

**ESTIMACIÓN DE LOS FACTORES DE PENALIZACIÓN DEL TIEMPO EN
LA FUNCIÓN DE COSTO GENERALIZADO PARA BUCARAMANGA Y SU
ÁREA METROPOLITANA**

SANDRA MILENA COTE VARGAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2016

**ESTIMACIÓN DE LOS FACTORES DE PENALIZACIÓN DEL TIEMPO EN
LA FUNCIÓN DE COSTO GENERALIZADO PARA BUCARAMANGA Y SU
ÁREA METROPOLITANA**

SANDRA MILENA COTE VARGAS

Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil

Director

Dr. HERNÁN PORRAS DÍAZ

Profesor Titular de la Universidad Industrial de Santander

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2016

DEDICATORIA

Primero a Dios y a la Virgen María, por todas las bendiciones recibidas...
A mis Padres Ramiro e Isabel, por creer siempre en mí y apoyarme en todo, por
ser la bendición que Dios me dio...
A mi Hermano Carlos, A Lucero y Anny mi chiquitina hermosa, por impulsarme a
seguir adelante...
Al mejor amigo, compañero de vida, el hombre que siempre está a mi lado y me
ama tal como yo lo amo y que Dios me dio la bendición de tener por esposo
Reynel... Eres la bendición que Dios me concedió
A mi amigo Ludwing Junior Pérez, por apoyarme siempre...
A mi padrino, que más que padrino es un gran amigo y Papá adoptivo Jorge
Gómez
Y a todos los que de una u otra forma siempre me han apoyado dándome ánimo
para continuar siempre nunca un paso atrás

AGRADECIMIENTOS

En primera medida agradecer a mi director de proyecto, Ing. Hernán Porras Díaz, por brindarme la oportunidad de pertenecer al grupo de investigación GEOMATICA, por su apoyo, disposición, por enseñarme que si uno quiere y se esfuerza puede lograr cualquier cosa.

Al grupo de Investigación GEOMATICA, por brindarme la oportunidad de crecer a nivel profesional y conocer personas maravillosas como el Ing. YERLY FABIÁN MARTÍNEZ, principal apoyo a lo largo de este camino... aprendí muchas cosas y todo gracias a él.

A la Escuela de Ingeniería Civil, inicialmente a cargo de la Profesora Hebelyn Celis y luego el Profesor Germán García Vera... Y como decía el profesor Germán, se siente un alivio ver por fin terminado y plasmado tanto esfuerzo.

A mi compañerito de lucha JESÚS ORLANDO ESCALANTE, que desde que inicio la maestría siempre ha sido un apoyo y un amigo que me ha dado ánimo para seguir adelante.

A todas las personas de la Escuela de Ingeniería Civil, donde siempre me he sentido como en casa, en especial a Ludy Andrea Cáceres, Sonia Ayala Corzo y Nury Salcedo Díaz, mil gracias que Dios les bendiga siempre

A todos muchísimas gracias.....

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	15
1. OBJETIVOS	18
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
3. MARCO TEÓRICO	24
4. METODOLOGÍA.....	38
4.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	38
4.2 PLANIFICACIÓN DE LA ENCUESTA.....	38
4.2.1 Tamaño de la muestra	38
4.2.2 Modelo de encuesta.....	39
4.3 RECOPIACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ENCUESTAS P.D.....	39
4.4 ZONA DE ESTUDIO	40
4.5 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA	41
4.6 PONDERACIÓN DE LOS FACTORES DE PENALIZACIÓN	41
5. ENCUESTA.....	42
5.1 DISEÑO DE LA ENCUESTA	42
5.1.1 Como reducir el número de opciones	45
5.1.2 Situación Inicial para el Planteamiento del Modelo	47
5.2 PARÁMETROS A CAPTAR EN LA ENCUESTA DE PREFERENCIA DECLARADA.....	53
5.3 TAMAÑO SELECCIONADO PARA LA ENCUESTA	59
6. RESULTADOS DE LA ENCUESTA.....	62
7. MODELO DE ELECCIÓN DISCRETA - ESTIMACIÓN DE PARAMETROS.....	71

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....80
BIBLIOGRAFÍA.....85

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Metodología para el desarrollo de la encuesta de preferencia declarada – Modelos de Elección Discreta.....	43
Figura 2. Formulario General de la Encuesta.....	55
Figura 3. Ejemplo formulario Tiempo de viaje menos de 20 minutos	56
Figura 4. Ejemplo formulario Tiempo de viaje entre 20 y 45 minutos	56
Figura 5. Ejemplo formulario Tiempo de viaje mayor a 45 minutos	56
Figura 6. Zonas donde Se aplicó la Encuesta.....	57
Figura 7. Discriminación de las Zonas donde Se aplicó la Encuesta	58
Figura 8. Población DANE 2013 Para Bucaramanga y Su área Metropolitana	59
Figura 9. Distribución porcentual de las Encuestas realizadas Para Bucaramanga y Su área Metropolitana	62
Figura 10. Distribución porcentual de las Encuestas Por Género	63
Figura 11. Distribución porcentual de las Encuestas Por Edad.....	64
Figura 12. Distribución porcentual de las Encuestas Por Propósito del viaje	64
Figura 13. Distribución porcentual de las Encuestas Por Viajes Diarios	65
Figura 14. Distribución porcentual de las Encuestas Por Origen - Destino del viaje	66
Figura 15. Porcentaje de Participación de Cada tiempo de viaje para Estrato 1 ...	67
Figura 16. Porcentaje de Participación de Cada tiempo de viaje para Estrato 2 ...	67
Figura 17. Porcentaje de Participación de Cada tiempo de viaje para Estrato 3 ...	68
Figura 18. Porcentaje de Participación de Cada tiempo de viaje para Estrato 4 ...	68
Figura 19. Porcentaje de Participación de Cada tiempo de viaje para Estrato 5 ...	69
Figura 20. Archivo .mod.....	72
Figura 21. Archivo .dat.....	73

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.Crecimiento Poblacional	20
Tabla 2. Diseño Experimental y Representación Numérica de las Técnicas de Preferencia Declarada para 3 Atributos del Sistema de Transporte con dos niveles cada uno.....	44
Tabla 3. Diseño Factorial Fraccionado.....	46
Tabla 4. Diseño Inicial Para Encuesta Con tiempo Menor a 20 Minutos	48
Tabla 5.Diseño Inicial Para Encuesta Con tiempo entre 20 - 45 Minutos	49
Tabla 6. Diseño Inicial Para Encuesta Con tiempo Mayor a 45 Minutos	50
Tabla 7. Conjunto de Elección para la obtención de ahorro de tiempo dado por un aumento de tarifa.....	51
Tabla 8. Calificación e Iteración para reducir el número de escenarios.	52
Tabla 9. Reducción del número de escenarios.	53
Tabla 10. Calculo para las encuestas Para Bucaramanga y Su área Metropolitana	61
Tabla 11.Encuestas a realizar Para Personas en Bucaramanga y Su área Metropolitana.....	61
Tabla 12.Tiempo promedio de viaje por estrato socioeconómico (Minutos)	70
Tabla 13.Tiempo promedio de viaje en minutos por tipo de transbordo y estrato socioeconómico	70
Tabla 14. Modelos Evaluados.....	74
Tabla 15. Escenario 1 Evaluado	74
Tabla 16. Escenario 2 Estrato 1 Evaluado	74
Tabla 17. Escenario 2 Estrato 2 Evaluado	75
Tabla 18. Escenario 2 Estrato 3 Evaluado	75

Tabla 19. Escenario 2 Estrato 4 Evaluado	75
Tabla 20. Escenario 2 Estrato 5 Evaluado	76
Tabla 21. Escenario 3 Estrato 1 y 2 Evaluado	76
Tabla 22. Escenario 3 Estrato 3 y 4 Evaluado	77
Tabla 23. Escenario 3 Estrato 5 Evaluado	77
Tabla 24. Resultados del Modelo 3 Evaluado	77

RESUMEN

TITULO: Estimación de los factores de penalización del tiempo en la función de costo generalizado en Bucaramanga y su Área Metropolitana

AUTOR: Sandra Milena Cote Vargas **

PALABRAS CLAVES: Encuestas de preferencia declarada, Función de costo generalizado, Modelo de elección discreta, Modelación de la demanda, Planeación del transporte.

DESCRIPCIÓN:

El tiempo de viaje es una medida natural de la operatividad de una vía o de un sistema de transporte, ya sea masivo exclusivo (BRT) o colectivo, donde uno de los principales objetivos del sistema de transporte público es el de movilizar personas, cargas, bienes y servicios. La medida o factor por el cual las personas miden subjetivamente la efectividad de la vía o del sistema de transporte, es el tiempo que les toma realizar el viaje, algunos elementos tales como el paisaje, el ambiente, la disponibilidad de asientos entre otros son elementos encargados de proporcionar una sensación de confort y ayudan a que la percepción del usuario con respecto al viaje sea mejor; las rutas simples también aportan sensación de confort al viaje realizado por el pasajero, pero su principal objetivo es llegar en el menor tiempo posible a su destino.

Cuando una persona realiza un viaje, el factor que más se revisa es el tiempo de viaje, pero también al realizar la programación de rutas de transporte público se debe incorporar atributos cualitativos al viaje tales como confort, seguridad y prestigio del modo de transporte. Es decir el valor del tiempo suele ser mayor en situaciones de congestión o donde el viajero no se encuentra confortable, Ortúzar en su libro Modelos de Demanda del Transporte sugiere que el costo del tiempo de viaje debe ser medido por segmento de viaje. Algunos de los tiempos que se consideran son: El tiempo de caminata hasta el paradero, el tiempo de espera en el paradero, el tiempo de viaje en el bus (En este aspecto se debe considerar si el bus está desocupado o no, esto con el fin de revisar el confort y la comodidad en el viaje).

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Dr. Hernán Porras Díaz, Profesor Titular de la Universidad Industrial de Santander

ABSTRACT

TITULO: Estimation of factors of penalty time in the function of generalized cost in Bucaramanga and its Metropolitan Area

AUTHOR: Sandra Milena Cote Vargas **

KEYWORDS: Stated preference surveys, generalized cost function, discrete choice model, demand modeling, transport planning.

DESCRIPTION:

The travel time is a natural measure of the operation of a route or a transport system, where one of the main objectives is to transport people, cargo, goods and services. The measure or factor by which people measure subjectively the effectiveness of the road or transportation system is the time it takes to travel, some elements such as the landscape, the environment, the availability of seats and others are elements responsible for providing a sense of comfort and help the user perception regarding the trip better, simpler routes also provide comfort feeling trip by the passenger, but its main goal is to reach as quickly as possible to your destiny.

When a person takes a trip, the factor that is reviewed is the travel time, but also to make the programming of public transport routes should be incorporated to travel qualitative attributes such as comfort, safety and prestige of the transport mode. That is the time value is usually higher in situations of congestion or where the traveler is not comfortable, so the author in his book Ortúzar Transportation Demand Models suggests that the cost of travel time should be measured by travel segment. Some of the times that are considered are: the walking time to the whereabouts, the waiting time at the bus stop and the travel time on the bus (in this aspect should be considered if the bus is idle or not, this in to review the accommodations on the trip).

* Graduation Project

** Faculty of Physical Engineering - Mechanical. School of Civil Engineering. Director: Dr. Hernán Díaz Porras. Professor of the Industrial University of Santander

INTRODUCCIÓN

El área metropolitana de Bucaramanga constituye la quinta zona urbana más grande del país, y al igual que en otras regiones urbanas como Barranquilla, Cali o Pereira, su sistema de transporte público urbano consta de un sistema masivo tronco-alimentador y un sistema de transporte público colectivo complementario; los cuales fueron concebidos dentro del documento Compes 3167 y 3260, los cuales actúan como política nacional de desarrollo urbano en búsqueda de mejorar la calidad del servicio prestado a los usuarios. En el caso particular de Bucaramanga y su área metropolitana, actualmente el Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) Metrolínea opera complementado con rutas del sistema de transporte público colectivo; que en conjunto atienden de manera coordinada y complementaria la demanda de pasajeros de transporte público en toda el área metropolitana.

Según las proyecciones DANE a partir del censo 2005 se presume que el área metropolitana de Bucaramanga (conformada por los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta) tiene para el año 2012 una población de 1.094.390 habitantes, de los cuales se estima que 50% se desplaza a diario en transporte público, 20% en vehículo particular y otro 20% en medios no motorizados. La anterior distribución modal deja expresada la actual preferencia de los habitantes por movilizarse en los sistemas de transporte masivo y colectivo; sin embargo, el vertiginoso crecimiento en los niveles de motorización experimentado en la última década amenaza con modificar esta tendencia, en base a los datos del Ministerio de Transporte, se tiene que el número de motocicletas se ha incrementado para el año 2012 en 97%, más de lo que existía para principios de la década de los 90 en el Departamento, restándole participación modal al transporte público. Este crecimiento desmesurado de vehículos puede agravar aún más los problemas de congestión, dado que al tener

más vehículos el nivel de ocupación en las vías va a ser mayor y por ende impone la necesidad de mejorar las condiciones de prestación de servicio del transporte público, ajustándose a los requerimientos de la demanda; en este marco, Metrolínea debe consolidarse como eje estructurador del servicio público de transporte.

Dado que la demanda del transporte es derivada de las actividades que desarrollan sus usuarios, es importante entender bajo qué fines se desplazan las personas. En particular, del estudio ejecutado en el año 2005 para el “Diseño e Implementación de un Sistema de información de Soporte para el Plan Integral de Transporte masivo del Área metropolitana de Bucaramanga” se determinó que en Bucaramanga y su área metropolitana la mayoría de los viajes en transporte público son realizados principalmente por razones laborales, y en segundo lugar, con fines educacionales. Por otro lado, en el mismo estudio se definieron tres picos de demanda del sistema de transporte público, siendo el intervalo entre las 7:00 y las 8:00 de la mañana el de mayor relevancia.”¹ (Tomado del estudio, “Elaboración de la matriz actual origen – destino de viajes y diseño de rutas para las fases II, III y IV del sistema Metrolínea”, contrato interadministrativo No 122 de 2011, Celebrado entre la Universidad Industrial de Santander y Metrolínea S.A.).

La planificación del transporte en especial la planificación del transporte público de pasajeros, busca ofrecer a los usuarios alternativas que mejoren sus condiciones actuales de viaje, en términos de tiempo de viaje, nivel de servicio, comodidad y seguridad, por lo tanto, es de esperarse que los usuarios seleccionen el tipo de sistema o ruta que minimice sus costos de viaje. Dada la complejidad de los sistemas de transporte y la necesidad de representar las decisiones de los usuarios a la hora elegir el medio de transporte para desplazarse se hace necesario que los planificadores conozcan a fondo del sistema y de las múltiples

¹ Datos tomados Diagnóstico de la situación actual en Consultoría para el análisis de la situación actual y futura del transporte masivo y transporte colectivo complementario del Área Metropolitana de Bucaramanga. Área Metropolitana de Bucaramanga - UIS. Bucaramanga. 2011. Pág. 56-59

alternativas de los usuarios, para poder realizar una predicción del comportamiento del usuario. Es en este punto donde el uso de modelos dentro de la planificación del transporte tiene importancia en la medida en que permita un mejor entendimiento del comportamiento del sistema analizado, y contribuya a la generación y análisis de alternativas. Los modelos de transporte y especialmente los modelos de asignación de demanda, estos se basan en minimizar la función de costo generalizado de viaje, que podría resumirse como la sumatoria de todos los costos que asume un usuario para realizar un desplazamiento desde un origen a un destino, convertidos en tiempo. El factor tiempo es de gran importancia a la hora de reflejar y pronosticar el comportamiento de la demanda de los viajes; puesto que no estimar correctamente los factores de penalización del tiempo efectivo de viaje entre otros factores que inciden en el proceso de modelación de la demanda, puede inducir a un error en la planificación y toma de decisiones.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Estimar el valor de los factores de ponderación de los tiempos de caminata, espera y transferencia empleados por los usuarios, necesarios para la construcción de la función de costo generalizado.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar los factores de penalización utilizados en los procesos de planeación de transporte público.
2. Metodología para el cálculo de los factores penalización.
3. Obtención de los factores penalización.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema a resolver en este trabajo de tesis, parte de la hipótesis de que los factores empleados para la penalización de los tiempos introducidos en la ecuación de costo generalizado pueden estar desactualizados para la ciudad de Bucaramanga, debido a los diferentes cambios que ha sufrido el área metropolitana tales como el incremento del parque automotor, crecimiento de la población (como se aprecia en la tabla) pero cabe notar que no se ha presentado ningún aumento significativo para la infraestructura vial y por ende al tener una mayor ocupación en las vías, la congestión aumenta es decir los tiempos de viaje se hacen cada vez más largos, dichos cambios se han presentado desde el año 2005 fecha en la que se ejecutaron los primeros estudios y el año 2009 fecha en la que entro en funcionamiento el sistema integrado de transporte masivo y esto sumado a los drásticos cambios que se han registrado desde el año de lanzamiento hasta la actualidad en la configuración de la red de rutas de transporte público. Esta falta de actualización en los factores puede generar estimaciones erróneas dentro de los procesos de modelación y asignación de la demanda, ya que se puede presentar una subestimación o sobrestimación, lo cual puede afectar el proceso de simulación referente al comportamiento real de los usuarios a la hora de seleccionar el medio (colectivo o masivo) y la ruta o servicio óptimo, y esto a su vez genera errores en los modelos de transporte utilizados en la planeación de la operación del sistema y en la toma de decisiones frente a la priorización de proyectos y recursos.

Tabla 1.Crecimiento Poblacional

	Personas	Personas	Personas	Personas
Municipio / Año	1993	2005	2010	2015
Bucaramanga	478.635	516.460	524.030	527.913
Floridablanca	214.262	254.600	261.096	265.407
Giron	96.804	135.860	157.067	180.377
Piedecuesta	87.466	117.405	132.725	149.248
	877.167	1.024.325	1.074.918	1.122.945

Fuente DANE

Según las proyecciones DANE a partir del censo 2005 se presume que el área metropolitana de Bucaramanga (conformada por los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta) tiene para el año 2013 una población de 1.104.045 habitantes, de los cuales se estima que 50% se desplaza a diario en transporte público, 20% en vehículo particular y otro 20% en medios no motorizados. La anterior distribución modal deja expresa la actual preferencia de los pobladores por movilizarse en los sistemas de transporte masivo y colectivo, sin embargo, el vertiginoso crecimiento en los niveles de motorización experimentado en la última década amenaza con invertir esta tendencia, causando a la fecha un decrecimiento anual de 1,6% en la demanda del transporte público y altos índices de congestión vehicular; de allí la importancia de consolidar el sistema de transporte público, con el sistema de transporte masivo Metrolínea como su eje articulador.

Dado que la demanda del transporte es derivada de las actividades que desarrollan sus usuarios, es importante entender bajo qué fines se desplazan las personas. En particular, del estudio adelantado en el año 2005 para el “Diseño e Implementación de un Sistema de información de Soporte para el Plan Integral de Transporte masivo del Área metropolitana de Bucaramanga” se determinó que en Bucaramanga y su área metropolitana la mayoría de los viajes en transporte público son realizados principalmente por razones laborales, y en segundo lugar,

con fines educacionales. Por otro lado, en el mismo estudio se definieron tres picos de demanda del sistema de transporte público, siendo el intervalo entre las 7:00 y las 8:00 de la mañana el de mayor relevancia.

Posteriormente, del estudio adelantado por la Universidad Industrial de Santander en el año 2011 se logró establecer que 96% de los usuarios del transporte público del área metropolitana acceden al sistema a pie, caminando en promedio tres cuadras para ello. Por otro lado, del análisis de la dinámica económica y social del área metropolitana y de los estudios de encuestas a bordo llevados a cabo en el estudio en mención, se determinó que la mayoría de viajes en la hora pico son atraídos por el municipio de Bucaramanga (en especial por la zona centro) mientras que los municipios de Girón, Floridablanca y Piedecuesta desarrollan principalmente un papel como productores de viajes en ese mismo intervalo de tiempo; derivando en una concentración de la demanda sobre las autopista Bucaramanga – Piedecuesta y Bucaramanga – Girón, así como de los corredores viales de la carrera 33, 27, 21, 22 y la diagonal 15.

En cuanto a la evolución que ha tenido la zonificación del área metropolitana de Bucaramanga para el estudio de la demanda del transporte público, es importante mencionar que se partió de una configuración de 34 zonas planteadas en el año 1994, luego en el año 2004 se planteó una división en los 129 sectores DANE, y por último, se propuso un esquema de 45 zonas homogéneas, las cuales fueron configuradas dentro de los estudios de actualización de las encuestas domiciliarias en la región por parte de la UIS (2011).

Por ende durante el desarrollo del presente proyecto se estimaran los factores de penalización para la ecuación del costo generalizado, para actualizarlos y calcular de los diferentes tiempos de espera y tiempos de viaje por los que atraviesa un usuario del sistema de transporte a, es decir el problema a solucionar es encontrar los valores para los factores de penalización introducidos en la ecuación del costo

generalizado para las condiciones actuales de movilización de pasajeros en el Sistema de Transporte del área metropolitana de Bucaramanga.

La planeación de un sistema de transporte masivo para el área metropolitana de Bucaramanga surge en el marco de la política de desarrollo de los sistemas de transporte urbano planteada en la Ley 310 de 1996 y los lineamientos para la configuración de un sistema integrado de servicio público urbano de transporte masivo señalados en los documentos CONPES 3298 y 3552; “La estructuración del sistema de transporte público urbano teniendo como eje central al transporte masivo nace de la necesidad de sustituir un sistema desordenado, poco confiable, con una alta sobre-oferta, sin regulación y con bajos niveles de servicio para los usuarios, por un sistema moderno, regulado, confiable, eficiente, integrado y donde los habitantes del área metropolitana experimentara un nivel de servicio mayor. En este contexto, se configuraron los siguientes lineamientos del sistema desde el punto de vista de la atención de la demanda del transporte público urbano:

- El sistema debe atender de forma integral las necesidades de movilidad de la población total del área metropolitana, sin lugar a presentarse afectaciones por las divisiones político-administrativas.
- En todos los casos, el mejoramiento de las condiciones de movilización del usuario expresada en función del costo generalizado de viaje (tarifa, tiempo de caminata, tiempo de espera, tiempo de viaje) debe primar en la conceptualización del nuevo sistema. Esto representa una optimización en el nivel del servicio que experimenta el usuario manteniendo los niveles tarifarios existentes.

- El sistema debe brindar mejores condiciones para el desarrollo urbano, la modernización del sistema de transporte urbano y mejorar la gestión de la movilidad urbana.
- El sistema de transporte masivo debe poder implementarse por etapas, tomando en cuenta las restricciones naturales que implica la transformación del sistema de transporte público, procurando minimizar el traumatismo que se pudiera llegar a ocasionar a los pobladores del área metropolitana de Bucaramanga.
- Tras la implantación total del sistema se establece que el sistema debe movilizar al 66% de la demanda de transporte público urbano en Bucaramanga y su área metropolitana, estimada en 397.864 viajes a lo largo de un día hábil, y siempre complementándose – y no compitiendo- con el sistema colectivo”².

“Desde el punto de vista de transporte el desarrollo de este proyecto de sistema masivo, se basa en la implementación de un modelo de asignación de transporte, a través del cual se estimó la demanda potencial del nuevo sistema de transporte, para ello se basa en la elección de modos y se fundamenta en el ahorro del tiempo de viaje, que se calcula como el tiempo total que emplean los viajeros para desde el inicio hasta el fin del viaje; la ponderación de estos componentes del tiempo de viaje y costo monetario se expresa matemáticamente para el algoritmo del modelo como una suma polinómica. A este valor se le denomina en ingeniería de transporte como el costo generalizado del viaje, estos factores se obtuvieron a partir de las encuestas de preferencias declaradas, lo cual se conformó como la base para la estimación de la demanda” [1].

² CONPES 3298 y 3552

3. MARCO TEÓRICO

Como planteamiento inicial se debe notar que Bucaramanga, Floridablanca, Piedecuesta y Girón, actualmente se encuentran soportadas sobre una estructura de transporte público mixto, es decir en ellas encontramos tanto buses del Sistema Integrado de Transporte Masivo y Sistema de Transporte convencional, adicional a esto en el municipio de Girón aún no se encuentra presente el SITM, pero algunos usuarios deben realizar transbordos del Transporte Convencional hacia el Transporte Masivo.

Es importante notar que Bucaramanga y su Área Metropolitana cuentan con una serie de estudios que han permitido avanzar en la elaboración de una matriz de viajes en transporte público urbano para Bucaramanga y su área metropolitana. A continuación se mencionan algunos de estos estudios:

- *Estudio de reordenamiento vial y de tráfico en la ciudad de Bucaramanga (Quguar Ingeniería, año 1994): Constituye la base conceptual de todos los estudios posteriores; en su desarrollo se dividió la región de estudio en 34 zonas de transporte y se desarrollaron encuestas domiciliarias. Este estudio proyecta la primera matriz origen - destino.*
- *Estudio transporte masivo para el área metropolitana de Bucaramanga - Estudio para el diseño conceptual y pre-diseño técnico (Geotécnica, año 2000): Actualiza la información recogida por Quguar Ingeniería y proyecta nuevas matrices de movilidad conservando la zonificación establecida anteriormente.*
- *Estudio para la actualización de los estudios origen-destino y oferta-demanda para la implantación del Sistema Integrado de Transporte Masivo para Bucaramanga y su área metropolitana (Hernando Salazar y Asociados, año 2002): Establece una nueva zonificación con base en los sectores DANE; adicionalmente, realiza aforos de frecuencia y ocupación visual en 100 puntos dentro de la región y proyecta una nueva matriz a partir de la información recogida y la matriz base desarrollada en el año 2004.*
- *Estudio de complementación y actualización del diseño operacional del Sistema Integrado de Transporte Masivo de Bucaramanga (SAIP, Año 2003): Se realizan estudios de frecuencia y ocupación visual, estudios de ascenso y descenso de*

pasajeros a bordo de los vehículos de transporte público colectivo y encuestas O-D a bordo de los mismos vehículos. Se proyectan nuevas matrices con la información recogida en campo, conservando la zonificación DANE.

- *Diseño e implementación de un sistema de información de soporte para el Plan Integral de Transporte Masivo del área metropolitana de Bucaramanga (UIS, Año 2005): Se realizan encuestas domiciliarias en la región basándose en las 129 zonas censales del DANE. Se identifican características socio-económicas de los habitantes, los hogares y las viviendas, y se caracterizan los viajes realizados. Esta información servirá de base para caracterizar principalmente la distribución modal presente en el área de estudio.*
- *Diseño operacional y del sistema de recaudo y control. Sistema integrado de transporte masivo para el área metropolitana de Bucaramanga-Metrolínea. (UIS, Año 2007): Se configuran los servicios troncales, pre-troncales y alimentadores del sistema con base en la matriz de viajes de transporte público construida a través de los estudios realizados en el año 2005.*
- *Consultoría para el análisis de la situación actual y futura del transporte colectivo complementario del área metropolitana de Bucaramanga (UIS, Año 2011): Se realiza el análisis de la demanda del sistema de transporte público colectivo en la región de estudio a partir de la elaboración de estudios de ocupación visual y estudios de ascenso y descenso. Se configura una nueva zonificación a partir de 807 micro-zonas y se elabora la matriz de viajes correspondiente” [2].*

Ahora bien, es cierto que se han realizado varios estudios para determinar factores importantes que intervienen en el diagnóstico adecuado de la Ciudad, pero es quizá uno de los principales planteamientos para el presente texto la Función del Costo Generalizado del tiempo, la cual de acuerdo a Juan de Dios Ortúzar en su libro Modelos Económicos de Elección Discreta “Se define como la ecuación que incluye el tiempo de caminata, el tiempo de espera, el tiempo en vehículo y los tiempos de transferencia y el costo de la tarifa, afectada por unos factores de llamados factores de penalización” [1]. Se puede afirmar que en la mayor parte de modelos de asignación de demanda de viajes, se encuentran basados en dicha ecuación, la cual incluye tiempos de viaje y tarifa, factores determinantes en cualquier modelo de transporte.

Dicha función de forma general es la siguiente:

$$C_k = \sum_{i \in j} [r_j + VOT * (\gamma_x \chi_j + \gamma_\omega \omega_j)] + \sum_{i \in l} [VOT * (\gamma_d d_i + \gamma_v t_i (1 + \alpha (v_i / C_i) \beta))]]$$

Donde:

C_k = Costo total del viaje K en unidades monetarias

C_i = Capacidad ofrecida por cada ruta para el periodo de estudio

d_i = Tiempo en paradero

i = Índice de los arcos a través de los cuales se realiza el viaje K

l = Selección de arcos usados en el viaje K

j = Índice de las rutas usadas en el viaje K

J = Selección de rutas usadas en el viaje K

r_j = Tarifa para el conjunto de rutas usadas en el viaje

t_i = Tiempo de viaje a bordo del vehículo o tiempo caminando en el arco i

v_i = Volumen de pasajeros en el arco

VOT = Valor del tiempo

ω_i = Tiempo de espera para abordar la ruta

χ_j = *Tiempo de penalización al transferir de una ruta a otra*

γ_d = Factor multiplicador que penaliza el tiempo en paradero

γ_v = Factor multiplicador que penaliza el tiempo a bordo del vehículo

γ_w = Factor multiplicador que penaliza el tiempo de espera

γ_x = Factor multiplicador que penaliza el tiempo de transferencia

α, β = Parámetros de congestión" [3]

En esta función, las variables definidas como $\gamma_d, \gamma_v, \gamma_w$ y γ_x , son los factores de ponderación de los tiempos adicionales incluidos en la ecuación de costo generalizado, es decir, el tiempo total que gasta un usuario desde que inicia su viaje hasta que llega a su destino, donde el tiempo de caminata, de espera, de

transferencia y de parada, son penalizados (aumentados), dado que se traducen en molestia para los usuarios.

Para incorporar la mejor opción para el usuario, se suele utilizar el concepto de utilidad, el cual se define como lo que el individuo desea maximizar. Utilidad, representa la satisfacción de un individuo cuando gasta sus recursos sobre diferentes cosas, para plantear la construcción de la ecuación de utilidad se parte es un modelo lineal, el cual es el más común y en el cual la combinación de los atributos es aditiva:

$$U_i = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$$

Dónde: U_i = Utilidad de opción i
 $X_1 \dots X_n$ = Productos de atributos
 $a_1 \dots a_n$ = Modelos de Coeficientes
 a_0 = Modelos de Constantes

La utilidad se define como una combinación lineal de variables, en la que cada variable representa una característica de la alternativa, lo que ayuda a distinguirla de las demás. La influencia relativa de cada atributo ésta dada por su coeficiente. La constante modal específica a_0 , se interpreta como la representación de la influencia neta de todas aquellas características no observadas o no incluidas en forma explícita en la utilidad de cada alternativa” [4]

Para estimar los valores que se aplican en la función de costo generalizado, se emplean modelos de elección discreta, para lo cual se aplica a un grupo de individuos encuestas, estas pueden ser de preferencia declarada o de preferencia revelada, es importante hacer notar que en las encuestas de preferencia revelada se recopila información real sobre tiempos de viaje, pero no se incluyen datos de tiempo de espera, caminata o transbordo de los usuarios. Es allí donde las

encuestas de preferencia declarada aportan algo más al estudio, pero estas corresponden más a datos de percepción del usuario, y al ser subjetivas permite preguntar tiempos de espera, caminata y transbordo empleados por el usuario, además se debe tener en cuenta que el diseño de esta parte de situaciones o contextos construidos por el investigador.

“Para la obtención de los factores de ponderación de los tiempos caminata, espera y transbordo, usualmente se utilizan métodos de encuestas de preferencias reveladas o declaradas. La función de utilidad en transporte público elaborada a través de la aplicación de encuestas de preferencia declarada es:

$$U = cte + \alpha \cdot T_{caminata} + \beta \cdot T_{espera} + \lambda \cdot T_{vehiculo} + \varphi \cdot T_{trasbordo} + \theta \cdot Tarifa$$

Donde:

U = función de utilidad en transporte público.

Cte. = Constante.

Tcam = Tiempo de caminata (tanto en el origen, destino)

Tesp = Tiempo de espera en el paradero del bus.

Tveh = Tiempo de viaje dentro del vehículo.

Ttrasb = Transbordo.

Tarifa = Valor que se paga por el servicio.

$\theta \varphi \lambda \beta \alpha$, , , = Factores de penalización a estimarse.”³

Es necesario además de definir la ecuación de costo generalizado del tiempo, se debe conocer las encuestas de preferencia declarada, dado que los tiempos a los que se hace referencia en la ecuación provienen de la percepción que tienen los

³ Stated Preference Techniques – A Guide To Practice” – Capítulo 3. Principles of stated preference design. Pág. 29-51

usuarios de sus tiempos de traslado. Desde el punto de vista de la planeación del transporte, es necesario predecir los flujos que se presentarán en el sistema para diferentes situaciones, es decir predecir el usuario al cual se atiende con el sistema de transporte, cuál es su punto de partida y cual su punto de llegada. Para esto, es necesario conocer el comportamiento humano y de esta forma poder hacer una aproximación en la demanda de transporte. En la actualidad, es posible predecir el comportamiento humano en respuesta a cambios en el sistema de transporte de un individuo o de un grupo de individuos ante situaciones cambiantes del sistema. Las decisiones de las personas sobre los viajes que deben efectuar como parte de sus actividades cotidianas conducen directamente a una “demanda” o un “deseo” de viajes. Por su naturaleza dinámica, la demanda responde también a cambios en los niveles de servicio, a tal grado que se puede presentar una competencia permanente entre los diversos medios de transporte disponibles en una ciudad.

“La probabilidad de elección de una alternativa de viaje está dada por:

$$P_1 = \frac{e^{\varphi U_1}}{e^{\varphi U_1} + e^{\varphi U_0}}$$

Donde P_1 , representa la probabilidad de elegir la alternativa 1 respecto a la alternativa 0 de acuerdo a la mayor utilidad (U_i) percibida por el usuario considerando las variables mostradas en la función utilidad” [4].

Para darle una solución numérica se debe emplear una regresión tipo binaria mediante la máxima verosimilitud y método de aproximación Newton-Rapson. Y para correr el modelo se puede emplear un modelo de elección discreta.

“Los factores que influyen en el usuario para la selección del medio de transporte se pueden clasificar de la siguiente manera:

- De acuerdo al usuario, se puede presentar:
 - ✓ Disponibilidad en el núcleo familiar de un vehículo particular. Dentro del cual se debe incluir que la persona disponga de licencia de conducción y no tenga ningún problema legal para manejar el vehículo.
 - ✓ Estructura familiar (hace referencia a: Si se trata de un matrimonio joven, familia con niños, jubilados, solteros, entre otros).
 - ✓ Percepciones económicas.
 - ✓ Actividades indirectas hechas comúnmente (es decir causas que pueden generar el viaje diferente a su trabajo: llevar a los niños a la escuela o necesidad de utilizar el automóvil en el trabajo).
 - ✓ Densidad residencial.

- De acuerdo a las características del viaje. La elección del modo de transporte puede depender de los siguientes factores:
 - ✓ Propósito del viaje.
 - ✓ Hora del día en la que se realiza el viaje.

- Características del modo de transporte:
 - ✓ Duración del viaje, dividida en componentes como el tiempo a bordo del vehículo, el tiempo de espera y el tiempo de recorrido a pie.
 - ✓ Costos del viaje (por ejemplo: tarifas y combustible).
 - ✓ Disponibilidad y costo del estacionamiento.
 - ✓ Comodidad y accesibilidad del servicio.
 - ✓ Confiabilidad y regularidad.
 - ✓ Protección y seguridad.

Para predecir el comportamiento de los usuarios de un sistema de transporte, se han ocupado tradicionalmente técnicas basadas en la observación del comportamiento real de los individuos, es decir, el medio de transporte utilizado, el

tiempo de viaje medido entre un par origen – destino, la tarifa cancelada por el servicio, etc.; este conjunto de información constituye lo que denomina “Preferencias Reveladas - PR”. Sin embargo, las preferencias reveladas presentan problemas serios si se desea utilizarlas en el análisis de opciones que no estén presentes en el año base (por ejemplo, la introducción de un nuevo medio o servicio), o cuando se intenta determinar el efecto de atributos relativamente subjetivos o difícilmente medibles como la seguridad o la comodidad.

Las PR presentan ciertas limitaciones que restringen su utilización como herramienta general, tales como:

- ✓ Al observar la realidad, se pueden detectar variaciones insuficientes para la adecuada calibración de modelos que incorporen todas las variables de interés.
- ✓ Las variables explicativas más relevantes suelen estar fuertemente correlacionadas (en particular el costo y tiempo de viaje), lo que impide obtener estimadores precisos de la importancia de cada atributo.
- ✓ Los métodos PR no pueden utilizarse directamente en la modelación de la demanda de alternativas que no estén disponibles en el año base. Esta es una importante limitación para la utilización de PR en la evaluación de proyectos que contemplen la introducción de nuevas alternativas de transporte.
- ✓ Los métodos de PR requieren que las variables explicativas sean expresada en unidades cuantitativas (objetivas o ingenieriles), lo que dificulta la posibilidad de considerar variables secundarias (tales como seguridad, comodidad de los asientos, estética, entre otras).
- ✓ A menudo es difícil determinar con certeza el conjunto de alternativas disponibles para un individuo, debido principalmente a que en la realidad no se dispone de información completa.
- ✓ Suelen existir importantes errores de medición en los datos”.

Para modelar la demanda de transporte, ha surgido un conjunto alternativo de técnicas, denominado “Preferencias Declaradas – PD”, que consisten en obtener respuestas de los individuos, respecto a cómo actuarían en determinadas situaciones de elección hipotéticas.

Las PD ofrecen una metodología alternativa que permite eliminar (o al menos reducir) algunos de los aspectos más críticos:

- ✓ El rango de variaciones de los atributos (variables explicativas) puede ser extendido al nivel requerido o deseable; además, es posible incorporar factores, e incluso opciones, que no estén presentes en el año base del estudio.
- ✓ Es posible construir escenarios que reduzcan completamente la correlación entre las variables explicativas; además, el conjunto de alternativas disponibles puede ser pre-especificado.
- ✓ Los efectos de variables de especial interés pueden ser aislados totalmente; además, es posible incorporar fácilmente variables secundarias cuya unidad de medición sea cualitativa.
- ✓ Por construcción, no existe error de medición en los datos (variables independientes).
- ✓ El investigador puede tener control de la selección de respuestas ofrecidas al encuestado; las técnicas de preferencia declaradas pueden asegurar datos los cuales son de suficiente calidad para construir buenos modelos estadísticos.
- ✓ Cuando una política es nueva, las técnicas de preferencia declarada pueden representar las únicas bases prácticas o aconsejables para una buena evaluación y un buen pronóstico.

Algunas características de las encuestas de preferencia declarada son las siguientes:

- ✓ Se basan en la obtención de declaraciones de los entrevistados acerca de cómo responderían ante diversas alternativas hipotéticas de transporte.
- ✓ Cada opción se presenta como un paquete de diferentes atributos, como tiempo de viaje, peaje, servicios y otros.
- ✓ El investigador construye alternativas hipotéticas, de tal manera que el efecto individual de cada atributo se pueda diferenciar. Esto se logra usando técnicas de diseño experimental, que aseguran que las variaciones en atributos en cada paquete son estadísticamente independientes la una de la otra.
- ✓ El investigador se debe asegurar de que a los entrevistados se les den alternativas que puedan entender, parecer posibles y realistas, y relacionarse con su nivel actual de experiencia.
- ✓ Los entrevistados declaran sus preferencias hacia cada opción, ya sea ordenándolas por su atractividad, calificándolas en una escala que indique la fuerza de su preferencia o simplemente escogiendo la opción preferida de entre un par o grupo de alternativas.
- ✓ Las respuestas dadas por los individuos se analizan a manera de proveer medidas cuantitativas de la importancia relativa de cada atributo; en muchos casos, los modelos de elección pueden estimarse a partir de este tipo de análisis.
- ✓ Esta es una herramienta de encuesta, de investigación de mercado por medio de la cual se obtiene un informe de las personas, de cómo ellas responderían a diferentes situaciones hipotéticas de viaje.
- ✓ Situaciones de viaje de cada individuo con diferentes combinaciones de factores (atributos) que son relevantes para el proceso de decisión de viajes.
- ✓ El investigador necesita asegurar que los individuos entrevistados son dados a situaciones hipotéticas que pueden ser claramente entendidas.
- ✓ Los individuos que toman parte en la encuesta deben ser representativos de la población de interés para el investigador.
- ✓ Las respuestas dadas por los individuos son analizadas de tal forma que suministren medidas cuantitativas de la importancia relativa de cada factor

presentadas en las situaciones hipotéticas de viaje. Esto requiere el uso de modelos estáticos apropiados.

- ✓ Los resultados de las encuestas suministran medidas que ayudan en la investigación, pronóstico del comportamiento y demanda de viajes del futuro.
- ✓ Los valores de los atributos en cada opción son especificados por el investigador y usualmente presentado en el contexto de las situaciones presentes de los encuestados”⁴.

Los errores que se pueden presentar en las encuestas de preferencia declarada pueden ser:

- Errores aleatorios, plasmados en las diferencias entre lo que los individuos declaran que harían en una situación hipotética planteada y lo que realmente harán si ésta se presenta. Este tipo de error puede presentarse debido a una mala interpretación de la encuesta, la existencia de incertidumbre o la fatiga del entrevistado.
- Existen errores no aleatorios debidos a experiencias anteriores, percepciones cotidianas de los encuestados.
- Interacción entre el encuestador y los encuestados.
- Error de afirmación, por el cual el encuestado puede expresar las preferencias que él cree que el encuestador desea recibir.
- Error de racionalización, por el cual el encuestado puede proporcionar respuestas artificiales en un intento de racionalizar su comportamiento habitual, asociado a un fenómeno subconsciente denominado disonancia cognitiva
- Error de política, por el cual el encuestado puede responder deliberadamente en forma sesgada con el fin de influir en las decisiones o políticas que él cree que se seguirán sobre la base de los resultados de la encuesta.

⁴ Ortúzar, Juan de Dios Modelos de Demanda de Transporte. Segunda Edición - Ediciones Universidad Católica de Chile – Alfaomega Año 2011 – Capítulo 2 Metodologías de recolección de información – Páginas 47 – 63”

- Error de no restricción, por el cual el encuestado puede responder en forma irreal si no considera las restricciones prácticas de su comportamiento.
- Error de no respuesta, común a cualquier tipo de encuesta”⁵.

Todos los anteriores errores se pueden presentar en un muestreo aleatorio de encuestas de preferencia declarada, por ende es importante tenerlos en cuenta a la hora de la validación de dichas encuestas.

Tratamiento y Validación de las Encuestas de Preferencia Declarada:

La información de las PD es recolectada generalmente a través de tres experimentos: jerarquizaciones, escalonamientos y elecciones. Cada uno de éstos requiere de un tratamiento distinto.

El principal objetivo del análisis de los datos de PD es descomponer las preferencias, expresadas en cada experimento, en utilidades individuales de cada una de las alternativas planteadas en la encuesta, para posteriormente establecer el efecto particular de cada atributo sobre estas utilidades.

“Existen varias formas de hacer esto, es decir, de estimar los parámetros de las funciones de utilidad (que representan el efecto de cada atributo en la decisión de elección), entre las cuales se encuentran:

- ✓ Técnicas de regresión: Estas emplean el principio de mínimos cuadrados para descomponer respuestas de escalonamientos. Aquí, el modelo entrega como resultado aquellas utilidades de cada alternativa que minimizan las diferencias (suma de cuadrados) entre los escalonamientos predichos y los escalonamientos proporcionados por el encuestado.

⁵ Diseño de encuestas de preferencias declaradas para la estimación del valor de los ahorros de tiempo y el pronóstico de la demanda de servicios de transporte urbano de pasajeros-Juan José Pompilio Sartori-Departamento de Economía y Finanzas Facultad de Ciencias Económicas - Universidad Nacional de Córdoba

- ✓ MANANOVA (monotonic analysis of variance): El análisis monotónico de la varianza es una técnica desarrollada específicamente para analizar experimentos de jerarquización, basándose en un proceso de minimización que conduzca a una solución óptima, compuesta por las utilidades parciales de cada alternativa, para las cuales la jerarquización predicha corresponda más fielmente a la jerarquización entregada por el encuestado. El método no produce estadísticos de bondad de ajuste y es muy restrictivo en términos de la especificación de la utilidad, por lo que su utilización no es muy popular en estudios de transporte.

- ✓ Utilización de modelos de elección discreta: El uso de estos modelos corresponde a las técnicas estadísticas más avanzadas aplicadas al análisis de datos de PD (desarrollados originalmente para análisis de datos PR). Son muy utilizados actualmente por su robustez y aplicabilidad, tanto a elecciones como en escalonamientos y jerarquizaciones, a través de transformaciones apropiadas. La estimación se basa en el principio de maximización de la verosimilitud. La forma más común de tales modelos es el modelo Logit”.

Para que el tratamiento de estos datos sea realmente beneficioso debe tenerse especial cuidado en la definición del escenario de elección y posteriormente debe revisarse exhaustivamente la información recolectada, a fin de detectar errores o sesgos producidos voluntaria o involuntariamente.

Una importante medida de la calidad de la información que entrega cada tipo de experimento es la proporción de inconsistencias detectadas en las respuestas de los individuos. Se entenderá por inconsistencia una respuesta que no sea consecuente con el consumidor racional supuesto en la teoría subyacente. Así, por ejemplo, supóngase que existen tres alternativas A, B y C, y que a un entrevistado se le ofrece la elección entre A y B, y éste prefiere B. Luego se le ofrece la elección entre B y C, y prefiere C. Si se le ofreciera la elección entre A y

C, este individuo debiera preferir C, o de lo contrario su elección no sería racional, cometiéndose una inconsistencia.

Dado que los escalonamientos y las elecciones son presentadas al individuo como pares de alternativas a comparar, la detección de inconsistencias en estos casos es exactamente la descrita en el párrafo anterior. Para las jerarquizaciones, la detección de inconsistencias toma dos formas: una es la descrita anteriormente, y la otra corresponde al orden jerárquico de ciertos pares de alternativas que debieran aparecer de acuerdo a un orden preestablecido; por ejemplo, si dos tarjetas contienen los mismos valores en todos sus atributos excepto en uno de ellos, éste determinará obligatoriamente el orden relativo de ambas tarjetas. De esta forma, es posible detectar rápidamente irregularidades en las respuestas”.

4. METODOLOGÍA

La metodología planteada dentro del desarrollo de esta tesis consideró el siguiente esquema:

4.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Se parte de la correcta identificación del problema, para que la solución sea lo más completa posible, pero en general, se observa que no se utilizan metodologías definidas, sustentadas en formulaciones teóricas rigurosas, para estimar el valor del tiempo. Generalmente solo se utilizan valores relacionados con el ingreso medio de la población; ocasionalmente se usa el ingreso de los usuarios del sistema de transporte, dado que generalmente esto corresponde a una percepción del viajero.

4.2 PLANIFICACIÓN DE LA ENCUESTA

La planificación de se definió de acuerdo al siguiente esquema:

4.2.1 Tamaño de la muestra. Definir el tamaño de la población total y de ahí definir el tamaño de la muestra a la cual se va a aplicar la encuesta. Como se plantea en el siguiente capítulo en el cual se debe tener en cuenta el porcentaje de error aceptable para la presente muestra.

4.2.2 Modelo de encuesta. Realizar el formato a emplear para la realización de las encuestas, que parámetros se incluirían en el desarrollo de la misma. Este sufrió diversos ajustes de acuerdo al modelo de encuesta planteado, adicional al plantear los diversos escenarios de elección discreta por parte del usuario, se debía tener especial cuidado, ya que la respuesta del encuestado podría estar sesgada.

4.3 RECOPIACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ENCUESTAS P.D.

La información obtenida a través de la encuestas de Preferencias declaradas P.D., le permite a cada uno de los individuos elegir la opción que de acuerdo a su criterio y restricciones le genera mayor utilidad. “Para construir modelos robustos, se necesitaría una muestra mínima de 30 encuestados por cada segmento de mercado, pero cada uno de los encuestados aportan entre 8 a 10 respuestas y el mismo encuestado modificaría su decisión de acuerdo a las variaciones en los atributos que son incorporadas en el experimento, esto significa que tendríamos entre 240 a 300 respuestas por segmento de mercado o conocidos también como pseudo individuos”.

Esta evaluación se plantea de la siguiente forma:

El principal objetivo del análisis de los datos de PD es descomponer las preferencias, expresadas en cada experimento, en utilidades individuales de cada una de las alternativas planteadas en la encuesta, para posteriormente establecer el efecto particular de cada atributo sobre estas utilidades.

Existen varias formas de hacer esto, es decir, de estimar los parámetros de las funciones de utilidad (que representan el efecto de cada atributo en la decisión de elección), entre las cuales se encuentran:

- Técnicas de regresión:
- MANANOVA (monotonic análisis of variance)
- Utilización de modelos de elección discreta

Para que el tratamiento de estos datos sea realmente beneficioso debe tenerse especial cuidado en la definición del escenario de elección y posteriormente debe revisarse exhaustivamente la información recolectada, a fin de detectar errores o sesgos producidos voluntaria o involuntariamente.

Una importante medida de la calidad de la información que entrega cada tipo de experimento es la proporción de inconsistencias detectadas en las respuestas de los individuos. Se entenderá por inconsistencia una respuesta que no sea consecuente con el consumidor racional supuesto en la teoría subyacente. Así, por ejemplo, supóngase que existen tres alternativas A, B y C, y que a un entrevistado se le ofrece la elección entre A y B, y éste prefiere B. Luego se le ofrece la elección entre B y C, y prefiere C. Si se le ofreciera la elección entre A y C, este individuo debiera preferir C, o de lo contrario su elección no sería racional, cometiéndose una inconsistencia.

4.4 ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio definida para la muestra fue Bucaramanga y su área metropolitana. En esta se debió tener especial cuidado e identificar correctamente los sectores de acuerdo a su estrato socio-económico.

4.5 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA

Para el procesamiento de las encuestas se empleó Excel en este se recopiló todas las encuestas tomadas en campo y posterior se realizó revisión de las mismas ya que varias estaban incompletas o el usuario fue mal enfocado al momento de la encuesta. Una vez depurada la información se precisó de un software que permitiera el cálculo de los factores de Penalización del tiempo, para ello se empleó el software BIOGEME 1.8.

4.6 PONDERACIÓN DE LOS FACTORES DE PENALIZACIÓN

Dentro de la ponderación del costo generalizado, es muy importante el concepto de valor subjetivo del tiempo de viaje - VSTV, ya que representa la equivalencia en valor monetario de la unidad de tiempo de viaje. Estos factores se obtienen una vez procesada la información de encuestas de preferencia declarada, dado que en su mayoría corresponden a una percepción del viajero.

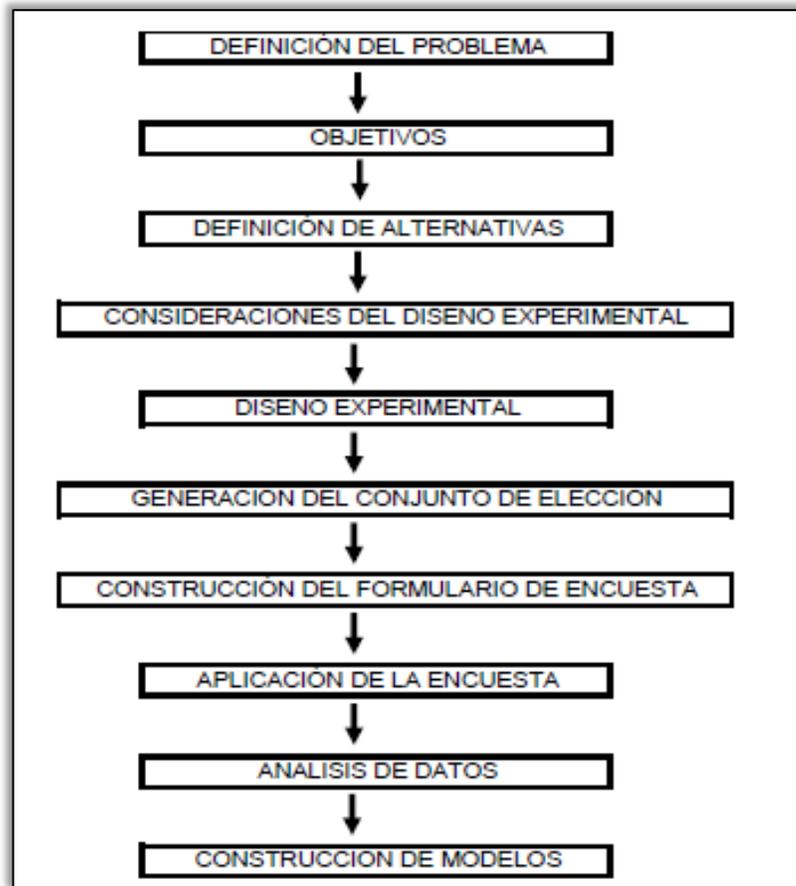
5. ENCUESTA

5.1 DISEÑO DE LA ENCUESTA

Como se revisó en el marco teórico, la invitación es a plantear encuestas de Preferencia declarada en primer lugar por ser este tipo de encuesta el que tiene en cuenta la percepción del usuario. Este tipo de encuesta nos permite controlar diferentes parámetros tales como: Origen, destino, ubicación, estrato y adicional nos permite analizar la percepción que tiene el usuario con respecto al viaje.

Los pasos para un correcto diseño de encuesta de acuerdo al autor Sarmiento (2009), la metodología a seguir es la que se presenta a continuación:

Figura 1. Metodología para el desarrollo de la encuesta de preferencia declarada – Modelos de Elección Discreta.



Fuente: Tomado de Sarmiento 2009

“Conceptualmente todo diseño experimental de PD consiste en una serie de variables independientes que están relacionadas con una variable dependiente (por ejemplo, la elección modal). Las variables independientes pueden expresarse tanto en una escala continua como una escala discreta. Cada variable independiente es considerada en un cierto número de niveles o condiciones. En general si a, b y c son diferentes números de niveles y hay x factores con a niveles y factores con b niveles y z factores con c niveles se tendrán $axbyzc$ combinaciones posibles, lo cual se denomina diseño factorial $axbyzc$ ” [5]

Cuando se va a diseñar la encuesta se debe tomar en cuenta los parámetros para definir de forma correcta los datos a obtener:

Tabla 2. Diseño Experimental y Representación Numérica de las Técnicas de Preferencia Declarada para 3 Atributos del Sistema de Transporte con dos niveles cada uno.

Escenario	Tarifa	Tiempo de Viaje	Frecuencia de Viaje
1	Baja	Rápido	Poco Frecuente
2	Baja	Rápido	Frecuente
3	Baja	Lento	Poco Frecuente
4	Baja	Lento	Frecuente
5	Alta	Rápido	Poco Frecuente
6	Alta	Rápido	Frecuente
7	Alta	Lento	Poco Frecuente
8	Alta	Lento	Frecuente
Escenario	Tarifa	Tiempo de Viaje	Frecuencia de Viaje
1	1	1	-1
2	1	1	1
3	1	-1	-1
4	1	-1	1
5	-1	1	-1
6	-1	1	1
7	-1	-1	-1
8	-1	-1	1

Fuente: Tomado de Sartori 200) y Sarmiento 2009

Una vez determinados los escenarios y con el fin de seleccionar los necesarios para la aplicación de la encuesta, se debe calificar cada uno de los atributos con valores de 1 y -1, como es lógico 1 es semejante a tener una calificación positiva,

es decir que representa un ahorro en tiempo de caminata, viaje, espera y tarifa. El valor de -1 representa una calificación negativa en los diferentes escenarios.

5.1.1 Como reducir el número de opciones. “Se puede reducir el número de opciones si se tiene en cuenta la independencia que debe existir entre los factores, para ello se puede realizar de la siguiente forma:

Emplear diseños Factoriales Fraccionados, esta solución permite la incorporación de una gran cantidad de atributos y niveles, sin necesidad de dividir el conjunto de opciones entre los individuos ni requiere más de un diseño experimental. Se basa en el supuesto que algunas interacciones entre atributos tienen una influencia despreciable en la respuesta, sin embargo pueden existir algunas interacciones significativas.

Eliminar las opciones que pueden dominar o ser dominadas por el resto de alternativas disponibles, ESTO implica eliminar aquellas opciones cuyos atributos sean mejores (o peores) que los atributos de las restantes, sin posibilidad de establecer algún comparativo capaz de enfrentar al individuo a una decisión de elección.

Separa las opciones en bloques, tal que el conjunto de ellas sea completado por grupos de encuestados, de cada uno respondiendo un subconjunto distinto llamado bloque, que forman el conjunto total. De esta forma se mantiene el diseño experimental completo pero se dividen las tareas en distintos grupos de encuestados.

Llevar a cabo una serie de experimento con cada individuo, ofreciendo diferentes atributos, pero manteniendo al menos un atributo común a todos para permitir comparaciones relativas de preferencia sobre todos los atributos consultados.

Definir atributos en términos de diferencias entre alternativas” [5], Ahora bien para resolver el problema se debe minimizar el número de opciones pero se debe tener especial cuidado que cada uno de los factores a considerar debe seguir siendo independiente. Una de las opciones se basa en suponer algunas interacciones tienen una influencia que es válida no considerar como significativa dentro del proceso. De acuerdo al autor Ortúzar, pueden existir interacciones significativas y no significativas para el proceso. A continuación se presenta el diseño factorial fraccionado derivado de un diseño factorial que plantean los Autores Sartori (2006) y Sarmiento (2009).

Tabla 3. Diseño Factorial Fraccionado.

Escenario	Tarifa	Tiempo de Viaje	Frecuencia de Viaje	INTERACCIONES			
				2			3
				(1)x(2)	(1)x(3)	(2)x(3)	(1)x(2)x(3)
1	1	1	-1	1	-1	-1	-1
2	1	1	1	1	1	1	1
3	1	-1	-1	-1	-1	1	1
4	1	-1	1	-1	1	-1	-1
5	-1	1	-1	-1	1	-1	1
6	-1	1	1	-1	-1	1	-1
7	-1	-1	-1	1	1	1	-1
8	-1	-1	1	1	-1	-1	1

DISEÑO FACTORIAL FRACCIONADO							
Escenario	Tarifa	Tiempo de Viaje	Frecuencia de Viaje	INTERACCIONES			
				2			3
				(1)x(2)	(1)x(3)	(2)x(3)	(1)x(2)x(3)
2	1	1	1	1	1	1	1
3	1	-1	-1	-1	-1	1	1
5	-1	1	-1	-1	1	-1	1
8	-1	-1	1	1	-1	-1	1

Fuente: Sartori 2006 y Sarmiento 2009

Este segundo diseño permite que cada nivel de atributo sea variado independientemente de otro nivel de atributo, pero los términos de interacción no son independientes. En este ejemplo, el número de opciones se redujo desde el 8 a 4.

El siguiente paso para la construcción del diseño es analizar las respuestas que dan lugar a la variable dependiente del modelo. Se pueden distinguir tres tipos de respuestas declaradas:

- Elección: El individuo selecciona en cada escenario la alternativa preferida.
- Jerarquización: El individuo ordena todas las alternativas que le son presentadas de acuerdo a su preferencia.
- Escalonamiento: El individuo expresa el grado de preferencia entre dos opciones de acuerdo a una escala semántica.” [6]

5.1.2 Situación Inicial para el Planteamiento del Modelo

Tabla 4. Diseño Inicial Para Encuesta Con tiempo Menor a 20 Minutos

Cuadras caminadas durante el viaje	Tiempo de espera	Tiempo de viaje	Costo total del viaje
	(minutos)	(minutos)	(\$)
2	4	20	1,700
4	2.5	17	2,100
2	4	10	1,700
4	2.5	3	1,900
3	5	20	1,700
5	3	17	1,900
3	5	15	1,700
5	3	10	1,800
3	5	10	1,700
5	3	3	2,100
4	6	20	1,700
6	2.5	17	1,900
4	6	15	1,700
6	2.5	10	2,100
4	6	10	1,700
6	2.5	3	1,800

Tabla 5. Diseño Inicial Para Encuesta Con tiempo entre 20 - 45 Minutos

Cuadras caminadas durante el viaje	Tiempo de espera	Tiempo de viaje	Costo total del viaje
	(minutos)	(minutos)	(\$)
2	4	45	1,700
4	2.5	39	1,900
2	4	25	1,700
4	2.5	14	2,050
3	5	45	1,700
5	3	39	2,050
3	5	35	1,700
5	3	27	1,900
3	5	25	1,700
5	3	14	2,400
4	6	45	1,700
6	2.5	39	2,050
4	6	35	1,700
6	2.5	27	2,400
4	6	25	1,700
6	2.5	14	1,900

Tabla 6. Diseño Inicial Para Encuesta Con tiempo Mayor a 45 Minutos

Cuadras caminadas durante el viaje	Tiempo de espera	Tiempo de viaje	Costo total del viaje
	(minutos)	(minutos)	(\$)
2	4	80	1,700
4	2.5	71	1,950
2	4	50	1,700
4	2.5	35	2,200
3	5	80	1,700
5	3	71	2,200
3	5	60	1,700
5	3	48	1,950
3	5	50	1,700
5	3	35	2,800
4	6	80	1,700
6	2.5	71	2,200
4	6	60	1,700
6	2.5	48	2,800
4	6	50	1,700
6	2.5	35	1,950

Tabla 7. Conjunto de Elección para la obtención de ahorro de tiempo dado por un aumento de tarifa.

TIEMPO DE VIAJE MENOR A 20 MINUTOS				
AUMENTO DE TARIFA	TIEMPO DE CAMINATA	TIEMPO DE ESPERA	NUMERO DE TRASBORDOS	AHORRO DE TIEMPO (MIN)
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	10
\$ 200	DOBLE	MITAD	0	10
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	10
\$ 350	DOBLE	MITAD	0	5
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	10
\$ 350	DOBLE	MITAD	0	12
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	5
\$ 200	DOBLE	MITAD	0	5
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	5
\$ 700	DOBLE	MITAD	0	5
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	10
\$ 350	DOBLE	MITAD	0	10
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	10
\$ 700	DOBLE	MITAD	0	10
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	10
\$ 200	DOBLE	MITAD	0	5

TIEMPO DE VIAJE ENTRE 20 Y 45 MINUTOS				
AUMENTO DE TARIFA	TIEMPO DE CAMINATA	TIEMPO DE ESPERA	NUMERO DE TRASBORDOS	AHORRO DE TIEMPO (MIN)
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	10
\$ 400	DOBLE	MITAD	0	10
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	10
\$ 200	DOBLE	MITAD	0	5
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	10
\$ 200	DOBLE	MITAD	0	12
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	5
\$ 100	DOBLE	MITAD	0	5
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	5
\$ 400	DOBLE	MITAD	0	5
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	10
\$ 200	DOBLE	MITAD	0	10
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	10
\$ 400	DOBLE	MITAD	0	10
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	10
\$ 100	DOBLE	MITAD	0	5

TIEMPO DE VIAJE MAYOR A 45 MINUTOS				
AUMENTO DE TARIFA	TIEMPO DE CAMINATA	TIEMPO DE ESPERA	NUMERO DE TRASBORDOS	AHORRO DE TIEMPO (MIN)
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	15
\$ 250	DOBLE	MITAD	0	15
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	15
\$ 500	DOBLE	MITAD	0	10
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	15
\$ 500	DOBLE	MITAD	0	15
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	10
\$ 250	DOBLE	MITAD	0	10
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	10
\$ 100	DOBLE	MITAD	0	10
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	15
\$ 500	DOBLE	MITAD	0	15
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	15
\$ 100	DOBLE	MITAD	0	15
\$ 100	MITAD	DOBLE	0	15
\$ 250	DOBLE	MITAD	0	10

Fuente Montero Mercadé, L. Modelos de captación, análisis e interpretación de datos, Catalunya: Universidad Politecnica de Catalunya, 2012 y Ardila, V. F. S. Estimación de los factores de penalización del tiempo en la función de costo generalizado a bordo del sistema masivo Transmilenio, Bogoá: Universidad Nacional de Colombia, 2009.

Tabla 8. Calificación e Iteración para reducir el número de escenarios.

Escenario	Tarifa (A)	Caminata (B)	Espera ©	Tiempo de Viaje (D)	A*B*C	B*C*D	A*C*D	A*B*D	A*B*C*D
1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1
2	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1
3	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1
4	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1
5	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1
6	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1
7	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1
8	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1
9	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1
10	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1
11	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1
12	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1
13	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1
14	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1
15	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1
16	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1

Tabla 9. Reducción del número de escenarios.

Escenario	Tarifa (A)	Caminata (B)	Espera ©	Tiempo de Viaje (D)	A*B*C	B*C*D	A*C*D	A*B*D	A*B*C*D
2	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1
6	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1
7	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1
8	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1
9	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1
12	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1
14	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1
16	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1

5.2 PARÁMETROS A CAPTAR EN LA ENCUESTA DE PREFERENCIA DECLARADA

Dentro de esta encuesta se pueden obtener diversos parámetros tal como sitio de origen, sitio de destino, sexo, edad, estrato entre otras; pero de estos parámetros se puede considerar como principales los siguientes:

- **Tiempo de Viaje:** Este considera el tiempo total que tarda la persona en hacer el recorrido pero también es importante aclarar que para Bucaramanga y su área metropolitana se toman 3 tipos diferentes de tiempos:
Duración del Viaje menor a 20 minutos.
Duración del Viaje entre 20 y 45 minutos.
Duración del Viaje mayor a 45 minutos.
- **Tiempo de Caminata:** Este considera el tiempo que la persona percibe que tarda en caminar un tramo desde su casa hasta llegar a la estación origen así como el tiempo que tarda desde la parada del bus hasta su sitio de destino. Para el caso se supone que la persona puede recorrer una distancia de 3 cuadras en aproximadamente 3 minutos.

- Tiempo de Espera: Este considera el tiempo que la persona percibe que debe esperar para tomar el bus que la llevará a su destino. De acuerdo a las consultas realizadas en las empresas de transporte los despachos son realizados con frecuencias entre 5 y 15 minutos.
- Transbordo: En algunos casos particulares hay personas que deben realizar transbordos para poder llegar a su sitio de destino y el tiempo que deben esperar hacen parte del complemento del tiempo de viaje pero nuevamente este tiempo es una percepción del usuario.
- Tarifa: Precio que pagan los usuarios o consumidores de un servicio público al Estado o al concesionario a cambio de la prestación del servicio. Para el caso en estudio se optó por dos niveles e incrementar en promedio \$100 y \$300 y disminuir o aumentar los tiempos de viaje.

Figura 2. Formulario General de la Encuesta



**ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA DEL TRANSPORTE COLECTIVO
COMPLEMENTARIO DEL AREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA**

ENCUESTA DE PREFERENCIA DECLARADA A USUARIOS DEL TRANSPORTE PÚBLICO

**ENCUESTA CON ESCENARIOS DE ELECCIÓN PARA VIAJES CORTOS
(Duración menor a 20 minutos, Entre 20 y 45 minutos, > 45 minutos)**

Usted ha sido seleccionado para participar en una encuesta de preferencias declaradas que servirá para planificar de una manera más eficiente los servicios de transporte urbano.

Por favor llene este formato con letra de molde, una letra por espacio sin salirte del recuadro gris, marca con una "X" la respuesta de tu elección en los círculos de opción múltiple. Ejemplos: A B C 1 2 3 X

Hora	Hora	Min	Fecha	Día	Mes	Año	Encuestador
(Formato 24h)			(DD-MM-AA)			2013	

P1. ¿Cuál es el lugar (Barrio) de origen en su viaje?

Barrio	Intersección Cercana

P2. ¿Qué actividad realiza en el lugar de origen?

<input type="checkbox"/> Hogar	<input type="checkbox"/> Trabajar	<input type="checkbox"/> Estudiar	<input type="checkbox"/> Compras	<input type="checkbox"/> Servicios	<input type="checkbox"/> Recreación	<input type="checkbox"/> Otro
--------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------

P3. ¿Cómo llego hasta donde abordé el bus?

<input type="checkbox"/> A Pie	<input type="checkbox"/> Alimentador	<input type="checkbox"/> Bus	<input type="checkbox"/> Taxi	<input type="checkbox"/> Particular	<input type="checkbox"/> Me dejaron al pasar	<input type="checkbox"/> Otro
--------------------------------	--------------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------	--	-------------------------------

En caso de ver a pie: Cuántos cuadros camino bus(es) cualquiera de los anteriores Cuanto tiempo demoró (Pise cualquiera de los anteriores) Cuanto tiempo demoró en abordar el bus

P4. ¿Cuál es el lugar (Barrio) de destino de su viaje?

Barrio	Intersección Cercana

P5. ¿Qué actividad realiza en el lugar de destino del este viaje?

<input type="checkbox"/> Hogar	<input type="checkbox"/> Bus	<input type="checkbox"/> Taxi	<input type="checkbox"/> Compras	<input type="checkbox"/> Servicios	<input type="checkbox"/> Recreación	<input type="checkbox"/> Otro
--------------------------------	------------------------------	-------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------

P6. ¿En cuánto tiempo realiza este viaje?

Horas	Minutos

P7. Debe realizar algún transbordo? Si ___ No ___. En que sitio realizo el transbordo, cruce cercano _____

P8. Que medio emplea para el transbordo

<input type="checkbox"/> A Pie	<input type="checkbox"/> Alimentador	<input type="checkbox"/> Bus	<input type="checkbox"/> Taxi	<input type="checkbox"/> Particular	<input type="checkbox"/> Me dejaron al pasar	<input type="checkbox"/> Otro
--------------------------------	--------------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------	--	-------------------------------

En caso de ver a pie: Cuántos cuadros camino bus(es) cualquiera de los anteriores Cuanto tiempo demoró (Pise cualquiera de los anteriores)

P9. ¿Según la siguiente tabla, señale su rango de ingreso mensual?

Menos de \$ 515.000	<input type="checkbox"/>	Entre de \$ 515.000 y \$ 772.500	<input type="checkbox"/>	Entre \$ 772.500 y \$ 1.030.000	<input type="checkbox"/>	Entre \$ 1.030.000 y \$ 1.545.000	<input type="checkbox"/>	Entre \$ 1.545.000 y \$ 2.575.000	<input type="checkbox"/>	Más de \$ 2.575.000	<input type="checkbox"/>
---------------------	--------------------------	----------------------------------	--------------------------	---------------------------------	--------------------------	-----------------------------------	--------------------------	-----------------------------------	--------------------------	---------------------	--------------------------

P10. ¿Estrato de dónde reside? 1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___ 6 ___

P11. ¿Cuántos vehículos hay en su hogar? _____

P12. ¿Sexo y Edad? Hombre ___ Mujer ___ Edad ___ Años.

P12. ¿Frecuencia con la que realiza el viaje? Lunes-Vie ___ Lunes-Sab ___. ViajexSemana ___ Esporádico ___.

Suponga que debe realizar un viaje de ida a su lugar de destino y que los únicos medios de transporte disponibles son el transporte actual y uno nuevo que le presentaremos como alternativa adicional o hipotética.

Marque con una X el medio de transporte que elegiría para cada uno de los 9 escenarios presentados a continuación.

Nota: Es importante que Ud. considere a cada escenario de manera independiente a los demás.

Figura 3. Ejemplo formulario Tiempo de viaje menos de 20 minutos

Escenario de elección Bajo Nro. 0-20	Medio de transporte	Cuadras caminadas durante el viaje	Tiempo de espera (minutos)	Tiempo de viaje (minutos)	Costo total del viaje (\$)	Elección
1	Actual	2	4	15	1,700	
	Nuevo	4	2.5	10	2,100	
2	Actual	2	4	10	1,700	
	Nuevo	4	2.5	3	1,900	
3	Actual	3	5	20	1,700	
	Nuevo	5	3	17	1,900	
4	Actual	3	5	15	1,700	
	Nuevo	5	3	10	1,800	

Figura 4. Ejemplo formulario Tiempo de viaje entre 20 y 45 minutos

Escenario de elección Medio Nro. 20-45	Medio de transporte	Cuadras caminadas durante el viaje	Tiempo de espera (minutos)	Tiempo de viaje (minutos)	Costo total del viaje (\$)	Elección
1	Actual	2	4	45	1,700	
	Nuevo	4	2.5	39	1,900	
2	Actual	2	4	25	1,700	
	Nuevo	4	2.5	14	2,050	
3	Actual	3	5	45	1,700	
	Nuevo	5	3	39	2,050	
4	Actual	3	5	35	1,700	
	Nuevo	5	3	27	1,900	

Figura 5. Ejemplo formulario Tiempo de viaje mayor a 45 minutos

Escenario de elección Largo Nro. >45	Medio de transporte	Cuadras caminadas durante el viaje	Tiempo de espera (minutos)	Tiempo de viaje (minutos)	Costo total del viaje (\$)	Elección
1	Actual	2	4	80	1,700	
	Nuevo	4	2.5	71	1,950	
2	Actual	2	4	50	1,700	
	Nuevo	4	2.5	35	2,200	
3	Actual	3	5	80	1,700	
	Nuevo	5	3	71	2,200	
4	Actual	3	5	60	1,700	
	Nuevo	5	3	48	1,950	

Figura 6. Zonas donde Se aplicó la Encuesta

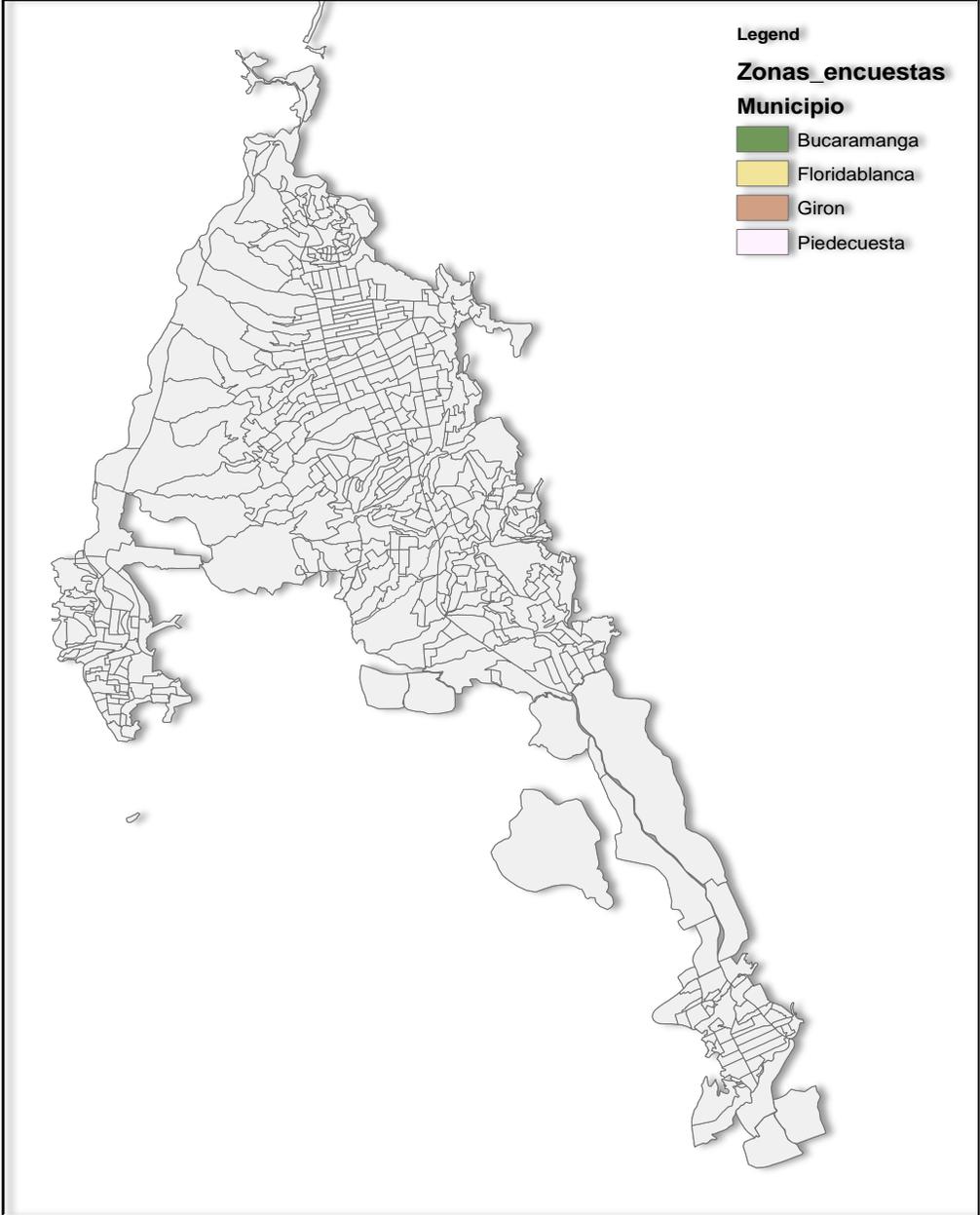
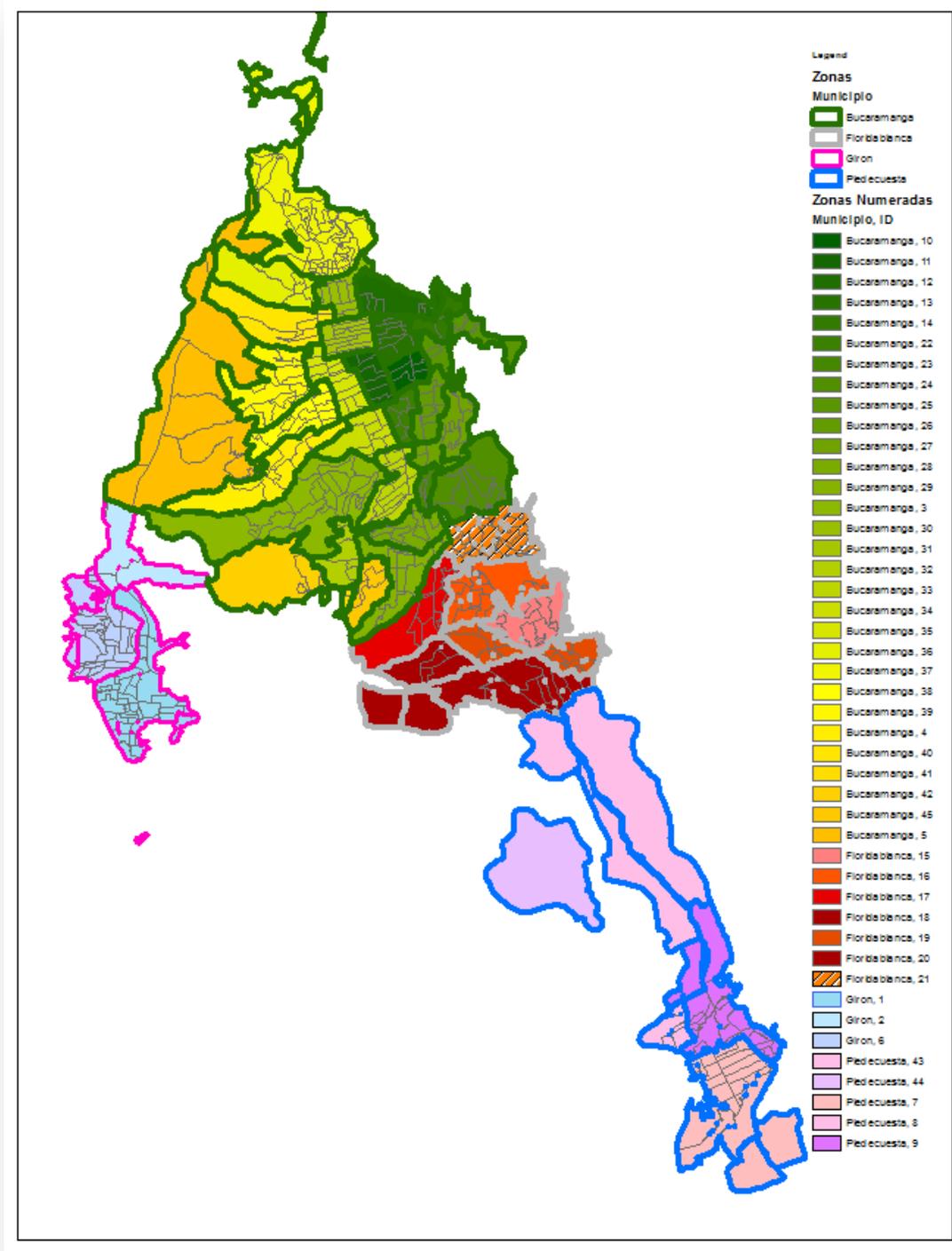


Figura 7. Discriminación de las Zonas donde Se aplicó la Encuesta



5.3 TAMAÑO SELECCIONADO PARA LA ENCUESTA

Primero se debe definir la población a la cual se le realizará un muestreo aleatorio estratificado teniendo en cuenta la ubicación geográfica y socio – económica (estratos) de los habitantes del área metropolitana de Bucaramanga (Bucaramanga, Girón, Floridablanca y Piedecuesta)

Una vez definida la población se debe seleccionar el método de selección de la muestra. Para el desarrollo de este estudio se utilizará el muestreo tradicional, ya que esta permite seleccionar toda la muestra antes de iniciar la recopilación de datos. Para realizar la selección del tamaño de la muestra revisamos en la página del DANE población del área metropolitana de Bucaramanga proyectada al año 2013 se muestra a continuación en la siguiente Figura:

Figura 8. Población DANE 2013 Para Bucaramanga y Su área Metropolitana

	Población
Bucaramanga	526.940
Floridablanca	263.951
Girón	170.706
Piedecuesta	142.448
Total	1.104.045

Para el cálculo del tamaño de la muestra se hizo en base a la siguiente fórmula:

$$N = \frac{P * q}{\frac{e^2}{z^2_{\alpha/2}}}$$

Dónde:

p = Probabilidad de éxito

q = Definida como (1-p)

e = Error máximo permitido

Z = Valor distribución normal correspondiente a la probabilidad del error

Para el estudio se utilizará una p=0,5 ya que es lo más recomendable para garantizar una muestra significativa y representativa de la población total, para los otros valores tenemos un e=0.05 y un Z=1.96 obtenido de acuerdo al error.

Reemplazando los valores en la fórmula obtenemos una muestra de 383.16 o sea: 385 ENCUESTAS.

Para determinar el número de encuestas que deberán realizarse por municipio se utilizará la siguiente fórmula:

$$n_j = n * \frac{N_j}{N}$$

Donde:

j = De 1-4 si son municipios o de 1-6 si son estratos.

n_j = Tamaño de la muestra para cada municipio o estrato j

n = Tamaño de la muestra

N_j = Tamaño de la población en el municipio o estrato j

N = Tamaño Total de la población

Tabla 10. Calculo para las encuestas Para Bucaramanga y Su área Metropolitana

		no encuestas					
bucaramanga	526.827	210	54,55%				
floridablanca	263.908	94	24,42%				
giron	170.771	43	11,17%				
piedecuesta	142.483	38	9,87%				
	1.103.989	385	100,00%				
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	total
bucaramanga	8057	22253	27219	32419	3161	6112	99221
floridablanca	3037	17003	17054	6386	1870	379	45729
giron	4409	7837	8013	553	44	3	20859
piedecuesta	287	4858	11547	935	41	15	17683
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	total
bucaramanga	8,12%	22,43%	27,43%	32,67%	3,19%	6,16%	100,00%
floridablanca	6,64%	37,18%	37,29%	13,96%	4,09%	0,83%	100,00%
giron	21,14%	37,57%	38,42%	2,65%	0,21%	0,01%	100,00%
piedecuesta	1,62%	27,47%	65,30%	5,29%	0,23%	0,08%	100,00%

Tabla 11. Encuestas a realizar Para Personas en Bucaramanga y Su área Metropolitana

	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	total
Bucaramanga	17	47	58	69	20	210
Floridablanca	6	35	35	13	5	94
Giron	9	16	17	1	0	43
Piedecuesta	1	10	25	2	0	38

6. RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Para los resultados de nuestra encuesta, inicialmente se realizaron cerca de 450 encuestas pero por motivos de validación de las encuestas se obtuvo un total de 386 encuestas, correspondientes a las requeridas de acuerdo al valor presentado en la Figura 19.

Al analizar el porcentaje de encuestas obtenidas de acuerdo al estrato, se presenta la siguiente distribución.

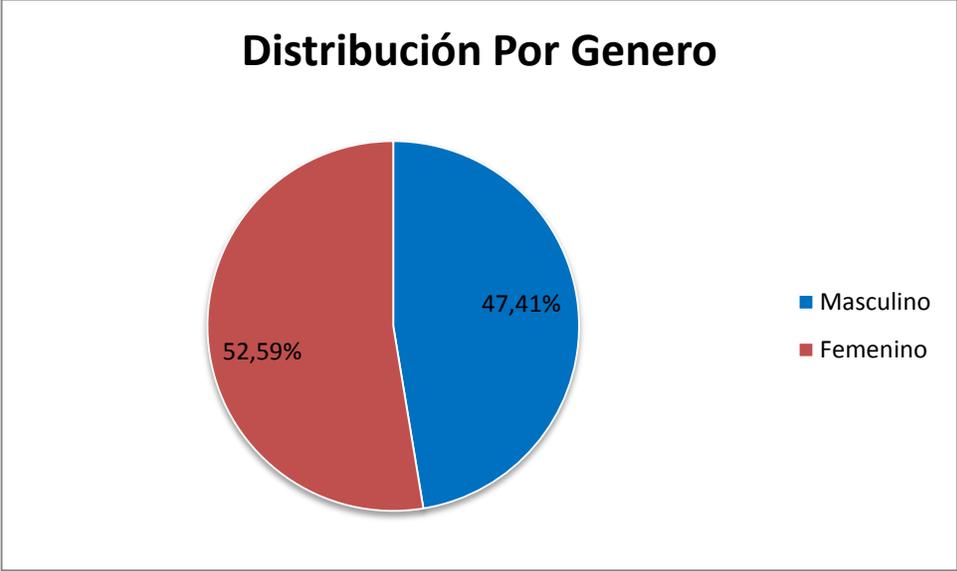
Figura 9. Distribución porcentual de las Encuestas realizadas Para Bucaramanga y Su área Metropolitana



Como se aprecia la mayor parte de las personas encuestadas de acuerdo a su estrato Socio-económico, pertenecen al estrato 3.

De la población encuestada el 52.59% corresponde a las mujeres y el 47.41% Corresponde a los hombres. Durante el desarrollo de la Encuesta se intentó encuestar tanto hombres como mujeres para no sesgar los resultados a un solo tipo de género, por ende la distribución no tan marcada por alguno de ellos.

Figura 10. Distribución porcentual de las Encuestas Por Género



Ahora una vez analizado el género, revisamos los diferentes rangos que tuvimos en cuenta para la edad del encuestado.

Figura 11. Distribución porcentual de las Encuestas Por Edad

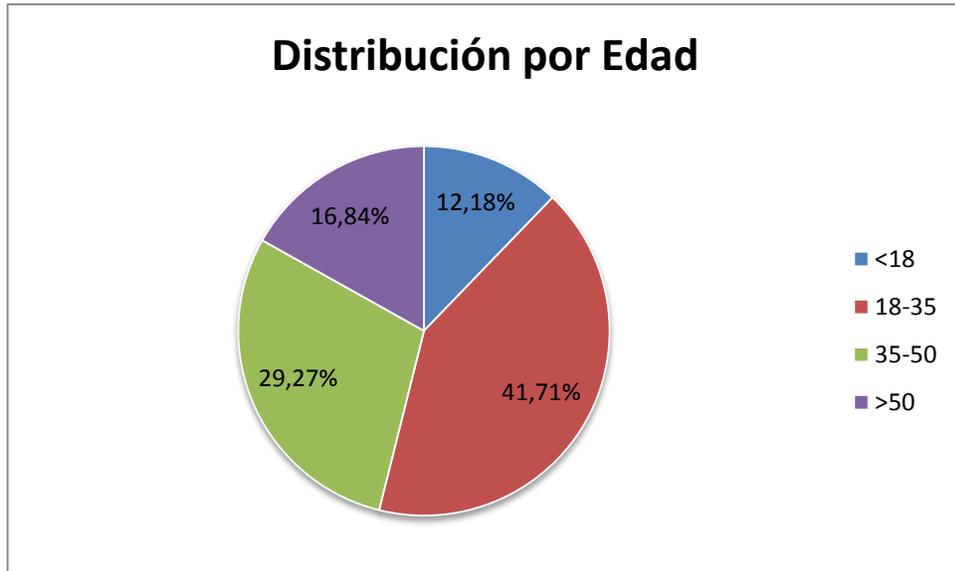
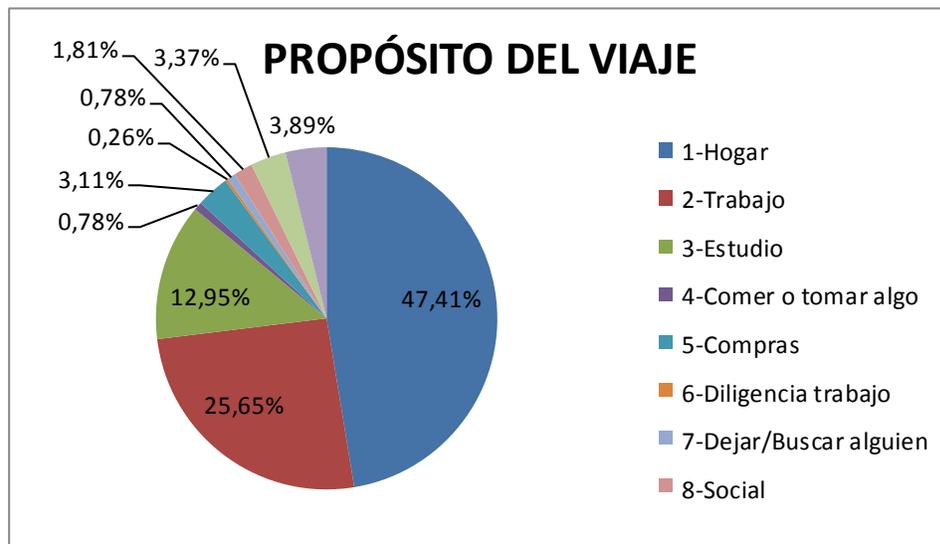


Figura 12. Distribución porcentual de las Encuestas Por Propósito del viaje

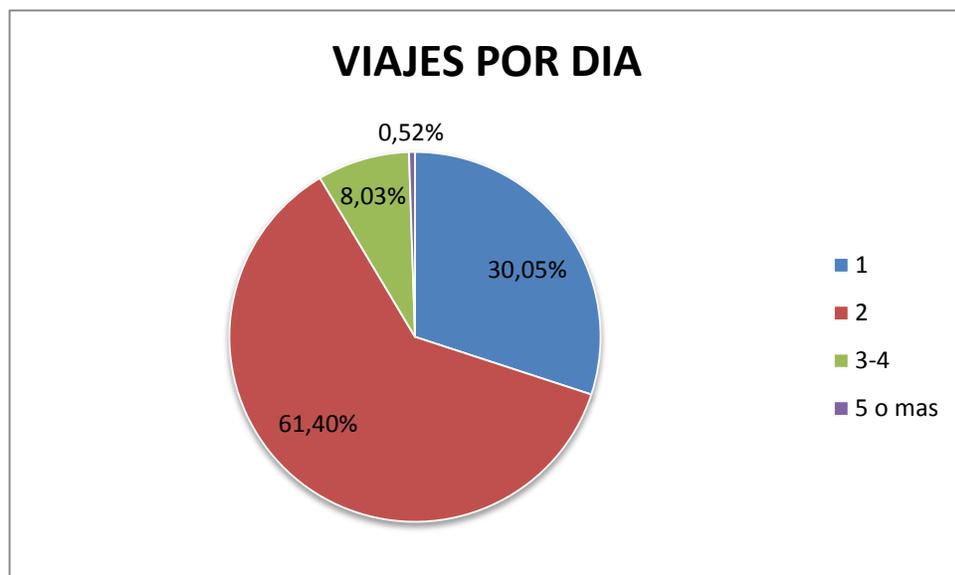


Ahora como se observa en la gráfica la mayor parte de la población encuestada se dirige hacia su Hogar o Hacia el Trabajo, (se debe tener en cuenta que estas encuestas fueron realizadas durante diversas horas del día) siendo estos los

mayores porcentajes presentes en la muestra con un 49.48% y un 26.42% respectivamente.

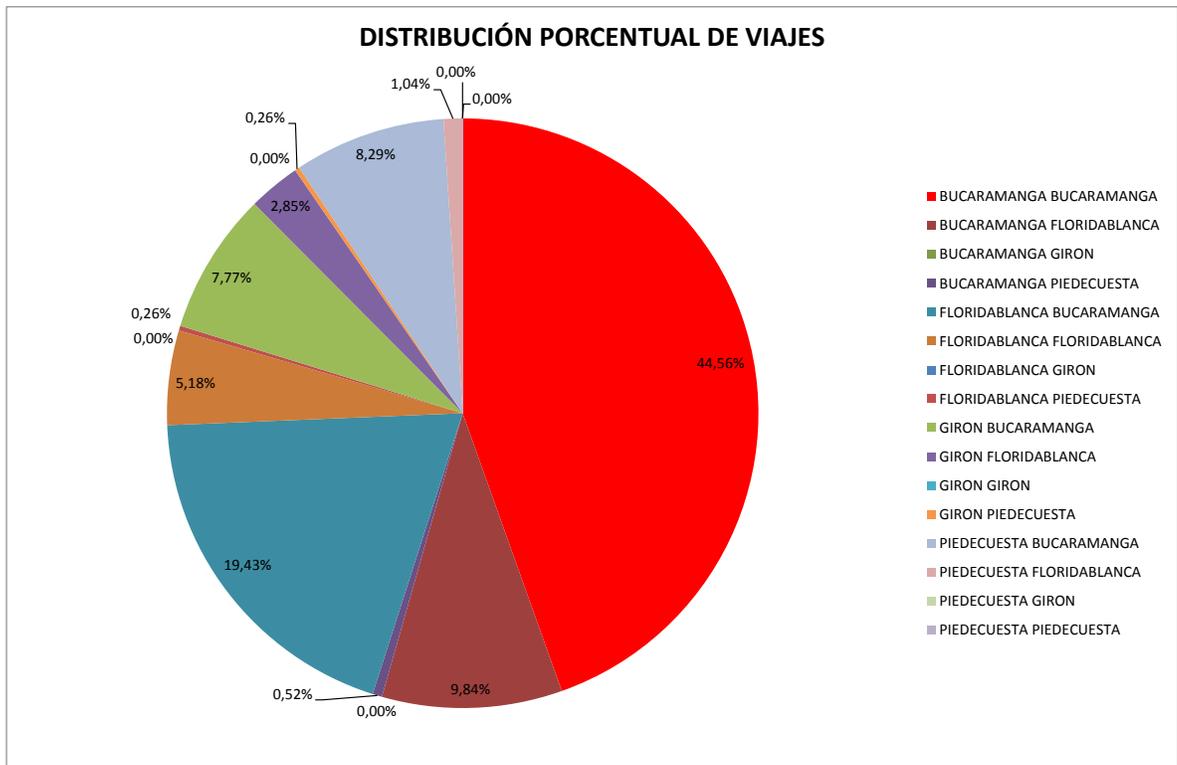
Es importante conocer la cantidad de viajes que realiza el encuestado diario, ya que este factor nos determina que tan a menudo se moviliza en transporte público.

Figura 13. Distribución porcentual de las Encuestas Por Viajes Diarios



De acuerdo a lo anterior el 61.40% de las personas encuestadas realizan 2 viajes por día.

Figura 14. Distribución porcentual de las Encuestas Por Origen - Destino del viaje



Porcentaje de Participación de Cada tiempo de viaje por Estrato.

Figura 15. Porcentaje de Participación de Cada tiempo de viaje para Estrato 1

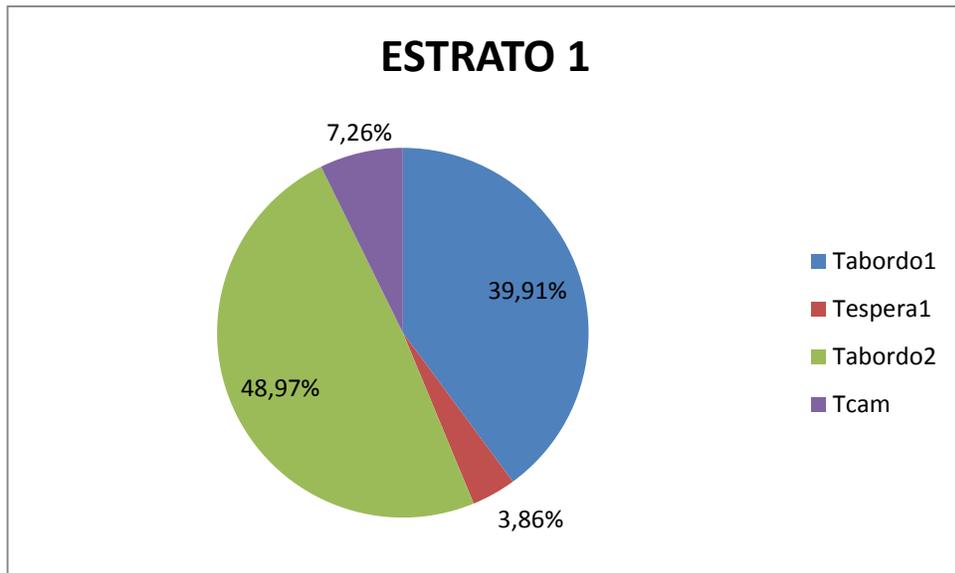


Figura 16. Porcentaje de Participación de Cada tiempo de viaje para Estrato 2

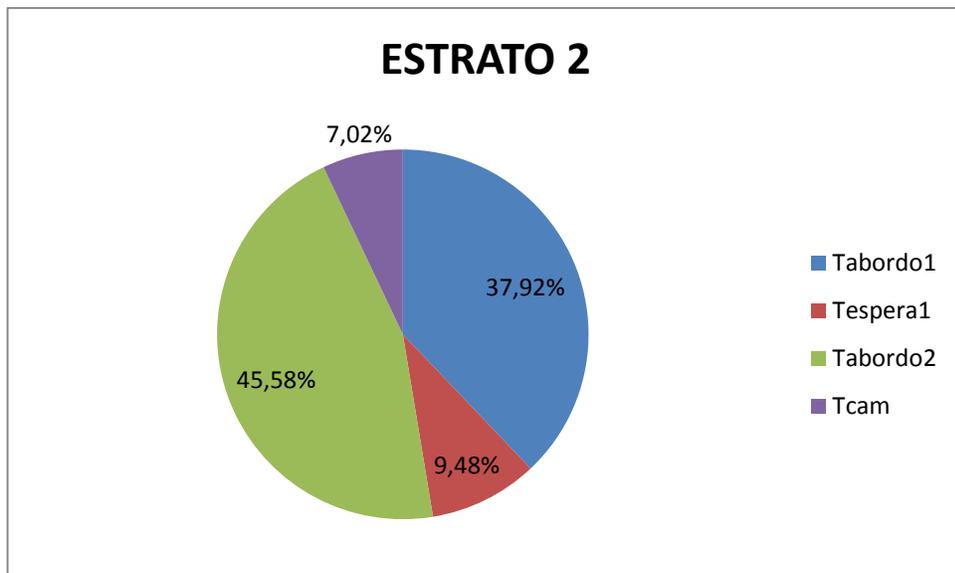


Figura 17. Porcentaje de Participación de Cada tiempo de viaje para Estrato 3

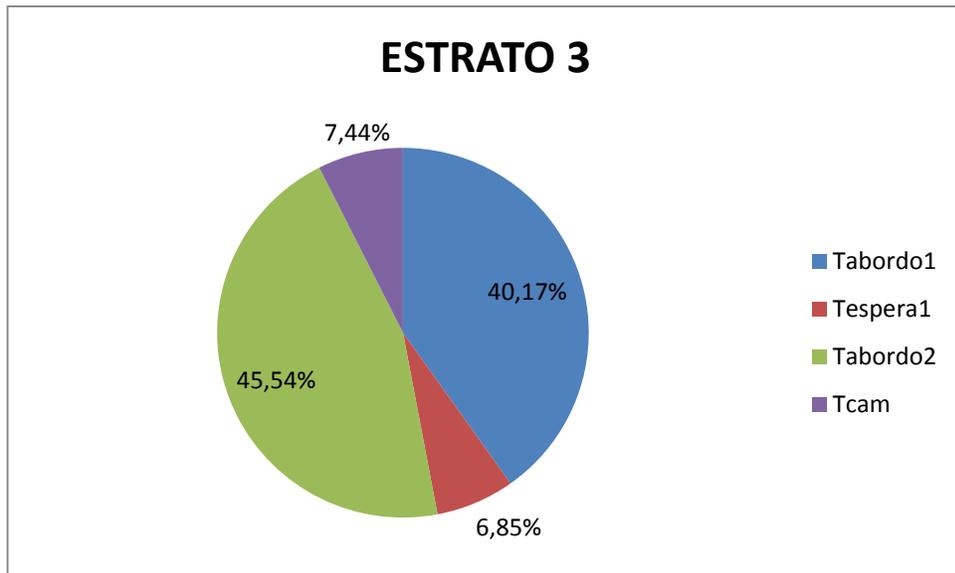


Figura 18. Porcentaje de Participación de Cada tiempo de viaje para Estrato 4

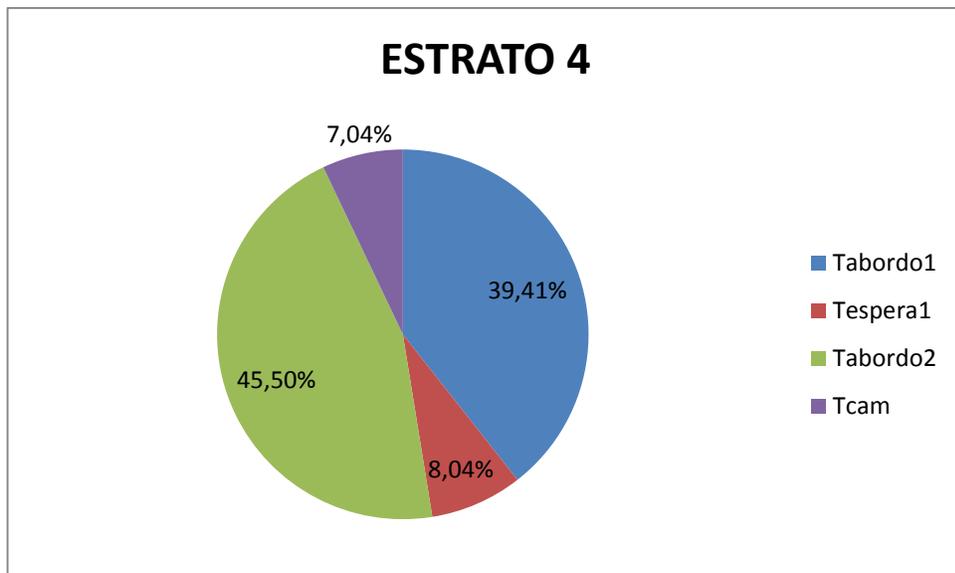
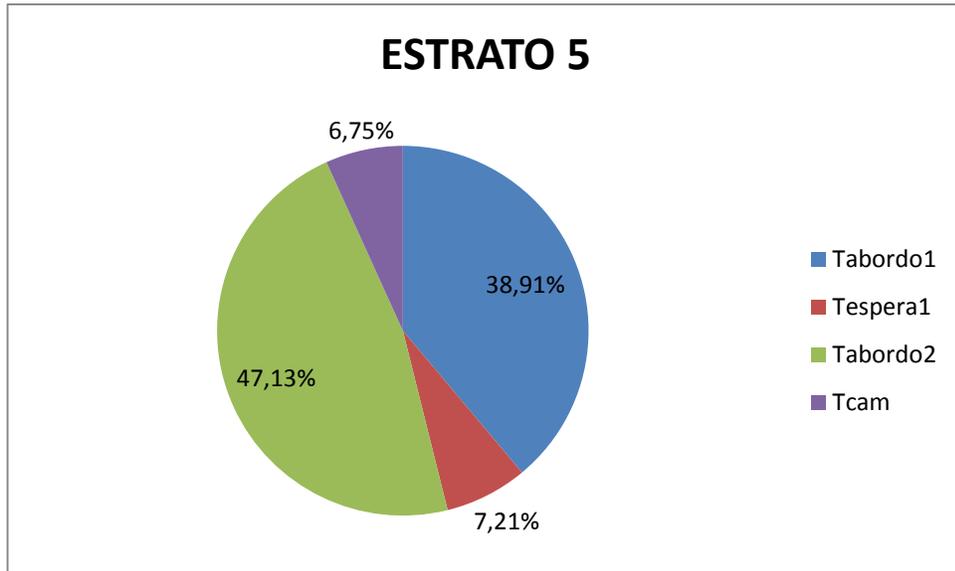


Figura 19. Porcentaje de Participación de Cada tiempo de viaje para Estrato 5



Para el paso siguiente en el análisis de los resultados debemos basarnos en el libro de Sartori, donde nos plantea que es necesario plantear este tipo de encuestas para realizar un correcto análisis de los viajes a bordo de cualquier sistema de transporte, según plantea el autor de esta forma se obtienen resultados más coherentes con la realidad de elección de los individuos. Ahora bien de acuerdo al autor “El formulario aplicado contenía un grupo de preguntas con preferencias reveladas sobre la duración y etapas del viaje realizado por el usuario, a lo largo del formulario se le pregunto 3 veces el tiempo de viaje empleado entre el origen y destino: Primero se le indagó por la hora de inicio y la hora de finalización del viaje, después se le pregunto puntualmente por la duración estimada del viaje y finalmente se indagó por el tiempo o cuabras que gastaba en las diferentes etapas del viaje: Caminata, espera y en vehículo” [9], A continuación en la Figura, tendremos el resultado de estos tiempos:

Tabla 12. Tiempo promedio de viaje por estrato socioeconómico (Minutos)

ESTRATO	TIEMPO TOTAL Inicio - Fin	Tiempo Total Reportado	Tiempo Estimado por Etapas
1	73,87	74,97	76,73
2	67,39	69,75	71,24
3	63,26	62,18	64,73
4	59,47	60,35	62,12
5	61,16	60,29	63,37

Tabla 13. Tiempo promedio de viaje en minutos por tipo de transbordo y estrato socioeconómico

TRANSBORDO	ESTRATO	Promedio Cuadras Caminadas al Inicio	Promedio Tiempo Espera 1er Vehiculo	Promedio Tiempo dentro 1er Vehiculo	Promedio Tiempo Espera 2do Vehiculo	Promedio Tiempo dentro 2do Vehiculo	Promedio Cuadras Caminadas al destino
TRONCAL + ALIMENTADOR	3	3,2	7,6	37,1	10,27	12,16	2,16
	4	3	8	32,9	16,19	14,42	1,57
	5	2	7,3	27,2	13,1	11,1	2,41
Promedio		2,7	7,6	32,4	13,2	12,6	2,05
ALIMENTADOR + TRONCAL	1	6,3	10	8,2	12,25	22,08	2
	2	4,2	8,4	10	10,12	21,06	1,32
	3	1,5	6,4	12,5	9,32	28,04	2
	4	1	5,2	6	10,16	31,47	2,3
	5	2,5	4	15	12,21	27,03	2,6
Promedio		3,1	6,8	10,34	10,81	25,936	2,044
ALIMENTADOR + ALIMENTADOR	3	1,5	5,3	21,3	13,18	21,18	1,7
Promedio		1,5	5,3	21,3	13,18	21,18	1,7

Como se aprecia en la tabla a partir de la percepción que tiene el usuario, cuando este toma el escenario de tomar un alimentador (Para nuestra consideración llamamos alimentador tanto al bus convencional como las rutas alimentadoras del SITM Metrolinea) camina en promedio 1,5 cuadras mientras que para los otros dos escenarios debe caminar aproximadamente 3 cuadras. En el escenario de destino o llegada se puede afirmar que camina en promedio 2 cuadras para cualquiera de los escenarios.

7. MODELO DE ELECCIÓN DISCRETA - ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS

Tal como se planteó en el marco teórico del presente proyecto y siguiendo los parámetros del autor Sarmiento en su publicación, donde sugiere que para la selección del modelo emplear la función logit, dado que esta permite predecir la probabilidad que ocurra o no algún evento en función de un número de factores explicativos o independientes.

En el marco teórico se indicó la siguiente función de utilidad a emplear dentro del experimento, esta función corresponde a la función de costo generalizado para el transporte:

$$U = cte + \alpha \cdot T_{caminata} + \beta \cdot T_{espera} + \lambda \cdot T_{vehiculo} + \varphi \cdot T_{trasbordo} + \theta \cdot Tarifa$$

Dónde:

U = función de utilidad en transporte público.

Cte. = Constante.

Tcam = Tiempo de caminata (tanto en el origen, destino)

Tesp = Tiempo de espera en el paradero del bus.

Tveh = Tiempo de viaje dentro del vehículo.

Ttrasb = Traslado.

Tarifa = Valor que se paga por el servicio.

$\theta \varphi \lambda \beta \alpha$, , , = Factores de penalización a estimarse.”

Ahora bien la probabilidad de elección de una alternativa está dada por:

$$P_1 = \frac{e^{\psi U_1}}{e^{\psi U_1} + e^{\psi U_0}}$$

Donde P1, implica la probabilidad de elegir la alternativa 1 respecto a la alternativa 0, de acuerdo a la utilidad (U), percibida por el usuario considerando las variables mostradas en la función de utilidad.⁶

Para resolver este tipo de problemas se va a emplear el Software BIOGEME, es un código abierto gratuito diseñado para la estimación de modelos de elección discreta. Para poder emplear este software se requiere alimentarlo con dos tipos de archivo, uno tipo .mod, en este archivo es donde se definen las variables del modelo que se van a emplear, parámetros a estimar y la función utilidad, el segundo archivo se debe ingresar como un tipo DAT que es donde se coloca la información de las encuestas.

Figura 20. Archivo .mod

```

ModeloUIS6: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
// File Modelouis6.mod

[ModelDescription]
"Modelouis6_Todos"

[Choice]
Choice

[Beta]
// Name Value LowerBound upperBound status (0=variable, 1=fixed)
ASC1 0 -10000 10000 1
ASC2 0 -10000 10000 0
BETA1 0 -10000 10000 0
BETA2 0 -10000 10000 0
BETA3 0 -10000 10000 0
BETA4 0 -10000 10000 0
BETA5 0 -10000 10000 0

[Utilities]
// Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1*x1 + beta2*x2 + ... )
1 Act av1 ASC1 * one + BETA1 * TCamAct + BETA2 * TEsPact + BETA3 * TVehAct + BETA4 * CostoAct + BETA5 * TTransbact
2 Exp av2 ASC2 * one + BETA1 * TCamExp + BETA2 * TEsPExp + BETA3 * TVehExp + BETA4 * CostoExp + BETA5 * TTransBExp

[Expressions]
// Define here arithmetic expressions for name that are not directly
// available from the data
one = 1

[Model]
// Currently, only $MNL (multinomial logit),
// $NL (nested logit), $CNL (cross-nested logit) and
// $NGEV (Network GEV model) are valid keywords
$MNL
  
```

⁶ Modelos de Demanda de Transporte [1] – Capítulo 4 – Modelos de Elección Discreta – 2000. Pág. 167-173.

Figura 21. Archivo .dat

ID	Id_sexo	Edad	viajes	Estrato	Motivo	origen	Motivo destino	zona origen	zona destino	Tabordol			
1	2	36	1	1	5	2	18	13	20	10	16	2	12
2	2	24	2	4	1	2	31	28	18	10	20	1	4
3	2	17	2	4	2	1	28	41	13	0	25	2	4
4	1	50	2	4	1	3	41	28	12	3	29	1	6
5	2	15	1	4	3	1	28	31	19	0	27	4	0
6	2	22	2	4	1	10	31	12	11	0	9	1	2
7	2	22	2	4	10	1	12	31	17	5	12	1	0
8	2	45	1	4	3	1	31	31	19	5	18	4	2
9	2	61	1	4	1	3	11	31	17	3	27	4	1
10	2	60	2	4	3	1	12	31	15	4	29	1	3
11	1	60	1	4	1	2	31	20	9	5	19	5	1
12	1	64	1	4	2	1	20	31	9	3	26	1	1
13	1	17	1	4	2	2	31	17	23	2	27	2	1
14	2	18	2	5	9	1	17	31	18	3	11	4	1
15	2	21	2	5	1	10	19	10	22	0	23	3	5
16	2	32	4	5	10	1	22	13	18	0	16	1	2
17	1	18	2	5	1	3	13	19	11	5	23	5	4
18	1	33	2	5	2	1	19	19	17	10	29	1	1
19	2	24	2	5	1	10	19	19	22	0	10	4	3
20	1	26	2	5	10	1	19	11	10	0	15	5	5
21	1	16	2	4	1	3	31	11	21	0	29	2	2
22	2	49	1	4	1	1	30	31	19	0	9	2	1
23	1	54	1	3	1	3	13	18	12	0	30	2	2
24	1	66	2	1	3	1	18	13	23	0	11	5	1
25	2	19	4	3	1	2	13	17	16	1	11	1	2
26	1	24	2	4	2	3	17	13	16	1	14	3	5
27	1	32	4	4	2	3	15	12	2	5	10	2	5
28	1	48	2	4	5	1	22	13	17	10	9	4	6
29	2	27	3	3	1	3	17	19	9	10	20	5	7
30	2	41	2	3	3	1	19	36	21	5	30	3	2
31	1	36	4	3	1	2	17	19	12	0	27	4	2
32	2	15	2	1	2	1	1	35	13	0	24	4	2
33	1	65	2	4	1	2	35	28	11	0	27	5	4
34	1	37	2	4	2	1	28	9	9	0	21	2	1
35	1	60	2	4	1	2	31	20	13	0	12	2	2
36	1	23	1	5	1	1	20	31	21	0	27	4	3
37	2	33	4	5	1	9	12	28	23	0	30	2	1
38	2	33	1	5	9	1	22	41	8	0	24	3	3
39	2	26	2	1	1	3	1	22	9	10	20	3	4
40	1	20	1	5	3	1	28	12	12	20	27	4	1
41	1	40	2	5	1	2	12	40	11	0	28	3	1
42	2	19	1	1	1	3	1	12	11	0	17	3	3
43	2	53	2	4	9	1	13	7	12	0	23	3	1
44	2	20	2	2	1	2	15	13	24	0	14	2	1
45	1	22	2	4	1	5	13	18	10	10	27	5	1
46	2	20	1	4	5	1	18	13	18	2	26	3	5
47	2	35	1	4	1	3	31	19	21	10	13	3	5
48	1	20	1	4	3	3	19	31	8	10	30	5	1
49	2	59	1	4	3	1	13	22	15	0	30	3	1

Partiendo del concepto de máxima verosimilitud, que nos define que aun cuando la muestra provenga o se genere de diferentes poblaciones, existe una para la cual hay una mayor probabilidad de ocurrencia.

De acuerdo al autor Ortúzar en su libro de Modelos Econométricos plantea que es posible evaluar por medio de Test-t para la significancia de un parámetro ϕ , es decir que como en nuestro caso para la selección de la muestra se tomó un nivel de confianza de 95%, de acuerdo a la curva se tiene un valor de 1.96 para que las variables sean incluidas en el modelo.

Para conseguir diferentes modelos y de estos seleccionar el más adecuado, se estableció combinar el estrato al que pertenecen los usuarios.

Tabla 14. Modelos Evaluados

Escenario	Descripción
1	Agrupar todos los estratos, sin considerar motivo del viaje y frecuencia
2	Cada estrato por separado
3	Se evalúa estrato 1 y 2, 3 y 4 y 5 solo sin considerar motivo del viaje y frecuencia

Tabla 15. Escenario 1 Evaluado

MODELO 1				
VARIABLE	PARAMETRO	ERROR ESTANDAR	T-TEST	FP Y VST
CONSTANTE	-0,917	0,283	-2,17	
TCAM	-0,0397	0,0386	-1,32	1,36
TESP	-0,0336	0,0365	-0,87	1,18
TVEH	-0,0325	0,0316	-1,99	1
COSTO	-0,00026	0,00162	-0,26	87,36
TRANSBORDO	-0,0246	0,132	-0,21	0,81
Muestra	1544			

Como apreciamos al evaluar este modelo, los factores de Test – t, algunos se encuentran por fuera del rango apropiado para ser considerado el modelo de nuestra función.

Ahora se realiza la prueba para el segundo modelo, en el cual se considera cada estrato por separado:

Tabla 16. Escenario 2 Estrato 1 Evaluado

MODELO 2				
ESTRATO 1				
VARIABLE	PARAMETRO	ERROR ESTANDAR	T-TEST	FP Y VST
CONSTANTE	-1,003	1,16	-1,86	
TCAM	-0,119	0,207	-1,77	1,47
TESP	-0,196	0,193	-1,92	1,75
TVEH	-0,135	0,182	-1,73	1
COSTO	-0,00227	0,022	-1,27	61,39
TRANSBORDO	-1,029	0,187	-1	10,25
Muestra	132			

Tabla 17. Escenario 2 Estrato 2 Evaluado

ESTRATO 2				
VARIABLE	PARAMETRO	ERROR ESTANDAR	T-TEST	FP Y VST
CONSTANTE	0,323	0,542	-1,27	
TCAM	-0,096	0,085	-1,07	1,62
TESP	-0,0522	0,081	-1,03	1,27
TVEH	-0,0503	0,055	-1,93	1
COSTO	-0,00212	0,002	-1,72	41,19
TRANSBORDO	-0,316	0,263	-1,43	8,42
Muestra	436			

Tabla 18. Escenario 2 Estrato 3 Evaluado

ESTRATO 3				
VARIABLE	PARAMETRO	ERROR ESTANDAR	T-TEST	FP Y VST
CONSTANTE	0,246	0,621	-0,32	
TCAM	-0,0973	0,063	-1,65	1,97
TESP	-0,0451	0,059	-1,61	1,75
TVEH	-0,0218	0,042	-1,16	1
COSTO	-0,00072	0,002	-1,78	59,32
TRANSBORDO	-0,284	0,201	-1,67	8,01
Muestra	536			

Tabla 19. Escenario 2 Estrato 4 Evaluado

ESTRATO 4				
VARIABLE	PARAMETRO	ERROR ESTANDAR	T-TEST	FP Y VST
CONSTANTE	-3,032	1,152	-4,12	
TCAM	-0,176	0,136	-3,16	3,12
TESP	-0,0116	0,121	-2,17	1,96
TVEH	-0,0921	0,096	-1,99	1
COSTO	-0,00096	0,004	-2,65	61,87
TRANSBORDO	0,872	0,601	-2,01	12,19
Muestra	340			

Tabla 20. Escenario 2 Estrato 5 Evaluado

ESTRATO 5				
VARIABLE	PARAMETRO	ERROR ESTANDAR	T-TEST	FP Y VST
CONSTANTE	-2,16	2,631	-2,46	
TCAM	-0,115	0,305	-2,53	2,31
TESP	-0,087	0,287	-2,62	1,95
TVEH	-0,0362	0,259	-2,78	1
COSTO	-0,00051	0,01	-1,47	63,16
TRANSBORDO	-0,221	0,986	-2,51	3,12
Muestra	100			

En este caso los valores para Test – t se encuentran aún más dispersos y varios de estos no se encuentran en el rango permisible.

En el tercer modelo se contempla realizar una agrupación de los estratos, es así como tenemos Estrato 1 y 2, Estrato 3 y 4, y Estrato 5.

Tabla 21. Escenario 3 Estrato 1 y 2 Evaluado

MODELO 1				
ESTRATO 1 Y 2				
VARIABLE	PARAMETRO	ERROR ESTANDAR	T-TEST	FP Y VST
CONSTANTE	-0,319	0,2830	-2,65	
TCAM	-0,041	0,0686	-2,42	1,25
TESP	-0,0512	0,0565	-2,26	1,37
TVEH	-0,0297	0,0416	-2,51	1
COSTO	-0,00147	0,0026	-1,66	19,83
TRANSBORDO	-0,378	0,2352	-1,75	7,35
Muestra	568			

Tabla 22. Escenario 3 Estrato 3 y 4 Evaluado

ESTRATO 3 Y 4				
VARIABLE	PARAMETRO	ERROR ESTANDAR	T-TEST	FP Y VST
CONSTANTE	-1,083	0,416	-2,16	
TCAM	-0,113	0,0473	-2,03	1,89
TESP	-0,0871	0,0446	-1,96	1,56
TVEH	-0,0507	0,0387	-2,1	1
COSTO	-0,000891	0,0021	-2,36	43,93
TRANSBORDO	-0,385	0,2132	-2,28	5,16
Muestra	876			

Tabla 23. Escenario 3 Estrato 5 Evaluado

ESTRATO 5				
VARIABLE	PARAMETRO	ERROR ESTANDAR	T-TEST	FP Y VST
CONSTANTE	-2,16	2,631	-2,46	
TCAM	-0,115	0,305	-2,53	2,31
TESP	-0,087	0,287	-2,62	1,95
TVEH	-0,0362	0,259	-2,78	1
COSTO	-0,00051	0,01	-1,47	63,16
TRANSBORDO	-0,221	0,986	-2,51	3,12
Muestra	100			

Al apreciar los rangos de Test – t se puede afirmar que este modelo corresponde al aceptado ya que superaron el valor de 1.96. Se puede concluir finalmente que los valores aceptados de acuerdo al modelo son los siguientes:

Tabla 24. Resultados del Modelo 3 Evaluado

ESTRATO	TCAM	TESP	TVEH	COSTO VST	T TRANSB
1 Y 2	1,25	1,37	1	19,83	7,35
3 Y 4	1,89	1,56	1	43,93	5,16
5	2,31	1,95	1	63,16	3,12

Se toma este como el valor de referencia para posteriores estudios.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el desarrollo del presente documento se observó la diferencia que existe con las encuestas de preferencia declarada, así como la necesidad de planear de forma correcta la realización de estas en campo.
- El muestreo realizado inicialmente indica la forma correcta de enfocar las encuestas de preferencia declarada, aclarando que al momento de realizar estas en campo se debe indagar correctamente en la persona encuestada ya que generalmente inducen la respuesta al menor costo, sin tener en cuenta los tiempos de viaje y otros parámetros.
- Este es el primer modelo planteado en Bucaramanga y su Área Metropolitana en el que se intenta evaluar el factor tiempo pero teniendo en consideración el estrato al cual pertenece la persona encuestada.
- En el desarrollo del presente documento se observó que el modelo depende en su mayoría de la calidad de los datos tomados en campo.
- Se observa la necesidad de un sistema correcto de planeación para las diferentes rutas, donde se integren todas las rutas actuales y así procurar evitar demoras en las mismas y mayor aceptación al sistema de transporte.
- Los datos obtenidos para el valor subjetivo del tiempo son los siguientes:

ESTRATO	TCAM	TESP	TVEH	COSTO VST	T TRANSB
1 Y 2	1,25	1,37	1	19,83	7,35
3 Y 4	1,89	1,56	1	43,93	5,16
5	2,31	1,95	1	63,16	3,12

Cabe aclarar que estos datos no pueden ser comparados en la ciudad debido a que no existen estudios que sean equiparables con estos.

Se aprecia que las personas en Estrato 1 y 2 presentan un VST de 19,83 mientras que las personas en Estrato 5 presentan un VST de 63,16, esto nos indica claramente que conforme va aumentando el Estrato le van dando mayor relevancia al tiempo que demoran para movilizarse.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. J. d. D. Ortúzar, Modelos de Demanda de Transporte, 2000.
2. U. I. d. Santander, «Elaboración de la matriz actual origen – destino de viajes y diseño de rutas para las fases II, III y IV del sistema Metrolínea,» 2012.
3. Caliper, «Travel Demand Modeling with TransCad 4.8 Caliper. Capítulo 12 Transit Assignment,» Caliper Corporation, 2012, pp. 315-319.
4. J. d. D. Ortúzar, «Modelos econométricos de elección discreta,» Santiago de Chile, Universidad Católica de Chile, 2000, pp. 167-173.
5. Steer Davied Gleave & Hague Consulting Group, Marco Teorico adaptado de Stated Preference Techniques - A Guide To Practice, Australia: Kluwer Academic Publishers, 1991.
6. M. Anillo Galeano, Desarrollo de modelos para estimar la ponderación de los atributos del nivel de servicio en la toma de decisiones entre alternativas de transporte, Barranquilla: Universidad del Norte, 2006.
7. L. Montero Mercadé, Modelos de captación, análisis e interpretación de datos, Catalunya: Universidad Politecnica de Catalunya, 2012.
8. V. F. S. Ardila, Estimación de los factores de penalización del tiempo en la función de costo generalizado a bordo del sistema masivo Transmilenio, Bogoá: Universidad Nacional de Colombia, 2009, p. 249.
9. J. J. P. Sartori, «Diseño de encuestas de preferencias declaradas para la estimación del valor de los ahorros de tiempo y el pronóstico de la demanda de servicios de transporte urbano de pasajeros,» Salta, 2006.
10. D. Hensher, «Stated preference analysis of travel choices: The state of practice,» *Kluwer Academic Publishers*, pp. 107-133, 1994.
11. J. C. Mendieta, Apuntes de Clase – Introducción a la Economía del Transporte La Teoría de la Demanda de Transporte Urbano, Bogotá: Universidad de Los Andes, 2008.

12. J. d. D. Ortúzar, *Modelling transport*, Nueva Delhi: John Wiley & Sons, 2011, 2011, p. 606.
13. L. G. Marquez y G. A. Puentes, «Valor subjetivo del tiempo de viaje en la ciudad de Chiquinquirá,» de *10° Congreso Colombiano de Ingeniería de Tránsito y Transporte*, Medellín, 2011.
14. T. Litman, «Introduction to Multi -Modal Transportation Planning,» *Victoria Transport Policy Institute*, p. 19, 2014.
15. R. Cal y Mayor y J. Cardenas, *Ingeniería del Transito Fundamentos y Aplicaciones*, Mexico: Alfaomega, 2007.
16. G. de Rus, J. Campos y G. Nombela, *Economía del Transporte*, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, 2002.
17. J. d. D. Ortúzar, *Modelos econométricos de elección discreta*, Santiago de Chile: Universidad Católica de Chile, 2000.
18. J. d. D. Ortúzar, *Modelos de demanda de transporte*, México D.F.: Ediciones Universidad Católica de Chile - Alfaomega, 2000.
19. C. Caliper, *Travel Demand Modeling With Transcad 4.8*, Caliper: Caliper Corporation, 2005, p. 593.
20. V. F. S. Ardila, *Estimación de los factores de penalización del tiempo en la función de costo generalizado a bordo del sistema masivo Transmilenio*, Bogoá: Universidad Nacional de Colombia, 2009, p. 249.
21. Steer Davied Gleave & Hague Consulting Group, *Marco Teorico adaptado de Stated Preference Techniques - A Guide To Practice*, Australia: Kluwer Academic Publishers, 1991.
22. J. d. D. Ortuzar y C. Román, «El problema de la modelación de demanda desde una perspectiva desagregada: el codo del transporte,» vol. XXIX, 2003, pp. 149-171.
23. J. J. P. Sartori, «Diseño de encuestas de preferencias declaradas para la estimación del valor de los ahorros de tiempo y el pronóstico de la demanda de servicios de transporte urbano de pasajeros,» Salta, 2006.

24. L. G. Marquez y G. A. Puentes, «Valor subjetivo del tiempo de viaje en la ciudad de Chiquinquirá,» de 10º Congreso Colombiano de Ingeniería de Tránsito y Transporte, Medellín, 2011.
25. L. G. Márquez, «Modelo de demanda para un tren de pasajeros entre Tunja y Bogota,» Revista de Ingenieria.Universidad de los Andes, p. 9, 2009.
26. J. d. D. Ortúzar, Modelling Transport, Nueva Delhi: John Wiley & Sons, 2011, 2011, p. 606.
27. S. D. d. Planeación, «Impacto económico de la movilidad en el distrito capital,» Bogotá, 2008.
28. M. d. Transporte, «Modelos matematicos para distribucion de viajes,» Secretarua de Comunicaciones y Transportes, Querétano, 1991.
29. D. Hensher, «Stated preference analysis of travel choices: the state of practice,» Kluwer Academic Publishers, pp. 107-133, 1994.
30. M. Anillo Galeano, Desarrollo de modelos para estimar la ponderación de los atributos del nivel de servicio en la toma de decisiones entre alternativas de transporte, Barranquilla: Universidad del Norte, 2006.
31. J. Quintana Valido, «El tiempo de viaje como variable competitiva en el diseño de tarifas de transporte,» Vector Plus, Vols. %1 de %2Enero-Junio, pp. 83-88, 2010.
32. O. A. Alfonso, Modelos de elección discreta en trasnportes con coeficientes aleatorios, coruña: universidad de la coruña, 2005.
33. S. Montalva y H. Emilio, Análisis microeconómico de politicas para combatir la congestion vial, Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2010.
34. M. d. Transporte, V. Rivera, C. Rivera y G. Torres, «Estudio de la demanda de transporte,» Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Querétaro, 2002.
35. M. Bierlaire y M. Fetiarison, «Estimation of discrete choice models: extending Biogeme,» S Transpor, p. 21, 2009.
36. L. Montero Mercadé, Modelos de captación, análisis e interpretación de datos, Catalunya: Universidad Politecnica de Catalunya, 2012.

37. Ministerio de Transporte de Colombia, «Manual de cálculo de los Indicadores de Monitoreo y Evaluación de Proyectos de Transporte Urbano en Colombia,» Bogota, 2009.
38. J. C. Mendieta, Apuntes de Clase – Introducción a la Economía del Transporte La Teoría de la Demanda de Transporte Urbano, Bogotá: Universidad de Los Andes, 2008.
39. J. de Cea, E. Fernández, A. Salgado y M. Fernández, Calibración de funciones flujo-costo para un modelo de asignación de transporte público con restricción de capacidad, Santiago de Chile: Universidad Católica de Chile, 2009.
40. M. d. Transporte y E. Moreno Quintero, «Métodos de elección discreta en la estimación de la demanda de transporte,» Secretaría de Comunicaciones y Transporte, Querétaro, 2011.
41. G. Kocur, Guide to forecasting travel demand with direct utility, Washington, D.C: Urban Mass Transportation Administration-US Department of Transportation, 1982.
42. J. E. C. Maquilon, C. A. Gonzalez y J. Posada, «Variables psicológicas en la elección de un modo de transporte urbano: integración de modelos de elección discreta,» de 10° Congreso Colombiano de Ingeniería de Tránsito y Transporte, Medellín, 2010.
43. A. Morales Fernandez, Modelación y simulación de una vía rápida con rampas usando autómatas celulares, México: Instituto Politecnico Nacional, 2010.
44. F. Yu-qin, «Route Choice Model Considering Generalized Travel Cost Based on Game Theory,» Mathematical Problems in Engineering, vol. 1, nº 464038, p. 5, 2013.
45. B. Si, «Travel Demand-Based Assignment Model for Multimodal and Multiuser Transportation System,» Journal of Applied Mathematics, vol. 1, nº 592104, p. 22, 2012.
46. T. Litman, «Introduction to Multi -Modal Transportation Planning,» Victoria Transport Policy Institute, p. 19, 2014.

47. G. de Rus, J. Campos y G. Nombela, Economía del Transporte, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, 2002.
48. R. Cal y Mayor y J. Cardenas, Ingeniería del Transito Fundamentos y Aplicaciones, Mexico: Alfaomega, 2007.

BIBLIOGRAFÍA

Alfonso, O. A. Modelos de elección discreta en transportes con coeficientes aleatorios, Coruña: Universidad de la Coruña, 2005.

Ardila, V. F. S. Estimación de los factores de penalización del tiempo en la función de costo generalizado a bordo del sistema masivo Transmilenio, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2009.

Bierlaire, M. y Fethiarison, M. «Estimation of discrete choice models: extending BIOGEME,» S Transpor, p. 21, 2009.

Cal, R. y Mayor, J. Cardenas, Ingeniería del Transito Fundamentos y Aplicaciones, Mexico: Alfaomega, 2007.

Caliper, «Travel Demand Modeling with TransCad 4.8 Caliper. Capítulo 12 Transit Assigment,» Caliper Corporation, 2012.

de Cea, J. Fernández, E. Salgado, A. y Fernández, M. Calibracion de funciones flujo-costo para un modelo de asignacion de transporte publico con restriccion de capacidad, Santiago de Chile: Universidad Catolica de Chile, 2009.

de Rus, G. Campos, J. y Nombela, G. Economía del Transporte, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, 2002.

Galeano, M. Anillo. Desarrollo de modelos para estimar la ponderación de los atributos del nivel de servicio en la toma de decisiones entre alternativas de transporte, Barranquilla: Universidad del Norte, 2006.

Gleave, Steer Davied & Hague Consulting Group, Marco Teorico adaptado de Stated Preference Techniques - A Guide To Practice, Australia: Kluwer Academic Publishers, 1991.

Hensher, D. «Stated preference analysis of travel choices: the state of practice,» *Kluwer Academic Publishers*, pp. 107-133, 1994.

Hensher, D. «Stated preference analysis of travel choices: the state of practice,» *Kluwer Academic Publishers*, pp. 107-133, 1994.

Kocur, G. Guide to forecasting travel demand with direct utility, Washington, D.C: Urban Mass Transportation Administration-US Department of Transportation, 1982.

Litman, T. «Introduction to Multi -Modal Transportation Planning,» *Victoria Transport Policy Institute*. 2014.

Maquilon, J. E. C. Gonzalez, C. A. y Posada, J. «Variables psicológicas en la elección de un modo de transporte urbano: integración de modelos de elección discreta,» de 10° Congreso Colombiano de Ingeniería de Tránsito y Transporte, Medellín, 2010.

Márquez, L. G. «Modelo de demanda para un tren de pasajeros entre Tunja y Bogota,» *Revista de Ingeniería*. Universidad de los Andes, p. 9, 2009.

Márquez, L. G. y Puentes, G. A. «Valor subjetivo del tiempo de viaje en la ciudad de Chiquinquirá,» de 10° Congreso Colombiano de Ingeniería de Tránsito y Transporte, Medellín, 2011.

Mendieta, J. C. Apuntes de Clase – Introducción a la Economía del Transporte La Teoría de la Demanda de Transporte Urbano, Bogotá: Universidad de Los Andes, 2008.

Ministerio de Transporte de Colombia, «Manual de cálculo de los Indicadores de Monitoreo y Evaluación de Proyectos de Transporte Urbano en Colombia,» Bogota, 2009.

Montalva, S. y Emilio, H. Análisis microeconómico de políticas para combatir la congestión vial, Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2010.

Montero Mercadé, L. Modelos de captación, análisis e interpretación de datos, Catalunya: Universidad Politecnica de Catalunya, 2012.

Morales Fernandez, A. Modelación y simulación de una vía rápida con rampas usando autómatas celulares, México: Instituto Politecnico Nacional, 2010.

Ortúzar, J. d. D. «Modelos econométricos de elección discreta,» Santiago de Chile, Universidad Católica de Chile, 2000

Ortúzar, J. d. D. Modelling Transport, Nueva Delhi: John Wiley & Sons, 2011, 2011

Ortuzar, J. d. D. y Román, C. «El problema de la modelación de demanda desde una perspectiva desagregada: el caso del transporte,» vol. XXIX, 2003

Ortúzar, J. d. D. Modelling Transport, Nueva Delhi: John Wiley & Sons, 2011, 2011, Planeación, S. D. d. «Impacto económico de la movilidad en el distrito capital,» Bogota, 2008.

Quintana Valido, J. «El tiempo de viaje como variable competitiva en el diseño de tarifas de transporte,» VECTOR PLUS, Vols. %1 de %2Enero-Junio, pp. 83-88, 2010.

Rivera, V. Rivera, C. y Torres, G. I. M. d. Transporte, «Estudio de la demanda de transporte,» Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Querétaro, 2002.

Santander, U. I. d. «Elaboración de la matriz actual origen – destino de viajes y diseño de rutas para las fases II, III y IV del sistema Metrolínea,» 2012.

Sartori, J. J. P. «Diseño de encuestas de preferencias declaradas para la estimación del valor de los ahorros de tiempo y el pronóstico de la demanda de servicios de transporte urbano de pasajeros,» Salta, 2006.

Si, B. «Travel Demand-Based Assignment Model for Multimodal and Multiuser Transportation System,» Journal of Applied Mathematics, vol. 1, nº 592104. 2012.

Steer Davied Gleave & Hague Consulting Group, Marco Teórico adaptado de Stated Preference Techniques - A Guide To Practice, Australia: Kluwer Academic Publishers, 1991.

Transporte, I. M. d. «Modelos matematicos para distribucion de viajes,» Secretarua de Comunicaciones y Transportes, Querétano, 1991.

Transporte, I. M. d. y Moreno Quintero, E. «Métodos de elección discreta en la estimación de la demanda de transporte,» Secretaria de Comunicaciones y Transporte, Querétaro, 2011.

Yu-qin, F. «Route Choice Model Considering Generalized Travel Cost Based on Game Theory,» *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 1, n° 464038, p. 5, 2013.