index in the provision of commercial bus contracts. *Transportation Research Part A* 37, 499–517.
- [10] Dueñas R, Domingo Ernesto. Calidad del servicio en el sistema de transporte público en autobuses en ciudades pequeñas e intermedias del ámbito Latinoamericano. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia UPV. Valencia España, junio de 2000
- [11] Mackie, P. J., S. Jara-Díaz y A. S. Fowkes (2000). *The Value of Travel Time Savings in Evaluation*. Final Report. 2000.
- [12] Zwerina, K., J. Huber and W. F. Kuhfeld (1996). *A General Method for Constructing Efficient Choice Designs*.
- [13] Koçur, G., T. Adler, W. Hyman and E. Audet (1982) *Guide To Forecasting Travel Demand With Direct Utility Measurement*, UMTA, USA Department of Transportation (Washington D.C.). Tablas escaneadas.
- [14] Street, D., L. Burgess and J. Louviere (2005). *Quick and easy choice sets: Constructing optimal and nearly optimal stated choice experiments*