

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA – ESTUDIOS DE POSGRADO

**DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES QUE DEFINEN LA NOCIÓN DE
CALIDAD DE SERVICIO EN EL TRANSPORTE PÚBLICO DE
AUTOBUSES URBANOS: EL CASO DEL CORREDOR
LERDO DE TEJADA, TOLUCA**

T E S I S

Que para obtener el grado de Maestro en Ingeniería del Transporte presenta

Javier Romero Torres

Director de Tesis: Dr. Oscar Luis Sánchez Flores

Toluca México, agosto de 2005

Universidad Autónoma del Estado de México
FACULTAD DE INGENIERÍA – ESTUDIOS DE POSGRADO

**Determinación de los factores que definen la noción de calidad de servicio
en el transporte público de autobuses urbanos: el caso del corredor
Lerdo de Tejada, Toluca**

T e s i s

Que para obtener el grado de Maestro en Ingeniería del Transporte presenta

Javier Romero Torres

Director de Tesis: Dr. Oscar Luis Sánchez Flores

Jurado:

M. en I. Eusebio Cárdenas Gutiérrez
M. en I. José Concepción López Rivera
Dr. Juan Gaytán Iniestra
M. en I. Ángel Molinero Molinero
Dr. René Muciño Castañeda
Dra. Elizabeth Teresita Romero Guzmán

Toluca México, agosto de 2005

Agradecimientos

Al Instituto Mexicano del Transporte (IMT) por el apoyo económico recibido durante la etapa escolarizada de la Maestría. Al financiamiento aportado por los proyectos CONACYT 41078 y UAEM 1816/2004 durante la obtención de la información. Y a los alumnos de la Facultad de Ingeniería-UAEM que hicieron posible la aplicación de las encuestas.

Contenido

Resumen	iii
Abstract	iv
Introducción general	1
Generalidades	1
Objetivos	3
Metodología	4
Alcance y limitaciones	6
1 La demanda del transporte público y su modelación	9
1.1 Enfoques para modelar la demanda del transporte	9
1.2 Caracterización del proceso de elección individual	10
1.3 Génesis de los modelos de elección discreta	13
1.3.1 Modelos con respuestas discretas	14
1.3.2 Fundamentos de los modelos de elección discreta	15
1.3.3 Modelos con reglas de decisiones estocásticas	17
El modelo de Luce	17
El modelo de Tversky (EBA)	18
1.3.4 Modelos con utilidad estocástica	19
1.4 Modelos de elección discreta: base teórica contemporánea y procedimiento de estimación	22
1.4.1 El modelo Logit Multinomial (MNL)	23
1.4.2 Procedimiento de estimación del modelo MNL	24
1.5 Valores subjetivos de los atributos	26
1.5.1 Interpretación de los coeficientes obtenidos	26
1.5.2 Obtención del valor subjetivo del tiempo de viaje (VSTV)	27
1.5.3 Intervalos de confianza para el VSTV	28
Prueba Asintótica t	28
Prueba de proporción aleatoria	29
1.6 Las fuentes de datos	29
1.6.1 Preferencias reveladas (PR)	29
1.6.2 Preferencias declaradas (PD)	30
2 Identificación y jerarquización de los factores que componen la calidad del servicio	35
2.1 Elementos para la evaluación de la calidad de servicio en el transporte público	36
2.1.1 La necesidad de regular el servicio de transporte público	36
2.1.2 Organización y regulación del servicio de transporte público	40
2.1.3 Nivel y calidad de servicio	44
2.1.4 Evaluación del nivel de servicio	47
2.2 El caso de estudio	50
2.2.1 Concepto, organización y regulación del transporte público en la ciudad de Toluca	50
2.2.2 Selección del corredor de estudio	54
2.2.3 Características de la oferta en el CLT	57
2.2.4 Estimación de la demanda en el CLT	60
2.3 Diseño de la encuesta de FNS	60

2.3.1	Grupo Focal	61
2.3.2	Elección de la técnica de jerarquización	63
2.3.3	Aplicación de la encuesta piloto FNS	65
2.3.4	Resultados de la encuesta piloto FNS	66
2.3.5	Encuesta definitiva FNS	67
2.4	Resultados	68
2.4.1	Estadística descriptiva de la encuesta definitiva FNS	68
2.4.2	Jerarquización de factores que definen el nivel de servicio	68
3	Medición de los factores que componen la calidad de servicio	73
3.1	Selección del modelo de elección	75
3.2	Diseño del experimento y diseño experimental	75
3.2.1	Selección de los niveles de variación para los factores considerados	76
3.2.2	Diseño factorial fraccional	78
3.3	Aplicación de la encuesta	79
3.4	Validación de la información	80
3.5	Ajuste econométrico	81
3.6	Análisis e interpretación de los resultados	82
3.6.1	Valor subjetivo del tiempo de viaje	86
3.6.2	Intervalo de confianza para el VSTV	87
3.6.3	Aplicación del modelo	89
	Conclusiones y recomendaciones	91
	Referencias	95
	Anexos	101

Determinación de los factores que definen la noción de calidad de servicio en el transporte público de autobuses urbanos: el caso del corredor Lerdo de Tejada, Toluca

Resumen

En el presente trabajo se busca identificar y luego cuantificar los factores que integran la noción de calidad de servicio en un corredor urbano (Ciudad de Toluca). Para ello se diseñó y aplicó una encuesta de preferencias reveladas en las cuales los usuarios jerarquizan una serie de factores que comúnmente son consideradas como determinantes del nivel de servicio.

Con los factores identificados se diseñaron escenarios hipotéticos aplicando la teoría del Preferencias Declaradas (PD), cuyas respuestas son utilizadas para estimar un modelo Logit simple (MNL). Conocida la importancia de las variables determinantes de la calidad de servicio, se procedió a proponer medidas de corto y mediano plazo que permitieran a la autoridad reguladora integrar una estrategia de mejora del transporte público en la ciudad.

**Determination of the factors that define the notion of service quality
in public transport of urban buses: Case Corridor
Lerdo de Tejada, Toluca City**

Abstract

This work aims to identify and then quantify the factors included in the quality service notion in an urban corridor located in Toluca City. With that purpose, a survey of revealed preferences (RP) was designed and applied, where users rank a series of factors usually considered in the user's level of service notion. Once the factors were identified and using the Stated Preferences Theory (SP) hypothetical scenarios were designed and with the answers, a binary Logit model (MNL) was estimated. With the decisive variables of service quality and their hierarchy, a set of measures were proposed in the middle and short term that let the management authority get an integral strategy to improve the public transport in the city.

Introducción general

1. Generalidades

El servicio de autobuses urbanos puede ser analizado como una industria que produce servicios diferenciados (viajes con características específicas como son: horario, precio, estado de las unidades, recorrido, etc.) pero que al mismo tiempo se integra en un sistema complejo que tiene como propósito producir viajes que atiendan las necesidades de movilidad de los usuarios. La complejidad de un análisis con estas consideraciones resulta de la interacción de sus subsistemas dado que no se conocen con exactitud sus relaciones, y por ello, son difícilmente predecibles aún cuando el comportamiento de los subsistemas pueda ser determinado. A este tipo de sistemas se les denomina Sistemas de Grandes Dimensiones, Complejos, Abiertos e Integrados (CLIOS por sus siglas en inglés, Sussman, 2000).

Los subsistemas que componen el sistema de autobuses poseen una parte física y otra no física. La primera la componen la infraestructura, el material rodante y el propio usuario. La no física son los esquemas de operación y de regulación. La forma en que se establezcan estas relaciones determina la *calidad de servicio* que el usuario percibe en la parte final del proceso. Sin embargo, éste último tan solo se percata de la componente física y es a partir de ella que hace sus juicios de valor respecto a esta noción.

A pesar de que algunos autores han utilizado indistintamente los términos calidad de servicio y nivel de servicio (e.g. Gunn, 2001 o Wardman, 2001) es preciso aclarar que se refieren a diferentes conceptos. La calidad de servicio está relacionado con la satisfacción del cliente y es un concepto abstracto e intangible, además de ser un indicador de desempeño del sistema de transporte (Cabana y Corbett, 2002). Mientras que el nivel de servicio se refiere a los estándares en los cuales se encuentran las características (factores) que forman la calidad de servicio. Aunque cabe mencionar que ambos términos encierran características cualitativas que son difíciles de medir o percibir por los usuarios (e.g. confort, el trato al usuario o la forma de manejo), lo cual podría ser la explicación del por que ambos términos se hallan empleado indistintamente. El concepto de nivel de servicio, en este trabajo se conforma por una serie de factores que los usuarios (o consumidores) integran e internalizan con el objeto de hacer un juicio acerca de un modo o tipo de servicio para seleccionarlo. En general, estos factores pueden ser agrupados en dos tipos:

1. *Relativos al desempeño del sistema de transporte.* Los cuales aplican para todos los usuarios de un servicio, pudiendo tener impactos y magnitudes diferentes como son: el tiempo de recorrido, la tarifa, el tiempo de espera o el tiempo de trasbordo. Este grupo de factores son los que tradicionalmente se incluyen para valorar la calidad de servicio ya que son fácilmente cuantificables.

2. *Relativos a las preferencias sobre algún atributo del modo de transporte.* Éstos son factores puramente subjetivos ya que su valoración depende de cada usuario. En este grupo se incluye, por ejemplo, la limpieza del vehículo, su aspecto y las condiciones físicas, la comodidad o la seguridad.

La valoración de los dos grupos de factores anteriores depende de dos aspectos principalmente:

- b) *Las características socioeconómicas y las capacidades físicas de los usuarios.* En efecto, la edad, el género y el nivel de ingresos intervienen en la importancia que pueda darse a cada uno de los grupos de factores mencionados. Por otra parte, los servicios para personas con capacidades diferentes (autobuses con plataforma abatible, espacios reservados, escaleras eléctricas, señalización en código Braille, información sonora, etc.) también intervienen en la valoración de un modo de transporte.
- b) *Las circunstancias de movilidad del usuario.* En ésta valoración intervienen tanto las características como las restricciones específicas del viaje. Las primeras están relacionadas con la flexibilidad en la hora de llegada, la hora del viaje o en la disponibilidad de otros modos de transporte (Ortúzar *et al.*, 1997), mientras que las segundas están ligadas con el número, tipo de acompañante o el motivo de viaje.

El contexto en el que se encuentra inmerso la noción de calidad de servicio dificulta su medición. Quizá esta sea la razón por la que la mayoría de las valoraciones reportadas en la literatura se apoyan en la medición de los factores de desempeño del sistema de transporte, descuidando la componente subjetiva y los aspectos que determinan su valoración. Sin embargo, a partir de la extensión de los modelos de elección discreta (e.g. McFadden, 1975 o Ben-Akiva y Lerman, 1985) al campo de la ciencias del transporte, la integración de ésta componente es técnicamente factible. En el desarrollo de este documento se emplean estos modelos para cuantificar la calidad de servicio en un corredor urbano, donde diversas empresas de autobuses prestan el servicio de pasajeros.

El interés de cuantificar la calidad de servicio tiene varias vertientes, las cuales están relacionadas con el usuario, los concesionarios y las autoridades reguladoras del servicio. En primer lugar, se relaciona con la elección del modo o servicio de transporte. En un mercado donde las características de desempeño y costo de los modos existentes sean similares, es más probable que la calidad del servicio sea el criterio considerado para elegir en que modo desplazarse (competencia en calidad). Este caso, es bastante recurrente en las ciudades latinoamericanas en el que se tiene la prestación de servicios concesionados y varias líneas de transporte público comparten largos tramos de infraestructura.

En segundo lugar, considerando que no existe integración entre los diferentes servicios de transporte de una ciudad (como es el caso de muchas ciudades del mundo y en particular en México), los concesionarios de los servicios de transporte (taxis, autobuses y microbuses) buscarán atraer el mayor número de usuarios estableciendo una competencia entre los modos. Bajo este contexto, el concesionario estará interesado en tomar

acciones que le permitan captar la mayor cantidad posible de pasajeros. La mejora de la calidad de servicio es una de las alternativas para lograrlo.

En tercer lugar, dado que el servicio de transporte de pasajeros está a cargo de las autoridades públicas al ser un derecho de los ciudadanos (artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos) y que dadas sus características pueden ser tratado como un bien semipúblico (ver Rothengatter, 2001 o Sánchez, 2003), las autoridades deberían tomar medidas para garantizar a los usuarios la mejor calidad de servicio al costo más bajo. La definición de estrategias y acciones para alcanzar este objetivo requiere del diagnóstico y la valoración del servicio actual. Esta valoración requiere a su vez identificar los elementos que el usuario está integrando en la noción de calidad de servicio para entonces poder cuantificar su peso, jerarquizarlos y así definir medidas que lleven a la mejora de dicha variable.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es: *determinar el efecto que la modificación del nivel de servicio de un factor induce sobre la elección de una línea de autobuses en un corredor urbano de la Ciudad de Toluca (corredor Lerdo de Tejada, entre I. Fabela y Ciudad Universitaria) mediante:*

1. La identificación de los factores de desempeño y los atributos del modo que según el usuario constituyen la noción de *calidad de servicio*.
2. La jerarquización de los factores identificados, es decir, obtención del peso que cada factor identificado (variable explicativa) tiene sobre la *calidad de servicio*.
3. El análisis de la reacción de los usuarios, en términos de probabilidad de uso de un modo, ante escenarios hipotéticos que constituyen posibles modificaciones del nivel de servicio emprendidas por la autoridad reguladora del servicio.

Para alcanzar el objetivo general planteado en este documento es necesario que un conjunto de objetivos particulares sean alcanzados:

1. Utilización de teorías y métodos cuantitativos para valorar una noción que integra una componente cuantitativa y otra cualitativa.
2. Aplicar la teoría implícita en las encuestas de preferencias declaradas (PD) para extraer información sobre el comportamiento y preferencias de los usuarios.
3. Dadas las restricciones de tiempo y sesgos durante la aplicación de la encuesta de PD, aplicar la teoría de diseño experimental para construir un cuestionario eficiente en cuanto al número de escenarios considerados (diseño factorial fraccional) y el contexto de elección modal en el que el usuario deberá ser inmerso para obtener sus preferencias.

4. Utilizar las técnicas econométricas basadas en el máximo de verosimilitud para estimar los modelos de elección discreta.
5. Determinar los factores que deberían incluirse en una política de mejora de la calidad de servicio del transporte público.

3. Metodología

En el presente trabajo se busca identificar y luego cuantificar los factores que integran la noción de calidad de servicio para que la autoridad encargada de su regulación disponga de información que sustente las potenciales acciones dirigidas a elevarla. Para ello, se parte primeramente del concepto CLIOS en el que se admite que el sistema de transporte está compuesto por un subsistema físico y otro no físico o de subsistemas internos y externos¹ (ver sección 1) en interacción permanente. Para considerar la componente no física, se admite que el sistema de transporte urbano funciona como una organización industrial en el que las estrategias y acciones de las empresas concesionarias del servicio son el resultado de las interacciones propias de un mercado relativas al nivel de competencia (en precio o calidad), el posicionamiento en el mercado, pero sobre todo del esquema de regulación y que en este contexto pueden ser analizadas (ver por ejemplo Cabral, 2000 para más detalles de la teoría de la competencia imperfecta u organización industrial). Así, primeramente, se revisan las formas de organización más comunes en el caso del sistema de autobuses urbanos, sus componentes, sus relaciones (subsistemas) y las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas. Bajo este contexto, se procede a identificar el tipo de organización pero sobre todo el esquema de regulación existente en la Ciudad de Toluca la cual fue considerada como la zona de estudio. El esquema de regulación existente permite obtener una idea previa de la parte no visible del problema relativa a la calidad del servicio en los subsistemas o corredores de transporte. Para concretar la fase de identificación de factores, en un estudio de caso, fue necesario elegir un corredor que reuniera las características siguientes:

- Que los usuarios estuvieran habituados a elegir entre diferentes líneas de autobuses, ya que estos tipos de usuarios posee información importante respecto a factores y criterios de elección, los cuales interesa analizar. El contexto de elección se da en la práctica, cuando existen varias líneas de autobuses que se traslapan en un tramo importante de su recorrido y que a la vez cubren el origen y destino de un grupo de usuarios.
- Que se encontrara en zona urbana en donde existiera una problemática importante respecto a la calidad del servicio a los usuarios y al mismo tiempo que éste fuera prestado por diferentes líneas de autobuses.
- Que los tiempos de recorrido medio de los usuarios a bordo del autobús, fueran lo suficientemente amplios (10-25 minutos) para aplicar encuestas cortas (10-15 preguntas) relacionadas con el nivel de servicio percibido y sus preferencias de elección modal.

¹ La clasificación de elementos internos y externos, como otro tipo de tipologías, implica consideraciones subjetivas. Por ejemplo, Sussman (2000) considera que el usuario es un elemento físico externo o que los planes de operación son elementos internos no físicos.

- Que la variabilidad de los tiempos de recorrido en el curso del día fueran relativamente amplia (coeficientes de variación mayores al 25%). Es decir, que la dispersión de los tiempos de recorrido representara alrededor de una cuarta parte del tiempo de recorrido medio. Esta condición permite dar credibilidad a los eventuales escenarios sobre reducción de tiempos de recorrido presentados a los usuarios.
- Que la población encuestada poseyera heterogeneidad respecto a sus características socioeconómicas y de movilidad, lo cual permite conocer el comportamiento y preferencias de los usuarios en conjunto y por separado.

Una vez identificado y definido el corredor urbano de estudio (Lerdo de Tejada) se procede a identificar los factores que los usuarios perciben en la noción de calidad de servicio. Para ello se diseñó y aplicó una encuesta de preferencias reveladas (PR), en la cual los usuarios jerarquizan una serie de factores que comúnmente son consideradas como determinantes del nivel de servicio. Dichos factores fueron obtenidos a través de dos fuentes: a) de una síntesis de aquellos reportados en la literatura para estudios similares, y b) de un grupo focal. Esta primera selección arrojó 13 factores que fueron empleados en la encuesta mencionada para hacer una segunda selección que permitió identificar 5 factores como los más trascendentes:

- Tarifa (costo del viaje)
- Forma de manejar del conductor
- Trato al usuario y apariencia del conductor
- Estado físico de los autobuses
- Tiempo que está dentro del autobús (tiempo de viaje)

Con los cinco factores se diseñaron escenarios hipotéticos aplicando la teoría de PD, dentro de este diseño se debió considerar los niveles de variación de cada factor, en los factores de *tarifa*, *tiempo de viaje* y *el trato al usuario y apariencia del conductor* se utilizaron tres niveles, mientras para los dos restantes fueron utilizados dos niveles. Por lo tanto se tuvo un diseño factorial completo de 108 combinaciones ($3^3 \times 2^2$) que con la ayuda del diseño fraccional (e.g. Galilea, 2002 o Montgomery, 2001) se redujo a 16 combinaciones. Los escenarios fueron presentados a pares a los entrevistados en una encuesta de PD mediante un ejercicio de elección. Con las respuestas y las técnicas de máximo de verosimilitud se estimaron los coeficientes de un modelo binario de elección discreta, en el cual las variables explicativas fueron los cinco factores identificados; mientras que la variable dependiente fue la probabilidad de elección de la línea de transporte alternativa. Las estimaciones permitieron calcular el valor subjetivo del tiempo de viaje (VSTV) para diferentes estratos de usuarios según el género, período del día, frecuencia del viaje, ingreso, motivo de viaje y edad. Se realizaron en total las estimaciones para 14 estratos, en los cuales se obtuvo una calidad de ajuste aceptable. A excepción del factor *forma de manejar del conductor*, todas las demás variables de calidad de servicio fueron significativas a un 95%.

Se corroboró, por otra parte, que la mejora de las variables mencionadas repercutía de manera positiva en la desutilidad provocada por el hecho de viajar. El factor considerado como el de mayor peso en la determinación de la calidad de servicio fue el *trato al usuario y apariencia del conductor* seguido del *estado físico de los autobuses*.

Conocida la importancia de las variables determinantes de la calidad de servicio, se procedió a proponer medidas de corto y mediano plazo que permitieran a la autoridad reguladora integrar una estrategia de mejora del transporte público en la ciudad. En este sentido, se presenta un ejercicio académico sobre el impacto que una medida en concreto puede tener sobre el número de usuarios captados.

4. Alcances y limitaciones

El estudio presenta varias limitaciones que corresponden básicamente a decisiones de modelación. Esta última se basa en un enfoque que pretende entender la esencia de los procesos, por lo que no se intenta modelarlos en estricto *sensu*. A continuación se listan algunas consecuencias implícitas de estas decisiones:

- El concepto de *calidad de servicio* es evaluado en el contexto de la elección modal y los usuarios son caracterizados como consumidores que se comportan racionalmente buscando maximizar su utilidad (teoría microeconómica neoclásica basada en el *homo economicus*).
- Se modela el comportamiento de los usuarios ante un contexto de elección, para ello se recurre a dos teorías microeconómicas del comportamiento del consumidor que son la teoría de la utilidad aleatoria y los modelos de elección discreta. Sin embargo, durante esta modelación el usuario es aislado para considerar que la elección del servicio para su traslado se explica únicamente por las variables que han sido elegidas como determinantes por el modelador (esencialmente los factores subjetivos y de desempeño). Con ello, los factores debidos a las circunstancias de movilidad del usuario no son considerados. Así, los usuarios son caracterizados como entes individuales cuyas decisiones no son afectadas ni por sus capacidades físicas ni por su entorno familiar o de sus amistades (e.g. el viajero acompañado adopta actitudes y toma decisiones no siempre similares a la situación cuando viaja solo).
- Para introducir el aspecto de la mejora del servicio en el sistema de autobuses, se consideraron dos tipos de servicio en un corredor urbano. El primero, se modeló a partir de las características físicas y el desempeño que el usuario percibe actualmente. El segundo, se caracterizó admitiendo que estas dos últimas características se mejoraban en un servicio ficticio o hipotético a cambio de una variación en la tarifa. En este sentido, es importante resaltar que existe una diversidad importante en la calidad de servicio que se brinda actualmente en el corredor. Por ello, la caracterización propuesta pudiera estar despreciando este efecto. No obstante, el usuario tiene por lo general una percepción media de la calidad de servicio en toda la red y es muy posible que la asocie a la existente en el corredor. Por ello, aunque en los cuestionarios se reitera a que corredor se refieren las preguntas, se desconoce a ciencia cierta si la respuesta obtenida se basa

en las características del servicio del mencionado corredor (usuarios habituales) o de la red en su conjunto (usuarios eventuales).

- Los métodos cuantitativos son aplicados en un corredor de transporte urbano, para lo cual el corredor se consideró aislado de la red de transporte público mediante la definición de entradas y salidas. Lo cual permitió asumir que las líneas de autobuses consideradas en el estudio adquirieran la idealización de las características físicas y de desempeño actuales en el momento de su entrada al corredor.
- En la teoría de la utilidad aleatoria y de los modelos de elección discreta es común que no se cuente con la información suficiente (factores desconocidos o costo elevado de obtención) que permita observar todos los factores que intervienen en el proceso de elección. Para ello se consideraron los efectos de naturaleza aleatoria, la cual permite considerar tanto una componente observable y una no observable, ésta última captada mediante la constante específica del modelo. La cual representa en realidad la diferencia con media cero de las partes no observables de cada modo considerado en el proceso de elección. Por lo que, al comparar modos que son similares, como es el caso analizado en este trabajo (autobuses), la constante específica se considera nula.
- El diseño fraccional factorial utilizado en el estudio tiene el inconveniente de no permitir conocer las interacciones entre las variables que se consideran en el modelo. Sin embargo, el diseño fraccional utilizado permitió la medición de los efectos principales de las variables y redujo el tiempo empleado para la obtención de los datos. Además, se sabe que en un diseño fraccional los efectos principales permiten explicar el 80% o más de la varianza de los datos (Louviere, 1988).

5. Estructura del documento

Este documento se divide en tres capítulos. En el primero se establece el marco teórico bajo el cual se realizó el estudio. En la sección uno, se estudian los enfoques para modelar la demanda del transporte. En la sección dos, se aborda la caracterización del proceso de elección individual. En la sección tres, se describe una génesis de los modelos de elección discreta abarcando los modelos con respuestas discretas y sus fundamentos, así como los modelos con reglas estocásticas y los de utilidad estocástica. En la sección cuatro, se describe el modelo Logit Multinomial y los procedimientos de su estimación. En la sección cinco se comenta acerca de los valores subjetivos de los atributos y su interpretación, especialmente del VSTV. Mientras, en la sección seis se mencionan las técnicas de colecta de datos conocidas como de PR y PD que se emplean para alimentar y ajustar los modelos de elección discreta como el propuesto en este trabajo.

En el capítulo dos se desarrolla el proceso empleado para la identificación y jerarquización de los factores que componen la calidad de servicio, haciendo énfasis en las características del caso de estudio. El análisis del caso de estudio que incluye el esquema de organización y regulación prevaleciente en la Ciudad de Toluca, y las consideraciones para seleccionar el corredor de estudio son presentadas en la sección dos. Posteriormente se

describe el diseño de la encuesta aplicada para la jerarquización de los factores del nivel de servicio (sección 3) y sus resultados (sección 4).

El capítulo tres esta orientado a la descripción de la metodología que permitió medir los factores de componen la calidad de servicio. Lo referente a la selección del modelo utilizado integra la primera sección. El la sección uno se abordan los elementos involucrados para la evaluación de la calidad de servicio. El diseño experimental y el diseño de los experimentos que comprenden los niveles de variación de los factores y el diseño factorial fraccional es mostrado en la sección dos. Mientras que los aspectos de la aplicación de la encuesta y la validación de la información son comentados en las secciones tres y cuatro, respectivamente. En la sección cinco, se desarrolla lo referente al ajuste econométrico del modelo; el análisis e interpretación de los resultados cierra este capítulo (sección 6). Las conclusiones y recomendaciones son presentadas en la parte final.

1 La demanda del transporte público y su modelación

En este capítulo se establece el marco teórico sobre el cual está basado el presente trabajo, éste abarca el enfoque para modelar la demanda del sistema de transporte y los procesos de elección de los individuos así como la teoría de utilidad aleatoria y su relación con la distribución de probabilidad, la cual queda representada en los modelos de elección discreta. Además, se presenta una génesis de estos modelos, abarcando tanto los de respuesta estocástica como los de utilidad estocástica. También se proporciona una descripción del modelo Logit Multinomial considerando sus ventajas y desventajas en su utilización, el procedimiento para su estimación y la interpretación de los coeficientes que se obtienen, enfatizando en la obtención del VSTV y sus intervalos de confianza. En la parte final se exponen las bondades y limitaciones en el uso de datos de PR y PD como las fuentes de datos.

1.1 Enfoques para modelar la demanda del transporte

La modelación de la demanda de transporte se ha basado tradicionalmente en el empleo de dos tipos de enfoques: el agregado y el desagregado. El primero fue utilizado ampliamente en los estudios de transporte hasta finales de los años 70's. Estos modelos explican el número de viajes a partir del valor medio de variables agregadas a nivel de zona de transporte. Entendida esta última como un área geográfica en el que sus habitantes tienen características socioeconómicas y de movilidad semejantes. Tienen como ventaja que son rápidamente aplicables, cuando existe información previa, como son las encuestas origen-destino o estudios de movilidad. En este caso, no se requieren grandes inversiones para la aplicación de este enfoque. Sin embargo, sus desventajas principales tienen que ver con la robustez de sus estimaciones, la poca flexibilidad y el nivel de detalle que se puede obtener, finalmente su nivel de agregación. En efecto, la agregación de los datos presenta algunos inconvenientes. En primer lugar, es necesario disponer de una cantidad de datos importante ya que cada observación resulta de la obtención de un promedio de un cierto número de datos individuales. En segundo lugar, la existencia de sesgo entre las unidades agregadas es más probable que en los modelos desagregados (para más detalles ver por ejemplo Ortúzar, 2000a o Ben-Akiva y Lerman, 1985). Los modelos basados en el enfoque desagregado, por su parte, se basan en el uso de datos a nivel individual, lo que permite una mejor comprensión del comportamiento de los individuos durante su viaje, puesto que se basan en las teorías de la elección individual; comienzan a ser populares en los años 80's debido a que presentan ciertas ventajas respecto a los agregados:

- El uso de datos individuales como unidad de análisis hace más eficiente el uso de la información colectada ya que no se requiere agregarla para alimentar los modelos que pretenden ajustarse.

- Al emplear cada observación se incluye implícitamente toda la variabilidad resultante de los datos individuales.
- Puede emplearse cualquier nivel de agregación a partir de la información individual lo que permite poseer diversas perspectivas o escalas de magnitud en el análisis.
- La estimación de los parámetros para cada una de las variables explicativas consideradas en un determinado modelo alimentado con estos datos es explícita y tienen una interpretación directa en términos de la importancia relativa de cada variable explicativa.
- Los modelos ajustados que resultan son más estables en el tiempo y en el espacio.

Estas ventajas van acompañadas también de inconvenientes ya que es muy difícil interpretar tantos datos a nivel de conjunto por lo que es necesario definir un nivel de agregación, la definición de esta unidad de análisis y el nivel de agregación plantea varias dificultades. Por otro lado, la aplicación de este tipo de enfoques requiere de especialización, del manejo de teorías y métodos específicos; pero sobre todo, de un conocimiento multidisciplinario que no es muy común hallar en el campo. Finalmente, la colecta de datos individuales requiere períodos de tiempos habitualmente largos por los procesos implícitos y las observaciones a realizar, lo que al final de cuentas repercute en un costo elevado. El interés por conocer, primeramente, los factores que determinan la elección de un servicio de transporte público y posteriormente determinar su peso en la explicación de este proceso de elección no es una inquietud nueva; sin embargo, puede abordarse desde diversas perspectivas en la que se incluya una teoría que defina las reglas de elección. Existen varias citadas en la literatura, entre las que se pueden mencionar los de criterios de dominancia, el nivel de satisfacción, las lexicográficas y las de utilidad (Ben-Akiva y Lerman, 1985). Esta última posee como ventaja que está soportada por la teoría microeconómica neoclásica y la teoría de los modelos de elección discreta que a su vez se soporta en el comportamiento y la psicología del consumidor (ver por ejemplo de Palma y Thisse, 1994). En los párrafos siguientes se desarrollan estos dos aspectos que constituyen el marco teórico sobre el cual se soportan los resultados obtenidos. Además, se describe cómo el ajuste de los modelos de elección discreta permite obtener los factores que explican la elección de un servicio de transporte público y el VSTV, parámetro esencial en el análisis económico de los sistemas de transporte (ver por ejemplo Button, 2003). Finalmente, se mencionan las técnicas para la recolección de datos que se basan en encuestas de PR y PD.

1.2 Caracterización del proceso de elección individual

El interés de algunos estudios de transporte se centra, muchas veces, en determinar el comportamiento actual o futuro de un conjunto de usuarios o de empresas; por ejemplo, el número de usuarios que utilizarán un modo de transporte en un momento del día determinado, la parte de mercado que consumirá un producto, etc. Éstas cantidades resultan de la agregación de decisiones individuales, por ello resulta pertinente entender, en primera instancia, los mecanismos que intervienen en la toma de decisiones de las personas y como éste proceso se

caracteriza con propósitos de análisis, para finalmente describir la teoría más pertinente. En este sentido, existen diversas posibilidades para explicar un proceso de elección pero en general, presentan la secuencia siguiente (Ben-Akiva y Lerman, 1985):

1. Definición del problema de elección
2. Generación de las alternativas
3. Evaluación de los atributos de las alternativas
4. Elección
5. Implementación

El planteamiento del problema de elección, para el caso que nos ocupa, se refiere a que un usuario del transporte público en el momento de realizar su viaje tiene que elegir entre todos los servicios que se le brindan el que mejor satisfaga sus necesidades. El proceso de elección no es directo ya que existe diferencia entre la calidad de los servicios al existir varias empresas que llegan al destino buscado. Es decir, posee diversas alternativas con atributos diferentes: estado de la unidad, confiabilidad del servicio, recorrido de la unidad, tiempo de viaje, etc. Esta información es empleada por el usuario para realizar una secuencia de cálculos que alimentan una regla de decisión a partir de la cual elige el servicio que utilizará para concretar su viaje; considerando la secuencia anterior, se puede establecer una teoría de elección, la cual es un conjunto de procedimientos que definen los elementos siguientes (Ben-Akiva y Lerman, 1985):

- a) El elemento que toma la decisión
- b) Las alternativas
- c) Los atributos de las alternativas
- d) Las reglas de decisión

El elemento que toma la decisión. El individuo es la unidad típica de toma de decisiones, pero alternativamente también puede considerarse a un grupo, como la familia o el hogar, a una empresa o institución pública. Cada uno de ellos puede representar una única unidad de decisión. La elección del elemento de decisión posee en el caso de los grupos de personas o empresas la ventaja de hacer abstracción de las interacciones complejas que se dan al interior de dichos aglomerados.

Las alternativas. Son las posibilidades que existen cuando se realiza la elección siendo los elementos que dan sentido a esta última. El contexto en el que ésta se realiza define el universo de alternativas. Sin embargo, se requiere considerar que durante la elección, el individuo puede considerar o tener acceso a todo este universo o parte del mismo integrando un conjunto de elección. En él se encuentran las alternativas que son factibles de ser tomadas por este individuo en específico. La factibilidad es determinada por una serie de restricciones como

pueden ser la disponibilidad física, la disponibilidad temporal, los recursos monetarios, las condicionantes personales, entre otros.

Los atributos de las alternativas. Son las características que permiten diferenciar las alternativas. Durante el proceso de elección estos atributos son valorados y colocados en una escala de atractividad. Cada atributo puede ser calificado en una escala determinada que puede ser ordinal (e.g. la línea 25 es más rápida que la línea 50) o cardinal (e.g. la línea 25 tiene una tarifa de 5 pesos). En el caso de la calidad de servicio en el transporte público, por ejemplo, se requiere considerar que cada individuo posee conjuntos de elección diferentes y que adicionalmente las alternativas de este conjunto son heterogéneas al poseer una serie de atributos que son valorados de diferente forma por los usuarios. Por ello, es más conveniente considerarla a partir de una caracterización general de cada alternativa a través de sus atributos.

Las reglas de decisión. La elección entre dos alternativas en un conjunto de elección requiere de una regla de decisión. Ésta describe el mecanismo interno empleado por el individuo para procesar la información disponible llevándolo a una decisión única. La amplia variedad de reglas de decisión puede clasificarse en las categorías siguientes (Ben-Akiva y Lerman, 1985):

- i) *Reglas de dominancia.* Afirma que la alternativa A_1 debe ser elegida sobre la A_2 si A_1 es mejor al menos en un atributo y no es peor que A_2 en todos los otros.
- ii) *Reglas por nivel de satisfacción.* A cada atributo se le asigna un cierto nivel que se emplea como criterio de satisfacción o “nivel de aspiración” el cual está determinado por las expectativas del usuario resultado de experiencias previas o de la información existente. Un par de variantes de esta categoría son la *decisión conjuntiva* y la *disyuntiva*. La primera requiere que quien toma una decisión especifique un conjunto de criterios de valor para cada atributo. Los valores de la alternativa elegida deben ser iguales o exceder el criterio de valor. Si una alternativa no alcanza el criterio en tan sólo un atributo, no debe ser considerada. En la segunda también se requiere de un conjunto de criterios de valor que deben ser especificados. Al menos un atributo asociado con una alternativa debe exceder el criterio de valor para que la alternativa sea aceptable; todos los aspectos de las otras alternativas deben estar muy por debajo o ser iguales a los criterios de valor.
- iii) *Reglas lexicográficas.* Cuando los atributos se ordenan por su importancia se dice que son lexicográficos. La regla de decisión lexicográfica prescribe una elección de la alternativa que es más atractiva en el atributo más importante. Si dos aspectos de este atributo son igualmente atractivos, la decisión se toma basándose en el segundo atributo más importante. Si persiste la igualdad se continúa con el mismo procedimiento hasta alcanzar una sola elección.
- iv) *Utilidad.* Esta regla asume que los atributos son cuantificables, lo que significa que el nivel de atracción de cada atributo puede reducirse a un escalar, y por lo tanto, a cada alternativa puede asociarse un índice agregado de atractividad conocido en la teoría económica como utilidad. Así, la elección del individuo estará

ligada a la alternativa que le procure la utilidad más alta. Dependiendo del área de aplicación ésta función objetivo puede especificarse con más detalle, por ejemplo, un costo a ser minimizado o un beneficio a ser maximizado. Una función de utilidad puede construirse de diversas maneras pero la diferencia fundamental se relaciona con el tipo de especificación de las variables, la cual puede ser ordinal o cardinal. La utilidad ordinal es una expresión matemática de una jerarquización determinada de las alternativas y sólo es válida para preservar cierto orden. En términos comparativos entre alternativas sólo tiene sentido para las relaciones mayor que, menor que o igual. La utilidad cardinal, por otra parte, implica cierta unicidad y es mucho más restrictiva que la utilidad ordinal. Se ha empleado con frecuencia en teorías de decisión bajo incertidumbre en las cuales se asume que los tomadores de decisiones maximizan una medida de utilidad esperada.

Las tres primeras reglas de decisión presentan limitaciones de unicidad de elección y de eliminación de alternativas (para más detalles ver Ben-Akiva y Lerman, 1985) que dificultan alcanzar el objetivo establecido en este análisis. Por otra parte, las particularidades de los problemas de transporte incluyen tres componentes adicionales que deben considerarse en la selección tanto del marco teórico como de la regla de decisión.

En primer lugar, las alternativas de elección para desplazarse son finitas o discretas. Estas se restringen todavía más si consideramos el conjunto de elección (Supra). En efecto, los usuarios del servicio de transporte público disponen sólo de dos y hasta tres servicios que le permiten llegar a su destino.

En segundo lugar, la heterogeneidad de los atributos que *a priori* explican la elección de un servicio de transporte público ya que estos pueden ser ordinales (la comparación de características entre dos servicios de transporte) o cardinales (el costo o el tiempo de recorrido en un servicio determinado) y que al final de cuentas repercute en la definición de la función de utilidad y la elección de la técnica más pertinente para modelarlas.

En tercer lugar, aún cuando sea técnicamente factible modelar cada una de las variables en una función de utilidad, es necesario considerar la componente humana. Esto lleva a incluir una componente probabilística o estocástica en el proceso de caracterización de la elección.

Con estas tres consideraciones, las teorías que mejor corresponden a las particularidades del problema planteado son la teoría de la utilidad aleatoria y la teoría de los modelos de elección discreta, mismas que están íntimamente ligadas y son descritas de manera sucinta en la siguiente sección. El lector interesado en una lectura profunda sobre el tema puede consultar Ben-Akiva y Lerman (1985), Ortúzar (2000b) o Train (2003).

1.3 Génesis de los modelos de elección discreta

En este apartado se presenta el origen de este tipo de modelos para posteriormente describir algunos de sus principios y dos subfamilias conocidas como modelos con reglas de decisión estocásticas y de utilidad estocástica. Esta última descripción permitirá fijar el contexto de la modelación realizada para ajustar una

función de utilidad, que permita determinar el peso de los factores que determinan la calidad de servicio en el transporte público de autobuses.

1.3.1 Modelos con respuestas discretas.

Los modelos de elección discreta (MED) tienen su origen en las hipótesis que fueron inicialmente introducidas en psicofísica por Fechner (1960) y posteriormente aplicadas en biología. En este contexto, es mejor mencionarlos como *modelos con respuestas discretas* con la intención de evitar cualquier antropomorfismo. Este tipo de modelo estudian las relaciones entre un estímulo y las respuestas que provocan sobre ciertos sujetos. Por ejemplo, las respuestas de animales o de plantas son analizadas en función de la absorción de vitaminas, de drogas, de venenos o de radiaciones. Se admite, constituyendo una hipótesis esencial, que la respuesta de un sujeto k puede ser descrita por una *variable discreta* y_k que toma el valor de 1 cuando un evento particular tiene lugar y tomará el valor de 0 en caso contrario.

El mecanismo de respuesta del sujeto considerado supone la existencia de una tolerancia λ_k y de un proceso de comparación entre λ_k y el estímulo aplicado V_k , el sujeto reacciona positivamente ($y_k = 1$) una vez que el estímulo rebasa el margen de tolerancia (Finney, 1971, 1978). Otras experiencias realizadas en biología muestran que un mismo sujeto reacciona con frecuencia de manera diferente a un estímulo de la misma intensidad. Para tomar en cuenta esta variabilidad, la tolerancia λ_k es considerada como una variable aleatoria que posee una función de distribución acumulada F_k .

La tolerancia observada del sujeto dado un experimento particular estará dada por una variable aleatoria. En otros términos, la probabilidad P_k^1 de que el sujeto considerado reaccione positivamente al estímulo V_k esta dada por:

$$P_k^1 = \text{Prob}\{y_k = 1\} = F_k(V_k) \quad (1.1)$$

Si se tiene ahora una clase de sujetos que pertenecen a la misma especie y se requiere construir un modelo que describa el comportamiento de los sujetos de esta clase, se debe considerar que la multiplicidad de sujetos introduce una segunda fuente de aleatoriedad debido a que los sujetos diferentes tienen reacciones distintas a un mismo estímulo. Al tomar clases de sujetos con características más homogéneas (tamaño, sexo, edad, etc.) se puede reducir, pero no eliminar, la variabilidad de las respuestas individuales. En este caso, es razonable suponer que los individuos son independientes entre sí y que son estadísticamente idénticos. Es decir, que su comportamiento (respuestas) está regido por leyes semejantes de probabilidad. Por lo tanto, cada sujeto está representado por la misma variable aleatoria. Así, la probabilidad que un sujeto cualquiera de la clase considerada reaccione positivamente al estímulo de intensidad V es igual a:

$$P_1 = F(V) \quad (1.2)$$

En esta ecuación F representa la distribución acumulada (idéntica para todos los sujetos) de la variable aleatoria λ . Si se admite que la tolerancia de un sujeto es el resultado de un amplio número de factores independientes, la regla del límite central justifica el empleo de una ley de distribución normal para λ :

$$P_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^{(v-\bar{\lambda})/\sigma} \exp(-x^2/2) dx. \quad (1.3)$$

Donde $\bar{\lambda}$ y σ indican la media y la desviación estándar de λ . La probabilidad P expresada en función de V tiene forma sigmoidea y es más pronunciada a medida que la variabilidad de la tolerancia, medida por σ , es más pequeña. Este modelo representa la versión más simple del modelo *probit*. En la literatura se reportan otros tipos de funciones de distribución que hacen el cálculo de las probabilidades más funcionales. Por ejemplo la función de distribución logística, propuesta por Winsor (1932) que resulta en la forma funcional explícita siguiente:

$$P_i = \frac{1}{1 + \exp(-\pi/\sqrt{3}(V - \bar{\lambda})/\sigma)} \quad (1.4)$$

Berkson (1944) mostró que la curva logística era la que mejor se ajustaba a ciertos fenómenos biológicos y fue quien introdujo del término *logit* para designar el modelo con respuestas discretas definido anteriormente (de Palma y Thisse, 1994).

1.3.2 Fundamentos de los modelos de elección discreta

El punto de partida supone un individuo que debe elegir una sola acción de un conjunto finito de acciones A que se le presentan como alternativas (por ejemplo, A puede interpretarse como un conjunto de bienes diferenciables más o menos sustituibles). La teoría económica neoclásica supone que el individuo posee un poder discriminante perfecto que le permite determinar la acción que prefiere de forma certera y coherente. Esto equivale a decir que el individuo no titubea al efectuar su elección y que la repite en circunstancias idénticas. Formalmente, lo anterior equivale a dotar al individuo de una capacidad para establecer relaciones preferencia-indiferencia sobre las acciones A que resultan en los axiomas de:

- i) *Reflexibilidad*. Indica que el individuo puede discriminar una acción a , tanto para la propia acción a como para cualquier otra acción b del conjunto.
- ii) *Transitividad*. Indica que si la acción a es preferible a la acción b y si b es preferible a c , entonces a es preferible a c .
- iii) *Comparabilidad*. Este axioma indica que la acción a puede ser comparada contra la acción b y que b puede ser comparada contra a .

Implicando que cuando A es finito, sólo existe una acción óptima para el individuo, la cual es superior a todas las acciones disponibles en A . Los axiomas de reflexibilidad y comparabilidad implican la existencia de una función de utilidad (determinista) que representa la relación de preferencias con la ayuda de una función numérica U que cumple con la propiedad $U(a) > U(b)$ si y sólo si la acción a es preferida a la b . Por ello, la acción óptima a^* maximiza por lo tanto la utilidad U en el conjunto de acciones A .

Este enfoque es criticable, sobretodo por la interpretación de los psicólogos (ver subsección 1.3.1), si se considera que el postulado da un poder discriminante perfecto y su corolario, el de la racionalidad, no constituye una descripción adecuada del comportamiento humano ya que las personas que tienen que elegir una entre diferentes alternativas experimentan incertidumbre e inconsistencia. Es decir, las personas no siempre están seguras de cual alternativa tomar, ni tampoco eligen lo mismo ante situaciones idénticas (Tversky, 1972a, b). Para tomar en cuenta estos efectos, Tversky sugiere que el comportamiento durante la elección debe ser tratado como un *proceso probabilístico*. En otras palabras, cuando el individuo debe elegir una acción del conjunto de acciones A , se supone que existe una probabilidad $P(a,b)$ de elegir a en lugar de b ; ésta probabilidad es en general diferente de 0 y 1.

La inquietud que surge de manera natural es determinar el origen de esta probabilidad. En este sentido pueden existir dos alternativas: ¿proviene de los comportamientos individuales que son de forma intrínseca probabilísticos?, o bien la descripción en términos probabilísticos ¿es un instrumento para considerar la imposibilidad del modelador para representar todos los comportamientos individuales? Diversos autores han tomado posición a favor de una de estas dos alternativas. Por ello, generalmente se han distinguido dos tipos de modelos a partir de la naturaleza del mecanismo aleatorio considerado como director de la elección (Block y Marschak, 1960). En el primero, se supone que las reglas de decisión son aleatorias y las utilidades deterministas. En el segundo, se asume que las reglas de decisión son deterministas pero que las utilidades son estocásticas. A continuación se describen estos dos tipos de modelos. No es ocioso señalar que existen otras interpretaciones diferentes a los modelos con utilidad estocástica, Por ejemplo, Mansky (1977) señala que es la falta de información lo que conduce al modelador a utilizar reglas de elección probabilísticas. Esta interpretación es muy razonable ya que se sabe que ciertas características que influyen la elección del individuo no son observables o medibles.

Si bien los fundamentos de los modelos de elección discreta son todavía fuente de discusiones intensas, lo cierto es que los diferentes enfoques llevan a modelos muy similares si no es que idénticos. Por ello, dado que estos modelos describen el comportamiento durante una elección individual de forma adecuada no es tan delicado, por ahora, averiguar que parte de la incertidumbre corresponde al proceso de elección y a las limitaciones del modelador.

1.3.3 Modelos con reglas de decisiones estocásticas.

En esta familia de modelos, la utilidad de las diferentes acciones es determinista y el proceso de elección es probabilístico. En estos términos, el individuo no elige necesariamente la acción que le asegure la utilidad más alta sino que más bien a cada acción posible le corresponde una determinada probabilidad de elección. Por consecuencia, estos modelos experimentan la idea de “racionalidad limitada” puesto que los individuos no elegirán necesariamente la que es mejor para ellos. Los modelos más representativos de esta familia son los de Luce (1959) y Tversky (1972a, b). El primero establece como punto de partida un axioma relativo a la probabilidad de elección a partir del cual deduce una especie de “utilidad” por individuo y para cada una de las acciones de A . El proceso subyacente de elección no es explícito. Por su lado, Tversky sigue un procedimiento muy diferente. Supone de entrada la existencia de utilidades asociadas a cada una de las acciones y a partir de ellas describe el proceso de elección del individuo.

El modelo de Luce se basa en un axioma de elección que permite ligar las probabilidades de elección definidas en conjuntos de acciones que pertenecen a un universo A . Este axioma implica restricciones sobre las probabilidades de elección que no pueden ser deducidas de la teoría de las probabilidades por lo que impone restricciones efectivas sobre las probabilidades de elección. Por otro lado, la complejidad de elección entre todas las acciones disponibles se puede reducir a la elección de un subconjunto de acciones S , para las cuales el individuo tiene un poder de discriminación imperfecto. A partir de esta consideración el axioma de elección tiene dos implicaciones.

En primer lugar, la existencia de una función positiva v que determina la probabilidad de elección de la acción a , $P_S(a)$ como una relación entre el valor de esta función para a , $v(a)$ y la suma de las funciones evaluadas para todas las acciones disponibles en el subconjunto S , es decir:

$$P_S(a) = \frac{v(a)}{\sum_{b \in S} v(b)} \quad (1.5)$$

De esta forma, $v(a)$ puede interpretarse como una utilidad determinista de la acción a . Esta expresión implica, *ceteris paribus*, que la probabilidad que a sea elegida aumenta con su utilidad. Por el contrario, esta probabilidad decrece siempre que la utilidad de una acción b diferente de a aumenta. Si se hace un cambio de variable en el que $V(a) = \ln v(a)$, la ecuación anterior se puede escribir de la forma siguiente:

$$P_S(a) = \frac{\exp[V(a)]}{\sum_{b \in S} \exp[V(b)]} \quad (1.6)$$

que es el llamado modelo *Logit Multinomial* (MNL). Por ello, puede decirse que el axioma de elección de Luce y este modelo son equivalentes.

La segunda consecuencia del axioma de elección es menos afortunada ya que es una versión estocástica de la independencia con respecto a las elecciones exteriores. En efecto este axioma implica una forma de separabilidad de las decisiones, lo que lleva a resultados contra intuitivos (Debreu, 1960) por la violación de la

propiedad de independencia de alternativas irrelevantes (*independence from irrelevant alternatives*, IIA), tal como se ha ilustrado en la literatura de transporte con la paradoja del autobús rojo-autobús azul (los detalles pueden consultarse en Ben-Akiva y Lerman, 1985; de Palma y Thisse, 1994 u Ortúzar y Willumsem, 2001).

En síntesis, el axioma de elección debe ser considerado como una primera aproximación de los procesos complejos de decisión. Adicionalmente, ofrece la ventaja de una generalización probabilística del modelo neoclásico que desemboca en probabilidades de elección que tienen una forma particular simple.

El modelo de Tversky considera que la elección de una acción es el resultado de un procedimiento estocástico de eliminaciones sucesivas al interior del universo de elección A . En él (Tversky, 1972a, b), una acción es descrita por un conjunto de características que pueden estar o no presentes en una acción determinada (por ejemplo, en un vehículo una presentación determinada: aire acondicionado, dirección asistida, frenos ABS, etc.). Dado que algunas características son continuas por su naturaleza, Tversky supone que el individuo se refiere a un margen mínimo a partir del cual esas características se consideran como existentes o viceversa. A partir de esta consideración, el procedimiento de elección es el siguiente: el individuo escoge primeramente una característica cuya importancia esta ligada con una probabilidad, entonces elimina todas las acciones que no poseen esta característica. Tomando en cuenta las acciones restantes, elige una segunda característica y nuevamente separa las acciones que no la poseen. Este procedimiento se sigue hasta que ya no queden acciones por eliminar. Si al final de cuentas se queda con una sola acción, esa es la elección del individuo. Si quedan varias acciones, la elección se realiza considerando que tiene la misma probabilidad de ser elegidas. Dado que a priori existen varias secuencias de eliminación, la probabilidad de elegir una acción determinada es la suma de las probabilidades de las secuencias que conducen a tomar esta acción.

Este enfoque pareciera muy similar a la regla de decisión lexicográfica (ver sección 1.2). Sin embargo se distingue por el orden de selección de las características que es aleatoria en este caso, mientras que en la regla lexicográfica está predeterminada. Por otra parte, un corolario inmediato del enfoque de Tversky es que toda característica común al conjunto de acciones no tiene ninguna influencia ya que no permite eliminación alguna. Tampoco interviene en la determinación de las probabilidades de elección de una característica, sino que más bien el cálculo de estas probabilidades se basa únicamente en las características específicas de las acciones.

El modelo de Tversky se conoce formalmente como EBA o de eliminación por aspectos (*Elimination By Aspects*) y determina la probabilidad que una acción a sea elegida a partir de la relación siguiente:

$$P_S(a) = \sum_{i=1}^s \frac{w_i}{\sum_{j=1}^s w_j} P_{S_i}(a) \quad (1.7)$$

Donde w_i es una función de utilidad no negativa definida sobre el subconjunto de características y s es el número de características que prevalecen una vez que se han eliminado aquellas que son comunes a todas las acciones contenidas en el conjunto de elección S . Finalmente S_i representa el conjunto de acciones contenidas

en S que poseen la característica i . Se puede mostrar que el modelo de Luce es un caso particular del modelo de Tversky (ver detalle en de Palma y Thisse, 1994) dado que la función w describe el peso o la utilidad de las características específicas a las acciones del conjunto de elección A . Por ello, la probabilidad de elegir una característica está dada por la relación entre la utilidad de la característica considerada y la suma de las características consideradas.

El modelo EBA, contrariamente al modelo MNL, permite trabajar con acciones que tienen un grado de similitud importante, lo que representa, sin tener en cuenta el contexto de elección, una ventaja considerable. Por el contrario, el nivel absoluto de las características no tiene ningún efecto al momento de elegir una acción y el individuo tan solo se refiere a márgenes mínimos que le permiten desechar o guardar las acciones. Esta hipótesis es susceptible de llevar a resultados contraintuitivos como el caso del modelo de Luce. Si se considera, por ejemplo, que todas las acciones del subconjunto S poseen las mismas características entonces este modelo arrojará alternativas equiprobables lo que deja de tener sentido si una acción domina a otra en términos de la intensidad o nivel de la característica (dos bebidas similares que tienen concentración diferente de pulpa o de azúcar). Finalmente, la tarea de tomar en cuenta todas las secuencias potenciales de eliminación se convierte en una tarea compleja y pesada cuando la cantidad de acciones es elevada. Esta restricción llevó a Tversky y Sattah (1979) a proponer un procedimiento heurístico que evita la numeración completa de posibilidades.

1.3.4 Modelos con utilidad estocástica

El origen de la teoría de la utilidad estocástica se remonta a los esquemas de explicación de los resultados de experimentos psicológicos (de Palma y Thisse, 1994). En ellos, se les pide a las personas comparar las intensidades de estímulo de orden físico. Thurstone propuso un modelo celebre en psicología, que permitía dar cuenta de la variabilidad de respuestas de un individuo a estímulos idénticos. Su origen reside en la verificación que en los experimentos realizados hay variación cualitativa de una ocasión a otra para un estímulo determinado (Thurstone, 1927). Este tipo de consideraciones debió llevar a Thurstone a suponer que un estímulo dado provoca una sensación o un estado psicológico que resulta en una variable aleatoria. A partir de este momento, la respuesta de un individuo sometido a dos estímulos resulta de la comparación de dos variables aleatorias, las cuales representan las sensaciones provocadas por los estímulos que se comparan. Siguiendo este procedimiento, Thurstone llegó a proponer una teoría de elección comparable a las versiones contemporáneas de la utilidad estocástica (Thurstone, 1945).

La interpretación de los modelos de utilidad estocástica difiere. En el caso de los psicólogos, *el modelo de Thurstone* se interpreta asumiendo que las utilidades varían de un momento a otro mientras que el proceso de decisión consiste en la regla simple de tomar la alternativa con la mayor *utilidad momentánea* (Edgell y Geisler, 1980). En otras palabras, un individuo se conforma de diferentes *homines oeconomici* que respetan cada uno de los axiomas de la teoría neoclásica. Así, un determinado *homo oeconomicus* aparece en función del estado emocional del individuo, comportándose racionalmente en función de la utilidad determinística resultante. Más

exactamente, las evaluaciones de las acciones de A se consideran como variables aleatorias $u_i + \varepsilon_1 \dots u_n + \varepsilon_n$ que el individuo compara con la intención de tomar su decisión (u_1, \dots, u_n son constantes y $\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n$ son variables aleatorias). Si los ε_i se distribuyen continuamente y con una media nula (sino las medias se sumarían a las constantes u_i) y si la probabilidad que los términos aleatorios sean idénticos es nula, entonces la probabilidad que un individuo realice la acción A dado el estímulo i se escribe de la siguiente forma:

$$\forall i = 1, \dots, n, \quad P_A(i) = \Pr[u_i + \varepsilon_i = \max_{j=1, \dots, n} (u_j + \varepsilon_j)] \quad (1.8)$$

En su “ley de juicios comparativos”, Thurstone (1927) considera diferentes hipótesis relativas a las variables ε_i . El caso más estudiado es cuando los términos aleatorios son independientes e idénticamente distribuidos (IID).

La interpretación de los economistas, o más precisamente de los econometristas, es muy diferente (de Palma y Thisse, 1994). Consideran una población de individuos a los que se les presenta el mismo conjunto A de acciones e intentan determinar la cantidad de ellos que eligen cierta acción. Por construcción, la población se divide en diversos segmentos ligados en la mayoría de los casos a factores socioeconómicos (ingreso, edad, profesión) admitiendo de esta forma que los grupos están constituidos de individuos estadísticamente idénticos. Así, se considera que cada individuo tiene una función de utilidad determinista U definida sobre A . Desafortunadamente, la persona que se encarga de modelar, no puede observar todas las características de las acciones que influyen el comportamiento de elección del individuo. Por ello, solo existe un conocimiento imperfecto de la función U . Sí, para salvar esta limitación, se descompone U en dos partes: por un lado una función u que representa la parte conocida de la utilidad que se define sobre las características observables de las acciones y por otro lado, una función e que representa la diferencia entre U y u , se tiene ($i = 1, \dots, n$):

$$U_i = u_i + e_i \quad (1.9)$$

El modelador es incapaz de saber con certidumbre el nivel de comportamiento determinista del individuo dado que, por la hipótesis considerada, desconoce la función e . Adicionalmente, se supone que la población considerada es tal que sus miembros difieren de uno a otro con respecto a sus características y a los factores socioeconómicos no observables. En consecuencia, el modelador puede, en el mejor de los casos, predecir el comportamiento de un individuo en términos de una función de probabilidad. De este hecho, e_i se representa para una variable aleatoria continua de media nula simbolizada por ε_i , y U_i se representa por la utilidad estocástica:

$$U_i = u_i + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n. \quad (1.10)$$

En esta expresión, u_i refleja las preferencias comunes de la población, mientras que ε_i expresa las variaciones de gustos al interior de la misma con respecto a la acción i . Sí la probabilidad de que los términos

aleatorios sean idénticos es nula, es decir $\Pr(\varepsilon_i = \varepsilon_j) = 0$ para todo $j \neq i$, entonces la probabilidad que un individuo elegido al azar escoja la alternativa i es:

$$P_A(i) = \Pr(\tilde{U}_i = \text{Max}\tilde{U}_j), \quad i = 1, \dots, n. \quad (1.11)$$

De esta forma, las probabilidades de elección se construyen a partir de la maximización de utilidades estocásticas. Para calcular $P_A(i)$, es suficiente con conocer las funciones de distribución de las variables ε_i .

En síntesis, esta justificación econométrica del enfoque estocástico difiere de la interpretación de los psicólogos ya que tanto la regla de decisión como la función de utilidad del individuo son deterministas. La incertidumbre proviene de la falta de información del modelador. Más precisamente, Manski (1977) identifica cuatro fuentes de incertidumbre:

1. *Las características no observables.* El modelador sólo conoce parcialmente el vector de características que afectan la elección del individuo. Por otra parte, existen factores que también pueden influir la elección de las cuales el individuo no está completamente consciente (papel del inconsciente).
2. *Las variaciones no observables de las utilidades individuales.* Toda población de individuos implica una variabilidad de preferencias, por lo tanto el término aleatorio tendrá una varianza que aumenta con la heterogeneidad de las preferencias.
3. *Los errores de medición.* El valor de las características observables que influyen las elecciones no puede conocerse con una precisión perfecta.
4. *Variables instrumentales.* La función de utilidad u tampoco es conocida con exactitud. Con propósitos de estimación, el modelador debe suponer una relación funcional particular, lineal en la mayoría de los casos, lo que constituye otra fuente potencial de error.

En resumen, está claro que el modelo será más satisfactorio en tanto la población considerada agrupe individuos similares y por otra parte cuando la función de utilidad u , integre los principales factores observables que afecten las decisiones individuales.

Más allá de las diferencias epistemológicas reales, debe señalarse que ambas interpretaciones llevan a las mismas probabilidades de elección. Sin embargo, permanece una diferencia. Los psicólogos se interesan a las elecciones individuales *per se*. Los economistas, por su lado, se orientan más a las demandas agregadas.

En otras palabras, como se considera que la población está constituida de N individuos que eligen independientemente, la cantidad de individuos que optan por la acción i , indicado por D_i , es igual a la suma de probabilidades individuales:

$$D_i = NP_A(i), \quad i = 1, \dots, n \quad (1.12)$$

Si N es lo suficientemente grande entonces D_i es una buena aproximación de la demanda agregada, dado que la desviación estándar relativa a D_i decrece en $i/N^{1/2}$.

1.4 Modelos de elección discreta: base teórica contemporánea y procedimiento de estimación

En la subsección anterior se ha mostrado que existen varias interpretaciones que justifican la introducción de la componente estocástica en los procesos de elección. La que se considera de ahora en adelante es la de los econométricos y economistas. Así, la base teórica más común o paradigma para generar MED es la teoría de la utilidad aleatoria, la cual básicamente postula (Ortúzar y Willumsen 2001):

1. Que los individuos pertenecen a una población homogénea Q , actúan racionalmente y poseen información perfecta, es decir, siempre seleccionan la opción que maximiza su utilidad personal (especie identificada como *homo economicus*) sujeto a restricciones legales, sociales, físicas y/o de disponibilidad (en tiempo e ingresos).
2. Que existe un cierto conjunto $A = \{A_1, \dots, A_j, \dots, A_N\}$ de opciones disponibles y un conjunto X de vectores de atributos medibles de los individuos y de sus opciones.
3. Que cada opción $A_j \in A$ tiene asociada una utilidad U_{jq} para el individuo q . Como el modelador no posee información completa acerca de todos los elementos que el individuo toma en cuenta al realizar su elección, entonces él asume que U_{jq} está formada por dos componentes:
 - una medible, que es la parte representativa V_{jq} la cual está en función de los atributos x , el cual asume la linealidad en sus parámetros como el caso más sencillo y popular.
 - una parte aleatoria ε_{jq} que capta gustos o la idiosincrasia de los individuos y posibles errores de observación o medición por parte del modelador, representado por la siguiente expresión:

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq} \quad (1.13)$$

la cual permite explicar dos aparentes irracionalidades: que dos individuos con las mismas condiciones y enfrentando el mismo conjunto de elecciones puedan seleccionar diferentes opciones; y que algunos individuos no siempre elijan la mejor opción (tomando en cuenta los atributos considerados por el modelador)

4. Que el individuo selecciona la opción que maximiza su utilidad, el individuo elige A_j si y sólo si:

$$U_{jq} \geq U_{iq}, \quad \forall A_j \in A(q) \text{ esto es } V_{jq} - V_{iq} \leq \varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq}.$$
 Donde la distribución de los residuos ε no es conocida, pero se asume que son variables aleatorias con cierta distribución que puede ser denotada como

$f(\varepsilon) = f(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_N)$. Una clase importante de modelos es generada por funciones de utilidad con IID. Es preciso hacer notar que los residuos IID requieren principalmente que las opciones deban ser de hecho independientes.

1.4.1 El modelo Logit Multinomial o Logit Simple (MNL)

Como se ha indicado a partir de la teoría de la utilidad aleatoria se pueden obtener distintos modelos de elección discreta, suponiendo una distribución de probabilidad conjunta para el término de la perturbación aleatoria.

Si consideramos la hipótesis de que los errores distribuyen IID Gumbel con media cero y varianza σ^2 , obtenemos el modelo MNL. De acuerdo a este modelo, la expresión de la probabilidad de elección de la alternativa j para el individuo n es (McFadden, 1975):

$$P_{jn} = \frac{e^{\beta V_{jn}}}{\sum_{A_i \in C_n} e^{\beta V_{in}}} \quad (1.14)$$

siendo:

$$\beta = \frac{\pi}{\sigma \sqrt{6}} \quad (1.15)$$

Donde σ representa la desviación estándar común al término no observable o de errores ε . El parámetro β no se puede estimar por separado del resto de los parámetros definidos en la función de utilidad (V_{in}) y para muchos propósitos se puede suponer, sin pérdida de generalidad, que β toma valor uno. El modelo MNL descansa sobre el supuesto de IIA. Éste se expresa prácticamente en que el cociente entre las probabilidades de elección de dos alternativas i y j es constante y sólo depende de las utilidades de ambas alternativas; así, es independiente de las utilidades del resto de las alternativas (Ortúzar y Willumsen, 2001). La expresión de esta propiedad es fácil de obtener a partir de la ecuación (1.14):

$$\frac{P_i}{P_j} = e^{\beta(V_i - V_j)} \quad (1.16)$$

En un principio, esta propiedad tuvo su importancia ya que permitía analizar la demanda de nuevas alternativas sin necesidad de reestimar el modelo, bastaba simplemente con conocer sus atributos. El problema se presenta cuando existen alternativas correlacionadas (por ejemplo, coche como conductor y coche como acompañante, o distintos modos de transporte público como metro y tren), porque el modelo conduce a predicciones sesgadas. Este modelo es homocedástico, esto es, presenta la misma varianza para todas las alternativas y no permite medir correlación entre ellas, de manera que la matriz de varianza y covarianza presenta forma diagonal:

$$\Sigma = \sigma^2 \begin{pmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (1.17)$$

Otros MED permiten considerar correlación entre las variables e incluso la existencia de heterocedasticidad. Conforme más general es la matriz de covarianza, más compleja es la implementación del modelo y su estimación. El modelo *Logit Jerárquico* (HL) o *Anidado* (*hierarchical, nested o tree logit*) resuelve en parte el problema de la IIA, de manera que es posible considerar cierto patrón de correlación entre alternativas agrupándolas en jerarquías o nidos. El modelo *Probit Multinomial* (MNP) se obtiene de suponer una distribución de probabilidad conjunta para el término de perturbación aleatoria Normal Multivariada con media cero y matriz de covarianza arbitraria. En este sentido, el MNP permite considerar heterocedasticidad y correlación entre los distintos términos del error. La posibilidad de poder definir cualquier matriz de covarianza otorga gran flexibilidad y le confiere al modelo MNP la capacidad para estudiar una gama más amplia de comportamientos. Los problemas observados en la estimación de modelos MNP derivan en que durante muchos años no fue operacional, y también en la búsqueda de modelos flexibles que fueran más fácilmente tratables desde el punto de vista computacional. Así surgió el modelo *Logit Mixto* (ML) que presenta una flexibilidad igual a la del MNP y una implementación computacional marginalmente menos compleja. No obstante, avances en las técnicas de simulación y algoritmos de búsqueda, así como en poder de los ordenadores, hacen que ambos modelos sean factibles de implementar en la práctica; de hecho, actualmente el mayor problema es la mayor dificultad asociada a la interpretación de los resultados. El lector interesado en ahondar acerca de estos modelos puede consultar por ejemplo a Espino (2003), Train (2003) u Ortúzar (2000b).

1.4.2 Procedimiento de estimación del modelo Logit Multinomial

Existen diversos procedimientos para estimar MED, los que se emplean con más frecuencia son el método de máxima verosimilitud y el método de máxima verosimilitud simulada. Los modelos MNL y HL se estiman por el primer método, mientras que los modelos MNP y ML se estiman por el segundo. A continuación se describe de forma escueta el primer método.

El método de estimación de máxima verosimilitud está basado en que una determinada muestra puede ser obtenida de varias poblaciones distintas; existe una probabilidad mayor de que sea generada por una cierta población que por otras. La idea del método de estimación se puede ilustrar considerando una muestra de n observaciones de una variable $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$ representativa de una población caracterizada por un vector de parámetros θ , por ejemplo, su media y varianza. La variable Z es una variable aleatoria que tiene asociada una función de densidad, $f(Z, \theta)$, que depende de los valores de los parámetros θ . Siendo independientes en la muestra los valores de la variable Z , podemos escribir la función de densidad conjunta (Ortúzar, 2000b):

$$f(Z_1, Z_2, \dots, Z_n | \theta) = f(Z_1 | \theta) \cdot f(Z_2 | \theta) \cdot \dots \cdot f(Z_n | \theta) \quad (1.18)$$

donde estadísticamente se interpreta que f es una función con Z variables y un vector de parámetros θ fijo. Considerando f como función de θ en la ecuación (1.18) se obtiene la función de verosimilitud $L(\theta)$. Al maximizar con respecto a θ , se obtienen los estimadores por máxima verosimilitud. Estos representan los parámetros que reproducen con mayor probabilidad la muestra observada (Ortúzar y Willumsem, 2001). En el caso de una muestra de N elecciones discretas independientes, la función de verosimilitud está representada por el producto de las probabilidades de que cada individuo elija la alternativa efectivamente seleccionada:

$$L(\theta) = \prod_{n=1}^N \prod_{A_j \in A(n)} (P_{jn})^{g_{jn}} \quad (1.19)$$

siendo

$$g_{jn} = \begin{cases} 1, & \text{si } A_j \text{ es elegida por } n \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (1.20)$$

Es habitual maximizar el logaritmo natural de la función de verosimilitud $L(\theta)$, porque se obtiene el mismo resultado y es más manejable, la nueva función es:

$$l(\theta) = \log L(\theta) = \sum_{n=1}^N \sum_{A_j \in A(n)} g_{jn} \log P_{jn} \quad (1.21)$$

El conjunto de parámetros obtenidos al maximizar la log-verosimilitud sigue una distribución asintóticamente normal, $N(\theta, \Sigma^2)$, siendo la expresión de la varianza:

$$\Sigma^2 = \frac{-1}{E\left(\frac{\partial^2 l(\theta)}{\partial \theta^2}\right)} \quad (1.22)$$

La obtención de los parámetros implica la aplicación de procedimientos numéricos iterativos. Cuando la función de utilidad es lineal en los parámetros, el método converge rápidamente y siempre existe un máximo único.

Una cuestión a destacar es que no se puede utilizar como medida de bondad del ajuste el R^2 del método de mínimos cuadrados ordinarios, que está basado en los residuos estimados, porque si el MNL especifica constantes para cada alternativa, se puede asegurar que siempre reproduciría las cuotas de mercado de cada una de ellas. La constante específica recoge el efecto de variables que no han sido consideradas en la especificación del modelo a estimar. Así, no es apropiado comparar la suma de probabilidades de elegir una alternativa con el número total de observaciones de las alternativas que fueron elegidas como medida de bondad del ajuste, porque ésta condición siempre se cumple si el MNL especifica constantes para todas las alternativas.

1.5 Valores subjetivos de los atributos

El propósito de ajustar MED es obtener el peso de los factores que determinan la elección de un servicio de autobuses. Por ello, para determinar aquellos que definen la calidad de servicio es necesario incluirlos en la especificación de la función de utilidad a estimar. La interpretación de los parámetros obtenidos requiere tomar en cuenta aspectos relacionados a las hipótesis implícitas a los modelos y a consideraciones alternas que nos permiten obtener información adicional como son las elasticidades o el valor subjetivo del tiempo de viaje (VSTV). A continuación se retoma parte de la teoría de los MED orientada a la estimación de los parámetros ajustados de las funciones de utilidad.

1.5.1 Interpretación de los coeficientes obtenidos

En la ecuación (1.13) de la sección 1.4 se derivó la formula del MNL, en la expresión (1.14) los valores exponenciales están dados en términos de βV_{in} lo que corresponde a la consideración que la función de utilidad se expresa como $U_{in}^* = V_{in} + \varepsilon_{in}^*$ con una varianza $\sigma^2(\pi^2/6)$. Es decir, la varianza es cualquier número afectada por el factor $\pi^2/6$ (Train, 2003), dado que la escala de la utilidad es irrelevante para el comportamiento, la utilidad puede ser dividida por σ sin afectar el comportamiento en la elección. De esta forma, la utilidad resulta $U_{in} = V_{in}/\sigma$ ya que $\varepsilon_{in} = \varepsilon_{in}^*/\sigma$, lo que lleva a reducir la varianza de la parte no observable a $\pi^2/6$ dado que $Var(\varepsilon_{in}) = Var(\varepsilon_{in}^*/\sigma) = (1/\sigma^2) Var(\varepsilon_{in}^*) = (1/\sigma^2)\sigma^2(\pi^2/6) = \pi^2/6$. Así, la probabilidad de elección es:

$$P_{jn} = \frac{e^{V_{jn}/\sigma}}{\sum_{A_i \in C_n} e^{V_{in}/\sigma}}, \quad (1.23)$$

sí la especificación de la función V_{in} es lineal con coeficientes β^* , la probabilidad de elección resulta:

$$P_{jn} = \frac{e^{(\beta^*/\sigma)x_{jn}}}{\sum_{A_i \in C_n} e^{(\beta^*/\sigma)x_{in}}}. \quad (1.24)$$

Es decir cada uno de los coeficientes está afectado por el factor $1/\sigma$. Por ello, el parámetro σ es conocido como el *factor de escala* y refleja la varianza de la parte no observable de la utilidad.

En los ajustes econométricos el valor que se obtiene es la relación β^*/σ por lo que no puede identificarse el valor específico de estos parámetros. Así, generalmente el modelo se expresa en forma “escalada” o factorizada por $\beta = \beta^*/\sigma$ lo que resulta en la expresión estándar del Logit:

$$P_{jn} = \frac{e^{\beta' x_{jn}}}{\sum_{A_j \in C_n} e^{\beta' x_{jn}}}. \quad (1.25)$$

En las estimaciones se obtiene el vector β^* , sin embargo, en su interpretación se debe tener en cuenta que los parámetros estimados indican el efecto de cada variable observada con respecto a la varianza de los factores no observados. Así, una varianza importante en los factores no observados lleva a obtener coeficientes reducidos aún cuando los factores observados tienen el mismo efecto en la utilidad. Obviamente, el factor de escala no afecta la relación entre dos coeficientes dado que queda fuera de la relación, por ejemplo, $\beta_1 / \beta_2 = (\beta_1^* / \sigma) / (\beta_2^* / \sigma) = \beta_1^* / \beta_2^*$. En este sentido, tampoco la disponibilidad a pagar, los valores del tiempo y otras medidas de tasas marginales de sustitución son afectadas, pero sí el caso de las magnitudes de todos los coeficientes. Existe otra fuente implícita que lleva a aumentar la posibilidad que la varianza de la parte no observable sea alta. Se trata de la heterogeneidad de la población. En efecto, la varianza de las variables no observadas puede cambiar de un grupo de individuos a otro. Esta problemática es tratada con más detalle en Train (2003), Ben-Akiva y Morikawa (1990) y Swait y Louviere (1993).

1.5.2 Obtención del valor subjetivo del tiempo de viaje (VSTV)

El concepto del valor atribuido al tiempo como bien raro tiene un respaldo microeconómico que pasa principalmente por los trabajos teóricos de equilibrio parcial de Becker (1965), De Serpa (1971), Evans (1972), Train y McFadden (1978), Bates y Robert (1987), Jara-Díaz y Farah (1987), entre otros. La suposición implícita de las teorías anteriores es que los individuos eligen la asignación de tiempo que maximiza su utilidad personal, sujeta al hecho que el tiempo, a diferencia del dinero no puede ser almacenado y necesariamente, requiere ser transferido a otras actividades.

En la práctica, el método generalmente aceptado para estimar el VSTV consiste en calcular la tasa marginal de sustitución entre el tiempo (t_i) y costo de viaje (c_i) a partir de modelos desagregados de elección discreta basados en la teoría de la utilidad aleatoria (e.g. Ben-Akiva y Lerman, 1985 u Ortúzar, 2000b). La interpretación dada al valor obtenido es la disposición a pagar para reducir el tiempo de viaje de una unidad. Los enunciados anteriores se pueden expresar formalmente de la siguiente forma (Sánchez *et al.*, 2004):

Considere nuevamente que la función U_i de utilidad aleatoria procurada por una alternativa i , integrada por una componente determinista V_i y otra componente estocástica ε_i :

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \quad (1.26)$$

Suponiendo una especificación lineal de la componente determinista en la que θ_c y θ_t son los coeficientes de costo y tiempo respectivamente y k es una constante, se tiene:

$$V_i = \theta_c c + \theta_t t + k \quad (1.27)$$

Admitiendo que ε distribuye IID Gumbel, se obtiene el modelo MNL ya descrito anteriormente. Los parámetros θ_c y θ_t implícitos en la función de probabilidad de elección (ver ecuación 1.25) se estiman por medio del método de máxima verosimilitud (ver subsección 1.4.2 o también Gould *et al.*, 2003) a partir de las observaciones empíricas obtenidas de encuestas donde exista un contexto de elección.

Finalmente, el VSTV resulta por definición (Supra) de la relación entre la variación de la utilidad indirecta (e.g. Mackie, *et al.*, 2001) con respecto al tiempo ($\partial V_i / \partial T$) referida a la variación de V_i con respecto al costo ($\partial V_i / \partial C$). Aplicando estas dos condiciones al término que explica la probabilidad de elección a partir de la utilidad procurada por las alternativas consideradas: $\lambda(\theta_c(C_2 - C_1) + \theta_t(t_2 - t_1) + k)$ se tiene (e.g. Gaudry *et al.*, 1989):

$$SVT = \frac{(\partial V / \partial T)}{(\partial V / \partial C)} = \frac{\theta_t}{\theta_c} \quad (128)$$

Cuando en la utilidad son incorporados efectos o interacciones entre las variables, las expresiones de las utilidades marginales son más complejas. Por otra parte, los parámetros estimados del modelo no son realmente constantes, ya que tienen una función de densidad probabilística. El punto estimado del VSTV también es una variable aleatoria con una función de densidad desconocida. Por lo tanto, sería apropiado remplazar el único valor por un intervalo de confianza, el cual permitiría definir un cierto nivel de confianza en las disponibilidades a pagar por disminuir o mejorar ciertas características del viaje. Lo que además permite realizar análisis de sensibilidad.

1.5.3 Intervalos de confianza para el VSTV

Algunos de los métodos sugeridos para el cálculo del intervalo del VSTV se describen de forma general a continuación (Armstrong *et al.*, 2001 y Espino *et al.*, 2004):

a) Prueba Asintótica t (PA- t).

Como θ_t y θ_c tienen distribución normal asintótica lo cual permite postular la siguiente hipótesis nula:

$$H_0 = \theta_t - VT\theta_c = 0 \quad (1.29)$$

donde VT es el punto estimado del VSTV. El intervalo de confianza es dado para el conjunto de valores de VT para los cuales no es rechazada H_0 dado un nivel de significancia. Los valores inferior y superior del intervalo son dados por:

$$V_{S,I} = \left(\frac{\theta_t}{\theta_c} \frac{t_c}{t_t} \right) \frac{(t_t t_c - \rho t^2)}{(t_c^2 - t^2)} \pm \left(\frac{\theta_t}{\theta_c} \frac{t_c}{t_t} \right) \frac{\sqrt{(\rho t^2 - t_t t_c)^2 - (t_t^2 - t^2)(t_c^2 - t^2)}}{(t_c^2 - t^2)} \quad (1.30)$$

donde t_t y t_c son los t-estadísticos para θ_t y θ_c , respectivamente; t es valor crítico de t dado el grado de confianza requerido y el tamaño de la muestra y ρ es el coeficiente de correlación entre los dos parámetros estimados. Cuando los parámetros θ_t y θ_c son significativos se garantiza que el radical es no negativo. Lo cual asegura los valores frontera superior e inferior del intervalo. El valor ρ influye en el tamaño del intervalo, entre mayor el valor de ρ más amplio el intervalo.

b) *Prueba de Proporción Aleatoria (PPA)*.

El método consiste en identificar los valores de los puntos estimados del VSTV para los cuales la restricción lineal es válida dado un nivel de significancia. Se utiliza la misma hipótesis nula (ecuación 1.29) pero expresada de la siguiente forma:

$$LR = -2[l(\theta_r) - l(\theta)] \quad (1.31)$$

donde $l(\theta_r)$ y $l(\theta)$ son logaritmo de la función de similitud para los modelos restringidos e irrestringidos, respectivamente. LR es la χ^2 con un grado de libertad. Este método requiere buscar los valores mínimo y máximo del VT para la cual la siguiente desigualdad se cumple:

$$-2[l(\theta_r / VT) - l(\theta)] \leq \chi_{1,1-\alpha}^2 \quad (1.32)$$

Existen otros métodos para el cálculo del intervalo de confianza como son: *simulación normal multivariada*, *aproximación normal del valor subjetivo del tiempo* y *métodos de re-muestreo*. Los cuales presentan ciertas desventajas en su utilización, ya sea por no ser apropiado o por requerir tiempos de cómputo excesivos. El lector interesado en comparar más a detalle los métodos puede consultar Armstrong *et al.* (2001).

Los métodos PA-t y PPA proveen una buena estimación de los intervalos de confianza para los VSTV. El primero es más fácil de implementar que el PPA. El último es más versátil ya que puede ser utilizado para diferentes formas de la función de utilidad, incluyendo la no lineal.

1.6 Las fuentes de datos

1.6.1 Preferencias Reveladas (PR)

Las PR son datos que reflejan el comportamiento actual de los individuos en sus decisiones de viaje. Estos se obtienen a partir de encuestas que permiten recoger información de las variables que explican la utilidad de las distintas alternativas y de las elecciones realizadas. Hasta la mitad de los años 80's, éste fue el tipo de datos más utilizado en la modelización de la demanda de transporte. Sin embargo, presentan una serie de limitaciones en términos de comprensión del comportamiento de viajes (Ortúzar y Willumsem, 2001):

- Las observaciones de las elecciones actuales pueden no presentar suficiente variabilidad para la construcción de buenos modelos que permitan evaluar proyectos y realizar predicciones.

- Las variables más interesantes suelen estar correlacionadas, por ejemplo, el tiempo de viaje y el costo. En este caso, es difícil, separar dicho efecto en la modelización y por lo tanto también en la fase predictiva.
- No es posible el estudio de variables latentes, ya que pueden existir factores que dominen el comportamiento actual, lo que dificulta detectar la importancia relativa de otras variables igualmente importantes como el confort, la seguridad, la puntualidad del servicio, etc.
- No permiten estudiar los efectos de nuevas políticas, como por ejemplo la introducción de un nuevo modo de transporte.
- No existe información completa sobre las condiciones del mercado, lo que dificulta determinar el conjunto real de elecciones disponibles.
- Están sujetas a potenciales errores de medida, especialmente de nivel de servicio. Esto se intenta resolver al realizar las mediciones para el conjunto de alternativas disponibles por el investigador.

1.6.2 Preferencias Declaradas (PD)

Las PD son datos que tratan de reflejar lo que los individuos harían ante determinadas situaciones hipotéticas construidas por el investigador. Las PD se desarrollaron inicialmente en el ámbito de la investigación de mercado y comenzaron a ser utilizadas en la modelización de transporte a fines de los años 70's. A diferencia de los datos de PR que entregan información sobre los viajes que realiza un individuo habitualmente, los datos de PD informan sobre los viajes que el individuo realizaría si, por ejemplo, se introdujera un nuevo modo de transporte, se mejorase la calidad del servicio, se ofreciese una ruta alternativa más rápida, etc. La posibilidad de diseñar experimentos de PD permite, en principio, resolver los problemas que presentan las PR (ver Ortúzar y Willumsen, 2001):

- Se puede ampliar el rango de variación hasta el nivel en el que existe un compromiso entre las distintas alternativas consideradas en el diseño.
- En la construcción de los escenarios se puede evitar la existencia de correlación entre variables.
- Permiten incorporar tanto atributos como alternativas no disponibles en el momento del análisis.
- Se puede aislar el efecto de un determinado atributo así como considerar variables latentes.
- El conjunto de elección se puede pre-especificar.
- En el diseño se pueden evitar los errores de medida.

No obstante, no podemos estar seguros de que el individuo se comporte como dice que haría cuando contesta a una encuesta de PD. Es importante, por tanto, diseñar ejercicios que sean plausibles y realistas para que el entrevistado se implique en el juego correctamente. Los tipos de errores clasificados para este tipo de datos son cuatro (ver por ejemplo Bradley y Kroes, 1990):

1. *Sesgo de afirmación*. El entrevistado contesta, consciente o inconscientemente, lo que cree que el entrevistador quiere.
2. *Sesgo de racionalización*. El entrevistado intenta ser racional en sus respuestas con el objetivo de justificar su comportamiento en el momento de la entrevista.
3. *Sesgo de política*. El entrevistado contesta con el objetivo de influir en las decisiones de política en función de su creencia de cómo pueden afectar los resultados de la encuesta.
4. *Sesgo de no restricción*. A la hora de responder no se toman en cuenta todas las restricciones que afectan a su comportamiento, de manera que las respuestas no son reales.

En un ejercicio de PD se pueden distinguir tres elementos principalmente. En primer lugar, tenemos la situación en la que el individuo se encuentra para declarar sus preferencias; ésta puede ser una situación real (un viaje que realice en este momento como ir al trabajo) o hipotética (un viaje que realizaría en el futuro dadas una serie de condiciones), y constituye el contexto de decisión. En segundo lugar, se deben seleccionar las alternativas, normalmente hipotéticas aunque algunas de ellas pueden existir en la actualidad, que se presentan en el ejercicio como función de un conjunto de atributos. En tercer lugar, está la forma en que los individuos pueden declarar sus preferencias (ver Ortúzar y Garrido, 2000), las más frecuentes son: *jerarquización (ranking)*, *escalamiento o elección generalizada (rating)* y *elección (choice)*.

Un punto importante del experimento de PD es la selección de los atributos a considerar en cada alternativa del ejercicio. Una forma de identificar los atributos más relevantes es realizando un grupo de discusión (*focus group*) con una muestra representativa de individuos. El número de atributos a considerar para cada juego es determinado por el investigador; no obstante, la literatura recomienda que no debe ser muy elevado (no más de cuatro) por cada juego para evitar el efecto fatiga.

La definición de niveles es también decisión del investigador; sólo se recomienda definir mayores niveles de variación para las variables consideradas más importantes en la elección a estudiar, pero se debe cuidar que esto no sesgue los resultados del experimento.

El diseño factorial completo determina el número total de opciones dados los atributos y los niveles de variación para cada uno de ellos. Si a es el número de atributos y n el número de niveles de cada atributo, el número total de opciones es n^a . Si tenemos un diseño con dos atributos a dos niveles y tres atributos a tres niveles, el número de opciones resultante es 108 ($2^2 \times 3^3$). En la práctica no es factible presentar a un individuo 108 opciones para que declare sus preferencias. Este número se puede reducir si consideramos un diseño factorial fraccional, que no es otra cosa que un diseño formado por un subconjunto de opciones del diseño factorial completo. La diferencia entre un diseño factorial completo y un diseño factorial fraccionado está en que mientras el primero permite medir todos los efectos principales e interacciones entre las variables, en el segundo se sacrifica la medición de algunas (o todas) las interacciones con el fin de reducir el número de opciones. Los efectos principales se definen como la respuesta de pasar al siguiente nivel de la variable en cuestión

manteniendo constante el resto de variables, mientras que las interacciones consideran los efectos debidos a la variación conjunta de más de una variable; por ejemplo, en la elección modal el efecto de la interacción entre el tiempo y el costo. Normalmente, los cambios en la elección están determinados por los efectos principales y según Louviere (1988):

- El 80% o más de la varianza de los datos lo explican los efectos principales.
- Las interacciones de dos términos explican más de un 2% a 3% de la varianza.
- Las interacciones de tres términos explican una proporción muy pequeña de la varianza, del orden del 0.5% al 1% y rara vez sobre el 2% o el 3%.
- Las interacciones de mayor orden explican una proporción minúscula de la varianza de los datos.

Si sólo se desea analizar los efectos principales, el diseño de 108 opciones anterior se reduciría a 16, y a 27 opciones si se considera interacciones de dos términos (Kocur *et al.*, 1982), que son números más manejables. No obstante, se recomienda no presentar más de 10 (entre 8 y 10) situaciones de elección a cada individuo (ver la discusión de Cherchi y Ortúzar, 2002). En casos en que se requiera estudiar interacciones y el número de opciones sea elevado, se puede utilizar el diseño en bloques; para esto se subdivide la muestra y a cada submuestra se le presenta uno de los bloques (Louviere *et al.*, 2000). El tamaño de cada submuestra recomendado (Kocur *et al.*, 1982) es de un mínimo de 30 personas por grupo, aunque en la práctica este tamaño parece bajo (ver también la discusión de Ortúzar y Willumsen, 2001).

Las formas de obtener la respuesta en un experimento de PD son, como se mencionó anteriormente, jerarquización, escalamiento y elección:

- *Jerarquización.* Se presentan todas las opciones simultáneamente al individuo y se le pide que las ordene en función de sus preferencias, de más a menos preferida. Al ordenar las opciones, el individuo está jerarquizando los valores de utilidad de forma que la opción más preferida le reportará un mayor nivel de utilidad.
- *Escalamiento.* Se le pide al individuo que exprese su grado de preferencia para una opción utilizando una escala arbitraria que puede ser numérica (de 1 a 5 ó de 1 a 10) o semántica; por ejemplo: 1= siempre elijo *A*, 2 = probablemente elijo *A*, 3 = ninguna; 4 = probablemente elijo *B*, 5 = siempre elijo *B*.
- *Elección.* El individuo selecciona una de las distintas opciones que se le presentan que pueden ser dos (elección binaria) o más (elección múltiple). Se considera que ésta es la forma más sencilla de responder a una encuesta de PD para un individuo porque es la forma habitual en la que toma decisiones. En estos casos, puede incluirse la alternativa “ninguna de ellas” o “indiferente” para no forzar al entrevistado a elegir cuando ninguna le parece conveniente.

Un aspecto importante en este tipo de diseños es la necesidad de hacer creíbles las distintas opciones presentadas al individuo. Para ello podemos definir el contexto en el que el experimento se realiza y en éste hacer factibles las opciones de elección.

2 Identificación y jerarquización de los factores que componen la calidad de servicio

El hecho de abordar un autobús implica una serie de procesos previos ligados a decisiones de movilidad de las personas, como son: la elección del lugar a donde ir, el momento de hacerlo, el modo de desplazamiento y la ruta a seguir, entre otras. El conjunto de decisiones individuales, por su parte, refleja la forma en que los servicios de transporte son utilizados. Sin embargo, en las elecciones mencionadas intervienen una serie de factores de forma implícita como son principalmente:

1. *Las preferencias personales* que se refieren a gustos específicos del usuario por algún modo de transporte, alguna hora de viaje, etc.
2. *Las restricciones individuales* que limitan de cierta forma la libertad de elección del usuario como son la hora de entrada al trabajo, las actividades que tiene que realizar en un determinado intervalo de tiempo, el costo de los servicios, las personas que lo acompañan en el viaje, etc.
3. *Las restricciones físicas* que limitan la libertad de movilidad y la accesibilidad de las personas a los diferentes modos de transporte.
4. *Las características de la red de transporte* por donde circulan las unidades que prestan el servicio. En efecto, las vialidades poseen características físicas diferentes (estado del pavimento, número y ancho de carriles, trazado de los mismos, etc.) y dispositivos de regulación heterogéneos (e.g. semáforos y rotondas) que repercuten en el desempeño de las unidades.
5. *Las características del servicio de transporte público* como son la frecuencia del servicio, los horarios de servicio, el estado físico de los vehículos, la seguridad en los mismos, el trazado de la ruta, entre otros.

De la enumeración anterior, las tres primeras son inherentes a cada individuo y a las circunstancias del viaje, la cuarta depende de la estructura de la aglomeración, del número de usuarios, de los esquemas de planeación que haya implementado la autoridad correspondiente pero sobre todo de los programas de mantenimiento y de los programas de circulación que hayan sido implementados. Finalmente, la quinta es el resultado de un esquema de regulación que la autoridad responsable del servicio ha puesto en marcha. Para entender, el por que los usuarios o los conductores adoptan cierto comportamiento y el servicio de transporte público se presta con una determinada calidad de servicio, es necesario que éste último se analice en una forma integral que considere todos los elementos mencionados con anterioridad. Desafortunadamente, en la mayoría de los casos los análisis

son parciales, en particular, el efecto inducido por el esquema de regulación no ha sido integrado en los análisis del servicio de autobuses urbanos. En este sentido, en esta sección se pretende resaltar:

- a) Que el servicio de transporte público induce efectos indirectos y externos que requieren la intervención de la autoridad pública, para orientar el comportamiento de los actores implicados, con la finalidad que se garantice los mejores niveles de bienestar para los usuarios (subsección 2.1.1).
- b) Que la organización es uno de los elementos fundamentales para la orientación de la política de transporte público (subsección 2.1.2).
- c) Que existen diversos instrumentos económicos para definir los términos de intervención de la autoridad pública a nivel estratégico, entre los cuales uno de los más importantes son los esquemas de regulación (subsección 2.1.2).
- d) Que tanto la organización como la regulación del transporte público son determinantes de las características del servicio que se presta (subsección 2.1.2).
- e) Que calidad y nivel de servicio son dos nociones trascendentes en el uso del servicio y que por éstas y otras razones es pertinente cuantificar (subsección 2.1.3).
- f) Que existen diferentes enfoques para identificar y medir los factores que determinan la calidad de servicio, y que existe un estado de la práctica que permite alcanzar ambos propósitos a partir de un enfoque microeconómico, basado en la teoría neoclásica (subsección 2.1.4).

Bajo esta orientación, se presenta en la segunda parte de este capítulo, un estudio de caso correspondiente al corredor urbano de transporte público denominado Lerdo de Tejada (sección 2.2) que permite ilustrar la factibilidad del enfoque propuesto. Se muestra una metodología para identificar los factores que intervienen en el nivel de servicio a partir de una encuesta de PR (sección 2.3) y se jerarquizan dichos factores (sección 2.4). La información obtenida es fundamental para la estimación de la importancia de cada uno de ellos como se verá en el capítulo 3.

2.1 Elementos para la evaluación de la calidad de servicio en el transporte público

2.1.1 La necesidad de regular el servicio de transporte público

Desde el punto de vista económico, un bien es todo lo que se reconoce como apto para satisfacer una necesidad humana y está disponible para esa función (Larousse, 2004). Pueden identificarse diferentes tipos de bienes, siendo la distinción entre privado y social una de las más esenciales. Un *bien privado* no puede consumirse simultáneamente por varias personas contrariamente a los *sociales* que sí pueden ser compartidos por un grupo de consumidores al mismo tiempo. Una característica adicional de estos últimos es que los consumidores tienen libre acceso al consumo de los mismos ya sea porque no existen mecanismos para evitarlo, como por ejemplo el aire o la defensa nacional, o porque es una decisión política del oferente, como puede ser el caso de un museo

cuya entrada puede ser gratuita o no. Estrictamente hablando, no existen muchos bienes puramente privados o puramente sociales sino más bien estas propiedades se combinan formando *bienes mixtos*. Asumen esta característica cuando el consumo de un agente interfiere parcialmente en el disfrute de dicho bien por parte de otro agente. A este tipo de efecto se denomina externalidad (e.g. Button, 2003) siendo la congestión y la contaminación las más conocidas. Por ejemplo, una carretera federal puede considerarse como un bien social, sin embargo, debido a los efectos de congestión, la duración del trayecto de un usuario se incrementa a medida que el número de vehículos que circulen al mismo tiempo sobre esta infraestructura aumenta (ver Sánchez, 2003).

Un *bien público*, por su parte, es un bien social del que a nadie puede excluirse de su consumo (e.g. la seguridad nacional, el sistema legal, etc.). La característica “público” se refiere en este caso al consumo y no a la producción (Cuervo-Arango y Trujillo, 1986).

Otro concepto necesario a introducir en el contexto del transporte público es la noción de *servicio*. Éste, “es el producto de la actividad del hombre destinado a la satisfacción de sus necesidades que no se presenta bajo la forma de un bien material” (Larousse, 2004). Finalmente, el transporte público de pasajeros (TPP) es el servicio que permite desplazarse de un lugar a otro y al que se accede mediante el pago de una tarifa. Se lleva a cabo con recorridos regulares establecidos a través de rutas, horarios y paradas específicas.

Ante todo este marco teórico, ¿qué tipo de bien es el TPP? Desde el punto de vista del consumo y considerando, 1) que varias personas pueden utilizarlo (consumir) al mismo tiempo, 2) que es un bien al que no puede prohibirse el acceso debido a la libertad de desplazamiento plasmado, a nivel federal, en el Título 1 Capítulo 11 de las garantías individuales de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y a nivel estatal en el Título 4 Capítulo I del Reglamento de Tránsito del Estado de México, 3) que la calidad del servicio se degrada conforme la capacidad del equipo rodante se satura y 4) que la prestación del servicio induce diversos tipos de externalidades, el TPP es un *bien social mixto* que es *público*.

Desde el punto de vista de las economías controladas totalmente por el Estado, un *bien/servicio público puro* requiere ser controlado (regulación), suministrado (producción) y distribuido (consumo) por el Estado con el objeto de evitar distorsiones del mercado que repercutan en el bienestar de los usuarios. Para las economías totalmente liberales, el supuesto es a la inversa y el objetivo es producir para maximizar los beneficios. Sin embargo, en el caso del transporte público los regímenes económicos intermedios soportados por diversos análisis y casos de estudio muestran que este servicio debiera tratarse de manera similar a un bien social mixto *casi público* (Rothengatter, 2001 y Sánchez 2003), para los cuales el suministro y distribución puede llevarse a cabo con entidades públicas o privadas. No obstante requieren la intervención pública (regulación) a fin de lograr una mejor orientación de las externalidades (positivas o negativas) intrínsecas a sus características. Es decir, el transporte público no puede ser tratado como un bien de mercado puro en el que las etapas de producción, suministro y distribución pueden ser privatizadas. Se requiere, por lo tanto, de acciones de regulación y de la intervención Pública para regular su uso y concesionamiento evitando con ello, los efectos

perversos como son: prácticas monopólicas, niveles de servicio y seguridad deficientes, y efectos externos crecientes (contaminación, congestión). Las razones siguientes justifican la intervención pública en este sector:

- a) *La presencia de economías de escala y los monopolios naturales.* Esta es una ventaja de ciertos procesos productivos que permiten reducir el costo medio del producto a medida que el volumen de la producción aumenta. En el caso del TPP, el “producto” son las plazas disponibles (de pie o sentado) por unidad de distancia, ofertadas durante un servicio que cubre una ruta determinada, mientras que el costo total de producción es lo que se paga para hacer funcionar la unidad que presta el servicio. Este costo tiene tres componentes: los costos *fijos* (e.g. los seguros, la renta de las instalaciones, los gastos administrativos, etc.), los *semivARIABLES* (el mantenimiento, la amortización del vehículo, la reparación por terceros) y los *variables* (combustible, salarios de conductores, neumáticos). De esta forma, el costo medio de una plaza-distancia producida resulta del cociente entre el costo total en que se incurre para brindar el servicio y las plazas-distancia ofertadas. Dentro de los límites del nivel de demanda y las restricciones tecnológicas fijados por la capacidad y el servicio continuo de las unidades, el operador tendrá interés en aumentar su territorio de servicio o los asientos-kilómetro producidos por dos razones. En primer lugar, porque una extensión del área de servicio le permite cubrir un territorio más amplio. En consecuencia, la probabilidad de captar más usuarios, y con ello mayores ingresos, es más alta. En segundo lugar, porque el aumento de costos de producción sólo se dará en la componente semivariable y variable lo que representa, relativamente, un incremento mínimo del costo total. Bajo estas consideraciones, existirá una tendencia de las empresas por prestar el servicio a todos los usuarios localizados en un territorio dado. Para recuperar dicho costo, cobra una tarifa a los usuarios. La diferencia que existe entre estos ingresos totales y sus costos totales constituye su ganancia o beneficio. Ésta puede ser negativa, convirtiéndose en una pérdida, si el número de usuarios que aborda la unidad es tal que no logra cubrir sus costos o por el contrario positivo, es decir una ganancia propiamente dicha, a partir del momento que el número de usuarios, que paga su tarifa, compense el costo de brindar el servicio. Este esquema, donde el ingreso depende directamente del número de usuarios, lleva al operador de la unidad a adoptar decisiones que le permitan captar la mayor cantidad de usuarios y por lo tanto a obtener la mayor ganancia posible. Este efecto, que se presenta cuando los costos de producción de un bien disminuyen a medida que aumenta el volumen producido, se denomina *economías de escala*. Por otra parte, en algunos casos, además de las economías de escala, se tienen costos fijos tan altos (e.g. transporte masivo como el metro, tren ligero, etc.) que hacen inviable la incorporación de otros prestadores del servicio sobre un área determinada por lo que desde el punto de vista económico, es más eficiente que una sola empresa realice la producción o prestación del servicio, lo que lleva a la formación de los llamados *monopolio naturales*. Así, la entidad reguladora debe de establecer los mecanismos que eviten tal configuración del mercado.

- b) *La propiedad pública de los bienes o servicios comercializados.* La construcción de infraestructuras de transporte es promovida por las autoridades públicas. Sin embargo, los particulares y las empresas privadas obtienen beneficio de éstas al comercializar el servicio de transporte u otros servicios. En este sentido, ciertos sectores de la economía pueden ser favorecidos o afectados indirectamente con la construcción de las infraestructuras públicas o en el peor de los casos, puede ser que el sentido de las decisiones públicas no permita explotar la potencialidad de los beneficios posibles.
- c) *Las externalidades de producción o consumo.* La introducción de una nueva línea de transporte público trae consigo efectos benéficos que no son capitalizados por las empresas prestadoras del servicio (e.g. generación de empleos o la aparición de comercios en determinados puntos del trazado de la línea). Por otro lado, también genera externalidades negativas como son la congestión y el deterioro del medio ambiente, que requieren ser previstos con el objeto de proponer soluciones alternativas que aminoren los impactos negativos para la sociedad en su conjunto.
- d) *La excesiva aversión al riesgo por parte de los inversionistas en el caso de los costos fijos.* Los proyectos de gran envergadura económica o de introducción de innovaciones tecnológicas (e.g. líneas de metro, tranvía o tren ligero) poseen niveles elevados de riesgo de inversión que son difíciles a manejar en esquemas de inversión puramente privados, por lo que la intervención de las autoridades públicas es necesaria para eliminar barreras a la inversión privada y en su caso ofrecer certidumbre a las inversiones.

Un par de casos de actualidad en México permiten constatar lo indicado. El primero de ellos es el Metro-Bus Insurgentes de la Ciudad de México. Un sistema de transporte público de pasajeros, con un costo de alrededor de 450 millones de pesos (El Sol de Puebla, 2005), que brindará servicio sobre un carril confinado, sobre la avenida Insurgentes, desde la estación del metro de Indios Verdes hasta San Ángel. Este proyecto incluye la reestructuración de las líneas de microbuses y la creación de un grupo empresarial conformado por estos concesionarios. El gobierno del Distrito Federal a través de la Secretaría de Ecología es el encargado de financiar el proyecto y establecer los esquemas de regulación. Sin embargo, los impactos que puede inducir son de diversos tipos y deben ser correctamente canalizados. En primer lugar, el proyecto pretende ser una alternativa para reducir la emisión de contaminantes por fuentes móviles y la congestión. Se estima que por estos conceptos se dejarán de emitir a la atmósfera alrededor de 73,000 toneladas de bióxido de carbono. No obstante, las unidades que prestarán el servicio (80 autobuses en la primera etapa) funcionarían a base de diesel con lo cual la reducción potencial de emisiones contaminantes solo podría obtenerse gracias a la tecnología de los motores para emitir a la atmósfera “gases más limpios” y eventualmente por la disminución de la congestión debido a la reducción del número de microbuses que circulaban. Aunque esto último tampoco es tan evidente, ya que los carriles confinados reducirán la capacidad de la vialidad de forma permanente (con los microbuses, esta reducción era temporal). Así se hace necesaria la valoración de este efecto sobre la congestión vehicular. En segundo lugar, la construcción de la obra requiere la adecuación geométrica de la vialidad, dado el número de

árboles existentes en el trayecto, se estima que más de 15,000 m² de superficie arbolada sería afectada (cerca de 1,800 árboles) por lo que es necesario incluir en el proyecto medidas para compensar esta deforestación en una zona de por sí ya sensible (las delegaciones Cuauhtémoc, Benito Juárez, Álvaro Obregón y Gustavo A. Madero presentan niveles de contaminación elevados debido a los vientos que transportan hacia esa zona las emisiones de la zona industrial norte conformada por Ecatepec, Coacalco, Tecamac y Ozumba). En tercer lugar, se estima que se retirarán o reubicarán alrededor de 1,000 unidades que circulan actualmente, las implicaciones laborales de esta medida tiene que ver con el empleo de los conductores. Por ello, se requiere establecer medidas que permitan reinsertarlos en el nuevo servicio o proponer soluciones alternativas de trabajo. La lista de implicaciones puede ser muy larga y puede llegar a niveles más específicos, como es el caso de la publicidad o del sistema de cobro.

El segundo caso presenta problemáticas similares al anteriormente expuesto, pero tendría un impacto regional en el que la autoridad pública tiene contemplado poner en marcha mecanismos para dar certidumbre a la inversión de empresas privadas. Se trata del Tren Suburbano Cuatitlán-Buenavista, con un contrato valorado en 600 millones de dólares, que ha sido ofertado a empresas privadas a través de una concesión a 30 años para diseñar el sistema, construir vagones y la infraestructura ferroviaria, además de operar y mantener la línea férrea de 27 kilómetros desde Buenavista hasta la localidad de Cuatitlán. En este proyecto, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) a través de BANOBRAS, ha implementado esquemas de concesionamiento que incluyen ciertas garantías a través de un fondo de contingencias para el ganador de la licitación.

Los detalles de ambos proyectos podrían abordarse. Sin embargo, por ahora es importante resaltar la complejidad de las relaciones implícitas y la importancia que tienen la intervención pública para aminorar los eventuales efectos negativos de una acción, que en teoría, vendría a mejorar el bienestar de los usuarios. Más allá de las medidas aisladas que puedan tomarse para lograr este objetivo, es necesario mencionar que éstas deben de integrarse en una política de transporte sostenible, el cual puede lograrse a través de un esquema de organización del sector bien definido. En la siguiente subsección, se describen sus particularidades haciendo énfasis en los esquemas de regulación como instrumentos para orientar las decisiones de los actores que intervienen en la prestación del servicio.

2.1.2 Organización y regulación del servicio de transporte público

Un sistema de transporte público puede ser visto *como una industria que produce bienes diferenciados*. En este sentido, los bienes son los viajes que son ofertados por las empresas y son diferenciados porque existen varias maneras de hacer un viaje: en taxi, autobús, microbús, etc. Incluso para un mismo modo, existen diferencias como el viajar sentado o de pie, la hora en que es ofrecido el servicio o la distancia de recorrido del viaje. Bajo este contexto, se pueden utilizar las características del servicio para describir un sistema de transporte público, algunas de estas posibilidades pueden ser (Nash, 1982):

- a) Tamaño y alcance de la distribución de las empresas existentes en el mercado.
- b) Propiedad y control de las diferentes fases de la producción (Supra).
- c) Características del tráfico (volumen, composición, configuración espacial de los viajes, etc.).
- d) Modos de transporte operando.
- e) Área geográfica cubierta.
- f) Nivel de organización.

Esta última posibilidad pareciera ser una de las más completas por tres razones principalmente:

- i) Este criterio considera implícitamente que el transporte público de pasajeros es un bien semipúblico y que por lo tanto, requiere intervención pública como se ha justificado anteriormente.
- ii) La forma de organización permite que una entidad pública defina la política de transporte y además tenga el control, o por lo menos oriente, las diferentes etapas de producción del servicio. Por lo tanto, los criterios definidos en los incisos a, b y d serán una consecuencia directa del tipo organización y tendrán una relación directa con el criterio c.
- iii) El nivel de organización no interfiere directamente en las características de la demanda, sin embargo, su amplitud permite adaptarlos a las particularidades de cada caso.

En la literatura se reportan los siguientes niveles de organización para la prestación del servicio de transporte público de autobuses: *estratégico*, *táctico* y *operativo* (Lecler, 2002).

- a) *Nivel estratégico*. En él se definen los objetivos generales de la política de transportes cuya responsabilidad debe recaer en las autoridades públicas. Dentro de este nivel de organización se deben estructurar los esquemas de operación y regulación. En éstos se debe incorporar a su vez a los usuarios, las empresas que ofrecerán el servicio y la misma autoridad, ya que del establecimiento de estos esquemas dependerá la calidad del servicio para los usuarios.
- b) *Nivel táctico*. Se ocupa de definir las características de prestación de los servicios de transporte público (oferta). Debe estar acorde al nivel estratégico, ya que sólo de esa manera es posible establecer quiénes, cuántos y de qué manera debe ser proporcionado el servicio.
- c) *Nivel operativo*. En este nivel se define las características de operación del servicio como son: la frecuencia, el horario, los tiempos de recorrido y la comodidad del servicio. La responsabilidad de este nivel de organización generalmente recae en las empresas operadoras del servicio.

El nivel estratégico es generalmente responsabilidad de las autoridades públicas. Por ello, la autoridad reguladora debe configurar los instrumentos económicos que le permitan alcanzar los objetivos: táctico y

operativo. Estos instrumentos permiten orientar el comportamiento tanto de los prestadores del servicio como de los consumidores. Los más conocidos son los *esquemas de regulación* (e.g. Train, 1991 para el caso del monopolio) los cuales se apoyan en la teoría de contratos (e.g. Salanié, 1997), *los incentivos* basados en la teoría del mismo nombre (e.g. Laffont y Tirole, 1993 y Laffont y Martimort, 2004) y *la tarificación* (e.g. Button y Verhoef, 1998). Debido a los alcances de este trabajo, sólo se hará referencia a los esquemas de regulación.

La identificación de responsabilidades a nivel táctico es menos clara y más bien resulta de la combinación de posibilidades entre quienes presentan las iniciativas para cambiar los servicios (normalmente los operadores o la autoridad reguladora). En este sentido existen 4 modelos (Lecler, 2002): producción directa de servicios, gestión delegada, sistemas regulados y libre competencia. Los cuales están directamente ligados al tipo de competencia que la autoridad establezca a través de su esquema de regulación: mercados cerrados, competencia controlada o mercados libres. En efecto, la *producción directa* y la *gestión delegada* resultan en un *mercado cerrado* mientras que un *sistema regulado* tiene que tratarse como una *competencia controlada* y en los *mercados libres* se busca tener *libre competencia*.

La producción directa, tiene lugar cuando la operación y la definición de los servicios son establecidas por la autoridad reguladora. En este modelo, es la misma autoridad quien se encarga de proporcionar el servicio mientras que en la *gestión delegada* son los operadores quienes gestionan los servicios a petición de la autoridad pública. Bajo estos esquemas prevalece el modelo de *mercado cerrado*, en el cual, el concesionario está establecido y fijo. Generalmente, el primer tipo de modelo (producción directa) es poco frecuente, incluso en países en desarrollo. Las principales razones de su desuso son las siguientes: en primer lugar, el gobierno no cuenta con la infraestructura, el “*know how*” y los recursos humanos para hacerlo. En segundo lugar, este esquema requiere la inversión de grandes cantidades de recursos técnicos, administrativos y económicos para lograrlo, lo que a mediano plazo será insostenible para el gobierno. Finalmente, este tipo de organización lleva a niveles de productividad bajos, como lo demostraron en los años 80’s diversos autores que tomaron partido por la competencia libre.

La libre competencia se caracteriza por la nula intervención de la autoridad en la prestación del servicio del transporte público, en el cual los operadores tienen la libertad de dirigir los servicios como lo deseen sin derechos exclusivos que los protejan. Al no existir la intervención pública, este tipo de modelo ha favorecido la colusión entre las empresas (por las economías de escala explicadas anteriormente) y la configuración de una red poco integrada y planificada. Este tipo de esquemas es más conveniente en territorios donde la estructura de la red esté bien definida y donde las infraestructuras puedan ser correctamente reguladas (e.g. Gómez-Ibañez *et al.* 2003). Se puede demostrar que el monopolio cargará a los usuarios un precio más elevado que cualquier otro tipo de organización de mercado. Con ello, los intereses de los usuarios son los afectados (precios elevados y servicios de mala calidad).

Los dos tipos de regulación anteriores representan los extremos de las posibilidades. Actualmente, existen numerosos ejemplos en los que las autoridades han optado por una solución intermedia establecida a través de

esquemas de regulación. En este modelo la autoridad debe tener definido la calidad de servicio que los usuarios requieren, para así definir los instrumentos económicos (contratos, concesiones). Dicha regulación lleva consigo la concesión de derechos exclusivos durante un período limitado de tiempo, mediante el procedimiento de un concurso (licitación), lo que permite una *Competencia Controlada* en el transporte público.

El anterior esquema ha llevado al llamado *Competitive Tendering* (Finn y Nelson, 2002), el cual es un amplio grupo de mecanismos utilizados para obtener servicios a través de la apertura del mercado, mientras se mantiene un nivel deseado de control sobre los atributos principales del servicio. Para el caso del servicio de autobuses urbanos, éste permite a la autoridad del transporte, el uso de mecanismos de mercado para elegir entre varios operadores potenciales aquel o aquellos que proporcionaran el servicio. En la elección se contemplan factores que incluyen el precio, la calidad, la cantidad, las innovaciones y la capacidad del operador. Aquí, la autoridad determinaría el grado de control que desea ejercer, es decir, entre más atributos sean especificados por la autoridad, menos libertad tendrá el operador.

Esta tendencia a la competitividad requiere un mecanismo de cómo llevar a cabo la elección de las empresas que pudieran proporcionar el servicio con los estándares requeridos por los usuarios y al mismo tiempo que la autoridad posea el control sobre ellas. Para ello, la contratación competitiva de las empresas debe basarse en dos principios (Cox, 1996):

1. *La entidad pública debe retener toda la política de control.* Es decir, la autoridad establecerá la calidad y estándares de los servicios (dirigidas al bien público) y otorgará el contrato a la propuesta responsable y formal con el precio más bajo. Esto quiere decir que la autoridad vigilará a los contratistas (empresas) que cumplan con lo establecido y cancelará el contrato de aquellos que no cumplan con lo establecido.
2. *La entidad pública debe facilitar un mercado competitivo.* Las empresas deben sujetarse a una rutina competitiva, generalmente mediante su re-licitación con períodos de no más de cinco años. Los contratos no deben ser más largos de lo necesario. Esto significa que un solo servicio público puede ser proporcionado por múltiples empresas, de esta manera se permite a las empresas pequeñas competir con precios más bajos. Además de no permitir que una sólo empresa obtenga un contrato que cubra un excesivo porcentaje del servicio.

No es ocioso mencionar que la implementación de un proceso de competencia en el servicio de autobuses urbanos es complejo porque diversos aspectos deben ser tomados en cuenta, como son los siguientes (Cambini y Filippini, 2002):

1. *La definición de la forma contractual.* Que será ofrecida por parte de la autoridad reguladora a la empresa ganadora de la licitación del servicio.

2. *El plan de servicio dentro del área asignada.* La empresa autorizada podría proveer una definición previa de los servicios en términos de tarifas, frecuencias, etc. Aunque esto no significa que bajo este esquema, el servicio será proporcionado, ya que dicha definición debe ser revisada y adaptada a la requerida por la autoridad.
3. *La calidad de servicio.* La cual debe ser definida por la autoridad en términos de los factores de desempeño del sistema de transporte y de las preferencias de los usuarios.
4. *El criterio de asignación del servicio.* El cual debe basarse, tanto en aspectos técnicos como económicos.
5. *La propiedad de la infraestructura.* Se debe tener claro que, el participante en la implementación de la competencia es dueño de la infraestructura (autobuses, almacenes u otros equipos) a utilizar. Ya que si ésta pertenece a las empresas pueden existir barreras que eviten que otras empresas no puedan entrar en dicho proceso. Sobre este punto se menciona que, la implementación de la competencia debe ser al menor costo para la autoridad, por lo cual, es preferible que las diferentes empresas involucradas en el proceso cuenten con su propia infraestructura. Mientras que la autoridad, haciendo uso de sus facultades constitucionales sí puede decidir acerca de la utilización de la infraestructura de tipo pública (calles, avenidas o terminales).
6. *La dimensión del área a ser desarrollada.* En la cual la autoridad podría organizar un desarrollo: a) de ruta por ruta, b) de una red, o c) de un conjunto de rutas.

Respecto a este último punto, la autoridad debe definir el tamaño de las áreas de servicio asignadas a las empresas del servicio de autobuses urbanos. Ya que ésta tiene impactos considerables en la organización (a nivel táctico) del mercado de transporte local (e.g. una o varias firmas operando en diferentes partes de la red) y sobre todo, en la transición del servicio actual a los esquemas de competencia, lo que tendría implicaciones en la condición final de los servicios (e.g. frecuencia de autobuses, número de empresas, etc.). Cambini y Filippini (2002), proponen una metodología para definir el área de servicio, la cual está basada en la explotación de las economías de escala y de densidad (e.g. Jara-Díaz y Basso, 2003) que no necesariamente coinciden con los esquemas tradicionales basados en la geografía política, tales como los límites delegacionales, municipales o estatales.

La forma de organización y sus instrumentos para implementar una competencia controlada son determinantes de la calidad y el nivel de servicio ofrecido a los usuarios. A continuación se establece la diferencia entre estos dos términos y algunos estudios que se han enfocado a identificar y determinar los factores implícitos en estas nociones.

2.1.3 Nivel y calidad de servicio

En la literatura contemporánea relativa a la evaluación del desempeño del servicio de transporte público, frecuentemente se hace referencia a los términos de calidad de servicio y nivel de servicio. En las siguientes

líneas se presentan algunos trabajos que permiten constatar lo anterior. Después de ello, se establece las acepciones que se emplean en el marco de este documento.

Según Pullen (1993), los indicadores de desempeño para la industria del transporte público se dividen en dos categorías: eficiencia y efectividad. Para cuantificar la primera, se emplean medidas relativas al proceso de producción del servicio, mientras que la segunda se cuantifica para determinar dónde se ubican los servicios que se proveen con respecto a los objetivos que se plantearon. En este sentido, la calidad de servicio es un *indicador del desempeño de eficiencia* que puede integrarse a partir de valoraciones de accesibilidad, confiabilidad, confort y seguridad (Silcock, 1981). Desde el punto de vista del usuario, la calidad de servicio está relacionada con la satisfacción del cliente. Esta última es la regla de oro de muchas organizaciones en el sector de servicios y es esencial para las compañías que quieren ser exitosas en los negocios, ya que ésta les permite tener una clientela fiel, alta productividad y por lo tanto eficiencia. La satisfacción del cliente tiene influencia en tres niveles: individual, compañía e industrial. El primero, afecta la intención de cliente para volver a comprar (requerir el servicio), el segundo afecta la prosperidad de la empresa, mientras que el tercer nivel afecta la economía de desempeño de la industria. Bajo estas consideraciones, se puede decir que la calidad de servicio se refiere a *actitudes*, mientras la satisfacción del cliente es específica a una transacción. Para alcanzar la satisfacción total del cliente, la IUTP (International Association of Public Transport, 2003), establece que es necesario cubrir las siguientes cuatro expectativas:

1. *De integridad física.* Se refiere que al utilizar algún servicio, éste proporcione cierta seguridad física de los usuarios (e.g. cinturón de seguridad o barras de protección anti-impactos en puertas laterales en vehículos).
2. *De necesidades funcionales a ser satisfechas.* Que el servicio tenga ciertas características que cumplan con los requerimientos de los usuarios (e.g. que la ruta del autobús pase cerca del destino del usuario).
3. *De expectativas que envuelvan costumbres o hábitos.* Referentes a las particularidades del servicio (e.g. horarios durante el día, de fines de semana o días festivos).
4. *De reconocimiento personal.* Aquellas en las cuales todas las necesidades del individuo sean cumplidas (e.g. servicios plus o premier en autobuses, hoteles o restaurantes).

Sin embargo, el conocimiento de la calidad acerca de un producto (o servicio) es insuficiente para mejorar la calidad de servicio. En efecto, existen características de intangibilidad, heterogeneidad e inseparabilidad de la producción y consumo que la convierten en una *noción abstracta e intangible* (e.g. Cronin y Taylor, 1992 o Lewis, 1994). Estas características han llevado a proponer diversos enfoques y evaluaciones para la industria del transporte público.

Así por ejemplo, Allen y DiCesare (1976) consideran que la calidad de servicio encierra dos categorías: *la de los usuarios y los que no lo son*. En la primera, la calidad de servicio se refleja a partir de la velocidad,

puntualidad, confort, seguridad, servicios especiales e innovaciones. En la segunda, la calidad de servicio está ligada a la eficiencia del sistema, el grado de contaminación producida o el número de usuarios.

La noción de nivel de servicio aparece más recientemente para evaluar el desempeño de un sistema de transporte. Tanto la calidad como el nivel de servicio son utilizados, en ocasiones, de manera indistinta y en otras se les ha dado una acepción determinada.

En Ortúzar *et al.* (1997) se asocia la importancia de las variables que definen el nivel de servicio con los niveles de demanda de viajes de usuarios existentes y potenciales en el transporte público. Para ello, primeramente se identifican los atributos más relevantes del nivel de servicio desde la perspectiva del usuario y posteriormente se estima su importancia. Dado que se busca incentivar el uso del transporte público, se identifican primeramente los atributos que se deben mejorar para hacer atractivo el uso de autobuses. Los atributos del nivel de servicio, considerados en este estudio son: riesgo de accidentes, alternativas para uso del tiempo mientras se viaja, apariencia y comportamiento del conductor, ocupación del autobús (asociado con el confort), tiempo en el autobús, posibilidad de viajar sentado, costo del viaje, variabilidad en el tiempo de viaje y el tiempo de espera, confort del vehículo (calidad y dimensiones del asiento, limpieza, ruido), tiempo de espera y tiempo que emplea para arribar a la parada del autobús.

Wardman (2001), por su parte, no diferencia entre los atributos asociados a la realización de un viaje y aquéllos relativos a la calidad del servicio para analizar un gran número de estimaciones realizadas en Gran Bretaña referentes a los valores de los atributos (valores de tiempo, tiempo de viaje, frecuencia, trasbordos, entre otros) de la calidad de servicio. Con lo cual propone una metodología que pueda ser utilizada para proveer valoraciones de dichos atributos en situaciones donde no existan y permitir la contribución de un gran cuerpo de evidencia empírica a resultados particulares. De esa forma, utiliza el término atributos del viaje de forma equivalente a los atributos de calidad de servicio: el tiempo de caminata, el tiempo de acceso, el tiempo de espera, los ajustes en hora de salida, el tiempo empleado del viaje en condiciones de congestión, tiempo de arribo, intervalos de paso y trasbordos.

Con el propósito de estimar los tiempos y costos de viaje para diferentes períodos de tiempo en varios países a partir de modelos desagregados estimados con datos de PR y PD, Gunn (2001), considera que el nivel de servicio esta compuesto por las variables siguientes: tiempo de viaje, tiempo caminata de acceso, tiempo de espera y costo de viaje.

En Espino (2003) se analiza el impacto que tienen los atributos del transporte público, asociados a la calidad del servicio como el tiempo de viaje, el costo, la frecuencia y en específico el confort, sobre la elección del modo de transporte.

A partir de los trabajos anteriores se pueden obtener las siguientes conclusiones:

1. Algunos autores utilizan de forma indistinta los términos calidad y nivel de servicio para referirse al desempeño del sistema de transporte público. Por lo tanto, no existe una distinción ampliamente aceptada entre ambos términos.
2. En la mayoría de los casos, el concepto de calidad de servicio se emplea con tres propósitos: a) como criterio de evaluación de desempeño, b) para determinar el grado de satisfacción del cliente y c) para conocer el efecto que este criterio puede tener sobre los niveles de demanda.
3. La calidad de servicio implica una valoración de características del servicio en la que interviene la componente humana, lo que contribuye a agregar componentes de abstracción e intangibilidad que dificultan su medición,
4. Existen diversos enfoques y criterios para medir la calidad de servicio.

En este análisis, se ha establecido una distinción entre los conceptos de calidad y nivel de servicio con el objeto de contextualizarlo y evitar errores de interpretación de resultados:

- *La calidad del servicio* es el grado de satisfacción percibido u observado del servicio de transporte público. Se emplea como un criterio de desempeño que es evaluado tanto por los usuarios para medir su grado de satisfacción, como por los prestadores del servicio para evaluar el cumplimiento de las metas establecidas. Se compone de un conjunto de criterios y factores que pueden ser físicos o subjetivos (cuantitativos y cualitativos).
- *El nivel de servicio* es un concepto complejo y multidimensional. Se conforma por una serie de variables que los usuarios (o consumidores) integran e internalizan con el objeto de hacer un juicio acerca de un modo o tipo de servicio para seleccionarlo.

Las definiciones propuestas sugieren que la noción de calidad es más amplia que la de nivel de servicio. Así, al evaluar la calidad del servicio se está calificando el grado de satisfacción del cliente mientras que la evaluación del nivel de servicio implica una comparación entre dos servicios o modos existentes.

A partir de esta distinción, se presenta un recuento de los trabajos orientados a la medición tanto del nivel como de la calidad del servicio del transporte público de autobuses urbanos.

2.1.4 Evaluación del nivel de servicio

La percepción del nivel de servicio es multidimensional, para algunos usuarios está ligada al tiempo de viaje o a la tarifa, mientras que otros podrían percibirla en la distancia que deben caminar para tener acceso al modo que pretenden utilizar; o al tiempo de espera para abordar el vehículo. En general, por la característica de medición de la variable de interés se pueden establecer las dos categorías siguientes:

1. *Relativos al desempeño del sistema de transporte.* Los cuales aplican para todos los usuarios de un servicio pudiendo tener impactos y magnitudes diferentes como son: el tiempo de recorrido, la tarifa, el tiempo de espera o el tiempo de trasbordo. Este grupo de factores son los que tradicionalmente se incluyen para valorar la calidad de servicio ya que son fácilmente cuantificables.
2. *Relativos a las preferencias sobre algún atributo del modo de transporte.* Éstos son factores puramente subjetivos ya que su valoración depende de cada usuario. En este grupo se incluye, por ejemplo, la limpieza del vehículo, su aspecto y las condiciones físicas, la comodidad o la seguridad.

La valoración de los dos grupos de factores anteriores depende de dos aspectos principalmente:

- a) *Las características socioeconómicas y las discapacidades físicas de los usuarios.* En efecto, la edad, el género y el nivel de ingresos intervienen en la importancia que pueda darse a cada uno de los grupos de factores mencionados. Por otra parte, los servicios para personas con capacidades diferentes (autobuses con plataforma abatible, espacios reservados, escaleras eléctricas, señalización en código Braille, información sonora, etc.) también intervienen en la valoración de un modo de transporte.
- b) *Las circunstancias de movilidad del usuario.* En esta valoración intervienen tanto las características como las restricciones específicas del viaje. Las primeras están relacionadas con la flexibilidad en la hora de llegada, la hora del viaje o en la disponibilidad de otros modos de transporte (Ortúzar *et al.*, 1997), mientras que las segundas están ligadas con el número, tipo de acompañante y el motivo de viaje.

En la literatura se reportan mayoritariamente trabajos que se orientan a valorar el peso de los componentes cuantificables (ver por ejemplo Lam y Bell, 2003). Sin embargo, existen varios estudios que intentan valorar el efecto de los factores subjetivos. Por ejemplo en México, Islas (2000) se reporta un par de encuestas de opinión aplicadas en 1989 y 1993 por el Colegio de México para realizar un análisis descriptivo acerca del nivel de servicio ofrecido por las empresas de transporte en la Ciudad de México, y de los factores subjetivos en la percepción de los usuarios para cuatro modos de transporte (ruta-100, metro, taxi colectivo y trolebús). En su encuesta, toma en cuenta cinco factores del nivel de servicio: seguridad, comodidad, facilidad de ascenso, trato al usuario, y transbordos diarios por persona. En la valoración de la importancia de cada uno de los factores mencionados se emplea una técnica de jerarquización relativa en la que, dado un factor de nivel de servicio, el encuestado otorga un nivel de importancia (del 1 al 4) a cada uno de los cuatro modos mencionados y cada uno de los factores presentados (uno al mejor, dos al segundo mejor y así sucesivamente). Con esta consideración se obtuvo, para el servicio de autobuses denominado Ruta 100 en la Ciudad de México, según la encuesta de opinión de 1989, que el factor más importante (jerarquía de mejor y segundo mejor) en el nivel de servicio era “menos trasbordos” (80%), seguido de seguridad (15%), el trato al usuario (12%), la facilidad de ascenso (12%) y la comodidad (11%). Para el caso de la encuesta de 1993, se mantuvieron aproximadamente las mismas

tendencias aunque para la mayoría de los factores el valor absoluto aumentó: menos trasbordos (63%), seguridad (29%), trato al usuario (24%), facilidad de ascenso (21%), comodidad (19%). La interpretación de esta comparativa es que en el período de análisis el número de trasbordos se redujo por lo que la importancia que el conjunto de usuarios le otorga es menor (-17%). Sin embargo, el efecto inverso se produjo en las cuatro variables restantes, indicando que se despreciaron. Por ello, los usuarios le otorgan mayor importancia (+10% en promedio). La información que puede colectarse con este tipo de encuestas es limitada ya que sólo permite hacer análisis comparativos y eventualmente análisis cualitativos. Por otra parte, como se verá más adelante, las encuestas del caso descrito presentan sesgos potenciales de saturación debido a la gran cantidad de alternativas que los usuarios tenían que evaluar al mismo tiempo durante la encuesta. El autor reconoce que se requieren impulsar estudios más detallados sobre el nivel de servicio estableciendo el orden siguiente:

- Conocer los factores que integran el nivel de servicio.
- Desarrollar métodos para medir tales factores.
- Analizar las políticas y estrategias que los operadores del transporte pueden desarrollar para incrementar su eficiencia y realmente el nivel de servicio.
- Y evaluar la relación que tiene el incremento del nivel de servicio con ciertas variables microeconómicas y macroeconómicas.

Una técnica que ha emergido recientemente para valorar el nivel y la calidad de servicio es la basada en los MED descritos en el capítulo 1. En estos trabajos se incorporan a la especificación de la función de utilidad² los factores de interés. Una vez realizada las estimaciones econométricas se puede conocer el peso de cada uno de estos factores. Por ejemplo, en Ortúzar *et al.* (1997) se reporta el trabajo realizado sobre la percepción del nivel del servicio del transporte público en la Ciudad de Santiago, Chile. La metodología de identificación de factores que determinan y que influyen en la percepción del nivel de servicio, se lleva a cabo a partir de un ejercicio tipo Delphi³. Posteriormente con la ayuda de un grupo focal se redefinen estos factores. Finalmente se emplean MED para determinar su importancia. El trabajo emplea la segmentación de la población a partir de sus características socioeconómicas (género, ocupación, ingresos) y de movilidad (modo de transporte y períodos del día). Dicho estudio aborda aspectos tales como los métodos de medición apropiados de los factores identificados y su medición en la práctica. En Videla y Alvarez (2003), se aplica una metodología similar pero incorporando el “gusto” de los usuarios en la modelación de elección modal. En ambos trabajos se destaca una metodología a

² Un planteamiento teórico en el tratamiento de la comodidad es hallada en el trabajo de Espino (2003). Mientras que en Rizzi y Ortúzar (2003) se reporta un valor monetario de evitar una muerte en accidentes fatales en carreteras mediante la incorporación de factores cualitativos en una función de utilidad (ver también Hojman *et al.*, 2003).

³ Es una técnica mediante la cual un grupo de expertos es consultado de forma organizada para obtener su opinión acerca de un tema o área de discusión. Este grupo podría, por ejemplo, delinear escenarios futuros para un producto o un área de la vida diaria, o especular acerca de la dirección de los negocios en general. Dado que puede ser difícil reunir a varios expertos en un panel, este tipo de investigación se realiza a través de preguntas aisladas o cuestionarios (distribuidas generalmente por correo electrónico) y haciendo circular todas las respuestas a los miembros del grupo para que repliquen o enriquezcan las ideas de los otros miembros.

seguir para realizar un estudio sobre la calidad de servicio de transporte público. Para el presente trabajo se seguirá una metodología similar, aunque debido al alcance planteado no se ahondará en el último aspecto.

En ésta sección se ha mostrado que el transporte público es un servicio que debe tratarse como un bien mixto casi-público. Se ha justificado, por otra parte, la necesidad de intervención de la autoridad pública para regularlo, proponiendo como alternativa la organización del sector como una industria que produce servicios a través de tres niveles: el estratégico, el táctico y el operativo. A partir de este contexto, se ha demostrado que el tipo de organización y el esquema de regulación prevaleciente determinan la calidad y el nivel de servicio que se oferta a los usuarios. Finalmente, se presentó una revisión de estudios que se han avocado a identificar los factores que determinan la calidad de servicio. En la sección siguiente se presenta la aplicación de este marco teórico al caso de un corredor urbano en la Ciudad de Toluca de Lerdo con el objeto de identificar los factores antes mencionados.

2.2 El caso de estudio

En ésta sección se describirá la metodológica del estudio de caso, cuya estructura es la siguiente:

- a) Análisis de la organización y regulación del transporte público (subsección 2.2.1).
- b) Selección del corredor de estudio (subsección 2.2.2).
- c) Características de la oferta en el CLT (subsección 2.2.3).
- d) Estimación de la demanda en el CLT (subsección 2.2.4).

2.2.1 Concepto, organización y regulación del transporte público en la Ciudad de Toluca

En los principios de la década de los 80's, el servicio de transporte público de pasajeros de autobuses en la Ciudad de Toluca pasó del modelo de producción directa de servicios, a una gestión delegada en el que la concesión a empresas privadas se realiza por rutas y derroteros⁴. La duración de las concesiones y los criterios para su otorgamiento para el conjunto de municipios que conforman la entidad son definidos por el Gobierno del Estado, a través del Reglamento de Transporte Público y Servicios Conexos del Estado de México (RTPySCEM, 1992). Un requisito para concretar una concesión, solicitada a iniciativa de una empresa de transporte, es la realización de un estudio técnico en el que debe fundamentarse la necesidad pública del servicio de transporte (que eventualmente sería cubierta por el derrotero propuesto) a través de dos consideraciones: a) la justificación de la existencia de una demanda potencial de viajes entre par origen/destino que actualmente no son cubiertos por ningún servicio y que lo serían con el derrotero propuesto; y b) la comprobación de que no existen traslapes de más del 20% entre el derrotero propuesto y los existentes al momento de hacer la propuesta (Art. 73 del RTPySCEM).

⁴ Se define derrotero como el itinerario o secuencia de secciones viales por donde circula una unidad de transporte para ir de un origen a un destino previamente definido. La ruta de transporte por su parte implica un par origen-destino (ida y vuelta) pero no necesariamente un itinerario.

En este esquema simplificado de la organización del transporte público de autobuses en la ciudad puede observarse lo siguiente:

1. La asignación de competencias de la organización del servicio a nivel estratégico son complejas. Por un lado, Toluca es la capital del Estado por lo que pudiera entenderse que el Gobierno Estatal debería tener una cierta participación en la organización del transporte público. Por otro, la capital se encuentra localizado en el municipio de Toluca lo que también justifica que la autoridad municipal intervenga. En la práctica, hasta antes de iniciar el proceso de municipalización del transporte (año 2004), la participación de la autoridad municipal a nivel estratégico estaba excluida. Actualmente, la orientación política distinta entre ambos niveles de gobierno ha empantanado el proceso de municipalización, dificultando con ello la delimitación de competencias y sobre todo el establecimiento de la cooperación y la coordinación. Es urgente que ambas instancias de gobierno definan sus competencias (territoriales, administrativas, etc.) con el objeto que la materia de debate sea la política de transporte público a implementar, la planeación y la estructura de las redes de transporte y la elección de los esquemas de regulación más convenientes.
2. La organización actual del transporte público de pasajeros presenta carencias graves en sus tres niveles. Desde el punto de vista estratégico, no existe evidencia de que las medidas establecidas durante el estudio técnico para la autorización de una concesión garanticen el desarrollo de una red complementaria o estructurada y mucho menos una política de transporte bien definida. En efecto, actualmente en la ciudad y sus delegaciones circulan oficialmente alrededor de 150 líneas de transporte público que son operadas por 12 empresas. Estas concesiones, en el mejor de los casos, se han autorizado a medida que las necesidades de movilidad de la población van surgiendo. Con ello, el efecto obtenido es, por un lado, que la red de transporte va siguiendo a los asentamientos humanos a medida que la mancha urbana se extiende, contrariamente a lo que debiera suceder, si a nivel estratégico se planeara el desarrollo de la ciudad y su articulación a partir de las redes de transporte. Por otro lado, ante un número de vialidades fijas y la falta de lineamientos para la integración de las líneas concesionadas, el fenómeno de traslape de líneas se vuelve inevitable. Puede verificarse que en un conjunto de avenidas y calles de la ciudad (e.g. Benito Juárez, Paseo Colón, Toluca, Miguel Hidalgo, Alfredo del Mazo, etc.) existen problemas de saturación de líneas de transporte público. En efecto, bajo el criterio de concesionamiento existente se “resuelve” el problema de cubrir orígenes y destinos sin servicio creando más líneas de transporte que en la mayoría de los casos requieren pasar por los polos de actividad económica (e.g. la zona centro de la ciudad). Con ello el precio a pagar es una red sin estructura ni integración ni recorrido óptimo, ya que estos son desviados hacia vialidades no necesarias, únicamente con el fin de cumplir el requisito de traslapes propuesto, generando con ello también congestión en vialidades locales y de todas formas traslapes en las vialidades articuladoras de la ciudad.

3. Debido al fenómeno de con-urbanización entre la ciudad, las delegaciones y municipios aledaños, existe una tendencia de expansión de la zona urbana. Esta situación induce nuevos desplazamientos hacia la zona central de la ciudad ya que, entre otras razones, en estos nuevos asentamientos no existen empleos, ni servicios específicos por lo que la dependencia con las zonas consolidadas se da de manera natural. Los concesionarios del transporte público encuentran en esta dinámica una alternativa para solicitar nuevos derroteros que conecten las zonas en expansión con el centro de la ciudad o en su caso que interconecten estas zonas pasando por las zonas consolidadas. Esta tendencia ha prevalecido en los últimos años y ha marcado la estructura actual de la red. En efecto, la red actual es radial con una alta concentración de rutas en las vialidades primarias del centro de la ciudad. Esta estructura provoca que la mayoría de los autobuses pasen por él, aún cuando no haya necesidad. La zona centro funciona más bien como una terminal gigantesca o zona de trasbordos mientras que en las afueras de la ciudad no existen suficientes servicios adecuados a los movimientos tangenciales o entre delegaciones de la ciudad.
4. Debido a la inexistencia del nivel estratégico en la organización del transporte público se tiene como consecuencia un nivel táctico poco preciso e ineficaz. En efecto, la cantidad y la calidad del servicio no son establecidos con claridad al momento de otorgar las concesiones. El estudio técnico solicitado actualmente para demostrar que existe una demanda potencial a través del recorrido de un derrotero no garantiza un estudio serio de demanda, tampoco integra el efecto tan complejo de interacción entre las líneas ya existentes y mucho menos garantiza una visión de planificación de redes. Por ello, es poco factible que con base en esta información, la autoridad correspondiente pueda definir las características del servicio (nivel de servicio y operación) tales que sean coherentes con las necesidades de movilidad de las personas. Por otra parte, como ya se mencionó, tampoco tiene una política de transportes definida a partir de la cual exista un servicio estándar o servicio mínimo. Los concesionarios por su parte, se limitan a proponer un servicio en el que obtengan un cierto margen de ingresos sin tener en consideración la calidad que estén ofertando.
5. Las deficiencias a nivel operativo son todavía más elocuentes: exceso de unidades en circulación, tasas de ocupación bajas, tiempos de viaje excesivos, unidades en malas condiciones físicas y mecánicas, niveles de seguridad deficientes, número de accidentes elevado, irresponsabilidad de los conductores en el manejo de las unidades, no respeto de las señales de tránsito. En diversos puntos de la ciudad puede observarse un gran parque de autobuses que generan grandes filas de espera en las intersecciones provocando congestiones en varios puntos de la red vial de la ciudad. Algunos lugares concretos donde pueden constatarse lo anterior es la zona aledaña a la terminal de autobuses de la Ciudad de Toluca. Los problemas mencionados se ven agudizados en ciertos días de la semana, como el viernes, en el cual se lleva a cabo una gran actividad comercial en el mercado Juárez. Los síntomas observados en este último nivel de la organización del transporte constituyen la parte más visible del problema (un iceberg). Son las consecuencias de las deficiencias existentes a nivel estratégico y táctico y que sólo podrán ser revertidas si se establece una organización integral y coherente a estos tres niveles. Más allá del servicio de transporte público *per se*, los

efectos de estas disfuncionalidades se extienden por encima de lo observable, ya que tienen que ver con la disponibilidad de modos de transporte, la tarifa y eventualmente los niveles de pobreza de sus habitantes.

6. Los usuarios, ante la necesidad de trasladarse elegirán alguno de los medios de transporte que tienen disponibles, tales elecciones serán en la ruta y en el modo. En el primer caso, existen varias opciones (diferentes líneas de autobuses) sólo en las longitudes donde se dan los traslapes de los derroteros, mientras en otros puntos sólo se tiene una sola opción (una línea de transporte). A pesar de que el taxi en ambas situaciones es otra opción para los usuarios ésta se encuentra restringida ya que la tarifa de este modo de transporte comparada con la del autobús tiene una gran diferencia⁵. De ahí que los usuarios de ingresos medios y bajos sean cautivos del servicio de transporte público y sólo realicen el viaje por el modo taxi en circunstancias especiales. Por ejemplo, en un estudio de las características de movilidad de los usuarios del transporte público en el corredor Lerma-Toluca, se detectó que el porcentaje de cautivos era de alrededor del 64% (ver Sánchez, 2003). Por otra parte, si se considera que la reglamentación vigente impide que dos o más empresas proporcionen el servicio en un mismo derrotero, los usuarios prácticamente no tienen otra alternativa que hacer uso de la única línea existente, aún cuando la calidad del servicio sea deficiente (monopolio). La empresa por su parte, al no tener definida una calidad de servicio mínima y al no ser supervisada por ninguna autoridad no se interesa por mejorar el servicio que proporciona.
7. Una de las pocas regulaciones de la autoridad pública lo constituye el esquema tarifario, actualmente, el prevaleciente en el sistema de transporte urbano de autobuses de la Ciudad de Toluca es el de tarifa única (plana). El usuario paga un monto fijo por cada tramo-viaje que realiza (en este momento de \$5.0). Estos tramos-viaje pueden ser de apenas unos cientos de metros hasta varios kilómetros. Para los servicios suburbanos el esquema cambia al de una tarifa compuesta por una parte fija (banderazo) mas un tarifa por kilómetro aplicable a partir de cierta distancia recorrida. Por ejemplo, las rutas que corren a San Mateo Atenco, San Pablo Autopan o al poblado de Nativitas tienen una tarifa autorizada de \$5.50, es decir 10% por arriba de la tarifa plana. El monto de esta tarifa depende generalmente del contexto político y económico del momento, los ajustes se dan a partir de negociaciones entre las empresas concesionarias y el Gobierno del Estado por lo que no están sustentados en análisis técnicos de costos de producción, ni en los niveles de demanda existentes. Debido a la configuración radial de la red y al costo de cada trasbordo, los usuarios que se desplazan entre las delegaciones se ven obligados a realizar trayectorias que pasan por la zona centro de la ciudad aún cuando pueda existir un derrotero alternativo con más trasbordos pero con menos tiempo de viaje. En otros casos, la estructura de los derroteros obliga a los usuarios a realizar trasbordos para concretar su viaje. Debido a que la mayoría de los usuarios cautivos son de bajos ingresos, el costo de transporte impacta de manera significativa en su ingreso efectivo, llegando a representar un porcentaje elevado asignado a este rubro. Este indicador se ha empleado como criterio para medir el grado de pobreza y aunque

⁵ Para tener una idea de la diferencia de tarifas entre el taxi y autobús se tomará como ejemplo el viaje entre la terminal de autobuses y Ciudad Universitaria, la tarifa para el autobús sería de 5 pesos mientras que para taxi sería de 20 pesos (400% más cara).

no se ha estimado aún con precisión, los estudios preliminares en este sentido (ver Sánchez, 2003) muestran que los porcentajes se hallan por encima de los estándares mundiales.

2.2.2 Selección del corredor de estudio

Para aplicar el marco teórico descrito en las secciones anteriores, fue necesario identificar un corredor de transporte que reuniera las características mencionadas a continuación:

- Que los usuarios estén habituados a elegir entre diferentes líneas de transporte público. Este tipo de usuarios posee información importante respecto a factores y criterios de elección los cuales interesa analizar. El contexto de elección se da en la práctica cuando existen varias líneas de autobuses que se traslapan en un tramo importante de su recorrido y que a la vez cubren el origen y destino de un grupo de usuarios.
- Que se encontrará en una zona urbana, donde existiera una problemática importante respecto a la calidad del servicio a los usuarios y al mismo tiempo que éste fuera prestado por diferentes líneas de transporte público.
- Que los tiempos de recorrido medio de los usuarios a bordo del autobús, fueran lo suficientemente amplios (10-25 minutos) para aplicar encuestas cortas (10-15 preguntas) relacionadas a la calidad del servicio percibido y sus preferencias de elección modal.
- Que la variabilidad de los tiempos de recorrido en el curso del día fueran relativamente amplia (coeficientes de variación mayores al 25%). Es decir que la dispersión de los tiempos de recorrido representara alrededor de una cuarta parte del tiempo de recorrido medio. Esta condición permite dar credibilidad a los eventuales escenarios sobre reducción de tiempos de recorrido presentados a los usuarios.
- Que la población encuestada posea heterogeneidad respecto a sus características socioeconómicas y de movilidad. Lo cual permite conocer el comportamiento y preferencias de los usuarios en conjunto y por separado, pudiendo ser los estratos referentes a la edad, nivel de ingresos, el motivo del viaje, etc.

Para la selección del corredor urbano se emplearon los criterios definidos anteriormente, evaluándose dos alternativas: el corredor Toluca (CT) comprendido entre la terminal de autobuses y Ciudad Universitaria (CU) y el corredor Lerdo de Tejada (CLT) delimitado por la avenida Isidro Fabela y Ciudad Universitaria⁶. El CT se descartó ya que luego del inventario autobuses y empresas, se detectó lo siguiente: a) que solo cinco empresas daban servicio en este corredor; b) que las líneas existentes atendían a usuarios con un origen-destino específico. Por lo tanto, la condicionante de tener un proceso de elección entre diferentes servicios no tenía lugar. Finalmente, c) que la longitud de traslape entre derroteros no era tan considerable, ya que sólo dos empresas (2 de marzo y Tollotzin) presentan recorridos prácticamente similares en todo el corredor.

⁶ Cabe señalar que un principio, el tramo de estudio abarcaba sólo hasta la calle F. Villanueva (ver figura 2.1), pero debido a que CU es un punto importante en la ciudad, se decidió que el estudio abarcará hasta este punto.

El CLT (figura 2.1) cumplió con las condiciones establecidas previamente, por lo que se procedió a levantar la información siguiente: las características de la oferta a partir de la identificación de los servicios disponibles, su frecuencia y su tiempo de recorrido.

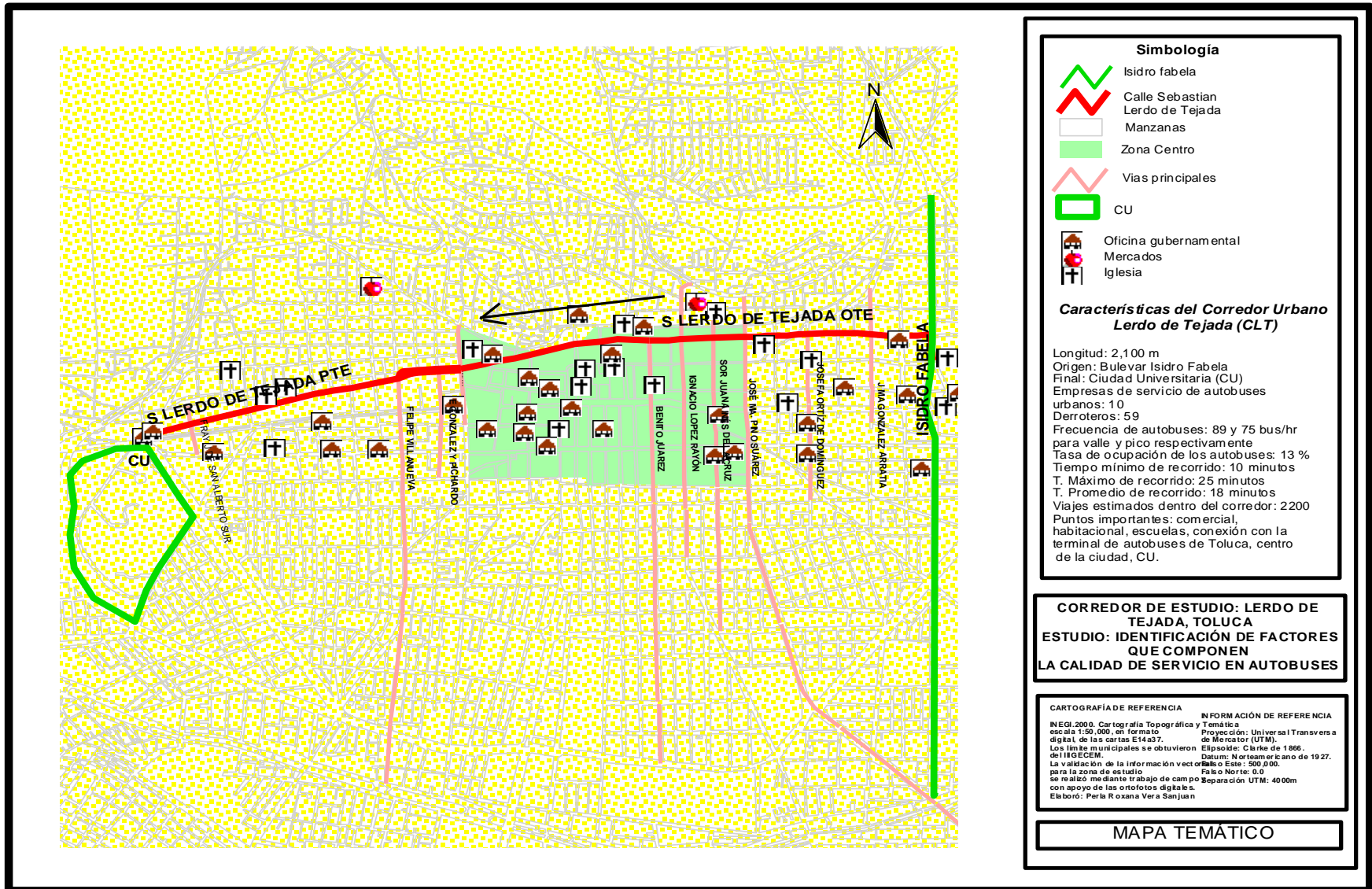


Figura 2.1 La zona de estudio

2.2.3 Características de la oferta en el CLT

Por medio de inspecciones en el CLT, se identificaron 10 empresas concesionarias (ver tabla 2.1) que brindan servicio en el corredor a través de 59 derroteros⁷. Es importante hacer notar que tres de éstas, poseen cerca del 50% de los derroteros existentes. Éstos a su vez, no necesariamente recorren el corredor en su totalidad, sino que circulan únicamente en ciertos tramos, dando como resultado traslapes que se extienden desde unas cuadras hasta la longitud total del CLT.

Tabla 2.1 *Empresas que prestan el servicio en el CLT*

Nombre de la empresa	Derroteros
Autotransportes Urbanos de Toluca y Zona Conurbada	3
Autotransportes Urbanos y Suburbanos Tollotzin	3
Autotransportes Colon Nacional	5
Sistema de Transporte Urbano y Suburbano de la Ciudad de Toluca (STUT)	9
Transportes Urbanos y Suburbanos Tollocan	2
Autobuses Flecha Blanca de Toluca	2
Autotransportes 2 de Marzo	12
Servicios Urbanos y Suburbanos Xinantecatl	12
Adolfo López Mateos (ALM)	5
Autotransportes Zinacantepec	6

En la figura 2.2 están representados los puntos de entrada y salida de los derroteros en el CLT. Para representarlos, se empleó un identificador que consta de 7 dígitos. Los dos primeros corresponden a la empresa, los dos siguientes a la clave (nombre) del derrotero con el cual es identificado oficialmente por el Gobierno del Estado. Los dígitos quinto y sexto corresponden al nombre de la calle por la cual entra o sale del corredor y el último dígito indica el movimiento (0-entrada, 1-salida). Así por ejemplo, el 0814010 indica la empresa Xinantecatl (08) con su derrotero 01-115-14 (14) que corre de Cacalomacan a San Marcos por Toluca centro, el cual entra al CLT por el bulevar I. Fabela (01). Mientras el 0814121 nos indica la salida (1) del derrotero sobre la avenida Juárez (12). Cabe mencionar que en el esquema sólo se presentan las calles por las cuales entra o sale un derrotero del CLT y no la traza urbana en su totalidad (ver como referencia la figura 2.1).

⁷ La relación de estos derroteros se visualiza en el anexo 1.

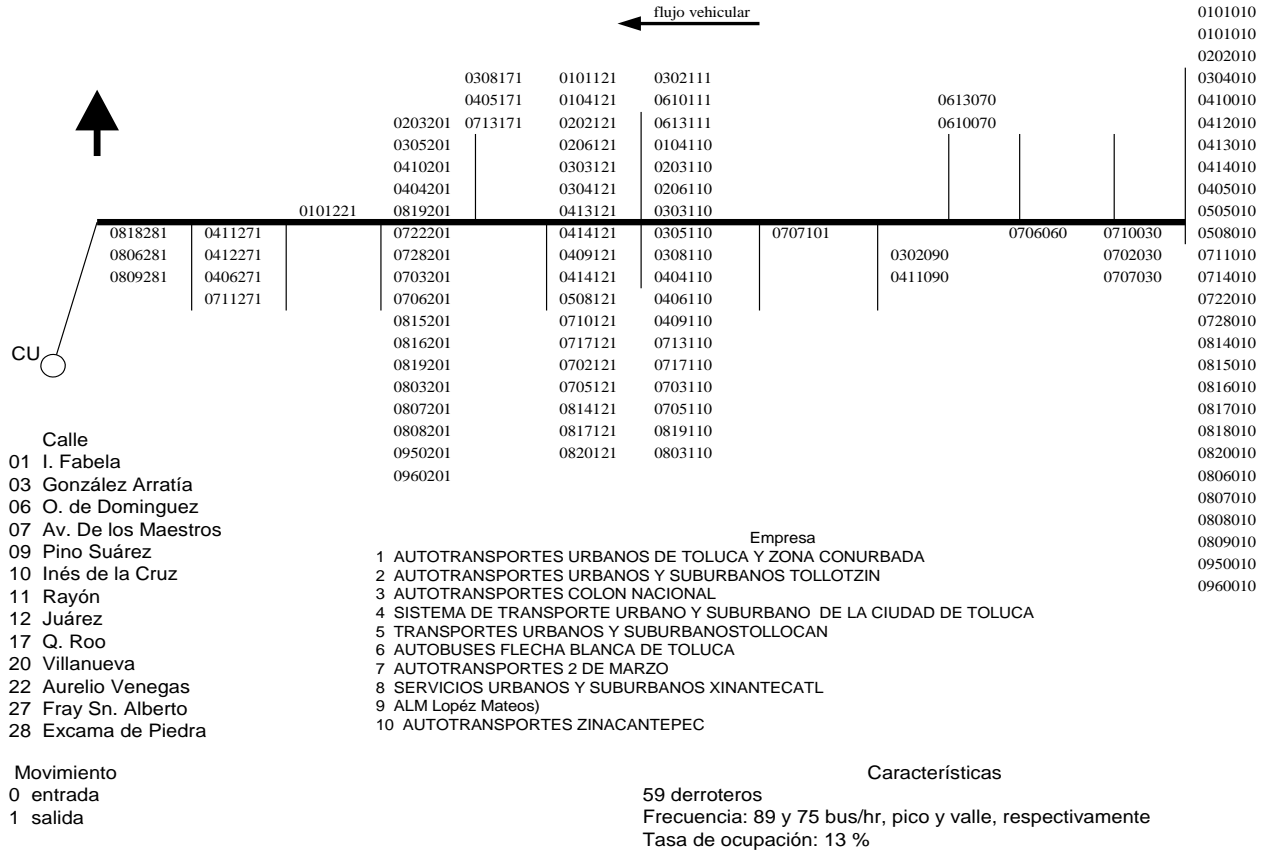


Figura 2.2 Derroteros en el CLT

A partir de las 10 empresas que se identificaron (tabla 2.1) se realizó un filtro para tomar en cuenta sólo a aquellas que mediante uno de sus derroteros realizan el recorrido completo del tramo de estudio. Como se mencionó anteriormente, esta condición era necesaria para evaluar el comportamiento ante una situación de elección. Así, la población de interés son los usuarios que abordan y descienden dentro del corredor de estudio y que tienen varios servicios alternativos para elegir. Las empresas que cumplieron con alguno de sus derroteros con lo indicado son presentadas en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 *Empresas consideradas en el estudio*

Nombre de la empresa
STUT
2 de marzo
Xinantecatl
ALM
Zinacantepec

Estimación de los tiempos de viaje. Mediante una encuesta realizada al inicio de este estudio a los operadores de los autobuses dentro del corredor CLT, se obtuvo información acerca de tiempos de viaje y el número aproximado de usuarios que transportaban a lo largo del derrotero y dentro del CLT. Esta fuente de

información es confiable por varias razones: en primer lugar, porque se obtuvo el inventario exacto de la oferta a través de la información oficial de las empresas, derroteros y frecuencias, proporcionada por la Secretaría del Transporte Terrestre del Estado de México la cual fue verificada y completada en campo. En segundo lugar, por el hecho de que las empresas definen la frecuencia de paso de los autobuses y en consecuencia los conductores tienen pleno conocimiento de ella. En tercer lugar, dado que los conductores reciben directamente el pago de la tarifa, tienen conocimiento exacto del ingreso en un día de trabajo. Como la tarifa es plana en este corredor se obtiene directamente el número de usuarios. Finalmente, en cuarto lugar, en el caso de las frecuencias de paso, se verificó en campo la veracidad de la información aportado por los conductores. A partir de una serie de observaciones aleatorias a diferentes horas del día, se obtuvieron las frecuencias de paso en campo. Al contrastarla, no se hallaron diferencias significativas.

Los valores de frecuencias de paso fueron utilizados para estimar la cantidad de viajes que realizan exclusivamente dentro del corredor (ver detalles en la subsección 2.2.4). Los tiempos de viaje entre los límites del corredor (desde el boulevard I. Fabela hasta CU) fueron medidos a bordo de las unidades a diferentes horas del día, en un día típico de la semana. La variación de tiempos de viaje en el curso del día se muestra en la figura 2.3. En la cual se observa que existen cinco períodos singulares: dos períodos de tiempos de recorrido elevados (por la mañana y por la tarde), otro medianamente elevado (al mediodía) y dos periodos con tiempos bajos. Así, cerca de las 7 de la tarde los recorridos son los más elevados (25 minutos) mientras que los recorridos más bajos (periodo valle), 10 minutos, se registraron de 10:30 a 12:00 horas. Las variaciones entre los periodos singulares son típicos de las zonas urbanas donde los periodos de máxima demanda se presentan durante el período de inicio o fin de actividades (es decir de 7-9 AM y de 6-8 PM) y durante la hora de comida o eventualmente, de ruptura de turno de las actividades económicas (1-3 PM). A partir de los registros obtenidos a lo largo del día se obtuvo un tiempo medio de viaje de 18 minutos con una desviación estándar de 2.9 minutos.

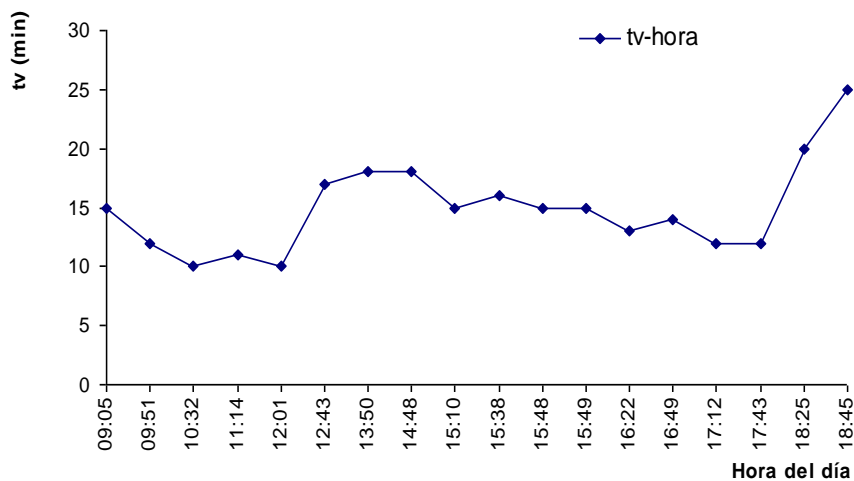


Figura 2.3 Tiempo de recorrido a través del día en el CLT

2.2.4 Estimación de la demanda en el CLT

Para tener la estimación de los viajes que son efectuados dentro del corredor, se llevó a cabo el siguiente procedimiento (no se tomaron en cuenta viajes que habían iniciado o terminarían fuera del CLT): i) ascenso del aforador al autobús correspondiente al derrotero, que previamente se había identificado para cada una de las cinco empresas en el punto de entrada (I. Fabela) del tramo de estudio; ii) aforo de usuarios que se encontraban a bordo del autobús; iii) aforo de ascenso de usuarios en todas las paradas CLT; iv) aforo de descensos en algún punto del CLT y que habían subido dentro del CLT.

Con la información de los viajes registrados en campo y la frecuencia se estimó la cantidad de viajes en una hora. Posteriormente, se calculó el promedio de viajes-hora y viajes-día. Lo anterior fue realizado para horas pico (1) y valle (0). Se tomaron 9 horas valle (6-7, 9-13, 15-18, 19-20) y 5 horas pico (7-9, 13-15, 18-19) para la estimación. En la tabla 2.3 se presentan los cálculos correspondientes. Al final se obtuvo la cantidad de 2,200 viajes totales al día.

Tabla 2.3 *Estimación de la cantidad de viajes para el CLT*

Empresa	Frecuencia (aut/hora)	Hora de Registro	Viajes registrados	Viajes en una hora	Promedio viajes/hora		Horas al día		Viajes al día		Viajes totales al día
					valle	pico	valle	pico	valle	pico	
2 de marzo	6	0	4	24							
	6	0	13	78							
	9	1	12	94							
	6	0	12	66	37	94	9	5	335	471	806
	6	0	2	12							
	6	0	1	6							
STUT	10	0	1	10							
	10	0	1	10	10	10	9	5	90	50	140
ALM	10	0	8	80							
	10	0	6	60	70	70	9	5	630	350	980
Zinacantepec	12	0	1	12							
	12	1	3	36							
	12	0	1	12	8	18	9	5	72	90	162
	12	0	0	0							
	12	1	0	0							
Xinantecatl	12	0	0	0							
	12	0	2	24	8	8	9	5	72	40	112
	12	0	0	0							
Totales									1199	1001	2200

2.3 Diseño de la encuesta de FNS

Descripción de la técnica empleada. La identificación de los factores del nivel de servicio (FNS) que conforman la calidad del servicio se obtuvo a partir de la percepción de los usuarios. Para ello, fue necesario seguir el siguiente procedimiento: primeramente, se estableció una lista inicial de factores los cuales fueron obtenidos a través de la información reportada en estudios similares y en la literatura correspondiente. Posteriormente, se

constituyó un grupo focal⁸ (GF) con objeto de identificar factores adicionales y definir la forma en que cada factor sería redactado, la técnica de jerarquización a emplear y el procedimiento de la encuesta. Con la información del GF, se redactó una encuesta preeliminar cuyos resultados permitieron, finalmente, obtener el cuestionario definitivo.

2.3.1 Grupo focal

Se ha mencionado (subsección 2.1.4) que la evaluación del nivel de servicio incluye una componente multidimensional de percepción que depende de cada usuario. Por ello, fue necesario llevar a cabo un ejercicio de GF para lograr la identificación de factores comunes determinantes del nivel de servicio. A partir de la revisión de la literatura sobre nivel de servicio y de información de estudios similares, se estableció una lista inicial de 13 factores que son consignados en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 FNS previamente identificados

Factor de la calidad del servicio
Tarifa
Forma de manejar del conductor
Tiempo de viaje
Forma de cobro (bonos o tarjetas)
Distancia que debe caminar para tomar el autobús
Estado físico de los autobuses (interior e exterior)
Tiempo que usted espera el autobús
Identificación visual de los autobuses (color o número)
Trato hacia el usuario y apariencia física del conductor
Paso del autobús a una hora establecida y conocida por el usuario
Nivel de ocupación del autobús
Riesgo de accidente
Paradas del autobús establecidas

La reunión con el GF sólo se llevó a cabo en una ocasión y su objetivo fue doble. Por un lado, complementar la lista de factores inicialmente identificados y por otro determinar la forma en que estos factores deberían ser redactados a fin de que fueran comprensibles para toda la población encuestada. Para conformar el GF se tomó en cuenta las características de las personas que deberían ser consideradas para evitar eventuales sesgos en el ejercicio. Si bien el grado de heterogeneidad del GF depende, entre otras cosas, del tema a tratar y del fin que percibe la reunión (Krueger, 1988), se buscó que el grupo conformado fuera heterogéneo en cuanto a las características de los participantes y que además fuera representativo del tipo de usuarios potenciales del corredor. De esta forma se seleccionaron siete⁹ personas de diferentes niveles de ingresos, de ambos géneros, de diferentes ocupaciones y que utilizan el transporte público y/o auto particular. Las características socioeconómicas del GF se presentan en la tabla 2.5.

⁸ Es una técnica utilizada para obtener información dentro de los métodos cualitativos de información, con el propósito de lograr información asociada a conocimientos, actitudes, sentimientos, creencias y experiencias de las personas sobre una particular área de interés.

⁹ Se había contactado en un principio a doce personas, pero por diferentes motivos cinco invitados no asistieron a la reunión.

Tabla 2.5 *Composición del grupo focal*

Ingreso mensual (\$)	Género	Ocupación	Modo de transporte que utiliza
7,500	Hombre	Profesionista	Auto particular
1,200	Mujer	Comerciante	Transporte público
1,000	Hombre	Estudiante	Transporte público
800	Mujer	Estudiante	Transporte público / Auto particular
3,000	Hombre	Empleado/estudiante	Transporte público
400	Mujer	Estudiante	Transporte público / Auto particular
3,466	Hombre	Empleado	Transporte público

La forma en que se llevó a cabo el GF fue con la participación natural (espontánea) de los participantes. Las personas mencionaban factores que integraban la calidad del servicio del transporte público. En un principio, los integrantes mencionaron factores que coincidieron con alguno de la lista que previamente se había realizado. Esta lista previa sirvió de guía durante la sesión, lo cual permitió que la conversación en el GF no decayera. Cuando se observó que algunos factores no se mencionaban en la reunión, se hacía un comentario indirecto acerca de él, lo que permitía a los entrevistados recordar dichos factores. Posteriormente, ellos mismos empezaban a hacer comentarios sobre dicho factor. En la sesión todos los entrevistados dieron su opinión acerca de los trece factores inicialmente identificados. Cabe hacer mención, que la reunión del GF fue llevada en un ambiente lo más favorable posible para los participantes, además de ofrecerles un refrigerio.

El GF mencionó un FNS que no se había considerado previamente, *la información de rutas*, el cual se refiere a que en las paradas de autobuses debería haber información de las rutas, mencionando empresas, vehículos y puntos importantes del recorrido de la ruta; además de estar esquematizada en un croquis.

Por otro lado, un factor previamente identificado el cual no fue mencionado durante la sesión fue el *riesgo de accidente*. Como no era mencionado, se le cuestionó de forma directa al GF sobre este factor. La razón por la cual no fue mencionado a decir del GF, es que este factor se encuentra implícito dentro del factor *forma de manejar del conductor* ya que si la forma de conducir es mala entonces hay más riesgo de accidente.

Durante la reunión de GF se hizo hincapié en el factor *estado físico de los autobuses*, se determinó que debía ser considerado como toda la unidad (interior y exterior). Este factor contempla el deterioro de las unidades, condiciones de los asientos y cristales; así como el estado del piso y de la parte superior (importante en temporada de lluvia, por las filtraciones dentro del vehículo); el estado de la carrocería y pintura. Características de los escalones, ubicación del interruptor para solicitar la parada, el primero, referente a las dimensiones y el segundo a su accesibilidad.

Otro factor que fue mencionado por el GF fue *paradas de los autobuses sólo en lugares establecidos*. Ya que a decir de ellos, si bien, existen algunos lugares identificados como autorizados para las paradas del autobús, los usuarios y los conductores no las respetan. Lo anterior es explicado por la baja (o nula) educación vial de la población.

En la tabla 2.6 se presentan los factores ya corregidos después de la experiencia del GF. El total de factores previamente identificados (13) no se modificó ya que se excluyó el *riesgo de accidente* y se incorporó la *información de rutas*. Sin embargo, se hicieron adecuaciones a la forma de redacción para las encuestas.

Tabla 2.6 *FNS establecidos por el GF*

Código	Factor del nivel de servicio
1	Tarifa
2	Forma de manejar del conductor
3	Tiempo que está dentro del autobús
4	Forma de pago (bonos o tarjetas)
5	Distancia que debe caminar para tomar el autobús
6	Estado físico de los autobuses (interior y exterior)
7	Tiempo que usted espera el autobús
8	Identificación visual de los autobuses (por color o número)
9	Paradas del autobús sólo en lugares establecidos
10	Trato al usuario y apariencia personal (higiene) del conductor
11	Paso del autobús a una hora establecida y conocida por el usuario
12	Lugares disponibles en el autobús
13	Información de las rutas en paradas

2.3.2 Elección de la técnica de jerarquización

Para identificar los FNS más importantes fue necesario emplear alguna técnica de jerarquización de variables. Una de las técnicas más empleadas es que el encuestado, dado un sistema de calificación (e.g. uno para el mejor, dos para el regular, etc.) indique directamente sobre una lista, en la encuesta, la nota que considere pertinente para cada factor. Otra alternativa es a través de tarjetas. Esta técnica tiene dos variantes: jerarquización en una sola etapa y jerarquización en varias etapas.

Aprovechando la reunión del GF se llevó a cabo una primera selección de la técnica más apropiada. Se pidió a las personas que jerarquizaran variables utilizando cada una de las cuatro posibilidades que se describen a continuación y posteriormente se les pidió su opinión acerca de esta experiencia. Las cuatro opciones que se presentaron al GF para el ejercicio de jerarquización fueron las siguientes:

- *Opción 1: jerarquizar todos los FNS a la vez.* El ejercicio consistió en que la persona debía colocar el número 1 al factor más importante, el 2 al factor más importante después del primero y así sucesivamente hasta enumerar todos los factores. Los factores se presentaban en un listado dentro del formato de la encuesta.
- *Opción 2: jerarquizar los FNS por medio de grupos.* Las personas agrupaban primero los factores en tres grupos: grupo 1, factores más importantes; grupo 2, factores medianamente importantes; grupo 3, factores menos importantes. Después debían jerarquizar los factores dentro de cada grupo. El entrevistado realizaba el ejercicio con un formato que le era entregado.

- *Opción 3: jerarquizar todos los FNS a la vez con tarjetas.* A las personas se les pidió ordenar las tarjetas que contenían el texto de los FNS de mayor a menor importancia. Recordar que el número de tarjetas era igual al número de FNS (13 para nuestro caso).
- *Opción 4: jerarquizar los FNS por medio de grupos con tarjetas.* El mismo procedimiento que la opción 3, sólo que las tarjetas eran colocadas por los entrevistados sobre un formato donde se indicaba cada uno de los grupos (más importante, medianamente y menos importante). En esta opción se podía cambiar el orden de las tarjetas tanto para un mismo grupo como entre grupos.

A continuación se comentan las opiniones obtenidas de las cuatro opciones que fueron experimentadas. El GF en un principio optó por la opción 1 y 2 como las mejores. Mencionaron que el ejercicio se les hacía más fácil de realizar ya que tenían en el mismo formato la lista de los FNS. Pero, cuando se les pidió que imaginaran hacer el ejercicio en condiciones de viaje en autobús y sus implicaciones, entonces, mencionaron que bajo esas circunstancias las dos últimas opciones resultaban más atractivas. El argumento contra las dos primeras opciones fue principalmente la dificultad para escribir y la eventual molestia causada por ello a los entrevistados. Por lo anterior, se optó por las opciones 3 y 4 para realizar la primera encuesta piloto.

Es importante mencionar que en un principio se había considerado en la impresión de las tarjetas el texto del FNS acompañado de un dibujo que hacía alusión al factor en cuestión. Se había tenido sugerencias de que no era correcto imprimir imágenes en las tarjetas, ya que el dibujo distrae al entrevistado y por tal motivo sólo debía llevar el texto en la tarjeta. Lo anterior fue constatado en la reunión del GF, ya que las personas realizaron el ejercicio de jerarquización (opciones 3 y 4) con tarjetas que tenían imágenes impresas. Las opiniones de los integrantes del GF al respecto fueron las siguientes:

- Cuatro personas declararon haber realizado la jerarquización basándose en el dibujo y en el texto. Es preciso señalar que las personas aceptaron que el dibujo llamaba mucho la atención ya que comentaron que para su decisión primero observaron el dibujo y después leyeron el texto.
- Una persona mencionó que realizó el ejercicio con base a la información obtenida del texto impreso sin tomar en cuenta las imágenes.
- Dos personas aceptaron haber realizado el ejercicio con base exclusivamente en el dibujo. Este último caso es el más interesante. Al cuestionar a las personas del por qué no habían tomado el texto en consideración para llevar a cabo el ejercicio, indicaron que el dibujo les había llamado la atención en el mismo momento en que se les entregaba las tarjetas, a tal grado que sólo tomaron las imágenes para compararlas entre sí y de esa forma realizar el ejercicio. Mencionaron que en un momento visualizaron un texto en las tarjetas pero no le tomaron importancia. Aceptaron que no leyeron ninguno de los textos de las tarjetas y que nunca supieron lo que decía. Una posible explicación a este caso es que ambas personas eran las que tenían el menor grado de escolaridad.

Los dos primeros grupos de opinión no tienen ninguna repercusión en el resultado final del ejercicio, pero el tercer caso sí. Aunado a las sugerencias que ya se tenían y con base a los resultados descritos, se determinó que las tarjetas sólo llevarían el texto impreso del FNS.

Es preciso señalar que los resultados expuestos en esta sección son de sólo siete personas y el lector pudiera asumir que no existe una representatividad de esta pequeña muestra con la población. Pero recordemos que el GF permitió mejorar aspectos que hasta ese momento se habían trabajado con base a la literatura y en supuestos empíricos para el caso de estudio.

2.3.3 Aplicación de la encuesta piloto FNS

El formato de la encuesta se realizó en dos partes: ejercicio de jerarquización y una sección de preguntas que permitieran conocer algunos aspectos socioeconómicos del entrevistado. Los objetivos de la encuesta piloto FNS fueron:

- Constatar que no hubiera interpretación errónea de los FNS, es decir, que las personas entendieran la redacción, texto y palabras utilizados en la encuesta.
- Conocer la respuesta y la disponibilidad de las personas para contestar la encuesta.
- Determinar la dificultad para hallar a las personas objeto que deberían encuestarse.
- Definir cual de las dos opciones de jerarquización (3 ó 4) era la más conveniente para realizar la encuesta definitiva FNS.
- Establecer las consideraciones que deberían tomar los encuestadores para auxiliar al entrevistado durante la entrevista pero sin llegar a influir en sus respuestas.
- Redefinir las estrategias generales a seguir en la aplicación de la encuesta definitiva FNS.

En la encuesta piloto FNS se aplicaron 32 encuestas, este número es considerado suficiente para el propósito de la encuesta. Además que con 30 datos (Kocur *et al.*, 1982) se obtienen resultados suficientemente favorables. La encuesta piloto FNS fue distribuida según la tabla 2.7 en la que se tomó en cuenta tanto la hora del día como la técnica de jerarquización utilizada.

Tabla 2.7 *Distribución de encuesta piloto FNS*

Estado del día	Hora	Tipo de encuesta	
		opción 3	opción 4
pico	7-9	2	2
valle	9-13	4	4
pico	13-15	2	2
valle	15-18	2	2
pico	18-19	4	4
valle	19-20	2	2
	total	16	16

2.3.4 Resultados de la encuesta piloto FNS

Los resultados más importantes de la encuesta piloto FNS fueron:

- Se constató que en horas pico las personas son menos susceptibles a responder la encuesta por dos razones. En primer lugar, porque tienen una hora fija para llegar a su destino y consideran que al responder una encuesta se limitarían su libertad para descender y con ello llegar con retraso a su destino. En segundo lugar, porque consideran que el confort en el autobús cuando este va muy ocupado no es el suficiente para responder una encuesta.
- En ocasiones los encuestadores se enfrentaron a la negativa por parte del conductor para realizar la encuesta (caso que no existió si el entrevistado pagaba la tarifa).
- La entrevista con la opción 4 en comparación con la 3 tomó en promedio 50% más de tiempo. Lo que ocasionaba que algunos entrevistados no cambiaran el orden o el grupo de alguna tarjeta, aún cuando se observaba que deseaban hacerlo.
- La calidad de los datos recabados mediante la opción 4 es mayor, ya que al entrevistado le es más fácil ordenar cuatro tarjetas para cada grupo que 13 a la vez. Resultado que concuerda con lo reportado en Ortúzar y Garrido (2000).
- Se detectó que mediante la opción 3 el entrevistado sólo realiza la jerarquización de cuatro o cinco FNS de forma adecuada, mientras que el resto de las tarjetas ya no son jerarquizadas.
- Las personas entendieron sin mayores dificultades el ejercicio de jerarquización propuesto.
- El lenguaje utilizado en los formatos y tarjetas fue entendible por los entrevistados.

Con base a lo anterior, se decidió emplear la opción 4 para aplicar la encuesta definitiva. En lo que respecta al tiempo que se empleó en la entrevista de la encuesta piloto, éste se pudo reducir casi en un 50% en la encuesta definitiva FNS al realizar el ejercicio de jerarquización con las tarjetas y el formato¹⁰ impreso en papel imantado. Esta posibilidad facilitó la realización del ejercicio ya que el entrevistado le fue posible colocar las tarjetas y modificar el orden sin que estas cayeran¹¹.

Otra conclusión importante de esta actividad se refiere al orden en que se deberían de aplicarse las dos partes de la encuesta. Se concluyó que era más conveniente realizar las preguntas relativas a las características socioeconómicas antes del experimento de jerarquización, ya que hubo varios casos en que los entrevistados manifestaban su malestar al tener que contestar las preguntas luego de haber dedicado tiempo a realizar la jerarquización. En ocasiones hubo rechazos a continuar respondiendo a esta parte del cuestionario.

¹⁰ Los cuales se pueden visualizar en los anexos 2 y 3.

¹¹ En un primer intento se empleó papel adherible para realizar el ejercicio. Sin embargo, esta fórmula impedía que se realizara el cambio de las tarjetas de una manera eficiente y rápida.

2.3.5 Encuesta definitiva FNS

La encuesta definitiva FNS fue aplicada los días jueves y martes (03 y 08 de junio del 2004). Se eligieron estos días debido a que representan un día típico de la semana en el cual la variabilidad de la demanda es estable.

Como ya se mencionó anteriormente, la encuesta se integró de dos partes (en el anexo 4 se presenta un espécimen de la encuesta): la correspondiente al ejercicio de jerarquización y la relativa a los datos socioeconómicos de los usuarios: ingresos, cantidad de viajes, motivo y rango de edad. Componentes que, en conjunto con la hora del viaje y género, inciden tanto en las decisiones de elección modal de los usuarios como en la percepción de la calidad del servicio y en general en las preferencias de los usuarios (Ortúzar *et al.*, 1997, Axhausen *et al.*, 2001 y Espino, 2003).

Cálculo del tamaño de la muestra. Para este cálculo se aplicó un muestreo aleatorio estratificado (MAE) en el que se consideró como estratos a las cinco empresas consideradas en el estudio (Supra tabla 2.2). Se consideraron adicionalmente dos muestras correspondientes a la hora pico y valle. El tamaño de la muestra considerando asignación proporcional se obtiene de la siguiente manera (Cochran, 1998):

$$n_0 = \frac{\sum W_h s_h^2}{V}, \quad n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (2.1)$$

donde W_h , s_h^2 es la ponderación del estrato y variación, respectivamente, para el estrato h ; V indica la variancia deseada; N es el tamaño de la población (2200 viajes/día); n_0 es la aproximación de la muestra, mientras que n es el número de unidades de la muestra.

Realizando las operaciones correspondientes se obtiene una muestra de 39 y 86 encuestas para hora valle y pico respectivamente (125 en total). Para fines prácticos y considerando una tasa de encuestas para reposición del 10% consideró una muestra de 50 y 100 encuestas. La distribución (ver tabla 2.8) de la encuesta definitiva FNS se consideró tanto a las cinco empresas consideradas en el estudio como la hora del día. Ésta última, permitió analizar las percepciones de los usuarios en los dos períodos del día (pico y valle).

Tabla 2.8 *Distribución para la encuesta definitiva FNS*

Empresa	Hora pico		Hora valle	
	Encuestas	Encuesta en una hora	Encuestas	Encuesta en una hora
2 de marzo	47	8	14	2
STUT	5	1	4	1
ALM	35	6	26	3
Zinacantepec	9	1	3	1
Xinantecatl	4	1	3	1

2.4 Resultados

2.4.1 Estadística descriptiva de la encuesta definitiva FNS

La estadística descriptiva de la encuesta se detalla a continuación:

- *Género.* El porcentaje de usuarios varones y mujeres es repartido equitativamente (50%). Esta proporción indica por un lado la buena representatividad de la muestra ya que se asemeja a los valores nacionales (51% mujeres y 49% hombres) y por otro que en este corredor los usuarios son muy heterogéneos por lo que no hay tendencias que inclinen a tener más usuarios de un cierto género.
- *Nivel de ingresos.* Para solventar la renuencia de las personas a declarar su ingreso, se establecieron 10 clases en las cuales el encuestado seleccionaba el rango de ingreso en el que se encontraba (ver anexo 4). Los resultados muestran que en general los ingresos de la muestra son relativamente bajos. Las proporciones reportadas a continuación resultan de la agregación de las clases originalmente propuestas en 5 clases: en la clase 0-1,000 pesos se ubicó el 22% de las personas; en la clase 1,001-2,000 el 32%; en la clase 2,001-4,000 se ubicó el 30%; mientras para la clase 4,001-8,000 se obtuvo el 16%. Cabe mencionar que para ingresos mayores de 8,000 sólo una persona reportó un ingreso de 12,000 pesos. Sin embargo, este fue un caso fortuito ya que el entrevistado declaró que ese día no dispuso de su auto debido a una falla mecánica.
- *Viajes a la semana.* En este reactivo se solicitó a los encuestados indicar cuantos viajes de ida realizaban a la semana (ver anexo 4). Se obtuvo 37% realizan entre uno y cuatro viajes en tanto que 42% realizan cinco viajes y 21% realiza mas de 6 viajes a la semana. Estos resultados muestran que al menos el 63% de los encuestados son usuarios habituales del servicio.
- *Motivo de viaje.* Para obtener esta información se solicitó a los entrevistados seleccionar de una serie de 8 motivos definidos en una lista cual era el motivo de su viaje dejando abierta la posibilidad de indicarlo al encuestador en caso de no hallarlo en la lista previamente definida. Así, se obtuvo que un 26% de los encuestados se desplaza por motivos de trabajo mientras que el motivo “escuela” alcanzó un 30%. El 44% restante se desplaza por motivos diferentes al trabajo o la escuela, es decir: compras, diversión, casa, visitas o tramites administrativos.
- *Edad.* Como en el caso del ingreso, para evitar el rechazo a responder a la pregunta de la edad, se definieron 6 clases de edad en la que el entrevistado indicaba únicamente el rango en que se encontraba. Se obtuvo que la mayor parte de los entrevistados (59%) se encuentran entre los 18 y 30 años; en segundo lugar con 30% se hallan las personas que tienen entre 31 y 60 años; seguida por el 9% de las personas menores de 18 años y finalmente los mayores de 60 años que representan únicamente el 2%.

2.4.2 Jerarquización de factores que definen la calidad de servicio

Para obtener el orden (importancia) de jerarquización de los FNS se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

1. *Obtención de frecuencias.* Se obtiene la frecuencia de aparición de cada uno de los FNS para cada posición dentro de la jerarquización.
2. *Construcción de la matriz de frecuencias.* Se forma la matriz cuadrada A de orden n que se presenta en el cuadro 2.1. Cada una de las a_{ij} representa la frecuencia de elección del factor i , para el orden de jerarquización j . Así por ejemplo, a_{11} , nos dice el número de veces que el factor 1 fue colocado por los entrevistado en la posición 1. En nuestro caso la matriz de frecuencia fue de orden 13.

Cuadro 2.1 *Matriz de frecuencias de los FNS*

Factor	Valor cuantitativo asignado					Valor cuantitativo
	v_1	v_2	v_3	...	v_j	
	Orden de jerarquización					
	1	2	3	...	j	
1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1j}	V_1
2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2j}	V_2
3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	...	a_{3j}	V_3
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
i	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	...	a_{ij}	V_i

3. *Valor cuantitativo de la posición.* Se signa un valor cuantitativo, v_j , para cada una de las posiciones j de la jerarquización (cuadro 2.1). La cual pudiera ser una de las dos opciones: i) $v_i < v_{i+1}$ y ii) $v_i > v_{i+1}$. Para nuestro caso elegimos la primera opción. Los valores asignados fueron: 1 para la posición uno; 2 para la posición dos; el valor de 3 para la posición tres; y así sucesivamente hasta la posición trece a la cual se le asignó un valor de 13.
4. *Valoración del FNS.* Se obtiene el valor de cada uno de los i FNS (ver cuadro 2.1) el cual se calcula mediante:

$$V_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} v_j \quad (2.2)$$

5. *Jerarquización del FNS.* Los valores V_i se ordenan de mayor a menor o viceversa, según la opción que se halla elegido en el inciso 3 (opciones i ó ii). Para el caso $v_i < v_{i+1}$ el ordenamiento es de menor a mayor. Así, el valor menor V_i , indica que el FNS es más importante, el segundo valor menor es el siguiente FNS en importancia y así sucesivamente. Mientras para la segunda opción ($v_i > v_{i+1}$) el valor mayor V_i , indica que el FNS es el más importante, el segundo valor mayor indicaría el segundo FNS en importancia, y así sucesivamente.

En la tabla 2.9 se presenta la jerarquización de los FNS para la muestra total y por estratos. El número (código) que se encuentra dentro de la tabla identifica al FNS cuya referencia está en la tabla 2.6. Los resultados son comentados a continuación:

- *Ingresos.* Para los cuatro casos se observa un resultado semejante. Se observa que los FNS 1 y 2 (*tarifa y forma de manejar del conductor*) aparecen en la primera y segunda posición, respectivamente. Este resultado se verifica en los siete análisis realizados. Por otra parte, existe una variación principalmente en la cuarta posición, donde aparece el FNS identificado con el número 13 (*información de rutas en paradas*).
- *Género.* Para ambos casos el resultado es igual hasta la tercera posición. Después de estos tres FNS, a las mujeres les interesa el *estado físico de los autobuses* (6), mientras a los hombres, el *tiempo de viaje*.
- *Hora del viaje.* Los resultados arrojan que en hora pico, efectivamente el *tiempo de viaje* es más importante que en horas valle. Aunque el *tiempo de viaje* (3) aparece como el tercer más importante.
- *Viajes a la semana.* El resultado nos indica que entre más viajes realice el usuario, *la tarifa* (1) toma mayor importancia. Es lógico, que a mayor número de viajes el desembolso realizado sea mayor. El factor 13 (*información de rutas en paradas*) fue jerarquizado como el tercero más importante para el caso de 1 a 4 viajes. Lo anterior se pudiera explicar considerando que los usuarios que viajan con menor frecuencia no conocen la ruta que realizan los autobuses, mientras que un usuario que viaje con mayor frecuencia, es lógico que conozca más a detalle las rutas del transporte público. Por otra parte, los usuarios más frecuentes jerarquizaron en la cuarta posición al factor *paso del autobús a una hora establecida y conocida por usted* (11). La explicación para el resultado anterior, pudiera ser que para estos usuarios les es más molesto soportar las variaciones de espera, ya que tienen que soportarlo en más ocasiones. Aunque, lo anterior debe tomarse con la precaución adecuada, si se considera que la frecuencia de los autobuses hallada en el CLT, es del orden de 89 y 75 bus/hr.
- *Motivo del viaje.* Los resultados muestran que la cuarta posición corresponde al *tiempo que está dentro del autobús* (3) y *forma de pago* (4) para viajes de trabajo y escuela, respectivamente. Ahora, si se piensa que la hora de llegada al trabajo está restringido, es lógico pensar que sí es importante el tiempo de viaje. Cuando el motivo del viaje es diferente de los dos anteriores, es razonable pensar que el usuario está más interesado en la *existencia de información de las rutas en paradas* (13), si se toma en cuenta que dentro de este caso (otros) se encuentran el ir de compras, trámite administrativo o diversión, actividades que se realizan en lugares muy específicos.
- *Edad.* Para usuarios de menor edad es más importante (después del FNS 1 y 2) *el trato al usuario* (10) y el *estado físico de los autobuses* (6). Mientras que para usuarios mayores de 30 años les es más importante, el *tiempo de viaje* (3). Esto posiblemente debido, a que a mayor edad de una persona se tienen mayores y más compromisos (trabajo, casa, familia, etc.); razón por la cual, tratará de reducir sus tiempos de traslado.

En general se identifican claramente como más importantes los FNS 1, 2, 3 y 6. Como medianamente importantes el 4, 7 (*tiempo que usted espera el autobús*) y 11. Mientras que los menos importantes son el 5 (*distancia que debe caminar para tomar el autobús*), 8 (*identificación visual del autobús*) y 9 (*paradas del autobús sólo en lugares establecidos*). Ahora, los FNS considerados menos importantes pudieran ser debido, primeramente, a que las rutas del servicio público tienen una cobertura aceptable; sin olvidar que los usuarios en el CLT apenas caminan una cuadra para poder tener acceso al autobús. Segundo, los usuarios hacen viajes habituales, lo cual refleja una identificación aceptable de los autobuses. Y tercero, debido a una inexistencia de respetar las paradas autorizadas por parte del usuario y conductor, lo que conduce a que cualquier punto es considerado “bueno” para ascenso y descenso de pasajeros. El lector debe tener claro que las interpretaciones realizadas son de un caso de estudio y el experimento realizado considera sus características particulares.

Tabla 2.9 *Resultado de la jerarquización de los FNS*

Análisis por Caso	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°
Muestra total	1	2	10	3	6	13	4	7	11	12	9	8	5
Ingresos (\$)													
< 1000	1	2	10	6	3	13	4	12	7	8	9	11	5
1000-2000	1	2	3	13	4	7	10	5	9	8	11	12	6
2000-4000	1	2	6	10	11	12	3	4	7	13	5	9	8
4000-8000	1	2	10	6	11	13	3	9	7	8	4	5	12
Género													
0 (femenino)	1	2	10	6	13	3	7	4	11	5	9	8	12
1 (masculino)	1	2	10	3	6	4	12	7	13	11	9	8	5
Hora del viaje													
pico	1	2	10	3	6	7	13	11	12	4	8	9	5
valle	1	2	6	10	4	3	13	7	9	11	5	12	8
Viajes semanales													
1 a 4	2	1	13	3	10	6	7	4	12	9	11	5	8
5	1	2	10	6	3	4	7	11	8	13	5	12	9
6 a 10	1	2	10	11	9	13	4	8	6	12	3	7	5
Motivo del viaje													
trabajo	1	2	10	3	11	7	6	4	13	5	9	12	8
escuela	1	2	10	4	3	6	8	9	12	13	7	11	5
trabajo/escuela	1	2	10	3	6	4	7	11	13	9	12	8	5
otros	2	1	13	6	10	3	7	11	4	12	9	5	8
Edad													
18 a 30 años	1	2	10	6	3	4	7	13	11	12	9	8	5
31 a 60 años	1	2	3	10	6	13	11	7	4	5	9	12	8
18 a 60 años	1	2	10	6	3	4	13	11	7	12	9	5	8

Para llevar a cabo la encuesta de preferencias declaradas (capítulo 3) se había considerado en un principio los cuatro FNS más importantes reportados del ejercicio de jerarquización, es decir¹²:

1. Tarifa
2. Forma de manejar del conductor
3. Trato al usuario y apariencia del conductor
4. Estado físico de los autobuses.

¹² Para obtener esta lista se toma los resultados de los estratos y no sólo la muestra total. Por lo tanto, no necesariamente el tiempo de viaje debiera aparecer en la cuarta posición.

Pero, el tiempo de viaje aunque tiene una importancia menor es considerado en el estudio ya que ésta variable junto con el costo del viaje (tarifa) permiten obtener el VSTV, así como la disponibilidad a pagar por aumentar o disminuir cierta característica del servicio cuyos resultados son presentados en el capítulo 3. Por lo tanto, los FNS considerados para la encuesta de preferencias declaradas fueron:

1. Tarifa (Costo del viaje)
2. Forma de manejo de conductor
3. Trato al usuario y apariencia del conductor
4. Estado físico de los autobuses
5. Tiempo que está dentro del autobús (tiempo de viaje)

3 Medición de los factores que componen el nivel de servicio

Como se describió en el capítulo 1, las técnicas empleadas para la colecta de datos que se utilizan en el ajuste de los MED pueden ser a través de información de PR o PD que usualmente se obtienen a través de instrumentos de medición en campo como son las encuestas. En este análisis se optó por emplear encuestas de PD debido a la ausencia de datos alternos y estudios relativos a los factores que determinan la calidad de servicio. La elaboración de este tipo de encuestas requiere de un proceso diligente para garantizar la calidad de los resultados (ver por ejemplo Stopher y Jones, 2003) y para la cual existe una metodología más o menos establecida (ver por ejemplo Louviere, *et al.* 2000). Una vez que se conoce el propósito de la encuesta es necesario proceder con las siguientes etapas: selección del modelo de elección, diseño experimental, diseño de experimentos, aplicación de la encuesta, validación de la información obtenida, ajuste econométrico, y análisis e interpretación de resultados. Cabe hacer mención que, la frontera de cada una de estas etapas es difícil de establecer, ya que en ocasiones es necesario considerar más de una a la vez, por ejemplo, para obtener un diseño experimental exitoso, es necesario involucrar las etapas referentes al diseño de experimentos, validación de la información y el ajuste econométrico, al mismo tiempo que se aplican distintas encuestas piloto. Sin embargo, esto no debe ser motivo de confusión, ya que será válido que el investigador manipule cada etapa de la forma que juzgue más conveniente para alcanzar la calidad de los resultados deseados.

La *selección del modelo de elección* se refiere a definir el tipo de MED a estimar. En este sentido existen tres elementos que condicionan las etapas posteriores del diseño de la encuesta. En primer lugar, la forma en que se conceptualice el proceso de elección que se está analizando. Es decir, el fenómeno de análisis puede ser modelado a partir de diversas posibilidades que dependen de la decisión del modelador. Por ejemplo, se puede considerar que la elección de alternativas se encuentran al mismo nivel (probabilidades directas: decidir hace un viaje o no), o que pueden depender de otras elecciones (probabilidades condicionadas: elegir transporte público y luego escoger entre autobús y metro). Como consecuencia de la primera condicionante, se tiene en segundo lugar, la selección de la función de distribución de los términos aleatorios la cual determina el MED resultante (Supra capítulo 1). Finalmente, la especificación preliminar de la función de utilidad a estimar determina el número de experimentos necesarios para garantizar que se está evaluando todos los casos del plan experimental (Goupy, 2001). Obviamente, la especificación mencionada depende de las variables y el grado de interacción que se requieran analizar la cual tiene que ser establecida por el investigador.

El diseño experimental. Un experimento, en su forma más simple, incluye la manipulación de una variable que influye en un proceso del cual se hacen una o más observaciones para evaluar la respuesta en esa variable a cada manipulación. En la literatura del diseño experimental (e.g. Montgomery, 2001) la variable manipulada se denomina “factor” y los valores considerados en la manipulación de conocen como “niveles de variación”. En

otras disciplinas como la econometría, se denomina variable independiente, variable explicativas o *atributos* cuando se trata de particularidades o características de un determinado producto o servicio (Supra capítulo 1). El diseño experimental es por lo tanto una técnica para manipular factores y sus niveles de variación con el objeto de hacer pruebas rigurosas de ciertas hipótesis de interés (Louviere *et al.*, 2000). En el caso de los modelos basados en datos de PD, estas hipótesis de interés se refieren, generalmente, a los términos incluidos en la especificación de utilidad y los tipos de modelo de elección. En el estado de la práctica existen dos clases de diseño: el factorial completo y el factorial fraccional (el diseño experimental para modelos no lineales aún no se encuentra en este estado). En el primero se analizan todas las combinaciones posibles dados por los factores y sus niveles de variación mientras que en el segundo, solo un subconjunto de las combinaciones posibles son analizadas. La diferencia entre ambas clases se da en términos de los niveles de interacción entre las variables que intervienen en el proceso que se está analizando. Si bien, en el diseño fraccional se requieren menos experimentos, el precio a pagar es que ciertas interacciones se consideran como despreciables lo cual no siempre es tan evidente de determinar *a priori*.

El diseño de experimentos. Se conforma de una muestra del conjunto de elección seleccionado a partir del conjunto de todas las elecciones posibles que satisfacen ciertas propiedades estadísticas. La clave de estas propiedades son la identificación y la precisión que deben conjuntarse adecuadamente con las propiedades no estadísticas tales como el realismo y la complejidad con propósito de obtener un diseño de experimentos exitoso. Al considerar que existen alternativas *genéricas* (las que no tienen una etiqueta o nombre específico) y *específicas* (las que están asociadas con una etiqueta o marca determinada) existen también dos tipos de experimentos: los etiquetados propios a las alternativas específicas y los no etiquetados que se orientan a las alternativas genéricas. Para cada uno de ellos existen dos formas para diseñar los experimentos: a) diseñar secuencialmente las alternativas y entonces diseñar el conjunto de elección en el cual serán colocadas y/o b) diseñar las alternativas y asignarlas al conjunto de elección simultáneamente. En ambos casos los efectos e interacciones que pueden medirse son diferentes.

La aplicación de la encuesta. El trabajo inicial de esta etapa, consiste en llevar a cabo una prueba piloto en una muestra reducida de la población. Lo anterior, con el objeto de calificar la efectividad del instrumento de medición, eliminando así las potenciales fuentes de confusión o ambigüedades en el planteamiento de las preguntas. Durante la fase de aplicación es de suma importancia implementar un proceso de control en el que se supervise que los cuestionarios están siendo aplicados correctamente.

La etapas de *validación de la información* obtenida se realiza a partir de los criterios estándares bien conocidos (e.g. Ortúzar y Sánchez, 2004 o Levy y Lemeshow, 1991) o algunos otros alternativos (e.g. Stopher y Jones, 2003). El *ajuste econométrico* para los MED fue descrito en el capítulo 1. Finalmente, la *interpretación de los resultados* debe ser cuidadosa y estar sustentada con la calidad de los estimadores obtenidos.

3.1 Selección del modelo de elección

El propósito de ajustar MED (ver capítulo 1) es obtener el peso de los factores que determinan la elección de un servicio de autobús. Por ello, para determinar aquellos que definen la calidad de servicio, es necesario incluirlos en la especificación de la función de utilidad a estimar. En este sentido, se eligieron modelos Logit Binarios cuya función de utilidad tiene la forma:

$$U_n = V_n + \varepsilon_n \quad (3.1)$$

Como fue indicado en el capítulo 1, la interpretación econométrica de ésta especificación es que V_n representa la parte cuantificable de la utilidad mientras que ε_n representa aquella parte que no es posible medir (incertidumbre). La componente V_n se determina a partir de factores observables X_n , que tienen un peso β_n . En el caso analizado, V_i está integrado por los cinco factores seleccionados en el capítulo anterior: *forma de manejo del conductor (fmc)*, *trato al usuario y apariencia del conductor*¹³ (*tuac*), *estado físico de los autobuses (efa)*, *costo de viaje (cv)* y *tiempo de viaje (tv)*, es decir:

$$V_i = \beta_0 + \beta_1 fmc + \beta_2 tuac + \beta_3 efa + \beta_4 cv + \beta_5 tv \quad (3.2)$$

La ecuación anterior representa en un principio la utilidad referida por el usuario al elegir el modo de autobús actual o mejorado, cuya estructura para su estimación se visualiza en la figura 3.1.

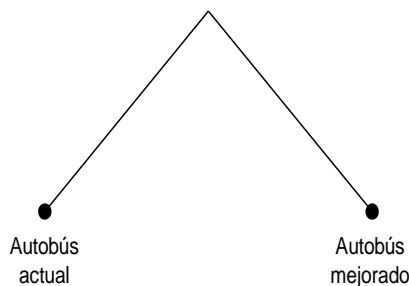


Figura 3.1 Estructura del modelo Logit Binomial

3.2 Diseño del experimento y diseño experimental

Para el diseño de encuestas de PD en las que se busca ajustar un MED, es necesario definir experimentos en los que exista un contexto de elección de por lo menos dos alternativas. Para este estudio, se consideró la existencia de dos servicios de transporte. El primero denominado *Autobús Actual* (A_{ACT}) se modeló a partir de las características físicas y de desempeño (tiempo de recorrido, tarifas, etc.) que el usuario percibe actualmente y un segundo que corresponde a una situación hipotética en la que se admite la introducción de un servicio nuevo

¹³Cabe mencionar que éste factor fue colocado en la función de utilidad final (ecuación 3.3) de forma desagregada: *tuacM* (Malo) y *tuacR* (Regular). Para ver a detalle lo anterior consultar la sección 3.5.

denominado *Autobús mejorado* (A_{MEI}). Este último, se caracterizó mejorando tanto las características físicas como de desempeño del A_{ACT} a cambio de una variación en la tarifa por acceder a este servicio. Así, el entrevistado se enfrentaba a la situación hipotética en la que tenía que elegir entre el servicio actual y un servicio nuevo con nivel de servicio mejor pero a costo más elevado.

Como se mencionó en la sección 1.6.2, existen tres formas de obtener las respuestas en un ejercicio de PD: *jerarquización, escalamiento y elección*. En el presente análisis se optó por utilizar este último tipo de experimento por tres razones. Primero, porque la *elección* entre dos alternativas es un ejercicio fácilmente entendible por los entrevistados y por lo tanto reduce los sesgos potenciales debido a la complejidad de los planteamientos que induce respuestas poco consistentes. Segundo, en razón del argumento anterior, es el tipo de experimento que requiere menos tiempo de aplicación por lo que se disponía de mayor tiempo de incluir preguntas sobre los hábitos de movilidad de los usuarios y sus características. Finalmente, porque era la técnica más propicia debido a los tiempos de recorrido del corredor (18 minutos en promedio) lo cual limitaba la duración de la encuesta y con ello elaborar un cuestionario más completo. Como se constatará mas adelante, los resultados obtenidos durante las encuestas piloto PD (sección 3.3) reforzaron esta decisión. Las consideraciones de esta última concuerdan con lo reportado por otros autores en trabajos similares (e.g. Videla y Alvarez, 2003 y Ortúzar y Garrido, 2000).

3.2.1 Selección de los niveles de variación para los factores considerados

En la sección 2.3 se describió la metodología empleada para identificar las variables que definen la calidad de servicio en el CLT. El número de variables que intervienen es bastante considerable para incluirlas en un diseño experimental que fuera aplicable en un intervalo de tiempo de 15 minutos a bordo de los autobuses. Por esta razón, fue necesario seleccionar solo las variables de mayor importancia (subsección 2.4.2). De la técnica de jerarquización empleada durante la encuesta FNS se consideró que era necesario incluir al menos los cinco factores o atributos cuyos niveles de variación se describen a continuación: se utilizaron tres niveles de variación para los factores *tiempo de viaje, el costo, el trato al usuario y apariencia del conductor* y dos niveles para la *forma de manejar del conductor y el estado físico de los autobuses*. Las razones de esta decisión de modelación de detallan enseguida.

- *Tiempo de viaje (tv)*. Los tiempos de recorrido mínimo, máximo y promedio hallados en el CLT fueron de 10, 25 y 18 minutos, respectivamente. Los dos primeros fueron utilizados directamente como niveles de variación para este factor. Mientras que el tiempo de 18 minutos no fue utilizado por ser un valor difícil de percibir por las personas, ya que éstas redondean valores de tiempo a cinco y diez minutos¹⁴. Por tal motivo, se decidió utilizar como tercer nivel de variación 15 minutos. Así, el utilizar los valores mínimo, máximo y

¹⁴ En Fontan (2003), se menciona que la unidad de aproximación mínima que las personas expresan en sus tiempos de recorrido es de cinco minutos.

promedio redondeado del tiempo de viaje permite asegurar realismo a las diferentes situaciones de elección propuestas al encuestado.

- *Costo del viaje (cv)*. Se utilizaron dos valores superiores (+20% y +40%) y uno inferior (-20%) a la tarifa vigente del año 2004 de 5 pesos. El nivel de variación inferior fue utilizado para compensar una eventual degradación de uno de los factores cualitativos del nivel del servicio. Por su parte, los dos primeros niveles de variación inducen el efecto compensatorio para evitar que una alternativa sea demasiado atractiva. Es decir, este tipo de combinaciones considera que al mejorar un factor del nivel de servicio se esperaría que el usuario este dispuesto a pagar una tarifa mayor a la que actualmente cubre.
- *Trato al usuario y apariencia del conductor (tuac)*. Para este factor se emplearon los niveles de variación: “malo”, “regular” y “bueno”. Los usuarios emplean con frecuencia estos calificativos para reflejar su grado de satisfacción con respecto al consumo de otros productos o servicios por lo que se consideró como oportuno emplearlas.
- *Forma de manejar del conductor (fmc)*. A partir de un razonamiento análogo al caso del factor anterior, se propuso al grupo focal emplear los tres niveles siguientes: “mala”, “regular” y “buena”. Sin embargo, se detectó que el nivel “regular” no era percibido por los entrevistados probablemente porque los usuarios consideran que los conductores sólo pueden conducir “bien” o “mal” y que un término medio entre ambas valoraciones no existe. Bajo esta consideración se decidió utilizar únicamente dos niveles de variación: “buena” y “mala”.
- *Estado físico del autobús (efa)*. En un principio se utilizaron las palabras “viejo” y “nuevo” para definir los niveles de variación de este factor. Sin embargo, se observaron dificultades en la interpretación del término “viejo”. Esto se debe a que el estado físico de las unidades es bastante heterogéneo en la actualidad por lo que los encuestados no asociaban este término con la condición actual de los autobuses. Para solventar esta inconsistencia, se utilizó el calificativo “actual”. En primer lugar, porque este término refleja de forma más precisa el estado físico que el usuario percibe. En segundo lugar, porque los resultados de las encuestas piloto reflejaron que este término era más claro para los encuestados.

En la tabla 3.1 se sintetizan los niveles de variación de cada uno de los factores considerados en la definición del nivel de servicio. Estos valores fueron empleados como datos de entrada para el diseño de los experimentos.

Tabla 3.1 *Niveles de variación de los factores considerados en el análisis*

<i>tv</i> (minutos)	<i>cv</i> (\$)	<i>tuac</i>	<i>fmc</i>	<i>efa</i>
10	4	malo	malo	actual
15	6	regular	bueno	nuevo
25	7	bueno		

3.2.2 Diseño factorial fraccional

Considerando los factores y los niveles de variación de la tabla 3.1 se obtiene un diseño factorial completo de 108 combinaciones ($3^3 \times 2^2$), el cual debió reducirse a un número razonable de elecciones. Para ello, se eligió utilizar un diseño fraccional de 16 combinaciones ortogonales (Kocur *et al.*, 1982), las cuales fueron divididos en dos bloques de experimentos con ocho situaciones cada uno. Así, para obtener una replica completa es necesario que dos bloques sean contestados por los encuestados. Éstas 16 combinaciones sólo permiten estimar efectos principales sin ninguna interacción¹⁵ entre variables. Es importante mencionar que las características de la alternativa A_{ACT} (*Autobús actual*) permanecieron sin cambios en todos los experimentos correspondiendo a los valores medios obtenidos en campo y que describen la “situación actual” del servicio: *tiempo de recorrido de 20 minutos, costo del viaje 5.0 pesos*. En tanto que los factores *forma de manejar, trato al usuario y apariencia del conductor y estado físico de los autobuses* se les asignó el nivel de “actual”. Los valores que se modificaron para presentar diferentes alternativas de elección a los usuarios fueron los del servicio ficticio. En la tabla 3.2, se observan las combinaciones que fueron empleadas para describir la alternativa A_{MEJ} (*Autobús mejorado*).

Tabla 3.2 *Combinaciones para la primera encuesta piloto PD para el autobús mejorado (primer diseño)*

<i>tv</i> (minutos)	<i>cv</i> (\$)	<i>tuac</i>	<i>fmc</i>	<i>efa</i>
10	4	malo	malo	actual
10	6	regular	bueno	actual
10	7	bueno	bueno	nuevo
10	6	regular	malo	nuevo
15	4	regular	bueno	nuevo
15	6	malo	malo	nuevo
15	7	regular	malo	actual
15	6	bueno	bueno	actual
25	4	bueno	malo	nuevo
25	6	regular	bueno	nuevo
25	7	malo	bueno	actual
25	6	regular	malo	actual
15	4	regular	bueno	actual
15	6	bueno	malo	actual
15	7	regular	malo	nuevo
15	6	malo	bueno	nuevo

La definición tanto de las situaciones de elección dentro de los bloques como la asignación del número (1 ó 2) de bloque que fue presentado a los entrevistados en la encuesta PD, fue realizada de manera aleatoria. Por otra parte, en cada situación se agregó la elección nula (*indiferente*), ya que si dos o más opciones presentadas a un individuo son inaceptables y éste no tiene la oportunidad de rechazarlas todas, es posible que se active un mecanismo secundario en la decisión que puede sesgar los resultados del modelo (Ortúzar, 2000b).

¹⁵ No se consideró interacciones entre variables ya que escapa del alcance de este trabajo. Además, los efectos principales explican 80% o más de la varianza de los datos, ver Ortúzar (2000b) o Louviere (1988).

3.3 Aplicación de la encuesta

Se aplicó una primera encuesta piloto PD, la cual constató que, 1) efectivamente el ejercicio de *elección*, fue el más adecuado para la colecta de los datos de las preferencias de los entrevistados, y 2) el diseño de la encuesta a partir de este experimento procuró su completa aplicación. Sin embargo, al analizar los resultados, éstos no fueron alentadores ya que los porcentajes de elecciones entre las dos opciones fueron altas para ciertas situaciones y bajas en otras. Estos problemas se debieron, en primer lugar, a que en algunos casos la combinación de los factores de una opción resultaba dominante con respecto a la situación actual. En segundo, que las tarifas jugaron un papel determinante en la elección, por ello los encuestados nunca eligieron opciones que incluían tarifas de 6 y 7 pesos. Para resolver el primer problema, el diseñador puede cambiar los valores asociados a un mismo factor entre las opciones o se puede reetiquetar un factor, manteniendo la diferencia pero cambiando la referencia. Lo anterior rompe con la ortogonalidad del diseño, pero permite obtener datos mejores, lo que resulta en estimadores de mejor calidad (Hojman *et al.*, 2003). En cuanto al efecto disuasivo de la tarifa, se modificaron los niveles de variación. Así, los valores considerados fueron 5.5 y 6 pesos. En la tabla 3.3 se observa el plan de experimentos para el segundo diseño de la encuesta de PD.

Tabla 3.3 *Combinaciones para el segundo diseño de la encuesta PD para el autobús mejorado*

<i>tv</i> (minutos)	<i>cv</i> (\$)	<i>tuac</i>	<i>fmc</i>	<i>efa</i>
10	4	malo	malo	actual
10	5.5	regular	bueno	actual
10	6	bueno	bueno	nuevo
10	5.5	regular	malo	nuevo
15	4	regular	bueno	nuevo
15	5.5	malo	malo	nuevo
15	6	regular	malo	actual
15	5.5	bueno	bueno	actual
25	4	bueno	malo	nuevo
25	5.5	regular	bueno	nuevo
25	6	malo	bueno	actual
25	5.5	regular	malo	actual
15	4	regular	bueno	actual
15	5.5	bueno	malo	actual
15	6	regular	malo	nuevo
15	5.5	malo	bueno	nuevo

Observando la tabla anterior y aún siendo un diseño ortogonal se presentan condiciones no deseables en algunas de las situaciones de elección, debido a que una de las dos opciones resulta ser dominante¹⁶. Para resolver este problema se cambió el valor del costo de viaje, de tal manera que permitiera una compensación dentro de las opciones. Así, para el primer caso se utilizó 5.5 pesos; para el segundo y tercer caso 4 pesos y para

¹⁶ Identificadas en la tabla 3.3 con letra negrita

el último caso se utilizó 5.5 pesos. En la tabla 3.4 se observa el experimento completo del tercer diseño de la encuesta PD.

Tabla 3.4 *Situaciones de elección finales para el autobús mejorado (tercer diseño)*

<i>tv</i> (minutos)	<i>cv</i> (\$)	<i>tuac</i>	<i>fmc</i>	<i>efa</i>
10	4	malo	malo	actual
10	5.5	regular	bueno	actual
10	6	bueno	bueno	nuevo
10	5.5	regular	malo	nuevo
15	5.5	regular	bueno	nuevo
15	5.5	malo	malo	nuevo
15	4	regular	malo	actual
15	5.5	bueno	bueno	actual
25	4	bueno	malo	nuevo
25	5.5	regular	bueno	nuevo
25	6	malo	bueno	actual
25	4	regular	malo	actual
15	5.5	regular	bueno	actual
15	5.5	bueno	malo	actual
15	6	regular	malo	nuevo
15	5.5	malo	bueno	nuevo

Con este diseño se llevó a cabo la segunda encuesta piloto PD. Los resultados obtenidos con estas situaciones de elección fueron mejores ya que a priori se lograron resolver los dos problemas presentados en la primera prueba piloto. Considerando dichos resultados se decidió llevar a cabo la encuesta definitiva PD¹⁷ con este tercer diseño. La cual se llevó a cabo con igual distribución, tamaño de muestra y datos socioeconómicos que se consideraron en la encuesta definitiva FNS y su estadística descriptiva es presentada en la siguiente sección. Se menciona que en ambas encuestas (FNS y PD) se emplearon los mismos encuestadores lo que se tradujo en una aplicación más adecuada de las encuestas.

3.4 Validación de la información

La muestra final fue de 167 encuestas, es decir, 1336 pseudo-individuos. Se desecharon 11 encuestas, debido a que el entrevistado no cambió su elección en ninguno de los ocho escenarios que le fueron presentados o por estar incompleta. Además, se eliminaron 202 (16%) observaciones en las que se eligieron la opción de indiferente. En Ortúzar (2000b) es reportado un 35% de elecciones de indiferente para un caso de estudio, por lo cual, consideramos que el porcentaje en nuestro caso cae dentro de lo aceptable. Al final se trabajó con una base de datos depurada de 1032 observaciones que representan el 77% de los datos recabados. En la tabla 3.5 se resume la distribución en porcentaje de las variables socioeconómicas de la muestra.

¹⁷ En el anexo 5 y 6 se presentan el formato de la encuesta PD y las tarjetas utilizadas en el experimento.

Tabla 3.5 *Distribución (en %) de las características de la muestra de la encuesta PD*

Ingreso mensual (\$)	Viajes semanales	Motivo del viaje	Edad (años)	Género					
sin ingreso	20	1	13	trabajo	7	menor de 18	10	mujer	45
entre 50 y 500	6	2	20	escuela	23	entre 18 y 25	33	hombre	55
entre 501 y 1000	12	3	7	compras	11	entre 26 y 30	19		
entre 1001 y 1500	9	4	8	trámite	5	entre 31 y 40	29		
entre 1501 y 2000	13	5	47	diversión	5	entre 41 y 60	8		
entre 2001 y 4000	35	6	2	visita familiar	4	más de 60	2		
entre 4001 y 6000	4	7	1	visita médico	7				
entre 6001 y 8000	1	8	1	casa	32				

3.5 Ajuste econométrico

En el ajuste de los modelos todos los factores son genéricos, los factores cualitativos fueron tratados como latentes (dummy) en los que el valor de 0 fue asignado a niveles más desfavorables (e.g. malo) y el valor de 1 para nivel altos (e.g. buena o nuevo). Ahora, para especificar de forma correcta los factores cualitativos dentro de la función de utilidad, es necesario considerar el número de niveles que éstos tienen. Ya que $n-1$ será el número de niveles que deban entrar a la función de utilidad para cada factor cualitativo, considerando que n es el número total de niveles. Así, los factores fmc y el efa entran a la función de utilidad directamente, mientras que el $tuac$, lo hará con dos niveles: $tuacM$ y $tuacR$. Donde $tuacM$ es una variable ficticia que toma el valor 1 cuando el trato y apariencia en el A_{MEJ} es Malo, y $tuacR$ es también una variable ficticia que toma el valor de 1 cuando el trato y apariencia del conductor del A_{MEJ} es Regular. Considerando lo anterior, la función de utilidad final estimada tiene la siguiente forma:

$$V_i = \beta_1 fmc + \beta_2 tuacM + \beta_3 tuacR + \beta_4 efa + \beta_5 cv + \beta_6 tv \quad (3.3)$$

Los parámetros del tiempo y el costo del viaje deben resultar con signo negativo, ya que un aumento de estas variables proporcionan una desutilidad, y para la fmc y el efa deberemos esperar signos positivos. Por su parte, como el $tuacM$ y el $tuacR$ están referidas al $tuac$ -Bueno (caso para el cual ambos deberán ser cero), sus coeficientes debieran ser negativos. Por otro lado, en la ecuación 3.3 no se consideró la constante específica, ya que a pesar que ésta permite que un modelo reproduzca de forma exacta la proporción de mercado de cada opción (Ortúzar y Willumsen, 2001), no es correcto considerarla desde el punto de vista teórico cuando se están comparando dos alternativas que son físicamente similares.

Finalmente, la variable dependiente en el modelo ajustado es la probabilidad de realizar el viaje por los modos A_{ACT} o A_{MEJ} . En la estimación de los modelos no se consideraron las situaciones en las cuales el encuestado eligió la opción de *indiferente*. En la tabla 3.6 se observan los primeros modelos ajustados con las encuestas piloto PD cuyos resultados son comentados a continuación:

- En ambos modelos el efecto del factor sobre la utilidad es correcto, ya que se esperaba que los factores cualitativos fueran positivos y aquellos como el *costo* y el *tiempo* con signo negativo. Sin embargo, en el

modelo estimado a partir de datos de la encuesta piloto 2, los coeficientes del *tiempo* y el *costo* son casi despreciables, lo que nos lleva a una incoherencia en cuanto a la valoración del tiempo de viaje. Aunque los coeficientes no son significativos en el modelo.

- El modelo 1, el cual fue obtenido de los datos de la primera encuesta piloto, es más robusto que el modelo de la encuesta piloto 2, tanto por los valores de los coeficientes β como para los t estadísticos. Aunque se menciona que el diseño experimental para esta primera encuesta piloto ostentaba dos problemas, 1) el dominio de una de las opciones, y 2) el efecto de las tarifas de 6 y 7 pesos en las elecciones de los encuestados.
- Por lo anterior, el modelo 2 se consideró ser el más adecuado ya que este representa de manera más real las elecciones de los individuos. Por ejemplo, éste modelo asigna un peso menor al *tiempo de viaje*, resultado congruente con la jerarquización de los FNS. Además, se debe considerar que el modelo 2 se estimó con los datos de 20 encuestas mientras que el modelo 1 con 30. Por lo tanto, se esperaría que al aumentar la cantidad de datos para el modelo 2, éste mejoraría. Está suposición fue comprobada en la estimación final, en la cual, los resultados muestran signos correctos y estimadores robustos para los factores de la función de utilidad.

Tabla 3.6 *Resultados de las estimaciones de las encuestas piloto*

factores	Modelos	
	piloto 1	piloto 2
<i>fmc</i>	1.184 (3.62)*	0.914 (2.66)
<i>tuacM</i>	-1.801 (-4.11)	-1.051 (-2.57)
<i>tuacR</i>	-1.184 (-3.39)	0.130 (0.37)
<i>efa</i>	0.053 (0.19)	0.281 (0.89)
<i>tv</i> (min)	-0.085 (-2.66)	-0.015 (-0.50)
<i>cv</i> (\$)	-1.092 (-6.35)	-0.493 (-1.70)
$\rho^2(C)$	0.412	0.091
$l^*(\theta)$	-110.11	-92.07
observaciones	231	146

* t-estadístico

3.6 Análisis e interpretación de los resultados

En la tabla 3.7 se reportan 14 modelos estimados a partir de los datos de la encuesta PD. Éstos corresponden a diferentes estratos de la población caracterizados por la hora del día en que se realiza el viaje, el género, el ingreso mensual, la frecuencia del viaje, el motivo del viaje y edad de los entrevistados.

En general, se tienen modelos con signos correctos. Esto es, los factores cualitativos como el *estado físico de los autobuses* y el *trato al usuario y apariencia del conductor* considerados como determinantes de la calidad de servicio tienen signo positivo y negativo, respectivamente. Lo que indica que su mejora repercute en el aumento del nivel de utilidad del usuario, incluso para el segundo factor ya que el lector recordará que éste está referido al nivel denominado “bueno” (ver sección 3.5). Mientras que los correspondientes al *tiempo y costo del viaje* son negativos, lo que indica que reducen el nivel de utilidad al ser percibidos por el usuario como desutilidades. En la mayoría de los modelos ajustados, los factores considerados son significativos a un intervalo de confianza de 95% a excepción de la *forma de manejar del conductor*, el cual sólo es significativo para las personas de más de 40 años (modelo 14). A continuación se presenta algunos resultados relevantes para cada modelo estimado:

- *Modelo general (modelo 1)*. Este modelo refleja la valoración media de los factores que determinan la calidad de servicio. En términos absolutos, se tiene que el factor cualitativo considerado como el más importante es el *tuacM* (-0.497), seguido de la variable *efa* (0.407) y el *tuacR* (-0.346). Por lo cual, sí la autoridad reguladora desea aumentar el bienestar de los usuarios, sin modificar la tarifa, es más conveniente aplicar medidas que lleven a la mejora del estado físico de las unidades y el trato al usuario que la reducción del tiempo del viaje. La evaluación del excedente del consumidor (e.g. Small y Rosen, 1981) para cada uno de estos casos justifica esta aseveración.
- *Modelo por períodos del día (valle-modelo 2; pico-modelo 3)*. Los coeficientes para el *tuacM* y el *efa* son similares. Aunque éste último pierde significado para hora pico. Posiblemente debido a que en este período, el usuario está restringido por el tiempo de viaje o la hora de llegada a su destino, lo que supone que arribar a su destino le es más importante que las condiciones físicas del vehículo. Por otro lado, como pudiera esperarse, el coeficiente del *tv*, es tres veces más importante en magnitud para la hora pico, con respecto a la hora no pico. Lo anterior implica que el usuario otorga una mayor importancia al tiempo de viaje cuando posee restricción en la hora de llegada al destino (escuela o trabajo), sin embargo, éste factor no tiene significancia en hora valle.
- *Modelo según género (mujer-modelo 4; hombre-modelo 5)*. A partir del valor de los coeficientes puede considerarse que los hombres asignan más importancia al *tv* que las mujeres; mientras que las mujeres valoran más el *tuac* y el *efa*. Sin embargo, el VSTV de los hombres es cuatro y medio veces el de las mujeres. Esta situación tiene sentido en una sociedad donde aún existe una estructura en la que el hombre es el sostén de la familia.
- *Modelo según ingreso (de \$50 a \$2000-modelo 6; de \$2001 a \$4000-modelo 7)*. El estrato de “menos ingresos” le asigna un valor mayor al *cv* mientras que los del estrato de “ingresos medios” le otorgan un peso mayor al *tuac* y al *efa*. Lo anterior tiene cierta lógica si se considera que a mayor ingreso, existe una expectativa mayor por un mejor estado del vehículo y mayor disponibilidad a pagar por un servicio de mayor calidad (autobús mejorado).

- *Modelo para frecuencia de viaje (1 a 4 viajes por semana-modelo 8; más de 5 viajes por semana-modelo 9).* La distinción de estos dos modelos permite evaluar las preferencias de los usuarios con movilidad obligada de aquellos que utilizan eventualmente el servicio. En términos comparativos entre estos dos tipos de movilidad, puede observarse que en los viajes no obligados se otorga mayor importancia a la *fmc*, *efa* y al *cv*. Esto puede deberse a un efecto de hábito de los usuarios con movilidad obligada a calidad baja, que difícilmente pueden contrastar con otros tipos de servicio. Sin embargo, el coeficiente del *tv* para los usuarios con movilidad obligada es elevado, lo que indica que prefieren un menor tiempo de traslado.
- *Modelo según motivo del viaje (escuela/trabajo-modelo 10; escuela-modelo 11; otro motivo-modelo 12).* Los usuarios que desplazan por motivo de trabajo o escuela prácticamente tienen la misma valoración de los factores que determinan la calidad de servicio. A saber, primeramente el *tuac* y posteriormente la *fmc*. No obstante cuando estos resultados se confrontan con los motivos restantes el *efa* adquiere un peso sobresaliente. De ahí que para la población que viaja cotidianamente es preferible mejorar el *tuac*, mientras que la atracción de usuarios poco frecuentes es por mejorar el *estado de físico de los autobuses*.
- *Modelo según edad (18 a 40años-modelo 13; más de 40 años-modelo 14).* En esta comparativa se observa que los usuarios mayores de 40 años son más sensibles al *tuac* y a la *fmc*, ya que ambos factores resultan significativos y con una contribución elevada al nivel de utilidad, incluso comparado con los restantes modelos, cuando se consideran los valores medios de un viaje. Lo anterior sugiere que esta población valora su bienestar físico e incluso el riesgo de accidentes¹⁸.

¹⁸ Los resultados del grupo focal muestran que el factor *riesgo de accidentes* está implícito en la *forma de manejar del conductor*.

Tabla 3.7 Modelos obtenidos con la base de datos PD

Factores	Modelo1	Modelo2	Modelo3	Modelo4	Modelo5	Modelo6	Modelo7	Modelo8	Modelo9	Modelo10	Modelo11	Modelo12	Modelo13	Modelo14
	General	Valle	Pico	Mujer	Hombre	50 a 2000	2001 a 4000	1-4 Viajes	5 viajes	Escuela y trabajo	Sólo escuela	Otros motivos	18-40 años	> 40 años
<i>fmc</i>	0.146 (1.07)	0.135 (0.70)	0.166 (0.87)	0.029 (0.14)	0.252 (1.37)	0.411 (1.84)	0.034 (0.15)	0.379 (1.83)	0.005 (0.03)	0.2 (0.78)	0.246 (0.87)	0.116 (0.72)	0.049 (0.32)	1.262 (2.59)
<i>tuacM</i>	-0.497 (-3.29)	-0.563 (-2.59)	-0.435 (-2.05)	-0.673 (-2.93)	-0.375 (-1.85)	-0.559 (-2.20)	-0.772 (-2.99)	-0.39 (-1.70)	-0.649 (-3.03)	-0.503 (-1.72)	-0.319 (-1.00)	-0.473 (-2.64)	-0.486 (-2.83)	-1.417 (-2.74)
<i>tuacR</i>	-0.346 (-2.75)	-0.487 (-2.69)	-0.229 (-1.31)	-0.293 (-1.58)	-0.397 (-2.31)	-0.257 (-1.26)	-0.48 (-2.23)	-0.338 (-1.81)	-0.434 (-2.41)	-0.012 (-0.05)	0.18 (0.69)	-0.509 (-3.37)	-0.353 (-2.50)	-1.397 (-3.19)
<i>efa</i>	0.407 (3.42)	0.544 (3.09)	0.289 (1.77)	0.462 (2.55)	0.363 (2.28)	0.283 (1.46)	0.725 (3.61)	0.639 (3.44)	0.202 (1.22)	-0.075 (-0.33)	-0.188 (-0.74)	0.61 (4.33)	0.521 (3.86)	0.428 (1.03)
<i>tv (min)</i>	-0.025 (-2.27)	-0.012 (-0.75)	-0.037 (-2.31)	-0.01 (-0.59)	-0.037 (-2.31)	-0.029 (-1.53)	-0.026 (-1.37)	-0.004 (-0.24)	-0.047 (-2.94)	-0.037 (-1.68)	-0.034 (-1.42)	-0.021 (-1.62)	-0.024 (-1.85)	-0.058 (-1.57)
<i>cv (\$)</i>	-0.274 (-2.49)	-0.323 (-2.02)	-0.239 (-1.56)	-0.293 (-1.75)	-0.255 (-1.73)	-0.447 (-2.44)	-0.265 (-1.42)	-0.504 (-2.93)	-0.141 (-0.92)	-0.423 (-2.00)	-0.415 (-1.77)	-0.196 (-1.51)	-0.271 (-2.19)	-0.891 (-2.32)
$\rho^2(C)$	0.022	0.032	0.021	0.033	0.024	0.028	0.054	0.037	0.037	0.033	0.036	0.035	0.027	0.159
$l^*(\theta)$	-703.8	-336.9	-364.4	-313.7	-386.7	-264.7	-246.2	-319.4	-343.9	-207.6	-168.6	-489.7	-560.5	-62.5
VSTV (\$/hr)	5	2	9	2	9	4	6	0.50	20	5	5	6	5	4
No. de obs.	1032	498	534	464	568	390	370	474	510	307	250	725	825	103

Por otra parte, tomando el modelo 1 (resultado general) se observa que el comportamiento de éste ante diferencias de tiempos de viaje es menos sensible que para diferencias de los *costos del viaje* (cv), con respecto a las probabilidades (Pm) de utilizar el A_{MEJ} (figura 3.2).

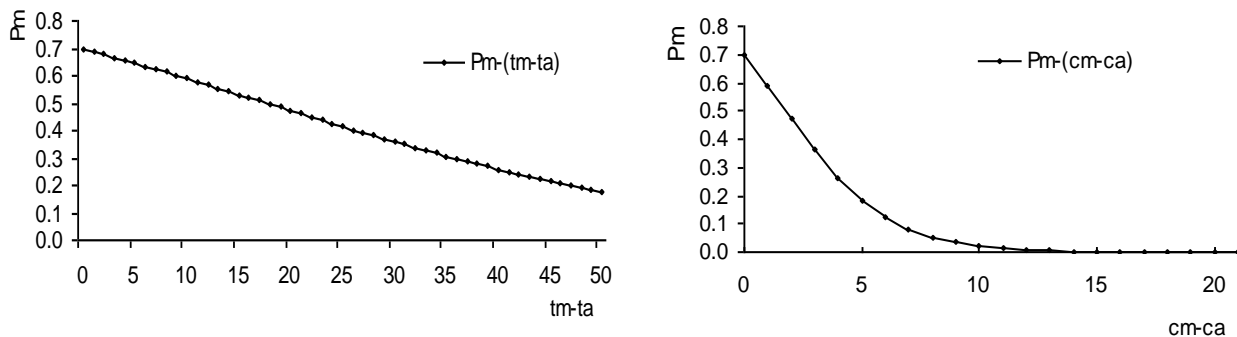


Figura 3.2 Comportamiento de la Pm ante el tv y el cv

Donde $(tm-ta)$ representa la diferencia del tiempo del A_{MEJ} y A_{ACT} . Mientras $(cm-ca)$ es la diferencia entre los costos. Lo cual sugiere que, mientras para disminuir apenas en un 10% la probabilidad de elegir el A_{MEJ} , es necesaria una diferencia de 5 unidades en el tiempo de viaje. Por el contrario, para disminuir la probabilidad de utilizar A_{MEJ} en un 50%, sólo es necesaria una diferencia de apenas 5 unidades en el costo. Lo cual indica que la población es más sensible al costo que al tiempo de viaje.

3.6.1 Valor subjetivo del tiempo de viaje (VSTV)

A continuación se describen los resultados obtenidos para el VSTV de los 14 modelos estimados, cuyos valores son presentados en la tabla 3.7. Los valores del VSTV son bajos en comparación con otros resultados. Por ejemplo, en Sánchez *et al.* (2004) se reportan valores del VSTV entre 30-140 \$/h con media 67 \$/h. Para viajeros que recorren en autobús 64 Km. (90 minutos) para acceder al Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Se menciona que para el CLT se analizaron viajes urbanos con una variación en el tiempo de viaje entre 10 y 25 minutos. Estos valores bajos en el tiempo de viaje son la explicación de valores tan bajos para los VSTV aquí reportados.

- *VSTV general (modelo 1)*. El valor de 5 \$/h indica la media de los deseos a pagar de los usuarios por ahorro de tiempo.
- *VSTV según estado del día*. Como era de esperarse el valor para viajes en hora pico es más alto, específicamente más de cuatro veces (9 \$/h) que para la hora valle (2 \$/h).
- *VSTV según género*. Es más alto para el hombre, 9 \$/h, contra 2 \$/h para la mujer. Esto debido en parte a que los hombres se desplazan más que las mujeres por la estructura laboral (Sánchez, 2003).

- *VSTV según ingreso.* El segmento de ingresos altos supera al de ingresos bajos (2 \$/h). Resultado que concuerda con otros estudios, ver por ejemplo Jara-Díaz y Guevara (2002). A mayor ingreso mayor disponibilidad de pago en servicios mejorados.
- *VSTV según número de viajes semanales.* Los VSTV para aquellos usuarios con movilidad obligada es muy superior a los de movilidad no obligada (40 veces más). A pesar de que la diferencia es grande, se debe considerar que los usuarios que requieren más traslados valoran más los ahorros de tiempo.
- *VSTV según motivo del viaje.* Para usuarios que desplazan con motivo de trabajo o escuela es de 5 \$/h, mientras que para los usuarios que se desplazan por otros motivos, es de 6 \$/h. Para el motivo sólo de escuela es de 5 \$/h.
- *VSTV según edad.* El resultado muestra que las personas de 18 a 40 años reportan un valor de 5 \$/h contra 4 \$/h reportado para la edad por arriba de los 40 años.

3.6.2 Intervalo de confianza para el VSTV

El uso de un solo valor del tiempo en la evaluación de proyectos puede afectar a diferentes grupos socioeconómicos y por lo tanto la disponibilidad a pagar de los individuos sea evaluada de forma incorrecta. Pero, esto no significa que los ahorros de tiempo de los individuos con diferentes niveles de ingresos deben ser evaluados desde un punto social diferente. Sólo se resalta la necesidad de tener un conjunto de valores para tener flexibilidad en cuanto al uso de los valores del tiempo. En el presente trabajo se evaluó el intervalo de confianza para el VSTV del modelo general y de dos niveles de ingreso reportados en la encuesta, cuyos resultados son mostrados en la tabla 3.8. Para ello se utilizó la ecuación (1.30) que corresponde al método de la prueba asintótica t (sección 1.5.3), ya que se consideró que la función de utilidad para el caso de estudio es lineal. Los comentarios acerca de los resultados son los siguientes:

- El valor medio del intervalo está por arriba del punto estimado del VSTV, lo cual indicaría que al utilizar este último se estaría subestimando la disponibilidad a pagar de los individuos.
- No existe simetría del intervalo de confianza con respecto al punto estimado del VSTV.
- Cabe mencionar que (resultados mostrado en la tabla 3.8) el resultado para el ingreso alto, éste perdió significado, ya que para garantizar el valor positivo superior e inferior del intervalo es necesario que los parámetros del tiempo y costo de viaje (θ_t y θ_c) de la función de utilidad sean estadísticamente significativos (Armstrong *et al.*, 2001). En el caso del modelo correspondiente al ingreso alto, ambos parámetros no son significativos, de ahí la explicación del resultado obtenido.

Tabla 3.8 *Intervalos de confianza para el VSTV construidos con el método de la prueba asintótica t*

	Para el modelo		Según ingresos mensuales (\$)	
	General	50 a 2000	2001 - 4000	
Vsuperior	34.90	30.15	-14.36	
Vinferior	0.54	-1.09	-2.77	
Vsuperior - Vinferior	34.36	31.23	-11.59	
Valor medio	17.72	14.53	-8.57	
punto estimado del VSTV	5.47	3.89	5.89	

Considerando el resultado anterior, se juzgó más sustancioso el calcular los VSTV determinados por la variable *tuac*, así como las disposiciones a pagar por la mejora de ésta. Para ello, se consideró la especificación de la función de utilidad, ecuación (3.3), la cual permite obtener los tres tipos de VSTV caracterizados por el *tuac*: “valor subjetivo del tiempo de trato malo”, valor subjetivo del tiempo de trato regular” y el “valor subjetivo del tiempo de trato bueno”, mediante las siguientes expresiones (Espino y Ortúzar, 2002a, b):

$$VST_{trato\ malo} = -\frac{\beta_6 + \beta_2}{\phi} \quad (3.4)$$

$$VST_{trato\ regular} = -\frac{\beta_6 + \beta_3}{\phi} \quad (3.5)$$

$$VST_{trato\ bueno} = -\frac{\beta_6}{\phi} \quad (3.6)$$

en donde ϕ es igual al negativo del parámetro del costo, β_5 . Se menciona que el $VST_{trato\ bueno}$ ya ha sido obtenido (5 \$/hr) e identificado como el VSTV del modelo 1 (ver tabla 3.7). Los VST anteriores calculados a partir del modelo 1 se muestran en la tabla 3.9, cuyos resultados son coherentes, ya que existe una mayor disposición para ahorros de tiempo en viajes en los cuales existe un *tuac* con niveles bajos. Así, un individuo estaría dispuesto a pagar unos 114 pesos por ahorrar una hora de viaje con un trato y apariencia del conductor malo; mientras que la disposición a pagar por la disminución del tiempo de viaje con un trato regular sería de 81 pesos, 29% menos que en el primer caso.

Tabla 3.9 *VST caracterizados por el factor tuac*

VST (\$/hr)	Modelo 1
$VST_{trato\ malo}$	114
$VST_{trato\ regular}$	81
$VST_{trato\ bueno}$	5

Ahora, se calcularon dos disposiciones a pagar por una mejora en el *tuac*: la primera por pasar de un *tuac malo* a *regular*, la segunda por pasar de un *tuac regular* a *bueno*. Para lo cual, a partir de la ecuación (3.3) las disposiciones a pagar están determinadas por (Espino y Ortúzar, 2002a, b):

$$DP_{\text{malo-regular}} = \frac{\beta_3 - \beta_2}{\phi} \quad (3.7)$$

$$DP_{\text{regular-bueno}} = \frac{-\beta_3}{\phi} \quad (3.8)$$

Por lo que, la disposición a pagar por no viajar con un *tuac malo* (pasar de un *tuac malo* a *regular*) es de 0.55 pesos, mientras que para viajar con un *tuac bueno* (pasar de un *tuac regular* a *bueno*) es igual a 1.26 pesos, un poco más del doble que el primer caso. Situación contraintuitiva al considerar que lo lógico es suponer una mayor disponibilidad a pagar por pasar de un servicio o la utilización de un producto malo a regular. Lo anterior sugiere que los usuarios consideran un *tuac malo* y *regular* como dos situaciones “casi equivalentes” ya que están dispuestos a pagar más por pasar de un servicio regular a bueno. Por lo cual, si la autoridad reguladora desea aumentar el bienestar de los usuarios a través de la mejora del trato al usuario por parte del conductor, es necesario que dicho factor esté en un nivel alto que permita ser considerado por los usuarios como bueno.

3.6.3 Aplicación del modelo

A continuación en la tabla 3.10, se presenta la aplicación del modelo para el caso general. Las situaciones analizadas muestran que las mejoras en los factores cualitativos como son el *tuac* y el *efa* proporcionan un bienestar mayor a los usuarios del sistema de autobuses para el corredor de estudio. Las probabilidades calculadas son referidas en todos los escenarios al A_{MEJ} , cuyos resultados son comentados a continuación:

- *Condiciones actuales.* Esta situación representa el caso cuando ambas opciones presentan similares características, es decir existe una igual probabilidad (0.50) de que ambos autobuses sean elegidos por el usuario.
- *El tuac es “malo”.* Esta situación pone de manifiesto que si el A_{MEJ} tiene un trato en un nivel malo, entonces la probabilidad de ser elegido es de 0.38, es decir, un 12% de los usuarios dejarían de utilizarlo con respecto a las condiciones actuales.
- *El tuac es “regular”.* Similar situación en el caso anterior, salvo que la probabilidad que el A_{MEJ} sea utilizado es de 0.41. Se hace énfasis que para este caso como para el anterior, existe una disminución de la probabilidad en la elección del A_{MEJ} ya que en la función de utilidad los factores *tuac malo* y *regular* están referidos al *tuac bueno*, lo cual ocasiona que éstos tengan coeficientes negativos lo que implica una desutilidad.

- *Mejora el efa.* En este caso el modelo predice que la probabilidad de uso del A_{MEJ} tiene un valor de 0.60, lo cual ocasiona un aumento en la cantidad de usuarios (de 1100 a 1321, un 20% más) que elegirían este autobús.
- *Disminuye el tv en 5 minutos.* Con esta mejora la probabilidad de elección del AMEJ pasa de 0.50 a 0.53 (+6%), es decir, el número de usuarios aumentaría en 69.
- *Mejora el efa y el cv aumenta 0.50 pesos.* Bajo estas condiciones hay un aumento en el posible uso del A_{MEJ} , la cantidad de usuarios se incrementaría en un 13% (148 usuarios).

Tabla 3.10 *Probabilidad de la cantidad de usuarios que utilizarían el A_{MEJ} estimada mediante el modelo 1 (caso general)*

	C A S O G E N E R A L				
	n = 2200				
	estado de los factores				
	tuacM	tuacR	efa	tv (min)	cv (\$)
Condiciones actuales	0	0	0	18	5
Condiciones mejoradas	0	0	0	18	5
Condiciones mejoradas - Condiciones actuales	0	0	0	0	0
Probabilidad de utilizar el Autobús Mejorado					0.50
Cantidad de usuarios actuales (dato encuesta)					1100
El tuac es “malo”					
Condiciones mejoradas	1	0	0	18	5
Condiciones mejoradas - Condiciones actuales	1	0	0	0	0
Probabilidad de utilizar el Autobús Mejorado					0.38
Cantidad de usuarios con la mejora					832
El tuac es “regular”					
Condiciones mejoradas	0	1	0	18	5
Condiciones mejoradas - Condiciones actuales	0	1	0	0	0
Probabilidad de utilizar el Autobús Mejorado					0.41
Cantidad de usuarios con la mejora					912
Mejora el efa					
Condiciones mejoradas	0	0	1	18	5
Condiciones mejoradas - Condiciones actuales	0	0	1	0	0
Probabilidad de utilizar el Autobús Mejorado					0.60
Cantidad de usuarios con la mejora					1321
Disminuye el tv en 5 minutos					
Condiciones mejoradas	0	0	0	13	5
Condiciones mejoradas - Condiciones actuales	0	0	0	-5	0
Probabilidad de utilizar el Autobús Mejorado					0.53
Cantidad de usuarios con las mejoras					1169
Mejora el efa y el cv aumenta 0.50 pesos					
Condiciones Mejoradas	0	0	1	18	5.5
Condiciones mejoradas - Condiciones actuales	0	0	1	0	0.5
Probabilidad de utilizar el Autobús Mejorado					0.57
Cantidad de usuarios con las mejoras					1248

Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se ha reportado, 1) el proceso de identificación, y 2) una medición de los factores que forman la calidad de servicio según las preferencias de los usuarios del servicio de autobuses en un corredor urbano. El primero, se logró con la aplicación de un ejercicio de jerarquización en una encuesta de PR, los resultados muestran que *la tarifa (costo de viaje), la forma de manejar del conductor, el trato al usuario y apariencia del conductor, el estado físico de los autobuses y el tiempo de viaje* son, ese orden, los más importantes para los usuarios. El segundo, se obtuvo al ajustar 14 modelos (para estratos según el período del día, género, ingresos, frecuencia de viajes, motivo y edad) de elección discreta del tipo Logit Multinomial (cuya fuente de información fue una encuesta de PD), en los cuales las variables explicativas fueron, precisamente, los cinco factores. *El estado físico de los autobuses y el trato al usuario y apariencia del conductor* son considerados como determinantes de la calidad de servicio; mientras que en la mayoría de los modelos *la forma de manejar del conductor* no es significativa, a excepción del modelo referente al estrato de los usuarios de más de 40 años de edad, lo que sugiere que ésta población valora su bienestar físico e incluso el riesgo de accidentes.

La motivación de obtener una medición de la calidad de servicio estuvo enfocada en dos sentidos. 1) El estudio permitió realizar un diagnóstico del servicio proporcionado en la actualidad, el cual pone de manifiesto la poca relación entre la oferta y la demanda. La cual es ocasionada por la inexistencia de una “verdadera” regulación del servicio, lo que ha llevado a una nula estructura e integración del transporte público, monopolios, bajos ingresos de las empresas concesionarias, problemas de congestión en avenidas y calles de la ciudad, trayectos de recorrido innecesarios de los derroteros, entre otros. 2) En proporcionar elementos de decisión a las autoridades reguladoras con el fin de desarrollar estrategias para mejorar el transporte público, la cual se manifestaría en el bienestar social de los usuarios y en un eventual incremento de usuarios (demanda inducida).

Específicamente, algunos resultados obtenidos se comentan a continuación:

- Se comprobó que los usuarios toman en cuenta factores cualitativos en su elección modal, como son el *estado físico de los autobuses y el trato al usuario y apariencia del conductor*, pasando a segundo término el *costo y el tiempo viaje*.
- Se estimó el VSTV para cada modelo dando como resultado en términos generales un valor de 5 \$/hr. Es preciso mencionar que para el CLT se analizaron viajes urbanos, con una variación en el tiempo de viaje entre 10 y 25 minutos. Estos tiempos de viaje son la posible explicación de valores tan bajos para los VSTV. Pero, a pesar de eso, los resultados son consistentes si se considera que el VSTV está ligado con la duración del tiempo del viaje.
- Se presentó una estimación del VSTV determinado a partir de la variable *tuac* en sus niveles: malo (*tuacM*) y regular (*tuacR*). Los resultados muestran que un individuo estaría dispuesto a pagar 114 pesos por ahorrar una hora de viaje con un *tuac malo*; mientras que la disposición a pagar por la disminución de una hora viaje con un *tuac regular* sería de 81 pesos, 29 % menos con respecto al primer caso.

- Se calculó la disposición a pagar por no viajar con un *tuacM* (pasar de un *tauc* malo a regular) y por viajar con un *tuac* bueno (pasar de un *tuac* regular a bueno). Para el primer caso, el resultado fue de 0.55 pesos, mientras que para el segundo fue de 1.26 pesos. Lo anterior concuerda con lo discutido en el diseño de los experimentos, en el cual, los niveles de variación utilizados para el costo de viaje fueron: 5.5 y 6.0 pesos. Es decir, 0.50 y 1.0 pesos más con respecto a la tarifa actual por alguna mejora en el servicio de transporte.

El empleo de la técnica de PD permite obtener la valoración de aspectos no medibles fácilmente, como son los aspectos cualitativos de un modo de transporte (e.g. el estado físico de los vehículos o el trato al usuario), lo cual no sería posible con otras técnicas. Sin embargo, como fue mostrado en el capítulo tres, es necesario un riguroso y adecuado proceso para obtener un diseño apropiado de la encuesta que soporte la investigación realizada. Bajo esta consideración, es preciso emplear tiempo y dedicación para considerar en lo más posible todos los elementos que intervienen y así minimizar los errores. Por otra parte, las PD deberán auxiliarse de información que refleje el comportamiento actual de los usuarios, la cual es posible obtener con la técnica de PR.

La desconfianza de los resultados aquí presentados puede surgir de diferentes fuentes. La primera, debido a que en la modelación no fueron considerados las circunstancias de movilidad del usuario, como son, la flexibilidad en la hora de llegada, la disponibilidad de otros modos de transporte o al número de acompañantes. Segunda, a la existencia de una diversidad importante en la calidad de servicio que se brinda en el corredor de estudio, por lo que la caracterización propuesta del servicio de autobuses en la encuesta de PD pudiera estar despreciando este efecto. Por ello, aunque en los cuestionarios se reiteró a que corredor se referían las preguntas, se desconoce a ciencia cierta si la respuesta obtenida se basa en las características del servicio del mencionado corredor o de la red en su conjunto. Y tercera, el diseño fraccional factorial utilizado en el estudio tiene el inconveniente de no permitir conocer las interacciones entre las variables consideradas en el modelo, sin embargo, el diseño fraccional utilizado permitió la medición de los efectos principales de las variables y redujo el tiempo empleado para la obtención de los datos.

Se mostró que el servicio de transporte público de pasajeros es un bien social mixto que es público, por lo que, es necesaria la intervención del Estado para definir la política de transporte a fin de alcanzar el bienestar social. Un esquema de regulación que podría ser implementado para lograr lo anterior es la llamada *Competencia Controlada*, que proporciona una política a seguir para proveer un servicio por parte de las empresas del transporte público con los estándares requeridos por los usuarios, y al mismo tiempo que la autoridad ostente el control en los niveles de organización del transporte público. Sin embargo, es preciso señalar que la implementación de un proceso de competencia en el servicio de autobuses urbanos es complejo, porque diversos aspectos deben ser tomados en cuenta como: la forma contractual, el plan y la calidad de servicio, el criterio de asignación del servicio, entre otros. Lo que nos lleva a la necesidad de disponer de información más completa acerca de este tema, por lo que, en una segunda etapa de investigación los trabajos por desarrollar tienen las siguientes orientaciones.

Prueba IIA. Se asumió que el modelo MNL obtenido cumple con la propiedad de IIA, la cual establece que el cociente $\frac{P_i}{P_j} = \exp\{\beta(V_i - V_j)\}$ es constante e independiente de las utilidades del resto de las alternativas, lo cual no siempre es cierto, ya que el modelo MNL falla si algunas de las alternativas están correlacionadas, es decir, son más parecidas entre sí que otras. Ahora, como en este trabajo las opciones analizadas son muy similares (autobuses) y además, otras posibles alternativas (por ejemplo, taxi, caminar o la posibilidad de otra ruta de autobuses) no fueron consideradas; se cree pertinente la realización de la prueba de IIA. Dos tipos referentes a tal prueba son: la de subconjunto de alternativas y la de variables de alternativas cruzadas (para más detalle ver Train, 2003).

Especificación de la función de utilidad. En ésta (expresión 3.3) no se consideró la constante específica, ya que a pesar que ella permite que un modelo reproduzca de forma exacta la proporción de mercado de cada opción (Ortúzar y Willumsen, 2001), no es correcto considerarla desde el punto de vista teórico cuando se están comparando dos alternativas que son físicamente similares. Sin embargo, el hecho ya de comparar dos alternativas (aún siendo el mismo modo) da pausa a pensar que en el proceso de selección entran en juego factores (como gustos o preferencias) que no son considerados en el modelo como variables explicativas, por lo cual, éstas debieran ser consideradas en la parte no observable del modelo, que precisamente es, la constante específica. Lo que llevo a ajustar modelos (no presentados en este trabajo) considerando dicha constante, cuyos resultados a priori muestran algunas diferencias, por ejemplo, *la forma de manejar del conductor* adquiere significancia en los 14 modelos.

Construcción de un modelo más general. El cual es posible obtener al introducir variables socioeconómicas en el modelo (e.g. la edad, el género, el ingreso o la frecuencia de viajes).

Estimación de elasticidades. Los coeficientes estimados dan un valor a cada factor considerado en la función de utilidad, lo que permite tener una idea de que factor tiene mayor peso con respecto a otro. Sin embargo, éstos pueden ser cuantitativos y cualitativos y ser expresados, por consiguiente, en diferentes unidades, por ejemplo, los primeros pudieran ser de tipo monetario o de tiempo, mientras los segundos son asignados mediante variables dummy (0 y 1). Ahora, una elasticidad es el cambio porcentual en una variable que es asociada con el cambio de uno por ciento en otra variable, que generalmente, son normalizadas para las unidades de las variables. Por lo cual, dichas elasticidades a calcular permitirían una comparación más apropiada entre las variables.

Referencias

1. Allen, W. y DiCesare, F. (1976) Transit service evaluation: preliminary identification variables charactering level of service, *Transportation Research Record*, 606, p. 47-53.
2. Armstrong, P., Garrido, R. y Ortúzar, J. de D. (2001) Confidence intervals to bound the value of time, *Transportation Research E* 37, p. 143-161.
3. Axhausen, K., Haupt, T., Fell, B. y Heidl, U. (2001) How much of a rail bonus in there?: the Dresden experience. Paper for Urban Transport International.
4. Bates, J. y Roberts, M. (1987) Value of time research: summary of methodology and findings, 14th PTRC Summer Annual Meeting, University of Sussex, UK.
5. Becker, G. (1965) A theory of the allocation of time, *The Economic Journal*, 75, p. 493-517.
6. Ben-Akiva, M. y Lerman, S. (1985) *Discrete choice analysis: theory and applications to travel demand*, MIT Press, Massachusetts.
7. Ben-Akiva, M. y Morikawa, T. (1990) Estimation of switching models from revealed preferences and stated intentions, *Transportation Research, A* 24, p. 485-495.
8. Berkson, J. (1944) Application of the Logistic function to bio-assay, *Journal of the American Statistical Association*, 39, p. 357-365.
9. Block, H. y Marschak, J. (1960) *Random ordering and stochastic theories of response*, Stanford University Press, p. 97-132.
10. Bradley, M. y Kroes, E. (1990) Forecasting issues in stated preference research, In J. de D. Ortúzar (ed), *Stated Preference Modelling Techniques*, Perspectives 4, PTRC Education and Research Services Ltd., London.
11. Button, K. (2003) *Recent developments in transportation economics*, ed., Cheltenham, UK: Edward Elgar.
12. Button, K. y Verhoef, E. (eds.) (1998) *Road pricing, Traffic Congestion and the Environment: Issues of Efficiency and Social Feasibility*, Edward Elgar, Cheltenham.
13. Cabana, R. y Corbett, L. (2002) Quality and customer satisfaction in passenger rail services: developing zones of tolerance for managing quality, Conference Gold Coast, Queensland, Australia.
14. Cabral, M. (2000) *Introduction to industrial organization*, MIT Press, Massachusetts.
15. Cambini, C. y Filippini, M. (2002) Competitive tendering and optional size in the regional bus transportation industry, Quaderno N. 03-02, Decanato della Facoltà di Scienze economiche, Lugano, Italy
16. Cherchi, E. y Ortúzar, J. de D. (2002) Mixed RP/SP models incorporating interaction effects: modeling new suburban train services in Cagliari, *Transportation*, 29, p. 371-395.
17. Cochran, W. G. (1998) *Técnicas de muestreo*, 14^a impresión, Editorial CECSA.
18. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Constitución publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917, Texto vigente, Última reforma publicada DOF 20-06-2005.

19. Cox, W. (1996) The imperative for competition in government, The public purpose, Number 2, Presentation to the 2nd Annual International Summit on Service to the Citizen, Denver.
20. Cronin, J. Jr. y Taylor, S. (1992) Measuring service quality: a reexamination and extension, *Journal of Marketing*, 56 (July), p. 56-68.
21. Cuervo-Arango, C. y Trujillo, J. (1986) *Introducción a la economía*, McGraw-Hill, Madrid, España.
22. Debrue, G. (1960) Review of R. D. Luce, individual choice behavior: a theoretical analysis, *American Economic Review*, 50, p. 186-188.
23. de Palma, A. y Thisse, J. (1994) Les modèles de choix discrets, *Annales d'économie et de Statistique*, Francia, p. 151-1190.
24. DeSerpa, A. (1971) A theory of the economics of time, *The Economic Journal*, 81, p. 828-846.
25. Edgell, S. y Geisler, W. (1980) A set-theoretic random utility model of choice behavior, *Journal of Mathematical Psychology*, 21, p. 265-278.
26. Espino, R. (2003) Análisis y predicción de la demanda de transporte de pasajeros. Una aplicación al estudio de dos corredores de transporte en Gran Canaria, Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
27. Espino, R. y Ortúzar, J. de D. (2002a). Análisis de la integración tarifaria en Gran Canaria: Un enfoque de preferencias declaradas.
28. Espino, R. y Ortúzar, J. de D. (2002b). Preferencias declaradas en la estimación de variables latentes: análisis de la comodidad en transporte público.
29. Espino, R., Román, C. y Ortúzar, J. de D. (2004) Confidence intervals for willingness to pay measures in mode choice models, XIII Panamerican Conference of Transportation Engineering, Albany, Nueva York.
30. Evans, A. (1972) On the theory of the valuation and allocation of time, *Scottish Journal of Political Economy*, 19, p. 1-17.
31. Fechner, G. (1960) *Elemente der psychophysik*, Leipzig: Breitkopf.
32. Finn, B. y Nelson, J. (2002) International perspectives on the changing structure of the urban bus market, *Record Transportation Research Board*, Number 1799, p. 58-65.
33. Finney, D. (1971) *Probit analysis*, Cambridge University Press, Cambridge.
34. Finney, D. (1978) *Statistical method in biological assay*, Griffin, London.
35. Fontan, C. (2003) Choix de l'heure de départ et couts de délais: enquete et estimations en Ile de France, Tesis de doctorado, Univerité de Cergy Pontoise, Francia.
36. Galilea, P. V. (2002) Preferencias declaradas en la valoración del nivel de ruido en un contexto de elección residencial, Tesis de grado de Magister en ciencias de la Ingeniería, Santiago de Chile, p. 103-112.
37. Gaudry, M., Jara-Díaz, S. y Ortúzar J. de D. (1989), Value of time sensitivity to model specification. *Transportation Research* 23B, p. 151-158.

38. Gómez-Ibáñez, J., Tye, W. y Winston, C. (2003) *Essays in Transportation Economics and Policy*, Brookings Institution Press, Washington, D. C.
39. Gould, W., Pitblado, J. y Sribney, W. (2003) *Maximum likelihood estimation with Stata*, 2d ed., College Station, Texas.
40. Goupy, J. (2001) *Plans d'expériences: les mélanges*, Industries techniques, Editeur Dunod.
41. Gunn, H. (2001). Spatial and temporal transferability of relationships between travel demand, trip cost and travel time, *Transportation Research E*. p. 163-189.
42. Hojman, P., Ortúzar, J. de D. y Rizzi L. (2003) El valor de la reducción de accidentes fatales y no fatales graves en carretera, *Actas XII Congreso Chileno de Ingeniería del transporte*, Santiago, Chile.
43. Islas, V. (2000) *Llegando tarde al compromiso: la crisis del transporte público en la ciudad de México*, El Colegio de México.
44. IUTP, International Association of Public Transport (2003) *Quality as a means of reconciling individual needs with collective challenges of sustainable development*, January, Brussels, Belgium.
45. Jara-Díaz, S. y Basso, L. (2003) Influencia de la dimensión espacial de producto en las funciones de costo y el análisis de estructura industrial en transporte: una perspectiva tecnológica, *XII Congreso Panamericano de Ingeniería de Transito y Transporte*, Quito, Ecuador.
46. Jara-Díaz, S. y Farah, M. (1987) Transport demand and user's benefits with fixed income: the goods/leisure trade-off revisited, *Transportation Research 21-B*, p. 165-170.
47. Jara-Díaz, S. y Guevara, C. A. (2002). Behind the subjective value of travel time savings: the perception of work, leisure and travel from a joint mode choice-activity model, *Casilla 228-3*, Universidad de Chile.
48. Kocur, G., Alder., T., Hyman, W. y Aunet, B. (1982) *Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment*. Report N° UMTA-NH-11-0001-82, Urban Mass Transportation Administration, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.
49. Krueger, R. (1988) *Focus groups: a practical guide for applied research*, Sage, London.
50. Laffont, J. y Tirole, J. (1993) Cartelization by regulation, *Journal of Regulatory Economics*, Springer, vol. 5(2), p. 111-30.
51. Laffont, J. y Martimort, D. (2004) *The design of transnational public good mechanisms for developing countries*, IDEI Working Papers 267, Institut d'Économie Industrielle (IDEI), Toulouse.
52. Lam, H. y Bell, M. (2003) *Advanced modeling for transit operations and service planning*, Oxford, Pergamon.
53. Larousse, Biblioteca Actual (2004) *Riesgos ecológicos: ¿una amenaza evitable?*, 1a ed., Barcelona, España.
54. Lecler, S. (2002) Organización del transporte público en áreas metropolitanas europeas, *Carreteras 124*, p. 12-25.
55. Levy, P. y Lemeshow, S. (1991) *Sampling of populations: methods and applications*, New York: Wiley.
56. Lewis, B. (1994) Managing service quality, in B. G. Dale (ed.), *Managing Quality*, 2nd ed., p. 233-250.

57. Louviere, J. (1988) *Analysing decisions making: metric conjoint analysis*, Sage Publications, Newbury Park.
58. Louviere, J., Hensher, D. y Swait, J. (2000) *Stated choice methods: analysis and application*. Cambridge University Press, Cambridge.
59. Luce, R. (1959) *Individual choice behavior. An theoretical analysis*, New York.
60. Mackie, P., Jara-Díaz S. and T. Fowkes (2001) *The value of travel time savings in evaluation*, Transportation Research E, forthcoming.
61. Mansky, C. (1977) *The structure of random utility models, theory and decision*, 8, p. 229-254.
62. McFadden, D. (1975) *Urban travel demand, an behavioral analysis*, University of California, Berkeley.
63. Montgomery, D. (2001) *Design and analysis of experiments*, 5th Edition, Arizona State University.
64. Nash, C. (1982) *Economics of public transport*, British Library Cataloguing in Publication Data.
65. Ortúzar, J. de D. (2000a). *Modelos de demanda de transporte*. 2ª Edición, Editorial Alfaomega, Ediciones Universidad Católica de Chile.
66. Ortúzar, J. de D. (2000b). *Modelos econométricos de elección discreta*, Ediciones Universidad Católica de Chile.
67. Ortúzar, J. de D. y Garrido R. (2000) Rank, rate or choice? An evaluation of SP methods in Santiago, En J. de D. Ortúzar (Ed.), *Stated Preference Modelling Techniques*, Perspectives 4, PTRC Education and Research Services Ltd., London, p. 53-67.
68. Ortúzar, J. de D. y Willumsem, L. (2001) *Modelling transport*, London: Wiley.
69. Ortúzar, J. de D. y Sánchez, O. (2004) *Métodos y modelos en la planeación del transporte*, notas, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.
70. Ortúzar, J. de D., Ivelic, A. y Candia, A. (1997) User perception of public transport level of service. *Understanding travel behavior in an era of change*, Edited by Peter Stopher and Martin Lee-Gosselin, Pergamon, p. 123-142.
71. Pullen, W. (1993) Definition and measurement of quality of service for local public transport management, *Transport Reviews*, 13(3), p. 247-264.
72. Reglamento de Tránsito del Estado de México (1992), Publicado en el Periódico Oficial "Gaceta de Gobierno" del Estado el 22 de septiembre.
73. Reglamento de Transporte Público y Servicios Conexos del Estado de México. (2002), Publicado en el Periódico Oficial "Gaceta de Gobierno" del Estado el 25 de marzo.
74. Rizzi, L. y Ortúzar, J. de D. (2003) Stated preference in the valuation of interurban road safety, *Accident Analysis and Prevention*, 35, p. 9-22.
75. Rothengatter, W. (2001) Transport subsidies, Button, K. J. y D.A. Herscher (editores), *Handbooks of Transport Systems and Traffic Control*, Pergamon, Oxford.
76. Salanié, B. (1997) *The economics of contracts*, MIT, Cambridge, Ma.

77. Sánchez, O. (2003) Estudios preliminares para la planeación integral del transporte, el caso del corredor Toluca-Lerma, Reporte técnico final FIUAEM, México.
78. Sánchez, O., Castro, A., Fraga, T., y Gordillo, A. (2004) Valor subjetivo de tiempo para usuarios de una infraestructura aeroportuaria, XIII Panamerican Conference of Transportation Engineering, Albany, Nueva York.
79. Silcock, D. (1981) Measures of operational performance for urban bus services, *Traffic Engineering and Control*, 22(12), p. 645-648.
80. Small, K. y Rosen, H. (1981) Applied welfare economics with discrete choice models, *Econometrica*, 49, p. 105-130.
81. Sol de Puebla, el (2005) Artículo publicado el 16 de junio.
82. Stopher, P. y Jones, P. (2003) *Transport survey quality and innovations*, Pergamon, Oxford.
83. Sussman, J. (2000) *Introduction to transportation systems*, MIT Press, Massachusetts.
84. Swait, J. y Louviere, J. (1993) The role of the scale parameter in the estimation and use of multinomial logit models, *Journal of Marketing Research*, 30, p. 305-314.
85. Thurstone, L. (1927) Psychological analysis, *American Journal of Psychology*, 38, p. 368-389.
86. Thurstone, L. (1945) The prediction of choice, *Psychometrika*, 10, p. 237-253.
87. Train, K. (1991) *Optimal regulation: the economic theory of natural monopoly*, MIT Press.
88. Train, K. (2003) *Discrete choice methods with simulation*, New York: Cambridge University Press.
89. Train, K. y McFadden (1978) The goods-leisure tradeoff and disaggregate work trip mode choice models, *Transportation Research*, 12, 349-353.
90. Tversky, A. (1972a) Elimination by aspects; a theory of choice, *Psychological Review*, 79, p. 281-299.
91. Tversky, A. (1972b) Choice by elimination, *Journal of Mathematical Psychology*, 9, p. 341-367.
92. Tversky, A. y Sattah, S. (1979) Preference tress, *Psychological Review*, 86, p. 542-573.
93. Videla, J. y Alvarez, R. (2003) Introducción de variables determinísticas en los gustos en preferencias declaradas multimodal, *Actas XII Congreso Chileno de Ingeniería del transporte*, Santiago, Chile.
94. Wardman, M. (2001) A review of British evidence on time and service quality valuations, *Transportation Research*, E 37, p. 107-128.
95. Winsor, C. (1932) A comparative of certain symmetrical growth curves, *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 22, p. 73-83.

Anexos

Anexo 1. Relación de derroteros que utilizan el CLT

Empresa	Clave de derrotero
AUTOTRANSPORTES URBANOS DE TOLUCA Y ZONA CONURBADA, sa de cv	01-A136-01 LA CRESPA-TOLUCA CENTRO-CAPULTITLAN
AUTOTRANSPORTES URBANOS DE TOLUCA Y ZONA CONURBADA, sa de cv	01-A136-04 COL. LAZARO CARDENAS-HIPICO-TOLUCA CENTRO (RAYON)
AUTOTRANSPORTES URBANOS DE TOLUCA Y ZONA CONURBADA, sa de cv	01-A136-05 LAS MARGARITAS-PREPA 5- TOLUCA CENTRO LA CRESPA
AUTOTRANSPORTES URBANOS Y SUBURBANOS TOLLOTZIN, s a DE cv	01-A138-02 TEC. DE TOLUCA-TOLUCA CENTRO POR SN. SALVADOR TIZATLA-
AUTOTRANSPORTES URBANOS Y SUBURBANOS TOLLOTZIN, s a DE cv	01-A138-03 STA. MARIA TOTOLTEPEC-CENTRO TOLUCA-SAN MATEO OXTOTI-
AUTOTRANSPORTES URBANOS Y SUBURBANOS TOLLOTZIN, s a DE cv	01-A138-06 LA PILITA-CENTRO TOLUCA POR LAS TORRES
AUTOTRANSPORTES COLON NACIONAL S.A. DE C.V.	01-A215-02 SANTA MARIA NATIVITAS-METEPEC-TOLUCA CENTRO - COLONIA STA. BARBARA
AUTOTRANSPORTES COLON NACIONAL S.A. DE C.V.	01-A215-03 LA PILITA-TERMINAL-CENTRO POR TORRES
AUTOTRANSPORTES COLON NACIONAL S.A. DE C.V.	01-A215-04 SAN MATEO OTZACATIPAN - LA CRUZ COMALCO - TOLUCA
AUTOTRANSPORTES COLON NACIONAL S.A. DE C.V.	01-A215-05 COL. JIMENEZ GALLARDO-TOLUCA CENTRO
AUTOTRANSPORTES COLON NACIONAL S.A. DE C.V.	01-A215-08 (CLAVE PROPUESTA) CALIXTLAHUACA - COLONIA SANCHEZ
SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO Y SUBURBANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA SA CV	01-A152-04 SAN MATEO MEXICALTZINGO -CODAGEM-CIUDAD UNIVERSITARIA
SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO Y SUBURBANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA SA CV	01-A152-05 SAN MARCOS YACHIHUACALTEPEC-TOLUCA CENTRO-HOSPITAL
SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO Y SUBURBANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA SA CV	01-A152-06 LA PILITA-PILARES-TOLUCA CENTRO-C.U.
SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO Y SUBURBANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA SA CV	01-A152-09 ISSSTE-CENTRO POR PINO SUAREZ
SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO Y SUBURBANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA SA CV	01-A152-10 SEMINARIO-SANTIAGO MILTEPEC POR COL. 8 CEDROS TOLUCA CENTRO
SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO Y SUBURBANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA SA CV	01-A152-11 COL. NUEVA PROGRESO-METEPEC POR TOLUCA CENTRO
SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO Y SUBURBANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA SA CV	01-A152-12 SAN MARCOS YACHIHUACALTEPEC - TOLUCA CENTRO - CIUDAD UNIVERSITARIA
SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO Y SUBURBANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA SA CV	01-A152-13 (CLAVE PROPUESTA) FRACCIONAMIENTO PASEOS DEL VALLE
SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO Y SUBURBANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA SA CV	01-A152-14 (CLAVE PROPUESTA) SAN FELIPE TLALMIMILPAN-CAPULTI-
TRANSPORTES URBANOS Y SUBURBANOS TOLLOCAN S.A. DE C.V.	01-A156-05 SAN MATEO OTZACATIPAN - LA CRUZ COMALCO - TOLUCA
TRANSPORTES URBANOS Y SUBURBANOS TOLLOCAN S.A. DE C.V.	01-A156-08 SEMINARIO - CENTRO - HOSPITAL NICOLAS SAN JUAN.
AUTOBUSES FLECHA BLANCA DE TOLUCA S.A. DE C.V.	01-A012-10 SAN PABLO - TOLUCA CENTRO
AUTOBUSES FLECHA BLANCA DE TOLUCA S.A. DE C.V.	01-A012-13 CENTRAL DE ABASTO - SAN ANDRES CUEXCONTILÁN
AUTOTRANSPORTES 2 DE MARZO	01-A134-02 SN MARTIN TOLTEPEC-CENTRO TOLUCA
AUTOTRANSPORTES 2 DE MARZO	01-A134-03 INFONAVIR SN FRANCISCO-C U
AUTOTRANSPORTES 2 DE MARZO	01-A134-05 LAS PALOMAS-CENTRO TOLUCA
AUTOTRANSPORTES 2 DE MARZO	01-A134-06 LAS PALOMAS-CENTRO CULTURAL MEXIQUENSE
AUTOTRANSPORTES 2 DE MARZO	01-A134-07 SN PABLO AUTOPAN-CU
AUTOTRANSPORTES 2 DE MARZO	01-A134-10 RANCHO LA MORA- TIENDA ISSEMYM TOLUCA
AUTOTRANSPORTES 2 DE MARZO	01-A134-13 TERMINAL- CENTRO TOLUCA- MERCADO HIDALGO
AUTOTRANSPORTES 2 DE MARZO	01-A134-14 METEPEC-INFONAVIT SN FRANCISCO CU
AUTOTRANSPORTES 2 DE MARZO	01-A134-11 COL. NUEVA PROGRESO- METEPEC POR TOLUCA CENTRO
AUTOTRANSPORTES 2 DE MARZO	01-A134-17 LA PILITA CASABLANCA STA ANA TERMINAL
AUTOTRANSPORTES 2 DE MARZO	01-A134-22 Bo. DE GUADALUPE-SN MATEO ATENCO-SN ANTONIO BUENAVISTA
AUTOTRANSPORTES 2 DE MARZO	01-A134-28 ZAMARRERO UNIDAD HABITACIONAL H. GONZALEZ-Bo DE GADALUPE (ATENCO)

Anexo 1 (continuación)

SERVICIOS URBANOS Y SUBURBANOS XINANTECATL S.A. DE C.V.	01-A115-03 ACAHUALCO - CENTRO TOLUCA - PUENTE PILARES
SERVICIOS URBANOS Y SUBURBANOS XINANTECATL S.A. DE C.V.	01-115-06 SAN CRISTOBAL TECOLIT -TOLUCA CENTRO - PILARES
SERVICIOS URBANOS Y SUBURBANOS XINANTECATL S.A. DE C.V.	01-A115-07 STA. CRUZ CUAUHTENCO - CALIXTLAHUACA -TOLUCA CENTRO
SERVICIOS URBANOS Y SUBURBANOS XINANTECATL S.A. DE C.V.	01-115-08 SAN JUAN DE LAS HUERTAS -TOLUCA CENTRO
SERVICIOS URBANOS Y SUBURBANOS XINANTECATL S.A. DE C.V.	01-115-09 SAN FRANCISCO TLALCICALCALPAN - TOLUCA CENTRO -
SERVICIOS URBANOS Y SUBURBANOS XINANTECATL S.A. DE C.V.	01-115-14 CACALOMACAN - SAN MARCOS - TOLUCA CENTRO
SERVICIOS URBANOS Y SUBURBANOS XINANTECATL S.A. DE C.V.	01-115-15 ZINACANTEPEC -CENTRAL DE ABASTO POR BOULEVARD MIGUEL
SERVICIOS URBANOS Y SUBURBANOS XINANTECATL S.A. DE C.V.	01-115-16 SAN CRISTOBAL TECOLIT - TOLUCA CENTRO - PILARES POR
SERVICIOS URBANOS Y SUBURBANOS XINANTECATL S.A. DE C.V.	01-115-17 (CLAVE PROPUESTA) SAN FELIPE TLALMIMLOPAN - PREPARA-
SERVICIOS URBANOS Y SUBURBANOS XINANTECATL S.A. DE C.V.	01-A115-18 (CLAVE PROPUESTA) CALIXTLAHUACA - SAN MARCOS YACHIHUA-
SERVICIOS URBANOS Y SUBURBANOS XINANTECATL S.A. DE C.V.	01-115-19 (CLAVE PROPUESTA) ACAHUALCO - TERMINAL TOLUCA - PUENTE
SERVICIOS URBANOS Y SUBURBANOS XINANTECATL S.A. DE C.V.	01-115-20 SAN PEDRO TEJALPA - PUERTA TOLLOTZIN POR SAN JUAN DE
ALT López Mateos)	01-A137-01 SEMINARIO-CENTRO
ALT López Mateos)	01-A137-02 LA PILITA-CASA BLANCA-CENTRO-C.U.
ALT López Mateos)	01-A137-04 LA CRUZ COMALCO-TOLUCA CENTRO-CAPULTITLAN POR SAN LORENZO Y COL. INDEPENDENCIA
ALT López Mateos)	01-A137-09 (CLAVE PROPUESTA) SAN ANGEL INN - COL. INDEPENDENCIA -CU-SEMINARIO
ALT López Mateos)	01-A137-05 SANTA MARIA NATIVITAS-TOLUCA CENTRO
AUTOTRANSPORTES ZINACANTEPEC	01-A026-01A FRACC. SUTHEYM ALMOLOYA DE JUAREZ-PUENTE NUEVO
AUTOTRANSPORTES ZINACANTEPEC	01-A026-02 AEROPUERTO-SAN LUIS MEXTEPEC
AUTOTRANSPORTES ZINACANTEPEC	01-A026-03 TECAXIC-TOLUCA CENTRO POR MORELOS
AUTOTRANSPORTES ZINACANTEPEC	01-A026-04 COLEGIO MEXIQUENSE-ACAHUALCO-SAN FRANCISCO TLALCICAL-
AUTOTRANSPORTES ZINACANTEPEC	01-A026-05 SANTA MARIA DEL MONTE-SAN FRANCISCO TLALCICALCALPAN
AUTOTRANSPORTES ZINACANTEPEC	01-A026-06 OJO DE AGUA - SAN JUAN DE LAS HUERTAS - MONUMENTO A EMILIANO

Anexo 2. Tarjetas utilizadas en el ejercicio de jerarquización de los FNS

T A R I F A	FORMA DE MANEJAR DEL CONDUCTOR	TIEMPO QUE ESTÁ DENTRO DEL AUTOBÚS	FORMA DE PAGO (bonos o tarjetas)
DISTANCIA QUE DEBE CAMINAR PARA TOMAR EL AUTOBÚS	ESTADO FÍSICO DE LOS AUTOBUSES (interior y exterior)	TIEMPO QUE USTED ESPERA EL AUTOBÚS	IDENTIFICACIÓN VISUAL DE LOS AUTOBUSES (por color o número)
PARADAS DEL AUTOBÚS SÓLO EN LUGARES ESTABLECIDOS	TRATO AL USUARIO Y APARIENCIA PERSONAL (higiene) DEL CONDUCTOR	PASO DEL AUTOBÚS A UNA HORA ESTABLECIDA Y CONOCIDA POR USTED	LUGARES DISPONIBLES EN EL AUTOBÚS
INFORMACIÓN DE RUTAS EN PARADAS			


Anexo 3. Formato utilizado para la jerarquización de los FNS

GRUPO 1: FACTORES A LOS CUALES LES OTORGA MAYOR IMPORTANCIA			
Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4

GRUPO 2: FACTORES A LOS CUALES LES OTORGA MEDIANA IMPORTANCIA			
Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4


GRUPO 3: FACTORES A LOS CUALES LES OTORGA MENOR IMPORTANCIA			
Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4

Anexo 4. Formato de la encuesta FNS

 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería del Transporte Estudio del transporte urbano concesionado de autobuses en el corredor Lerdo de Tejada, Toluca, Méx.		
Encuesta para usuarios del transporte urbano concesionado de autobuses; jerarquización de los factores del nivel de servicio.		
INTRUCCIONES: Favor de contestar todas las preguntas de este cuestionario. No llenar los espacios sombreados		
Encuesta: <input type="text"/>	Fecha: <input type="text"/>	Hora: <input type="text"/>
Subió en: <input type="text"/>	Bajó en: <input type="text"/>	Línea: <input type="text"/> Género: <input type="text"/>
I. Favor de marcar la respuesta en cada pregunta 1. ¿Cuál es su ingreso individual mensual? 0 sin ingreso 4 \$1501 a \$2000 8 \$8001 a \$12000 1 \$50 a \$ 500 5 \$2000 a \$4000 9 más de \$12000 2 \$501 a \$1000 6 \$4001 a \$6000 10 otro, especifique _____ 3 \$1001 a \$1500 7 \$6001 a \$8000		
2. ¿Cuántos viajes como este realiza a la semana? 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 más de 10		
3. ¿Cuál es el motivo de este viaje? 1 trabajo 5 diversión 9 otro, especifique _____ 2 escuela 6 visita familiar 3 compras 7 visita médico 4 trámite administrativo 8 casa		
4. ¿En qué rango de edad se encuentra actualmente? 1 menor de 18 años 4 entre 31 y 40 años 2 entre 18 y 25 años 5 entre 41 y 60 años 3 entre 26 y 30 años 6 más de 60 años		
II. JERARQUIZACIÓN DE FACTORES DEL NIVEL DE SERVICIO A continuación se le presenta una lista de 13 factores que posiblemente indican el nivel de servicio de transporte de pasajeros de autobuses. Por favor léala y siga las intrucciones:		
1 TARIFA	8 IDENTIFICACIÓN VISUAL DEL AUTOBÚS (por color o número)	
2 FORMA DE MANEJAR DEL CONDUCTOR	9 PARADAS DEL AUTOBÚS SÓLO EN LUGARES ESTABLECIDOS	
3 TIEMPO QUE ESTÁ DENTRO DEL AUTOBÚS	10 TRATO AL USUARIO Y APARIENCIA PERSONAL (higiene) DEL CONDUCTOR	
4 FORMA DE PAGO (bonos y tarjetas)	11 PASO DEL AUTOBÚS A UNA HORA ESTABLECIDA Y CONOCIDA POR USTED	
5 DISTANCIA QUE DEBE CAMINAR PARA TOMAR EL AUTOBÚS	12 LUGARES DISPONIBLES EN EL AUTOBÚS	
6 ESTADO FÍSICO DE LOS AUTOBUSES (interior y exterior)	13 INFORMACIÓN DE LAS RUTAS EN PARADAS	
7 TIEMPO QUE USTED ESPERA EL AUTOBÚS		
INTRUCCIONES: Coloque en los recuadros de abajo cada uno de los factores sin repetir dentro del grupo al que según usted pertenece de acuerdo a la importancia (mayor, mediana y menor) que usted le da a cada factor. Además, los factores dentro de cada grupo deben estar ordenados también en orden de importancia. Para hacerlo, sólo coloque el número que identifica el factor de la lista dada en los cuadros pequeños.		
GRUPO 1 Factores de mayor importancia <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	GRUPO 2 Factores de mediana importancia <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	GRUPO 3 Factores de menor importancia <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexo 5. Formato de la encuesta PD

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería del Transporte Estudio del transporte urbano concesionado de autobuses en el corredor Lerdo de Tejada, Toluca, Méx.
Encuesta para usuarios del transporte urbano concesionado de autobuses: PREFERENCIAS DECLARADAS	
INTRUCCIONES: Favor de contestar todas las preguntas de este cuestionario. No llenar los espacios sombreados	
Individuo <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Fecha: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Hora: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Línea: <input type="text"/> <input type="text"/>
Género: <input type="text"/>	
I. Favor de marcar la respuesta en cada pregunta	
1. ¿Cuál es su ingreso individual mensual? 0 sin ingreso 4 \$1501 a \$2000 8 otro, especifique _____ 1 \$50 a \$500 5 \$2000 a \$4000 2 \$501 a \$1000 6 \$4001 a \$6000 3 \$1001 a \$1500 7 \$6001 a \$8000	
2. ¿Cuántos viajes como este realiza a la semana? 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 más de 10	
3. ¿Cuál es el motivo de este viaje? 1 trabajo 5 diversión 9 otro, especifique _____ 2 escuela 6 visita familiar 3 compras 7 visita médico 4 trámite administrativo 8 casa	
4. ¿En qué rango de edad se encuentra actualmente? 1 menor de 18 años 4 entre 31 y 40 años 2 entre 18 y 25 años 5 entre 41 y 60 años 3 entre 26 y 30 años 6 más de 60 años	
II. EXPERIMENTOS DE PREFERENCIAS DECLARADAS. Suponga que una empresa del servicio de transporte público de autobús ha mejorado su servicio. Esta mejora ha sido en el estado físico de los autobuses, en características de la conducción y del conductor. Además considere que: Tarifa: Es lo que paga al subir al autobús para realizar su viaje. Tiempo que está dentro del autobús: es el tiempo que transcurre desde que Usted se sube al autobús hasta que se baja. A continuación le presentamos ocho situaciones de elección, cada una con dos opciones de realizar su viaje: autobús actual o autobús mejorado . Por favor lea atentamente cada una de ellas y conteste, en cada caso, la opción que Usted elegiría.	
1,2 BLOQUE <input type="checkbox"/>	
SITUACIÓN	E L E C C I Ó N
	0 autobús actual 1 autobús mejorado 2 indiferente
1	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN



ENCUESTA DE PREFERENCIAS DECLARADAS

Estudio del Transporte Urbano Concesionado de Autobuses en el Corredor Lerdo de Tejada, Toluca, México Bloque 1

Suponga que una empresa de transportes de autobuses ha empezado a proporcionar un servicio mejorado. Las características en las que ha variado este nuevo servicio es en *la forma de conducir, en el trato al usuario y apariencia del conductor; y en el estado físico de los autobuses*. Tome en cuenta que las demás empresas siguen proporcionando el servicio como hasta ahora.

Además considere que:

La Tarifa: es lo que Usted paga al subir al autobús para realizar su viaje.

El Tiempo que está dentro del autobús: es el tiempo que transcurre desde que Usted se sube al autobús hasta que se baja.

A continuación le presentamos ocho situaciones de elección, cada una con dos opciones para realizar su viaje, ya sea por un **AUTOBÚS ACTUAL** o por **AUTOBÚS MEJORADO**. Por favor lea atentamente cada una de ellas y conteste, en cada caso, la opción que Usted elegiría.

Situación 1

Opción A

Autobús actual
Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio
Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio
Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.
Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos
Tarifa: \$ 5.0

Opción B

Autobús mejorado
Forma de manejar del conductor: Mala, de forma brusca e irresponsable.
Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Bueno
Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.
Tiempo que está dentro del autobús: 15 minutos
Tarifa: \$ 5.5

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)

Situación 2

Opción A

Autobús actual

Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos

Tarifa: \$ 5.0

Opción B

Autobús mejorado

Forma de manejar del conductor: Buena, con seguridad y cuidado.

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Regular

Estado físico de los autobuses: Autobús nuevo

Tiempo que está dentro del autobús: 15 minutos

Tarifa: \$ 5.5

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)

Situación 3

Opción A

Autobús actual

Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos

Tarifa: \$ 5.0

Opción B

Autobús mejorado

Forma de manejar del conductor: Mala, de forma brusca e irresponsable.

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Malo

Estado físico de los autobuses: Autobús nuevo

Tiempo que está dentro del autobús: 15 minutos

Tarifa: \$ 5.5

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)

Situación 4

Opción A

Autobús actual

Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos

Tarifa: \$ 5.0

Opción B

Autobús mejorado

Forma de manejar del conductor: Buena, con seguridad y cuidado.

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Malo

Estado físico de los autobuses: Autobús nuevo

Tiempo que está dentro del autobús: 15 minutos

Tarifa: \$ 5.5

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)

Situación 5

Opción A

Opción B

Autobús actual

Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos

Tarifa: \$ 5.0

Autobús mejorado

Forma de manejar del conductor: Mala, de forma brusca e irresponsable.

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Regular

Estado físico de los autobuses: Autobús nuevo

Tiempo que está dentro del autobús: 10 minutos

Tarifa: \$ 5.5

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)

Situación 6

Opción A

Autobús actual

Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos

Tarifa: \$ 5.0

Opción B

Autobús mejorado

Forma de manejar del conductor: Buena, con seguridad y cuidado.

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Regular

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que está dentro del autobús: 10 minutos

Tarifa: \$ 5.5

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)

Situación 7

Opción A

Autobús actual

Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos

Tarifa: \$ 5.0

Opción B

Autobús mejorado

Forma de manejar del conductor: Mala, de forma brusca e irresponsable.

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Regular

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que está dentro del autobús: 15 minutos

Tarifa: \$ 4.0

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)

Situación 8

Opción A

Autobús actual

Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos

Tarifa: \$ 5.0

Opción B

Autobús mejorado

Forma de manejar del conductor: Mala, de forma brusca e irresponsable.

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Regular

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que está dentro del autobús: 25 minutos

Tarifa: \$ 4.0

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)



ENCUESTA DE PREFERENCIAS DECLARADAS

Estudio del Transporte Urbano Concesionado de Autobuses en el Corredor Lerdo de Tejada, Toluca, México Bloque 2

Suponga que una empresa de transportes de autobuses ha empezado a proporcionar un servicio mejorado. Las características en las que ha variado este nuevo servicio es en *la forma de conducir, en el trato al usuario y apariencia del conductor; y en el estado físico de los autobuses*. Tome en cuenta que las demás empresas siguen proporcionando el servicio como hasta ahora.

Además considere que:

La Tarifa: es lo que Usted paga al subir al autobús para realizar su viaje.

El Tiempo que está dentro del autobús: es el tiempo que transcurre desde que Usted se sube al autobús hasta que se baja.

A continuación le presentamos ocho situaciones de elección, cada una con dos opciones para realizar su viaje, ya sea por un **AUTOBÚS ACTUAL** o por **AUTOBÚS MEJORADO**. Por favor lea atentamente cada una de ellas y conteste, en cada caso, la opción que Usted elegiría.

Situación 1

Opción A

Autobús actual

Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos

Tarifa: \$ 5.0

Opción B

Autobús mejorado

Forma de manejar del conductor: Buena, con seguridad y cuidado.

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Malo

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que está dentro del autobús: 25 minutos

Tarifa: \$ 6.0

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)

Situación 2

Opción A

Autobús actual

Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos

Tarifa: \$ 5.0

Opción B

Autobús mejorado

Forma de manejar del conductor: Mala, de forma brusca e irresponsable.

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Regular

Estado físico de los autobuses: Autobús nuevo

Tiempo que está dentro del autobús: 15 minutos

Tarifa: \$ 6.0

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)

Situación 3

Opción A

Autobús actual
Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio
Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio
Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.
Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos
Tarifa: \$ 5.0

Opción B

Autobús mejorado
Forma de manejar del conductor: Buena, con seguridad y cuidado.
Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Regular
Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.
Tiempo que está dentro del autobús: 15 minutos
Tarifa: \$ 5.5

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)

Situación 4

Opción A

Autobús actual
Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio
Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio
Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.
Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos
Tarifa: \$ 5.0

Opción B

Autobús mejorado
Forma de manejar del conductor: Mala, de forma brusca e irresponsable.
Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Bueno
Estado físico de los autobuses: Autobús nuevo
Tiempo que está dentro del autobús: 25 minutos
Tarifa: \$ 4.0

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)

Situación 5

Opción A

Autobús actual
Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio
Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio
Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.
Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos
Tarifa: \$ 5.0

Opción B

Autobús mejorado
Forma de manejar del conductor: Buena, con seguridad y cuidado.
Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Bueno
Estado físico de los autobuses: Autobús nuevo
Tiempo que está dentro del autobús: 10 minutos
Tarifa: \$ 6.0

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)

Situación 6

Opción A

Autobús actual

Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos

Tarifa: \$ 5.0

Opción B

Autobús mejorado

Forma de manejar del conductor: Buena, con seguridad y cuidado.

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Regular

Estado físico de los autobuses: Autobús nuevo

Tiempo que está dentro del autobús: 25 minutos

Tarifa: \$ 5.5

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)

Situación 7

Opción A

Autobús actual

Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos

Tarifa: \$ 5.0

Opción B

Autobús mejorado

Forma de manejar del conductor: Mala, de forma brusca e irresponsable.

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Malo

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que está dentro del autobús: 10 minutos

Tarifa: \$ 4.0

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)

Situación 8

Opción A

Autobús actual

Forma de manejar del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Actual, como los que ahora prestan el servicio

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que esta dentro del autobús: 20 minutos

Tarifa: \$ 5.0

Opción B

Autobús mejorado

Forma de manejar del conductor: Buena, con seguridad y cuidado.

Trato al usuario y apariencia personal del conductor: Bueno

Estado físico de los autobuses: Actual, como los que ahora prestan el servicio.

Tiempo que está dentro del autobús: 15 minutos

Tarifa: \$ 5.5

Elijo autobús actual

Indiferente

Elijo autobús mejorado

(Indique su respuesta al encuestador)