



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

ESCUELA DE INGENIERÍA

**VALORACIÓN SUBJETIVA DE LOS TIPOS DE  
TRANSBORDO EN TRANSPORTE PÚBLICO:  
CASO SANTIAGO DE CHILE**

**FRANCISCA JAVIERA NAVARRETE LOBOS**

Tesis para optar al grado de  
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Profesor Supervisor:  
**JUAN DE DIOS ORTÚZAR SALAS**

Santiago de Chile, (Agosto, 2010)

© 2010, Francisca Navarrete



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

ESCUELA DE INGENIERÍA

# **VALORACIÓN SUBJETIVA DE LOS TIPOS DE TRANSBORDO EN TRANSPORTE PÚBLICO: CASO SANTIAGO DE CHILE**

**FRANCISCA JAVIERA NAVARRETE LOBOS**

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

**JUAN DE DIOS ORTÚZAR SALAS**

**LUIS IGNACIO RIZZI CAMPANELLA**

**MARCELA ADRIANA MUNIZAGA MUÑOZ**

**LUIS ABDÓN CIFUENTES LIRA**

Para completar las exigencias del grado de  
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Santiago de Chile, (Agosto, 2010)

A Javier por acompañarme, motivarme, ser fuente de grandes ideas y un apoyo incondicional. A Camila por ayudarme y estar siempre presente. A mis padres y abuela por su respaldo absoluto y a toda prueba.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi profesor guía Juan de Dios Ortúzar, por ser fuente de inspiración constante, por su apoyo y entendimiento, y fundamentalmente su actitud positiva y siempre dispuesta a enseñar. Estaré siempre agradecida por el cariño y la entrega demostrada, aún en la distancia, hacia este arduo estudio.

Asimismo, deseo dar las gracias a Luis Rizzi por su constante ayuda y apoyo en gran parte de las etapas de este estudio, destaco sus conocimientos y la buena voluntad, así como también a Marcela Munizaga, por su disposición a resolver las múltiples dudas que surgieron durante la investigación, su mirada diferente y crítica fue de gran ayuda.

Por otra parte, destaco el valioso aporte de Sebastián Raveau, Felipe Herrera, Francisca Yañez y tantos otros compañeros de Magister PUC en la realización de este estudio, estaré siempre agradecida por su compañía, cariño y disposición a entender mis dudas e intentar solucionarlas de la mejor manera. Gracias a ellos, muchas de mis ideas intangibles se pudieron materializar de buena manera, para luego ser aplicadas en la investigación.

Al mismo tiempo, quisiera agradecer al Departamento de Transporte y Logística, a sus profesores, administrativos y alumnos, los cuales me recibieron los brazos abiertos y me acompañaron durante este periodo tan feliz de mi vida. Sus constantes muestras de cariño y comprensión no las olvidaré nunca.

Además, deseo reconocer el apoyo brindado por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Proyecto FONDECYT 1050672) y al Instituto Milenio en Sistemas Complejos de Ingeniería, por brindar apoyo económico para la realización de la investigación, a través de una beca, el financiamiento de encuestas y la facilitación de equipos tecnológicos.

Junto con ello, me gustaría agradecer a Javier Zúñiga por su asesoría en el diseño de todos los elementos gráficos de este estudio, tanto en el diseño de la encuesta, como en la manera de mostrar la información a distintas audiencias. Siempre estaré en deuda por la voluntad y la buena disposición a realizar críticas constructivas llenas de dedicación.

Finalmente, me gustaría no dejar ausentes a todas aquellas personas que colaboraron de manera anónima y desinteresada en distintas etapas de la investigación, tanto aquellos que me ayudaron a conseguir los lugares donde encuestar, a los que me mostraron su visión de la problemática y a los que contestaron mis encuestas, como a aquellos que simplemente me tendieron la mano en momentos áridos de ideas y energía, muchas gracias a todos, pues sin ellos este estudio no hubiese sido concluido con tanto éxito.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
2.1 Reseña Histórica: Transporte Urbano en Santiago .....	4
2.2 Contexto Actual: Transantiago y los Transbordos.....	6
2.3 Objetivos de la Investigación .....	8
2.4 Alcances y Limitaciones del Estudio .....	9
3 MARCO TEÓRICO .....	10
3.1 Modelos de Elección Discreta.....	10
3.1.1 Teoría de la Utilidad Aleatoria .....	11
3.1.2 Modelo Logit Simple.....	12
3.1.3 Modelo Logit Mixto .....	14
3.1.4 Test Estadísticos .....	16
3.1.5 Disposición al Pago por Atributos.....	18
3.2 Experimentos de Elección: Encuestas de Preferencias Declaradas .....	20
3.2.1 Diseño de Encuesta PD.....	23
3.2.2 Tamaño de Encuesta PD.....	25
4 METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL EXPERIMENTO .....	27
4.1 Análisis Situacional y Definición de Variables Atingentes .....	28

4.2	Grupos Focales.....	29
4.3	Definición de Variables y Función de Utilidad.....	34
4.3.1	Variables Atingentes y sus Niveles de Variación.....	35
4.3.2	Función de Utilidad .....	38
4.4	Diseño de Encuesta .....	41
4.4.1	Diseño del Entorno Gráfico .....	43
4.4.2	Encuesta Piloto 1 .....	46
4.4.3	Encuesta Piloto 2 .....	47
4.4.4	Simulación para Recuperar los Parámetros de la Encuesta Final..	51
4.4.5	Encuesta Final.....	55
5	ANÁLISIS DEL BANCO DE DATOS.....	59
5.1	Características Socio-Económicas .....	60
5.2	Características del Viaje Actual .....	71
5.3	Características de Elección .....	76
6	ESTIMACIÓN DE MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA .....	78
6.1	Modelos Logit Simple.....	78
6.2	Modelos Logit Mixto .....	89
7	ESTIMACIÓN DE DISPOSICIÓN AL PAGO POR ATRIBUTOS .....	97
7.1	Disposición al Pago para Modelos Logit Simple.....	97
7.2	Disposición al Pago para Modelos Logit Mixto .....	100
8	CONCLUSIONES.....	103
	REFERENCIAS.....	107
	A N E X O S .....	116
	Anexo A: Plano Metro de Santiago .....	117
	Anexo B: Informe de Grupos Focales.....	118
	Anexo C: Comunas Origenes y Destino Encuestadas.....	141
	Anexo D: Empresas o Instituciones Encuestadas .....	143

Anexo E: Carta de Invitación a Participar en la Encuesta .....	144
Anexo F: Modelo MNL1 com individuos lexicográficos .....	145
Anexo G: Parámetros asociados a la Variable “Inter” .....	146
Anexo H: Modelo MNL5.....	147

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 4-1: Variables cuantitativas medidas en los GF.....	31
Tabla 4-2: Signo esperado de los parámetros modelados para la encuesta.....	40
Tabla 4-3: Valores posibles de las variables cuantitativas por tipo de encuesta.....	48
Tabla 4-4: Distribuciones de probabilidad de los parámetros en encuestas piloto .....	49
Tabla 4-5: Valores de los parámetros obtenidos en la encuesta piloto .....	51
Tabla 4-6: Valores de los parámetros propuestos y recuperados .....	55
Tabla 4-7: Distribuciones de probabilidad de los parámetros en las encuestas .....	58
Tabla 5-1: Lugar de realización de transbordos actuales .....	75
Tabla 6-1: Resultados de los modelos Logit Simple.....	82
Tabla 6-2: Valores de los parámetros de “Costo” en el modelo MNL2 .....	84
Tabla 6-3: Valores de los parámetros de “TCI” y “TEI” en el modelo MNL2 .....	84
Tabla 6-4: Valores de los parámetros de “TCT” y “TCF” en el modelo MNL2 .....	85
Tabla 6-5: Valores de los parámetros de “Información” en el modelo MNL2.....	86
Tabla 6-6: Valores de los parámetros de “Escalera Mecánica” en el modelo MNL2.....	87
Tabla 6-7: Valores de los parámetros de “Primero Disponible” en el modelo MNL2 ....	87
Tabla 6-8: Parámetros de “Inter” en el modelo MNL2 para “TSal” promedio .....	89
Tabla 6-9: Resultados de los modelos Logit Mixto, método Componentes de Error .....	91
Tabla 6-10: Resultados de los modelos Logit Mixto, método Parámetros Aleatorios ....	93
Tabla 6-11: Análisis de las distribuciones de las variables del modelo ML4.....	95
Tabla 7-1: Disposición al pago por atributos para modelo MNL1 y MNL2 .....	98

Tabla 7-2: Disposición al pago por atributos para modelo ML1 y ML2 .....	101
Tabla F-1: Resultado del modelo Logit Simple MNL1 con individuos lexicográficos.	145
Tabla G-1: Parámetros de “Inter” en el modelo MNL2 para “TSal” mínima.....	146
Tabla G-2: Parámetros de “Inter” en el modelo MNL2 para “TSal” máxima.....	146
Tabla H-1: Resultado Modelo Logit Mixto ML5, método Parámetros Aleatorios.....	147

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2-1: Sistemas de transporte pre y post implementación de Transantiago.....	6
Figura 2-2: Integración de sistema de buses y Metro en la ciudad de Santiago. ....	7
Figura 4-1: Clasificación etárea y por género de participantes FG.....	31
Figura 4-2: Representación gráfica de las variables básicas modeladas.....	37
Figura 4-3: Páginas inicial y explicativa de objetivos/desarrollo de la encuesta.....	43
Figura 4-4: Página de recopilación de información del viaje típico realizado.....	44
Figura 4-5: Página tipo de elección de alternativa de viaje escogida. ....	45
Figura 4-6: Página de recopilación de información socioeconómica del viajero. ....	45
Figura 4-7: Error cuadrático medio con diferentes desviaciones estándar poblacionales	54
Figura 4-8: Comunas de Santiago que son destino y origen de los encuestados. ....	56
Figura 5-1: Histograma de la variable “Edad” según “Género” .....	61
Figura 5-2: Histograma de la variable “Edad” según “Automóvil en hogar” .....	62
Figura 5-3: Distribución de la variable “N° Automóviles Hogar” en la muestra .....	63
Figura 5-4: Histograma de la variable “AutoLic”.....	64
Figura 5-5: Histograma de la variable “Ingreso Líquido” .....	65
Figura 5-6: Distribución de la variable “Ingreso Líquido” en la muestra.....	66
Figura 5-7: Histograma de la variable “Tasa Salarial”. ....	68
Figura 5-8: Histograma de la variable “Ing. Líquido Familiar”.....	69
Figura 5-9: Distribución de la variable “Ing. Líquido Familiar” en la muestra.....	69
Figura 5-10: Histograma de la variable “Tasa de Gasto”. ....	70

Figura 5-11: Distribución de la variable “Duración Viaje” en la muestra.....	71
Figura 5-12: Distribución de la variable “N° de Transbordos” en la muestra .....	72
Figura 5-13: Distribución de la variable “Transbordo Actual” en la muestra .....	73
Figura 5-14: Distribución de la variable “Lugar Transbordo” en la muestra .....	74
Figura 5-15: Histograma de “TpoCamProp”, “TpoEspProp” y “TpoViajeProp”.....	76
Figura 5-16: Distribución de la variable “Modo Elegido” en la muestra .....	77

## RESUMEN

El sistema de transporte público de Santiago, Transantiago, posee una estructura que involucra, en muchos casos, la realización de viajes con transbordo. Este fenómeno ha provocado una multiplicidad de reacciones, entre las cuales se encuentra la incomodidad a la hora de transbordar. Debido a esto, el foco principal del estudio se centra en la valoración subjetiva del transbordo como elemento inserto en el viaje, y para el cual es posible optar bajo diferentes condiciones. En particular, se pretende obtener (i) variables relevantes que afectan el transbordo, con énfasis en condiciones físicas, (ii) preferencias relativas entre transbordos de tipo Metro-Metro, Metro-Bus, Bus-Metro o Bus-Bus y (iii) relación de orden entre los distintos valores del tiempo (caminata, espera y viaje).

Para abordar este problema se comenzó por tratar de conocer, mediante la realización de grupos focales y luego encuestas de preferencias declaradas (PD), la percepción de los individuos sobre viajes con transbordos entre modos públicos. El experimento de PD fue diseñado utilizando la metodología de diseño eficiente, y en él se mostraron distintos tipos de transbordo, con características físicas y temporales específicas.

Una vez recabada la información de los usuarios, y analizada estadísticamente, se procedió a estimar modelos de tipo Logit Simple y Logit Mixto, que permitieron obtener valoraciones para los distintos atributos, en especial se destaca la importancia asignada a la existencia de información disponible, escalera mecánica y a la posibilidad de acceder al primer vehículo o vagón que se detiene en la estación, junto con la penalidad asignada a viajes que requieren transbordar en estaciones intermodales en la hora punta de la mañana. Por otra parte, los tiempos de viaje más penalizados resultaron ser el tiempo de espera asociado al transbordo y el tiempo de caminata final. Finalmente, se pudo determinar que los individuos manifiestan preferencia por realizar transbordos de tipo Metro-Metro, seguido de Metro-Bus, Bus-Metro y, finalmente, de Bus-Bus.

*Palabras Claves:* Transbordo en Transporte Público, Preferencias Declaradas, Diseño Eficiente, Modelos Logit, Transantiago.

## ABSTRACT

The structure of Transantiago, the new public transport system of Santiago de Chile, involves the need to make transfers in the majority of trips. This phenomenon has caused a multitude of reactions, among which stands out the discomfort associated with transferring, be it from one mode to another or between two services. Because of this, the main focus of this study was on the subjective assessment of transfer, as an unavoidable part of the trip, and for which the user could choose among different conditions. In particular, the investigation tried to (i) identify the relevant variables that affect transfers, with emphasis on physical conditions; (ii) estimate the relative preferences for different types of transfer, i.e. Metro-Metro, Metro-Bus, Bus-Metro or Bus-Bus, and (iii) establish the ranking order between the different values of time (walking, waiting and in-vehicle) associated with a given trip. To tackle this problem we began by trying to ascertain the individual perceptions about trips with transfers between public transport modes. For this we conducted first focus groups and then a stated preference (SP) survey. The SP experiment was designed using the efficient design methodology, and it presented respondents with different types of transfers, with specific physical and temporal characteristics.

Once the information was collected and analyzed, we proceeded to estimate Multinomial Logit and Mixed Logit models that allowed us to obtain valuations for the various transfer attributes. In particular, we highlight the importance attached to the availability of information, mechanical staircases and the possibility of being able to access the first vehicle that arrives at the station. The penalty associated with having to transfers at intermodal stations in the morning rush hour was also important. On another hand, it was found that the most penalized times were the waiting time associated with a transfer and the walking to the final destination. Finally, we found that individuals prefer making transfers of the type Metro-Metro, followed by Metro-Bus, Bus-Metro and Bus-Bus.

*Keywords:* Public Transport Transfers, Stated Preference, Efficient Design, Logit Models, Transantiago.

## 1 INTRODUCCIÓN

El nuevo sistema de transporte de la ciudad de Santiago de Chile, recibe el nombre de Transantiago y comienza su funcionamiento el día 10 de febrero de 2007. La implementación de este sistema, ha traído grandes cambios en la manera de transportarse por la ciudad, los que han producido beneficios y dificultades, pero a la vez han generado distintos desafíos referentes a la comprensión de cómo los individuos perciben y utilizan el sistema, factor fundamental en una ciudad con cerca de seis millones de habitantes.

En particular, y debido al diseño topológico del sistema, se ha producido un cambio en la manera tradicional de viajar en transporte público en Santiago, ya que hoy, en una parte importante de los viajes se debe realizar al menos un transbordo<sup>1</sup>. Esto representa un cambio profundo, no sólo en la gestión del sistema de transporte, sino que ha afectado la idiosincrasia de la población respecto a cómo viajar, ya que antes estaba acostumbrada a largos viajes sin transbordo, que estaban ligados a altos costos operacionales derivados de la gran cantidad de kilómetros<sup>2</sup> recorridos por las líneas de buses anteriores a la implementación de Transantiago. Especialmente sensible resulta ser el último punto, ya que la poca costumbre de transbordar, sumado a las incomodidades y problemas de la implementación inicial del sistema, crearon una mala percepción del plan completo, y de manera particular sobre el hecho de transbordar, esto queda de manifiesto en variados estudios (Figueroa y Orellana, 2007; Cortés, 2007; Henríquez *et al.*, 2007; Allard *et al.*, 2008), entre los que destaca el realizado por Muñoz y Gschwender (2008), que indica que la *“mayor fortaleza del sistema anterior era que las personas podían viajar por la ciudad sin realizar transbordos”* y añade también que una vez que se inicia la implementación del nuevo sistema *“las velocidades de operación se*

---

<sup>1</sup> Puede concebirse como el cambio de un modo de transporte a otro dentro de un mismo viaje o como el cambio de un servicio o línea a otro dentro de un mismo viaje, manteniendo el modo constante. Este concepto alberga no sólo el hecho de bajarse de un vehículo o carro y subirse a otro, sino que considera el tiempo invertido en hacerlo y la distancia que se debe recorrer, entre otros aspectos.

<sup>2</sup> Según Muñoz y Gschwender (2008); las líneas de buses recorrían aproximadamente 60 km. entre dos puntos periféricos de la ciudad, considerando ambas direcciones.

*vieron significativamente afectadas... los buses permanecían demasiado tiempo detenidos en los paraderos debido a que el número de subidas y bajadas se incrementó fuertemente como resultado de los transbordos adicionales y las bajas frecuencias”.*

Por otra parte, es necesario considerar que este tema ha sido escasamente estudiado en sistemas semejantes a la configuración actual del sistema de transporte público en Santiago, el cual se compone de metro subterráneo y buses, modos altamente dispares entre sí principalmente debido a la exclusividad de las vías por donde transitan; en efecto, el primero posee infraestructura segregada y exclusiva, mientras que el segundo no, en la mayor parte de la ciudad, donde debe compartir vías con el transporte privado. Una de las escasas referencias encontradas resume la investigación realizada por Crockett (2002) donde se analiza la disposición que poseen los individuos a realizar transbordos, considerando distintos niveles de información, seguridad, nivel de servicio y tiempos de espera en un sistema compuesto por siete rutas de tren y 139 líneas de buses en la ciudad de Chicago; no obstante éstas no se encontraban integradas temporal, espacial ni tarifariamente, lo cual difiere teóricamente del caso de Transantiago. Otros estudios que abordan el tema del transbordo son los realizados por Guo (2003; 2008); el primero considera las penalizaciones que asignan los individuos al hecho de transbordar, enfocándose en los tiempos de viaje y caminata, de desplazamientos con o sin transbordo en la red de trenes suburbanos del centro de Boston (*Subway*). El segundo aborda el mismo tema, pero enfocado a la planificación de sistemas de transporte y su efecto en la partición modal, y se aplica tanto para la red de trenes interurbanos y suburbanos de Boston (*Subway and Commuter rail*), como para el sistema de tren suburbano de Londres (*Underground*).

Adicionalmente, Espino *et al.* (2007) identifican y analizan las preferencias de los usuarios cuando se le presentan distintas alternativas de transbordo para viajes urbanos e interurbanos en líneas de buses sin integración tarifaria, y su disposición al pago por realizar el viaje de manera directa. Y, finalmente, Karasmaa (2007) estudia

combinaciones entre modos públicos y privados para intentar reducir la cantidad de vehículos que ingresan a la ciudad. Estas y otras referencias se discuten en el capítulo 4.

Todo lo anterior, constituye una fuente de gran motivación para emprender un estudio del tema del transporte público, en un momento cambiante, cuando los usuarios aún están acostumbrándose al nuevo sistema y muchos de ellos no tienen una buena percepción del mismo.

Así, esta tesis se encuentra estructurada de la siguiente forma; en el capítulo dos, se presenta el contexto actual del sistema estudiado con respecto al transbordo, junto con los objetivos y limitaciones propias del estudio. El capítulo tres describe el marco teórico base de la metodología utilizada en esta investigación y el cuarto contiene la metodología y discute el diseño del experimento, incluyendo los grupos focales, encuestas piloto y encuesta final. En el capítulo quinto se presenta el análisis estadístico de cada una de las variables socioeconómicas y de los atributos asociado al viaje, junto a las justificaciones que apoyan dicho comportamiento de la muestra. Posteriormente, el capítulo seis expone los modelos Logit Simple y Logit Mixto estimados en el estudio, y en el séptimo capítulo se detallan las disposiciones al pago calculadas para cada uno de los atributos modelados. Finalmente, en el capítulo octavo se discuten las conclusiones principales de la investigación.

## **2 ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1 Reseña Histórica: Transporte Urbano en Santiago<sup>3</sup>**

El transporte público en Santiago de Chile ha experimentado muchos cambios desde la fundación de la ciudad hasta nuestros días. Primeramente y hasta finales del siglo XIX, este sólo consistía en pequeños vehículos con tracción animal que recorrían cortas distancias, pero ya desde ese entonces existían recorridos que conectaban la estación de ferrocarriles “Estación Central” y el centro de la capital.

Luego de ello, en 1900 se evolucionó hacia el uso de tranvías eléctricos que podían recorrer distancias más largas y llevar más pasajeros en cada vehículo. Con la llegada de este nuevo medio cambia la configuración del viaje en modos públicos, aumenta la conectividad y la frecuencia, e incluso se comienza a diseñar los recorridos considerando las conexiones entre los distintos puntos de la capital; la estación de ferrocarriles y las distintas paradas de los tranvías urbanos.

En 1919 aparecen los buses urbanos, que se convertirían con el tiempo en el vehículo de transporte colectivo de la ciudad. Estos vehículos tuvieron múltiples formas y tamaños, comenzando con las “Góndolas” de 25 pasajeros, pero donde viajaban más de 30 debido a la elasticidad propia del transporte chileno (algunos viajaban colgados, incluso de las pisaderas laterales y del parachoques trasero). En 1945 se crea la Empresa de Transportes Colectivos del Estado (ETC) la cual importa nuevos buses y trolebuses, teniendo estos últimos sólo desarrollo en el centro de Santiago donde permanecieron por cerca de 30 años en servicio. Los buses utilizaban bencina o petróleo y tenían dos tamaños; los más grandes eran llamados “Micros” y los pequeños denominados “Liebres”, debido a su mayor maniobrabilidad y velocidad; estas últimas tenían como requisito no llevar pasajeros de pie (que no se cumplía normalmente).

---

<sup>3</sup> Basado en la publicación de Oses, D. (2009)

Es así, como durante muchos años las “Micros” y “Liebres” formaron parte del paisaje urbano, y le dieron color a la gris ciudad, debido a que funcionaban sin reglamentaciones y cada propietario las decoraba de manera particular, antes de que se dispusiera el amarillo como color oficial. No tenían número de identificación sino nombre según el recorrido que realizaban, lo cual hacía dificultoso el registro, pero agregaba carácter e identidad a cada una de ellas. Posteriormente, se crearon tanto las normas de color ya mencionadas, como reglamentaciones que indicaban el uso de un número de identificación, que estaba asociado a la comuna de origen y destino.

Paralelo a esto, no se puede olvidar la construcción del Metro de Santiago en el año 1968, el cual nace a partir de las dificultades que estaba experimentando la ciudad, debido al aumento de las necesidades de viaje y a los problemas generados por el crecimiento geográfico y la densificación de la ciudad, lo cual causaba congestión vial en las poco acondicionadas calles de la capital. En 1975 comienza a operar un tramo de la primera línea de metro, denominada línea 1, la cual es terminada en 1980 junto con gran parte de la línea 2. Luego de estos años iniciales de este nuevo servicio, y dado el éxito conseguido, se construyen y entran en operación la línea 5 (1997) y las líneas 4 y 4A (2006), consiguiendo implementar una red de metro capaz de conectar vastos puntos de la capital (Ver Mapa de Metro Santiago en Anexo A).

Todo este desarrollo de modos de transporte ocurrió de manera desintegrada, ya que cada uno poseía una visión de negocio distinta y pese a que existía una entidad estatal encargada del transporte, los modos crecieron cada uno de forma separada. Por ejemplo, los microbuses “amarillos” aumentaron su número de manera importante cada año debido a que sólo bastaba licitar una nueva línea, creada por los mismos microbuseros que deseaban operarla. Así se construyó una red con muchas líneas superpuestas, lo que provocó un aumento de la congestión y contaminación. Esto, adicionado al gran volumen de viajes realizados de manera diaria en Santiago (más de dos y medio millones de viajeros generaban más de seis millones de viajes diarios en 2001), hizo que fuera necesario concebir un sistema de transporte integrado y sustentable en el tiempo.

## 2.2 Contexto Actual: Transantiago y los Transbordos

Transantiago, el sistema de transporte integrado de la ciudad de Santiago de Chile, ha sufrido muchos cambios desde su implementación a principios de 2007; esto se debe a que cuando inició su operación gran parte de los sistemas de gestión y la infraestructura necesaria para su funcionamiento no estaban debidamente implementados ni probados (Muñoz *et al.*, 2009). Esto trajo como consecuencia grandes tiempos de espera y una elevada congestión, junto con problemas de cobro al momento de puesta en marcha, lo cual produjo una pésima imagen para los usuarios, la cual hasta ahora ha sido difícil de cambiar.



Figura 2-1: Sistemas de transporte pre y post implementación de Transantiago.

Otro aspecto relevante, y fuertemente polémico debido a su lenta aceptación por parte de los usuarios, tiene que ver con el diseño topológico del sistema de transporte, el cual consiste en una estructura central (o columna vertebral), formada por las líneas de metro y los buses troncales por arterias principales; y recorridos de alimentación hacia y desde la periferia mediante el uso de buses locales. Este esquema ocasiona que para poder realizar un viaje que salga de una de las nueve zonas locales de Santiago, es necesario realizar a lo menos un transbordo, el cual no estaba instaurado ni internalizado en el sistema anterior. Esto causa problemas, ya que en el sistema anterior había algunos transbordos, pero no como parte del diseño del sistema.

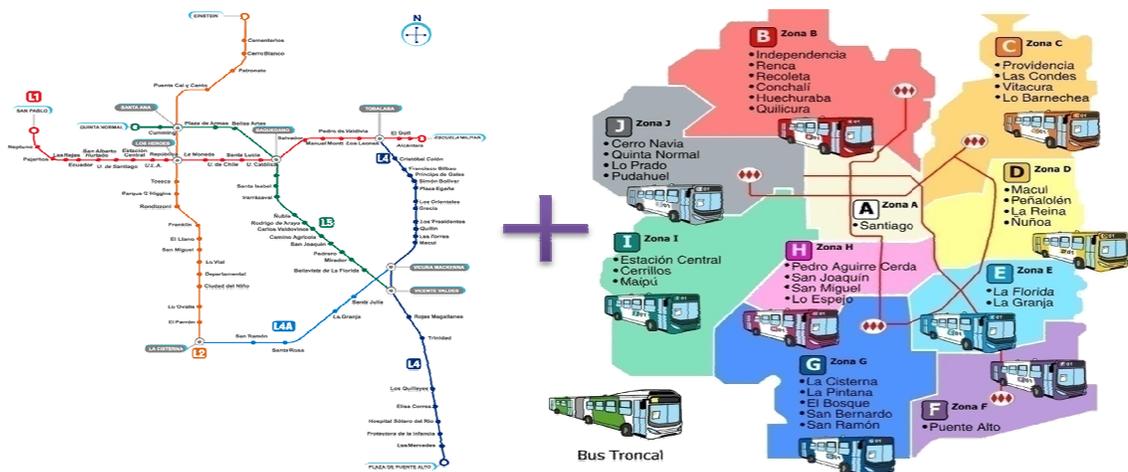


Figura 2-2: Integración de sistema de buses y Metro en la ciudad de Santiago.

Así mismo, es posible encontrar información en la literatura que indica que “Desde la concepción de Transantiago, las autoridades ofrecieron una visión difícilmente realizable de lo que sería el sistema. En una ciudad como Santiago el sistema de transporte público debe ser diseñado usando vehículos a capacidad durante los períodos punta, a menos que se provea de subsidios significativos. Así, no se puede esperar que los pasajeros viajen sentados durante dichos períodos. Esta racionalización requiere también que la gente realice transbordos. Las autoridades deberían haber

*comunicado que estos esfuerzos acarrearían grandes beneficios”* (Muñoz y Gschwender, 2008).

A pesar de que hoy Transantiago presenta muchas ventajas con respecto a las “micros amarillas”, debido a la integración tarifaria y a la mayor accesibilidad a muchas zonas de Santiago, los usuarios aún no se acostumbran ni aceptan de buena manera la forma de viajar que ofrece el nuevo sistema, principalmente debido a la existencia de transbordos en sus viajes, los cuales se perciben negativamente, debido a la congestión y tiempos de espera asociados a ellos (Muñoz *et al.*, 2009). Y por lo tanto, este tema resulta ser de gran relevancia a la hora de captar y comprender las nuevas percepciones de los individuos con respecto al transporte público imperante en Santiago de Chile.

### **2.3           Objetivos de la Investigación**

Este estudio pretende dilucidar los aspectos que resultan ser relevantes para las personas a la hora de realizar un transbordo durante su viaje, focalizándose en las percepciones relacionadas con viajes efectuados en horario punta. La idea es poder entender mejor el comportamiento individual con el fin de ser capaces de generar planes de contingencia que apunten a mejorar algunos aspectos de este significativo elemento del sistema.

Como objetivo específico se pretende conocer:

- Aspectos y variables relevantes, y su peso relativo, relacionados con el acto de transbordar, con particular énfasis en las condiciones físicas que enfrentan los individuos.
- Preferencias relativas de los individuos respecto a la combinación de modos elegida para transbordar, ya sea Metro-Metro, Metro-Bus, Bus-Metro o Bus-Bus.
- Relaciones entre los distintos valores del tiempo (caminata, espera y viaje), a fin de entender cuales penalizan en mayor manera la percepción de la duración total del viaje.

## 2.4 Alcances y Limitaciones del Estudio

Aunque inicialmente se pretendía abarcar el fenómeno de transbordo de manera extendida; considerando combinación entre modos públicos<sup>4</sup> y privados en un análisis para todas las horas del día, fue necesario acotar el estudio debido a la multiplicidad de variables que se encontraban fuera del alcance central de la investigación, ya sea por motivos técnicos o económicos.

Por lo tanto que decidió acotar la población en estudio a personas que viajan por motivo trabajo durante la hora punta de la mañana, que deciden su viaje de manera individual, y que necesitan a lo menos un transbordo durante su trayecto. Esta delimitación del tema pretende facilitar la obtención de parámetros adecuados para modelar el comportamiento de una gran cantidad de individuos residentes en Santiago, evitando que la información pierda consistencia o se diluya al intentar abarcar la multiplicidad de motivos y modos existentes en esta gran ciudad.

Con ello, esta investigación pretende ser el punto inicial del estudio del transbordo en una megalópolis, como Santiago, fenómeno escasamente estudiado previamente en estas condiciones específicas. En efecto, como ya se señaló, sólo existen experiencias anteriores en ciudades del mundo desarrollado; como Boston y Londres (Guo, 2003, 2008) o Chicago (Crockett, 2002), donde no existe un sistema integrado y donde los usuarios cautivos del transporte público no representan un porcentaje tan alto como en Santiago, según la encuesta de Transporte Público de Superficie de 1997, un 71% de los usuarios de buses provenían de hogares en que no se dispone de ningún automóvil, no obstante se cree que hoy este porcentaje debe ser menor debido al enorme crecimiento de la tasa de motorización y a la reducción del tamaño de los hogares.

---

<sup>4</sup> Considerando transporte público a los modos bus y Metro, que conforman Transantiago. Se excluyen modos como el taxi colectivo y el taxi tradicional, por no pertenecer al sistema integrado.

### **3 MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Modelos de Elección Discreta**

Los modelos de elección discreta intentan representar los procesos individuales de decisión en situaciones en que se debe elegir una alternativa entre un conjunto finito de posibilidades. Estos modelos también han sido ampliamente utilizados en la literatura para estimar valoraciones subjetivas del tiempo y la disposición al pago por atributos propios de un bien o servicio no transables en el mercado (McFadden, 1978; Iacobelli, 1994; Munizaga y Ortúzar, 1994; Hanley *et al.*, 1998; Ortúzar *et al.*, 2000; Munizaga *et al.*, 2006).

Básicamente, los modelos de elección discreta entregan como resultado la probabilidad que un cierto individuo, con características particulares, escoja una determinada alternativa dentro de un conjunto finito de ellas. Estas alternativas quedan definidas en términos de sus atributos, los cuales pueden ser percibidos de manera diferente por cada individuo; los modelos permiten, además, que la elección dependa de las características socioeconómicas de los individuos considerados.

Debido a que trabajan a partir de información a nivel individual, estos modelos permiten obtener, en principio, parámetros más representativos que los conseguidos con modelos a nivel agregado, los cuales utilizan datos promedio para grupos de individuos. Para formular modelos de elección discreta se utiliza como base, en la mayor parte de los casos, la teoría de la utilidad aleatoria (McFadden, 1974).

### 3.1.1 Teoría de la Utilidad Aleatoria

De acuerdo a Lancaster (1966), la utilidad asociada a una determinada alternativa  $A_j$ , que forma parte de un conjunto finito  $A_{(q)}$ , se deriva de los atributos que la caracterizan.

En su versión más sencilla, la teoría postula que individuos “q”, pertenecientes a una población o segmento del mercado relativamente homogéneo “Q”, pertenecen a la especie ficticia de “*Homo Economicus*”; es decir se comportan racionalmente (esto es, eligen la alternativa de mayor utilidad individual) y poseen información perfecta. Es importante notar que la teoría supone que el modelador es un observador del sistema, y que, por ende, no conoce las motivaciones personales de los individuos para realizar una determinada elección; así, sólo es capaz de percibir parte de la información considerada por los individuos. De esta forma, el modelador postula que la utilidad de la alternativa  $A_j$  para el individuo  $q$  está dada por:

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq} \quad (3.1)$$

Esta función, tal como es posible observar, posee dos componentes:

- Una utilidad determinística o representativa;  $V_{jq}$ , que es función de los atributos  $X$ , conocidos por el modelador. Esta componente se representa usualmente por:

$$V_{jq} = \sum_k \theta_{jk} \cdot X_{jkq} \quad (3.2)$$

siendo  $\theta_{jk}$  un parámetro a estimar, para el atributo  $k$ -ésimo de la alternativa  $j$ , y que se asume igual para toda la muestra;  $X_{jkq}$  representa al atributo  $k$ -ésimo de la alternativa  $j$  para el individuo  $q$  de la muestra.

- Una componente aleatoria;  $\varepsilon_{jq}$ , que refleja todos aquellos aspectos que el modelador no conoce o maneja, como gustos individuales y errores de observación o medición.

Dado lo anterior, de acuerdo al modelador, el individuo “q” elegirá la alternativa  $A_j \in A_{(q)}$ , si (Ortúzar, 2000):

$$U_{jq} \geq U_{mq}, \forall A_m \in A_{(q)} \quad (3.3)$$

vale decir, si:

$$V_{jq} - V_{mq} \geq \varepsilon_{mq} - \varepsilon_{jq} \quad (3.4)$$

Pero como no es posible determinar el valor del lado derecho de la ecuación anterior, el modelador sólo puede estimar la probabilidad de elegir la alternativa  $A_j$  :

$$P_{jq} = Prob\left(\varepsilon_{iq} \leq \varepsilon_{jq} + (V_{jq} - V_{iq}), \forall A_i \in A_{(q)}\right) \quad (3.5)$$

y dependiendo de la forma funcional que se suponga para los errores  $\varepsilon$ , esta expresión puede conducir a distintos modelos de elección (ver Ortúzar, 2000).

### 3.1.2 Modelo Logit Simple

El modelo Logit Simple (MNL) ha sido el más utilizado para estimar elecciones discretas, debido a su especial sencillez analítica. Para generarlo se debe hacer la suposición que los residuos  $\varepsilon_{jq}$  distribuyen IID Gumbel con media cero y varianza  $\sigma^2$  (Domencich and McFadden, 1975). Bajo estas condiciones, la expresión analítica del MNL es:

$$P_{iq} = \frac{\exp(\beta \cdot V_{iq})}{\sum_{A_j \in A_{(q)}} \exp(\beta \cdot V_{jq})} \quad (3.6)$$

Notar que el parámetro de escala  $\beta$  no puede ser estimado de manera independiente de los parámetros a calibrar  $\theta_{jk}$ , por lo que debe ser normalizado. En la práctica, esto es equivalente a asignarle el valor uno (aunque en realidad pertenece multiplicando a los

estimadores de  $\theta_{jk}$ ). Este parámetro está inversamente relacionado con la varianza de los errores  $\varepsilon$  :

$$\beta = \frac{\pi}{6 \cdot \sigma} \quad (3.7)$$

Finalmente, es importante señalar que este modelo es fácilmente estimable mediante diferentes software especializados, como Alogit (Daly, 1992) o Biogeme (Bierlaire, 2003), los cuales utilizan el método de máxima verosimilitud; los estimadores máximo verosímiles distribuyen asintóticamente Normal  $(\theta_{jk}, S^2)$ , donde  $S^2$  corresponde a la matriz de varianza-covarianza, dada por:

$$S^2 = - \left[ E \left( \frac{\partial^2 l(\theta)}{\partial \theta^2} \right) \right]^{-1} \quad (3.8)$$

y  $l(\theta)$  denota a la log-verosimilitud del modelo en convergencia. La matriz  $S^2$  es también conocida como la inversa de la matriz de información de Fisher, la cual permite obtener los valores necesarios para la aplicación de diversos test, ya sea en la búsqueda de la mejor significancia de un parámetro (test t), o en la del diseño experimental de encuestas más apropiado, como se verá en la sección 3.2.1. El método de máxima verosimilitud entrega el conjunto de parámetros de generaría más a menudo la muestra observada (ver Ortúzar, 2000)

Desgraciadamente, el modelo MNL posee limitaciones importantes, tales como considerar que las alternativas son independientes entre sí (propiedad de independencia de alternativas irrelevantes), asumir que las funciones de utilidad de las alternativas son homocedásticas y presumir que todos los individuos poseen los mismos gustos (igual  $\theta_k$  para todos los individuos de la muestra). Si alguna de estas restricciones no se cumple, el

modelo puede estimar de manera incorrecta las probabilidades de elección, por lo que podría ser necesario utilizar modelos más complejos.

### 3.1.3 Modelo Logit Mixto

El modelo Logit Mixto (ML) permite una representación mucho más general que el MNL ya que, superando las limitaciones de éste, permite extender la modelación a situaciones donde puede existir correlación entre alternativas, heterocedasticidad y variaciones en los gustos de los individuos. El ML se ha planteado de acuerdo a dos especificaciones; “Parámetros Aleatorios” y “Componentes de Error”.

La primera de estas especificaciones, conocida en inglés como *Random Parameters Logit*, considera una estructura muy similar a un modelo MNL, pero los parámetros de calibración  $\theta$  no son fijos para todos los individuos de la muestra, sino que tienen una distribución en la población; esto permite modelar diferencias en los gustos individuales para los diferentes atributos de la función de utilidad. El modelo se representa mediante la estructura (Train, 2009):

$$U_{jq} = \sum_k \bar{\theta}_{jk} \cdot X_{jkq} + \sum_k \gamma_{qk} \cdot X_{jkq} + \varepsilon_{jq} \quad (3.9)$$

donde  $\bar{\theta}_{jk}$  es un parámetro que representa la media poblacional para el atributo  $k$  y  $\gamma_{qk}$  un parámetro correspondiente a la desviación, para el individuo  $q$ , del mismo atributo. Con ambos se puede construir un parámetro de la forma  $\theta_{jkq}$  que representa la ponderación individual para la alternativa  $j$  y atributo  $k$ .

La segunda especificación recibe el nombre de Modelo de Componentes de Error o *Error Components Logit*, y básicamente consiste en adicionar un término de error  $\eta_{jq}$  a

la formulación tradicional de la utilidad aleatoria presentada en la ecuación (3.1), pudiendo éste distribuir de la manera que el modelador estime conveniente. Este modelo se representa mediante la estructura (Train, 2009):

$$U_{jq} = \sum_k \theta_{jk} \cdot X_{jkq} + \varepsilon_{jq} + \eta_{jq} \quad (3.10)$$

Así, en ambos casos, cada individuo se enfrenta a un conjunto de alternativas disponibles, donde la utilidad de la alternativa  $j$  para el individuo  $q$  se puede representar como:

$$U_{jq} = \sum_k \theta_{jkq} \cdot X_{jkq} + \varepsilon_{jq} \quad (3.11)$$

donde  $\theta_{jkq}$  es un parámetro que representa la valoración de la variable  $k$ -ésima de la alternativa  $j$  por parte del individuo  $q$ . Estos coeficientes varían entre los individuos de la población con una densidad  $f(\theta_{jkq} | \theta_{jk})$ , donde  $\theta_{jk}$  son los parámetros que definen a la función densidad, media y varianza, para la alternativa  $j$  en la población.

Debido a que el modelador no conoce  $\theta_{jkq}$  es necesario calcular la probabilidad incondicional de que el individuo  $q$  escoja la alternativa  $j$  como:

$$P_{jq} = \int_{\lambda_{jq}} L_{jq}(\lambda) \cdot f(\lambda | \theta) \cdot \partial(\lambda) \quad (3.12)$$

donde  $L_{jq}(\lambda)$  corresponde a una representación de la probabilidad del modelo MNL, en que los parámetros  $\theta_q$  no se encuentran fijos y poseen una distribución en la población. Si los parámetros fueran fijos, el cálculo de esta probabilidad se limitaría a la estimación probabilística de un MNL, ya que el MNL colapsa a esta forma funcional.

Por otra parte, es necesario mencionar que, debido a la identificabilidad de los parámetros, el parámetro de escala  $\beta$  del modelo MNL y  $\lambda$  del modelo ML no se pueden estimar dentro de la integral. Pero debido a que en el modelo ML se agrega un componente de error o los parámetros de los atributos pueden variar aleatoriamente, según alguna distribución, el error Gumbel remanente es más pequeño que en los modelos MNL, por lo que se espera que el factor de escala (inversamente proporcional a su desviación estándar)  $\lambda$  sea mayor que  $\beta$ <sup>5</sup>, como se discute en Sillano y Ortúzar (2005).

Es importante notar que la estimación de los modelos ML es bastante más compleja que la de los modelos MNL, debido a que requieren estimar una probabilidad que se define por medio de integrales multivariadas sin forma cerrada; para ello generalmente se utiliza el método de máxima verosimilitud simulada (por medio del método de Montecarlo), pero también se puede estimar bayesianamente. Para conocer más detalles acerca de la formulación y estimación de este modelo se recomienda ver Munizaga y Alvarez-Daziano (2002), Sillano y Ortúzar (2005), Godoy y Ortúzar (2009), Train (2009).

### **3.1.4 Test Estadísticos**

Existen variados test estadísticos, ampliamente utilizados en la literatura, para poder determinar si una variable debe estar presente en un modelo o no, o si un determinado modelo es superior a otro desde el punto de vista estadístico. En esta tesis se utilizarán principalmente dos test; el de significancia de parámetros, o test t, y el de razón de verosimilitud, o test LR (ver Ortúzar, 2009).

---

<sup>5</sup> Por lo que se espera que los parámetros para cada atributo tengan magnitudes mayores en los modelos ML que en los MNL.

El test t, sirve para verificar si un determinado parámetro es significativo y se utiliza en la búsqueda de la mejor especificación del modelo. El test permite probar si el parámetro es estadísticamente distinto de un valor preliminar (típicamente cero en estos casos) y se define de la manera siguiente:

$$t_{\alpha} = \frac{\hat{\theta}_{jk} - \theta_{jk}}{s_k} \sim N(0,1) \quad (3.13)$$

con  $s_k$  la desviación estándar del atributo  $k$ ,  $\hat{\theta}_{jk}$  el valor del parámetro en el modelo y  $\theta_{jk}$  el valor del parámetro contra el que se compara. Dado que la hipótesis nula más típica es  $H_0 : \theta_{jk} = 0$ , el test puede reformularse como  $t_{\alpha} = \frac{\hat{\theta}_{jk}}{s_k}$ , donde  $H_0$  se rechaza si  $t_{\alpha} \geq t_{\text{critico},\alpha\%}$ . En general se utiliza un criterio de significancia al 95%, por lo que  $\alpha = 5\%$  y  $t_{\text{critico},5\%} = 1,96$ , aunque en ocasiones esta regla puede flexibilizarse a valores de significancia menores si la variable es de especial relevancia, como por ejemplo la variable “tiempo de viaje” o “costo” en un estudio típico de transporte.

El test de razón de verosimilitud, generalmente conocido como test LR, tiene como aplicación principal el poder realizar una comparación entre dos modelos, los cuales deben cumplir con la propiedad de ser uno la versión restringida del otro. Así el test se define de la manera siguiente:

$$LR = -2 \cdot \left[ l(\hat{\theta}_r) - l(\hat{\theta}) \right] \sim \chi^2_{r,p} \quad (3.14)$$

donde  $l(\hat{\theta})$  y  $l(\hat{\theta}_r)$  son las log-verosimilitudes en convergencia de los estimadores de los modelos a comparar, general y restringido respectivamente, en que  $r$  corresponde al número de restricciones lineales que hacen pasar de la versión general a la restringida.

Además, el estadígrafo LR distribuye asintóticamente chi-cuadrado con  $r$  grados de libertad. Por lo tanto, la hipótesis nula postula que la versión restringida no es significativamente inferior que la general, y por lo tanto el modelo restringido constituye una representación adecuada. Esta hipótesis se rechaza si  $LR > \chi^2_{r,p}$ .

### 3.1.5 Disposición al Pago por Atributos

Los métodos de estimación de la disposición al pago por atributos son variados y sus complejidades múltiples, pero básicamente todos requieren de la presencia de algún atributo relacionado con el precio o costo directo del bien o servicio en estudio. Con esto, la disposición al pago por un atributo  $X_{jk}$  se estima como la tasa marginal de sustitución entre éste y el costo directo  $X_{jc}$ , tal como se muestra en (3.15):

$$DP(X_{jk}) = -\frac{dV_j / dX_{jk}}{dV_j / dX_{jc}} \quad (3.15)$$

Específicamente, y debido a las complejidades disímiles de los modelos MNL y ML, la estimación de la disposición al pago en ambos casos se realiza mediante métodos bastante diferentes. Así, para modelos MNL lineales en los parámetros la estimación se reduce a:

$$DP(X_{jk}) = -\frac{\theta_{jk}}{\theta_{jc}} \quad (3.16)$$

con  $\theta_{jk}$  y  $\theta_{jc}$  parámetros del atributo para el que se desea estimar la disposición al pago y parámetro del costo, respectivamente (Jara-Díaz, 2007).

Es importante notar que esta estimación en la práctica no resulta ser del todo correcta debido a que la razón (3.16) utiliza los estimadores puntuales de los parámetros y esto, aún en el caso sencillo del MNL, tiene una distribución Normal por ser estimadores máximo-verosímiles. Para solucionar este problema, existen dos métodos propuestos por Armstrong *et al.* (2001), de los cuales el de más sencilla utilización y alto nivel de eficiencia es el test t, que se define como:

$$DP(X_{jk}) = \left( \frac{\theta_{jk}}{\theta_{jc}} \cdot \frac{t_c}{t_k} \right) \cdot \left( \frac{(t_c t_k - \rho t_\alpha^2)}{(t_c^2 - t_\alpha^2)} \pm \frac{\sqrt{(\rho t_\alpha^2 - t_c t_k)^2 - (t_k^2 - t_\alpha^2) \cdot (t_c^2 - t_\alpha^2)}}{(t_c^2 - t_\alpha^2)} \right) \quad (3.17)$$

donde  $t_k$  y  $t_c$  corresponden a los test t de los parámetros  $\theta_{jk}$  y  $\theta_{jc}$  respectivamente;  $t_\alpha$  es el valor crítico tabulado para el nivel  $\alpha$  de confianza; y  $\rho$  es el coeficiente de correlación entre los parámetros  $\theta_{jk}$  y  $\theta_{jc}$ .

Por otra parte, la estimación de la disposición al pago para modelos ML resulta ser bastante más compleja que el caso del MNL, debido a que tanto los estimadores como los parámetros mismo poseen una distribución en la población y no son valores fijos como en el caso anterior. Para afrontar esta problemática existen variadas aproximaciones que se discuten en Sillano y Ortúzar (2005), por ejemplo:

- Razón entre medias: en este caso se estima la DP para el ML tal como si fuera un MNL según la ecuación (3.17), pero esta aproximación no es capaz de incluir las desviaciones estándar estimadas para los parámetros del modelo.
- Fijar el parámetro del costo: en este caso se requiere que el parámetro del costo se defina como fijo en la estimación del ML, a fin de calcular la DP tal como se indica en la ecuación (3.16), pero considerando que esta posee la misma distribución que el atributo  $k$ -ésimo. Desgraciadamente, fijar el parámetro del costo, si este efectivamente varía en la población, puede conducir a importantes sesgos en la estimación del modelo.

- Simulación: este método consiste en generar aleatoriamente el parámetro del atributo en estudio y el del costo, según sus respectivas distribuciones, para calcular su cociente en repetidas ocasiones. Una vez que se tiene esta serie de DP, se puede estimar un intervalo de confianza al nivel deseado, teniendo cuidado con la generación de valores no factibles (ver la discusión en Espino *et al.*, 2006).

### **3.2 Experimentos de Elección: Encuestas de Preferencias Declaradas**

Para lograr modelar, y finalmente conseguir el objetivo último de predecir el comportamiento de los individuos, es necesario construir un banco de datos con información correspondiente a las elecciones, alternativas, atributos y características socioeconómicas de una muestra representativa de la realidad. Para obtener estos datos en investigaciones de transporte, existen principalmente dos métodos ampliamente estudiados, las encuestas de preferencias reveladas (PR) y las encuestas de preferencias declaradas (PD). Las primeras consisten en la observación del comportamiento real de un individuo a la hora de realizar un determinado viaje, y las encuestas PD, por su parte, consisten en someter a un individuo a situaciones de elección hipotéticas donde debe escoger qué experiencia de viaje le parece más aceptable (le produce menos desutilidad). Ambos métodos tienen fortalezas y debilidades (Ortúzar, 2000), pero para este estudio en particular se optó por utilizar el método de PD, ya que interesaba considerar la importancia de variables secundarias o latentes en la elección, y esto no se puede lograr con datos de PR.

Las encuestas PD son una herramienta sumamente potente ya que permiten modelar situaciones que en la realidad no sería posible enfrentar a los individuos o sería muy costoso realizarlo; así, bien diseñadas permiten obtener datos de buena calidad a un costo razonable. Además, con esta técnica es posible enfrentar a los individuos a

situaciones inexistentes en el año de estudio; junto con ello, es posible diseñar experimentos con variables no correlacionadas o con variables latentes, lo que permite aislar el efecto que se desea estudiar.

Por otra parte, en encuestas PD es posible preguntar al individuo por varias situaciones de elección, lo cual permite obtener varias respuestas por individuo, con el consiguiente ahorro de costos respecto a encuestas de PR en que, normalmente, sólo se obtienen una respuesta por individuo. En el caso de modelos MNL las respuestas de un mismo individuo para situaciones diferentes, se asumen independientes y no correlacionadas, lo cual posiblemente no es cierto (ver la discusión en Ortúzar *et al.*, 2000). Lo anterior se soluciona al estimar modelos ML, ya que permiten considerar la multiplicidad de respuestas individuales mediante la inclusión de una componente de error que relaciona las respuestas de cada persona encuestada.

Pese a lo anterior, las encuestas PD poseen una importante desventaja potencial respecto de las de PR, ya que es imposible saber si un individuo efectivamente elegirá, en la realidad, la alternativa que declara elegir en la encuesta para la situación ficticia descrita. Junto con ello, los individuos generalmente presentan ciertas predisposiciones asociadas a sus experiencias propias de vida, las cuales pueden distorsionar sus respuestas; en particular Bradley y Kroes (1990), han identificado:

- Sesgo de Afirmación: El encuestado elige, consciente o inconscientemente, las alternativas que él cree que el encuestador desea obtener.
- Sesgo de Racionalización: El individuo opta por las alternativas que reafirman su comportamiento habitual, a fin de no parecer inconsistente (disonancia cognitiva).

- Sesgo de Política: El encuestado decide elegir las alternativas que estima influirán en las políticas que él pretende impulsar en su medio, sobre la base del estudio en el que participa.
- Sesgo de No Restricción: El individuo opta por alternativas de manera irreal, pues no considera las restricciones que pueda tener en la práctica.

En último lugar, es relevante notar que las encuestas PD pueden realizarse utilizando tres distintos tipos de diseños, los cuales corresponden a:

- Escalamiento (*rating*): El encuestado debe evaluar cada alternativa por medio de una escala semántica o numérica, la cual luego se transforma en una escala de utilidad generalmente mediante análisis de regresión.
- Jerarquización (*ranking*): El individuo debe ordenar las alternativas según su nivel de preferencia hacia ellas, este ordenamiento se convierte en una función de utilidad mediante la aplicación de heurísticas (Pearmain *et al.*, 1991).
- Elección (*choice*): El encuestado elige la alternativa que le parezca más adecuada dentro del conjunto presentado, esta elección permite estimar modelos de demanda mediante técnicas de elección discreta tradicionales (Ben-Akiva y Lerman, 1985).

En esta investigación, se aplicó el enfoque de “Elección de a-pares” ya que este tipo de encuestas, donde el individuo escoge entre sólo dos opciones en cada situación de elección, son más simples de entender por el encuestado, son más realistas y poseen una dificultad de respuesta menor a una situación con múltiples opciones (Ortúzar y Garrido, 1994).

### 3.2.1 Diseño de Encuesta PD

Para lograr datos de calidad, es necesario realizar un diseño experimental que se adecúe a la situación en estudio. Es así como los experimentos de elección deben ser concebidos y definidos de manera que en su aplicación se presenten alternativas hipotéticas que posean atributos que varíen dentro de un rango predefinido, el cual sea realista y a la vez suficiente para estimar los parámetros de forma insesgada. Además, es necesario definir a priori cuántas alternativas se presentarán al individuo en cada situación de elección, a cuántas de estas situaciones se verá enfrentado y a cuántos individuos se aplicará la encuesta (Caussade *et al.*, 2005).

Todo lo anterior depende fuertemente de la técnica de diseño escogida para la investigación, es así como hasta principios de éste siglo, el diseño más utilizado para estos estudios era el denominado “Diseño factorial”, ya sea de tipo completo o fraccional (Kocur *et al.*, 1982), que tenía la importante característica (crucial en problemas lineales) de ser ortogonal (Louviere *et al.*, 2000); pero estos diseños, en general, presentan el problema de que es necesario presentar un gran número de situaciones de elección a cada individuo (lo cual tiene el peligro que las respuestas reflejen parcialmente el agotamiento del individuo y por lo tanto no representen correctamente la realidad); además estos diseños pueden dar como resultado situaciones hipotéticas que no se ajustan a la realidad del individuo, debido a la ortogonalidad de las variables que se pretenden valorar (Fowkes y Wardman, 1988).

En los últimos años, surgen las técnicas de “Diseño Eficiente” (ver Bliemer y Rose, 2005; 2006), en que a diferencia de los diseños ortogonales, se pretende minimizar, en alguna medida, el error (desviación estándar) de los parámetros estimados<sup>6</sup>. Este tipo de

---

<sup>6</sup> La medida más usual es el D-Error, definida como la raíz k-ésima del determinante de la matriz  $S^2$ , en que k es el número de parámetros.

diseño permite obtener mejores estimadores que el resto de los diseños, a igual número de encuestados; pero requiere usar valores a priori para cada parámetro a estimar (a lo menos se debe entregar el signo esperado), a fin de poder “orientar al diseño” hacia su punto óptimo, debido a que estos valores a priori son muy influyentes en el diseño de encuesta final.

Básicamente, la técnica consiste en postular múltiples diseños de encuestas que cumplan con los requerimientos pedidos, utilizando distintas aproximaciones numéricas, hasta encontrar aquella que posea el D-Error más pequeño. Matemáticamente, se requiere minimizar una medida de eficiencia de la matriz de varianzas de los parámetros,  $S^2$  explicitado en la ecuación (3.8); la cual necesita de los parámetros a priori, antes mencionados, para los atributos y, así, poder determinar una expresión para la función de utilidad.

Debido a lo anterior, en esta investigación se utilizó la teoría del diseño eficiente con aproximación de parámetros bayesiana para generar las encuestas necesarias para obtener los datos requeridos, ya que este tipo de diseño entrega parámetros más robustos si se usan buenos valores a priori. Para ello, se utilizó el software *Ngene 1.0* (Choice Metrics, 2009), facilitado por sus desarrolladores para exclusivo uso académico; este paquete permite generar diseños eficientes que cumplan con múltiples especificaciones solicitadas por el modelador, mediante una interfaz simple y en tiempos razonables. Los diseños obtenidos en cada iteración del programa se construyen utilizando instancias aleatorias, por lo que es necesario poder categorizar la bondad del diseño mediante un indicador cuantitativo, D-Error del modelo, y tal como fue explicitado con anterioridad, el diseño con D-Error más pequeño resulta estadísticamente más eficiente que el resto de los diseños obtenidos bajo la misma especificación (para más detalle ver Manual de Usuario *Ngene 1.0*, 2009).

### 3.2.2 Tamaño de Encuesta PD

El tamaño de muestra es un elemento fundamental en el momento de la aplicación de la encuesta, pero lo es aún más en la etapa de diseño de la misma, debido a que en este momento posibilita cuantificar la factibilidad técnica y económica del estudio, pues si el tamaño de la muestra resulta ser inmanejable con los recursos disponibles, se puede plantear una estructura alternativa que pueda ser llevada a término.

En general, para determinar el tamaño de muestra se utilizan técnicas probabilísticas que buscan asegurar que esta sea representativa de la población. En general, en el caso de encuestas de PD no se han hecho recomendaciones precisas en este sentido, sugiriéndose que del orden de 100 observaciones por estrato sería un mínimo deseable (Ortúzar y Willumsen, 2001)

Por otro lado, el tamaño de la muestra debe ser suficiente para estimar los parámetros con un cierto nivel de precisión  $\alpha$ ; en el caso de diseños eficientes con aproximación bayesiana, el tamaño muestral queda definido por (Bliemer y Rose, 2005):

$$N \geq \left( \frac{se_k(x, \tilde{\theta}) \cdot t_\alpha}{\tilde{\theta}_k} \right)^2 \quad (3.18)$$

donde  $N$  corresponde al tamaño muestral requerido para la encuesta,  $se_k(x, \tilde{\theta})$  la desviación estándar del parámetro  $k$ -ésimo,  $t_\alpha$  es el valor crítico tabulado para el nivel  $\alpha$  de confianza y  $\tilde{\theta}_k$  el valor a priori postulado para el parámetro del atributo  $k$ -ésimo.

Básicamente, el valor de  $N$  corresponde al menor tamaño de muestra, límite inferior teórico, que permite estimar de manera significativa el parámetro  $\tilde{\theta}_k$ , para el diseño

experimental definido. Es por tanto que, para obtener parámetros significativos  $\tilde{\theta}_k$  para todos los atributos modelados, es necesario estimar el tamaño muestral requerido por cada parámetros por separado, y luego utilizar el mayor de estos valores como límite inferior del tamaño de la encuesta, a fin de conseguir la significancia mínima solicitada por el modelador.

Notar que este tamaño puede ser bastante pequeño en ciertos caso, de manera que la “representatividad” de la muestra se debe analizar de la forma tradicionalmente utilizada en encuestas de PR (ver Ortúzar y Willumsen, 2001, cap. 3).

#### 4 METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Antes de comenzar el proceso de selección de variables atinentes a este estudio, fue necesario realizar una primera aproximación al tema de los transbordos, consistente en una exhaustiva revisión bibliográfica. Esta permitió adentrarse en el estado del arte respecto de los transbordos (o combinaciones entre diferentes modos de transporte) en el mundo, llegando a la conclusión, que el tema se encuentra estudiado de manera superficial y que no existe una teoría aplicable de manera generalizada.

Claro está, que existen algunas investigaciones sumamente interesantes que identifican y analizan las preferencias de los usuarios cuando se le presentan distintas alternativas de transbordo para viajes urbanos e interurbanos en líneas de buses sin integración tarifaria (Espino *et al.*, 2007). Así mismo, es posible encontrar estudios referentes a viajes entre sectores periféricos de una ciudad y el centro de la misma, los cuales consideran combinaciones entre modos ferroviarios (Guo, 2003; 2008) o mejorando la conectividad entre trenes y buses (Crockett, 2002); sin embargo no fue posible hallar referentes que estudiaran los transbordos entre distintos modos públicos dentro de una urbe.

Sin embargo, y pese a que los estudios antes mencionados no aplican de manera directa en el caso del sistema integrado de transporte público de Santiago, la investigación de Crockett (2002) aborda el tema del transbordo desde el punto de vista de las condiciones físicas (distintos niveles de información, seguridad, nivel de servicio y tiempos de espera en sistemas de transporte urbano-suburbano desintegrados) lo cual marca un precedente inicial interesante de ser aplicado en esta tesis. Además, en el estudio de Guo (2003; 2008), se examinan las penalidades asignadas al hecho de transbordar (tiempos de viaje y caminata, desplazamientos con y sin transbordo en trenes suburbanos), enfoque atractivo de utilizar para el caso de Transantiago. Es por tanto que el estado del arte con respecto a los transbordos dio pie al diseño de este estudio, permitiendo obtener resultados que pueden ser comparables, considerando las diferencias sistémicas, con los que fue posible obtener en la presente tesis.

#### **4.1 Análisis Situacional y Definición de Variables Atingentes**

Luego del estudio preliminar, se procedió a realizar observaciones en terreno sobre el comportamiento de los individuos en distintos puntos de transbordo de la ciudad de Santiago, tales como Escuela Militar (paraderos y estación de metro), Rotonda Quilín (paraderos y estación de metro), Estación Tobalaba, Estación Los Héroes, Estación Las Rejas y Estación Intermodal La Cisterna. La idea era poder observar, en la práctica, qué aspectos resultaban ser conflictivos o simplemente eran importantes durante la realización de un cambio de modo o vehículo. A partir de ello, y sobre la base de estudios anteriores, se definió un conjunto de variables atingentes al transbordo entre modos públicos; variables asociadas al viaje (tiempos de caminata, espera y de desplazamiento en el modo), variables que afectan la realización del transbordo (condiciones físicas del lugar de transbordo o del modo a transbordar), y por otra parte, variables relacionadas al nivel socio-económico de los individuos encuestados.

Las variables consideradas relevantes de manera preliminar fueron las siguientes:

- Tiempo de Viaje: Se considera de manera desagregada por tramo.
- Tiempo de Acceso: Se divide en tiempos de caminata y de espera, y se consideran de manera desagregada por tramo.
- Número de Transbordos: Clasificado como uno, dos o más de dos.
- Tiempo de Transbordo: Se divide en tiempos de caminata y de espera, y se consideran de manera desagregada por tramo.
- Costo del Viaje: Clasificado como fijo o variable según el número de transbordos.
- Motivo del Viaje: Clasificado en trabajo, estudio, turismo/ocio, trámite/médico, compras y otros.
- Frecuencia del Viaje: Clasificada como esporádica o diaria.
- Hora del Viaje: Clasificada como en hora punta o fuera de ella. Se define como hora punta mañana y tarde, a las horas especificadas por Metro S.A.,

que corresponden a los tramos horarios entre 07:00 a 9:00 y 18:00 a 20:00, respectivamente.

- Tipo de Transbordo: Clasificado como; Metro-Metro, Metro-Bus, Bus-Metro y Bus-Bus.
- Lugar de Transbordo: Clasificado como; Estación de Intercambio Modal, Zona Paga, Paradero Normal Calle, Estación Normal, Estación Terminal, etc.
- Entorno del Transbordo: Considera seguridad, iluminación, congestión, información, facilidades físicas (escalera mecánica, ascensores).
- Actividad en el Viaje: Considera la realización de una actividad o labor durante el viaje, la cual puede ser voluntaria o imperativa.
- Voluntariedad del Modo: Considera si el usuario es cautivo del modo o no, y si posee alternativas de transporte privadas (posesión de auto y licencia de conducir).
- Variables Socio-Económicas: Se considera edad, género, ocupación, comuna de residencia y de trabajo, ingreso personal y familiar, tamaño hogar, número de trabajadores en el hogar, número de horas de trabajo por semana, etc.

Es importante notar que estas variables son consideradas importantes desde el punto de vista del modelador, por lo que es imperativo utilizar diferentes mecanismos para validar su importancia y efecto sobre los usuarios efectivos del sistema; esta evaluación se hizo mediante la implementación de un estudio cualitativo que posibilitara categorizar las variables propuestas y descubrir si existían otras que no hubieran sido consideradas previamente.

## **4.2 Grupos Focales**

A fin de poder conocer los aspectos que son realmente considerados por los usuarios de transporte público a la hora de elegir una determinada ruta, ya sea cuando se dirigen a su trabajo o lugar de estudio durante la hora punta mañana o cuando realizan el viaje de

vuelta a su hogar durante la hora punta tarde, se decidió llevar a cabo Grupos Focales (GF) o *Focus Groups*. Esta herramienta es ampliamente utilizada a la hora de comprender cualitativamente como un determinado producto, servicio o situación es percibido por los individuos que se enfrentan a ellos. Así, con la información que se puede obtener a partir de estos estudios, es posible definir de mejor manera las situaciones a presentar a los individuos a la hora de hacer una encuesta.

Los recursos disponibles para realizar este estudio permitieron realizar dos grupos focales que estuvieron a cargo de la psicóloga Pilar Walker el día 17 de Marzo de 2009 en las dependencias debidamente acondicionadas de la empresa consultora del mismo nombre. Los GF se enfocaron principalmente en personas de nivel socioeconómico medio (clasificación socioeconómica chilena tipo C3), aunque se incluyó algunas personas de nivel inferior (tipo D) y superior (tipo C2). Debido al análisis bibliográfico realizado previamente sobre los transbordos y a las observaciones realizadas en terreno, se optó por diferenciar ambos grupos de estudio según tramos etéreos definidos a priori, ya que existían indicios sobre diferencias de comportamiento según la edad de los usuarios.

Por este motivo, se establecieron dos grupos; el primero para usuarios entre 20 a 40 años compuesto por nueve personas, y el segundo, entre 41 y 60, compuesto por ocho personas; todos los participantes fueron clasificadas por medio de un filtro previo (ver Anexo B), mediante el cual se acotó el grupo de estudio a personas que trabajaban o estudiaban de manera permanente, viajaban en horarios punta, tomaban personalmente sus decisiones de viaje y en que, efectivamente, el viaje más típicamente realizado por ellos necesitaba de a lo menos un transbordo. Esta clasificación nació a partir de la observación del comportamiento de los viajeros en terreno, el cual dependía del motivo de viaje y el horario del mismo. Acorde a los requerimientos anteriores, los participantes del GF pueden ser clasificados según género y tramo etéreo, como se muestra en la figura 4-1.

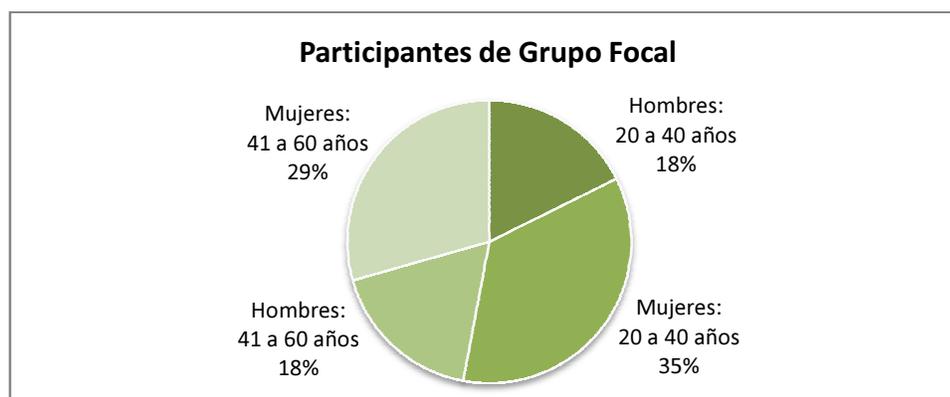


Figura 4-1: Clasificación etárea y por género de participantes FG.

Así mismo, fue posible obtener información sobre el número promedio de transbordos y tiempos de viaje de los grupos estudiados, donde podemos notar que efectivamente existía un comportamiento diferente entre los usuarios de ambos grupos etáreos (ya sea en término de tiempos de viaje, como en el número y tipo de transbordos realizados). Esta información se encuentra detallada en la Tabla siguiente:

Tabla 4-1: Variables cuantitativas medidas en los GF

Variables Medidas	20 a 40 años (Mujeres / Hombres)	41 a 60 años (Mujeres / Hombres)
Prom. Edad Participantes	29,5 años / 26,3 años	51,2 años / 49,2 años
Prom. Transbordos Realizados	1,83 trans. / 2,00 trans.	1,60 trans. / 2,00 trans.
% Transbordos Metro-Metro	54,55 % / 33,33 %	37,50 % / 33,33 %
% Transbordos Metro-Bus	9,09 % / 0,00 %	12,50% / 33,33%
% Transbordos Bus-Metro	27,27 % / 33,33 %	37,50 % / 33,33 %
% Transbordos Bus-Bus	9,09 % / 33,33 %	12,50 % / 0,00 %
Prom. Hr. Inicio Viaje Mañana	07:30 / 07:40	07:48 / 07:40
Prom. Hr. Inicio Viaje Tarde	18:00 / 18:40	19:00 / 19:20
Duración Viaje Mañana (min) (prom.; desv.est.)	(58,3 ; 22,5) / (38,3 ; 7,6)	(59,0 ; 25,1) / (50,0 ; 22,9)
Duración Viaje Tarde (min) (prom.; desv.est.)	(70,0 ; 24,5) / (53,3 ; 20,8)	(69,0 ; 24,6) / (55,0 ; 22,9)

Es importante destacar que, finalmente, el estudio se acotó a transbordos urbanos en transporte público, por motivo trabajo en hora punta, debido a que estos viajes eran los más críticos (si se considera la aglomeración de usuarios que viaja en dicho periodo de tiempo y el apremio por llegar a destino, puesto que se debe cumplir con un horario de entrada establecido).

Durante el desarrollo de los GF fue posible observar que todos los participantes percibían el acto de transbordar como negativo, debido a que requiere realizar un esfuerzo físico y mental, en vez de sólo esperar dentro del modo de transporte. Pese a ello, al indagar en el tema fue posible ver que casi la totalidad de los asistentes elegía hacer transbordos teniendo opción de no hacerlo, debido a que estos se encuentran presentes en rutas que tienen tiempos totales de viaje menores. Así, pese a que consideran que el transbordo es poco deseado, optan por el mismo debido a que les permite realizar viajes más rápidos a un costo similar.

Así mismo, es importante notar que la molestia asociada a realizar transbordos es sólo una arista entre todas las manifestaciones de molestia hacia el transporte público expresadas por los participantes (los detalles expuestos por ellos pueden verse en el Anexo B), por lo que al analizar los dichos de las personas entrevistadas es necesario considerar que la mayor parte de ellos posee una visión negativa a priori respecto al tema. Esta visión se debe principalmente a la existencia de alta congestión en estaciones y lugares de transbordo, y al bajo acostumbramiento que tienen los usuarios de la estructura funcional del recientemente implementado sistema de transporte Transantiago.

Pese a lo anterior, al realizar el estudio es posible determinar que el factor tiempo es el aspecto más relevante a la hora de elegir una determinada ruta para llegar al trabajo en la hora punta mañana, debido a que se debe cumplir con un horario de llegada establecido. Además, debido a que el sistema de transporte en Santiago tiene una tarifa integrada, el

factor costo no es influyente en la toma de decisión del recorrido elegido para viajar, ya que se posee una ventana de tiempo de dos horas para realizar el viaje (el cual puede consistir, como máximo, en un acceso al metro y tres accesos a buses).

Con respecto al transbordo mismo, los asistentes se mostraron enfáticos respecto de que las incomodidades de éste se derivan de la caminata, las condiciones climáticas a las que los usuarios se pueden ver expuestos, la necesidad de subir largas escaleras, la inseguridad de acceder al nuevo modo de manera expedita (debido a la alta congestión) y la escasa información de ayuda para realizar la combinación de manera eficiente. Estos problemas son percibidos como altamente irritantes, pero la molestia suele disminuir cuando el transbordo se realiza en un lugar debidamente diseñado y acondicionado, como es una estación de intercambio modal o de transbordo. En estas estaciones, los usuarios aprecian la existencia de facilidades de conexión (como escaleras mecánicas y ascensores) y las de información (como letreros informativos estáticos y dinámicos), junto con sentirse más protegidos y cómodos. Además, en estas estaciones es posible encontrar tiendas y servicios disponibles, lo cual es percibido de manera positiva por un grupo de usuarios, pero negativamente por otros que lo asocian a una mayor congestión en pasillos y accesos (con la consiguiente formación de largas filas y baja calidad de aire), ya sea por los servicios mismos o porque en dichas estaciones existe un gran flujo de pasajeros en tránsito.

Finalmente, es necesario destacar que al indagar sobre los distintos transbordos disponibles entre modos puramente públicos, ya sea Metro-Metro, Metro-Bus, Bus-Metro o Bus-Bus, fue posible notar que el primero de ellos era el mejor calificado y el cuarto, resultaba ser percibido como peor. Esto se debe principalmente a que los viajes que utilizan Metro se asocian a menor variabilidad en los tiempos de espera y de viaje, junto con gran cantidad de información actualizada (indicaciones claras para transbordar, planos de entorno, etc.) y lugares debidamente implementados. Pese a ello, estos viajes son altamente congestionados, con serias dificultades de acceso y movilidad

en los andenes en hora punta (especialmente para personas discapacitadas, embarazadas, con coches o simplemente con bultos extra) y con déficit de ventilación.

Con respecto a los viajes que utilizan bus, estos presentan tiempos sumamente variables y los paraderos, en su mayoría, cuentan con una implementación muy básica (casi nula información y en la mayoría de ellos sólo un techo protector) y generalmente en mal estado u obsoleta, lo cual produce una sensación de baja calidad. Sólo se rescata como positivo la mayor posibilidad de conseguir asiento en este modo que en el Metro y que muchas veces los paraderos se encuentran muy cerca de los hogares. En esta misma línea, los usuarios evalúan a los modos combinados, ya sea Bus-Metro o Metro-Bus, como intermedios en deseabilidad, pero manifiestan predilección por la primera debido a que el transbordo tiene como destino un modo percibido como mejor y más confiable.

### **4.3 Definición de Variables y Función de Utilidad**

Luego de los GF previamente explicitados, se logró identificar las variables que resultan más relevantes a la hora de percibir un transbordo entre modos públicos durante la hora punta (entre el conjunto de variables definidas en el punto 4.1). En lo que sigue a continuación se considerará la existencia de cuatro alternativas de viaje con transbordo a evaluar, Metro-Metro, Metro-Bus, Bus-Metro y Bus-Bus. Aunque en etapas preliminares de este estudio se pensó considerar también viajes sin transbordo, tanto de Metro como de Bus, debido al bajo acostumbramiento al transbordo los entrevistados que hacían sólo viajes directos se comportaban de manera lexicográfica, siempre optando por las opciones de viaje sin transbordo, aún cuando ellas fueran inclusive peores en tiempo de viaje o costo del mismo.

### 4.3.1 Variables Atingentes y sus Niveles de Variación

Las variables atingentes a este estudio pueden dividirse en dos grupos; el primero considera variables cuantitativas, las cuales toman algún valor dentro de un conjunto finito definido a priori. El segundo considera variables cualitativas de tipo categórico, que pueden tomar el valor cero o uno según si la característica se encuentra presente o no.

Dentro del grupo de variables cuantitativas se definió las siguientes:

- Tiempo de Caminata Inicial (TCI): Tiempo en minutos desde que la persona sale de su hogar hasta que llega al paradero o andén donde espera el primer modo.
- Tiempo de Espera Inicial (TEI): Tiempo en minutos desde que la persona llega al paradero o andén hasta que logra abordar el primer modo.
- Tiempo de Viaje Inicial (TVI): Tiempo en minutos desde que el pasajero aborda el primer modo hasta que se baja del mismo vehículo o vagón.
- Tiempo de Caminata debido al Transbordo (TCT): Tiempo en minutos desde que la persona desciende del primer modo hasta que llega al paradero o andén donde espera el segundo modo.
- Tiempo de Espera debido al Transbordo (TET): Tiempo en minutos desde que la persona llega al paradero o andén del segundo modo, hasta que logra abordarlo.
- Tiempo de Viaje Final (TVF): Tiempo en minutos desde que el pasajero aborda el segundo modo hasta que se baja del mismo vehículo o vagón.
- Tiempo de Caminata Final (TCF): Tiempo en minutos desde que la persona desciende del segundo modo hasta que llega a su destino final, ya sea su lugar de trabajo o de estudio.

Se decidió dar cuatro niveles de variación a cada una de estas variables; esto se debe a que al analizar el número de variables a incluir en la encuesta generada mediante el

programa *Ngene*, resultaba ser que se debería construir dieciséis situaciones de elección; así, éstas se encuentren equilibradas, los niveles de variación de las variables deben ser divisores de este número.

Es importante notar que existe una arista muy importante a considerar en esta etapa, la variabilidad de los tiempos de caminata, espera y viaje, que es ciertamente muy relevante a la hora de decidir que ruta se utilizará para realizar un determinado viaje. Hasta este punto de la investigación se pensaba incluir este factor debido a su alta relevancia, pero como veremos más adelante, su inclusión de manera directa se volvió inmanejable a la hora de realizar encuestas piloto, debido a la gran cantidad de variables incluidas en el estudio.

Dentro del grupo de variables cualitativas se definió las siguientes:

- Estación Intermodal: Si el transbordo ocurre en un lugar debidamente acondicionado, o sea una estación de intercambio modal, tomará el valor uno y si es en una estación o paradero normal valdrá cero.
- Escalera Mecánica Disponible: Si existen escaleras mecánicas o ascensores disponibles para cambiar de nivel al momento de hacer el transbordo, la variable tomará el valor uno y si no será cero. En caso del transbordo Bus-Bus en paraderos de superficie (ya sea paraderos normales o zonas pagas de Transantiago), ésta variable toma siempre el valor cero.
- Primer Bus o Vagón de Metro Accesible: El usuario puede subir efectivamente al primer Bus o Metro de su ruta que se detiene; o sea, si este modo tiene espacio suficiente para que el usuario se suba y pueda viajar, la variable será uno; en caso contrario será cero.
- Información: Si existe información relevante para el viaje, ya sea estática o dinámica; como rutas, direcciones o combinaciones, la variable tomará el valor uno; de no ser así será cero.

Es posible visualizar de manera esquemática las variables a modelar en la Figura 4-2, donde se muestra la estructura básica o columna vertebral del modelamiento de este estudio. Fundamentalmente, se pretende captar la influencia de las variables cuantitativas y cualitativas, antes definidas en detalle, a fin de valorar su influencia a la hora de transbordar entre modos públicos.

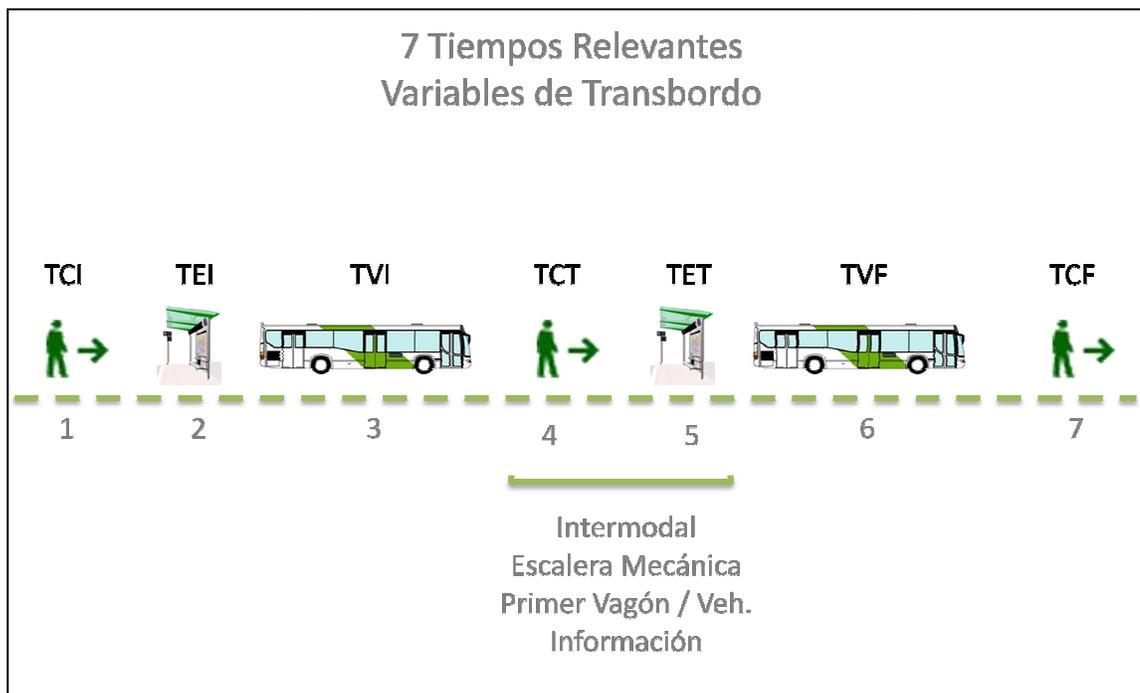


Figura 4-2: Representación gráfica de las variables básicas modeladas.

Existe otro grupo de variables, no mencionadas inicialmente, que se utilizarán para categorizar a los individuos, tanto como por nivel socio-económico como por comportamiento; estas variables son:

- Edad.
- Género.
- Estado Civil.

- Número de Hijos.
- Número de Transbordos.
- Licencia de Conducir.
- Comunas donde vive y donde trabaja.
- Ocupación.
- Ingreso Líquido Individual y del Hogar.
- Número de horas de trabajo semanal.
- Número de personas en el hogar.
- Número de trabajadores en el hogar.
- Número de personas con licencia de conducir.
- Número de autos en el hogar.

#### **4.3.2 Función de Utilidad**

La función de utilidad concebida inicialmente para generar la encuesta en *Ngene*, se encuentra compuesta por las variables cualitativas y cuantitativas descritas anteriormente, pero no considera las variables socio-económicas ni de comportamiento; estas serán utilizadas para generar los modelos de elección una vez que la encuesta haya sido realizada, a fin de modelar interacciones naturales en la muestra mediante el testeo de hipótesis de comportamiento de los usuarios.

La función de utilidad definida es de tipo lineal y posee la estructura que se muestra en la ecuación (4.1). Es importante notar que podría resultar interesante plantear esta función de utilidad de manera más específica, es decir, considerando tiempos de caminata, espera y de viaje (especialmente los dos primeros), de manera segmentada, para Bus y Metro; si bien esto duplica dichas variables en número, permitiría captar la variabilidad propia del modo. No obstante, pese a lo interesante que podría resultar esta forma de modelar las variables temporales, ello produce un aumento importante en la complejidad de la estimación de modelos con variables que resulten significativas, ya

que en la ecuación (4.1) existen quince variables a estimar y si se tuviera variables de tiempo asociadas a Bus y Metro se tendrían veintidós variables a estimar, lo que reduciría la significancia de los valores estimados si se mantiene el tamaño de la muestra a encuestar. A la vez y de la mano con lo anterior, el aumento de variables obligaría a que el estudio fuera aplicado a un número de encuestados que no era posible manejar con los recursos disponibles para el mismo.

$$\begin{aligned}
 U(Trans_i) = & \theta_{MetroMetro} \cdot D_{MM} + \theta_{MetroBus} \cdot D_{MB} + \theta_{BusMetro} \cdot D_{BM} + \\
 & \theta_{Costo} \cdot Costo + \theta_{CamAcceso} \cdot CamInicial + \\
 & \theta_{EsperaAcceso} \cdot EsperaInicial + \theta_{ViajeInicial} \cdot ViajeInicial + \\
 & \theta_{CamTrans} \cdot CamTrans + \theta_{EsperaTrans} \cdot EsperaTrans + \\
 & \theta_{ViajeFinal} \cdot ViajeFinal + \theta_{CamDestino} \cdot CamFinal + \\
 & \theta_{Intermodal} \cdot Intermodal + \theta_{EscaleraMec} \cdot EscaleraMec + \\
 & \theta_{PrimeroDisp} \cdot PrimeroDisp + \theta_{Información} \cdot Información
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

Por otra parte, con respecto a los signos esperados de las variables en la función de utilidad, que se muestran en la Tabla 4-2, se postuló a priori que los signos de los parámetros que representan a las pseudo constantes modales eran positivos, debido a que se utilizó como referencia al transbordo entre Bus y Bus (el que producía mayor desutilidad según los estudios preliminares). Además, resulta ser evidente que el parámetro del costo y los asociados a todos los tiempos en los que se desagrega el viaje total se estimaba que fuesen negativos, ya que producían desutilidad a los viajeros a medida que aumentan de valor.

Adicionalmente, al analizar el efecto de las variables categóricas en la función de utilidad, se determinó que el atributo “Estación Intermodal”, no poseía a priori un efecto claro en la función de utilidad, debido a que se observó en los FG reacciones diversas respecto de la utilidad o desutilidad provocada al realizar un transbordo en una estación de este tipo en la hora punta mañana. Respecto del atributo “Escalera Mecánica”, se

postuló que su efecto era positivo, al igual que el efecto de “Información”, ya que ambos atributos producían una mejora en la percepción del viaje y en las condiciones físicas a las que se exponía cada viajero. Finalmente, se esperaba que la influencia de la variable “Primero Disponible” fuera positiva, ya que si el individuo puede abordar el primer vagón de Metro o el primer Bus del recorrido deseado, éste declaró que la penalización asociada al acto de transbordar se ve reducida de manera importante, pues el viaje resulta tener mayor continuidad y fluidez.

Tabla 4-2: Signo esperado de los parámetros modelados para la encuesta

<b>Parámetro de la Función de Utilidad</b>	<b>Signo Esperado del Parámetro</b>
$\theta_{MetroMetro}$	( + )
$\theta_{MetroBus}$	( + )
$\theta_{BusMetro}$	( + )
$\theta_{Costo}$	( - )
$\theta_{CamInicial}$	( - )
$\theta_{EsperaInicial}$	( - )
$\theta_{ViajeInicial}$	( - )
$\theta_{CamTrans}$	( - )
$\theta_{EsperaTrans}$	( - )
$\theta_{ViajeFinal}$	( - )
$\theta_{CamFinal}$	( - )
$\theta_{Intermodal}$	( + ó - )
$\theta_{EscaleraMec}$	( + )
$\theta_{PrimeroDisp}$	( + )
$\theta_{Información}$	( + )

#### 4.4 Diseño de Encuesta

Una vez definida la función de utilidad básica del estudio, fue posible generar la primera encuesta a aplicar al público objetivo. Esta encuesta de PD fue creada utilizando el software *Ngene 1.0* (Choice Metrics 2009), el cual requiere especificar tanto la estructura de la función de utilidad, como los parámetros de cada variable (como valores *a priori*), para poder generar la encuesta; estos valores son sumamente importantes, debido a que el resultado a obtener mediante el programa depende fuertemente de ellos.

Debido a lo anterior fue necesario, preliminarmente, investigar y decidir qué valor sería el más apropiado para cada una de las variables. Algunas variables han sido profundamente estudiadas, pero los valores para las restantes debieron ser inferidos intentando ajustarse lo más posible a la realidad. Para poder realizar estas inferencias, el criterio utilizado fue categorizar los atributos, para luego asignarles valores razonables respecto del peso relativo de las variables que resultaban ser más conocidas y estudiadas (valores *a priori* de los atributos en Tabla 4-4).

Otro aspecto relevante es que los valores que toman las variables dependen del tipo de usuario, ya que se necesita mostrar situaciones que resulten ser realistas para los encuestados; así, deben presentarse tiempos y costos similares a los que los usuarios de transporte público se encuentran familiarizados. En una primera fase del estudio, se pensó utilizar la técnica de pivote<sup>7</sup> o encuestas adaptativas, y así generar la encuesta a partir de las respuestas sobre el viaje actual de las personas entrevistadas y sus características socioeconómicas.

Pero una vez que el estudio sobre las metodologías de generación de encuestas se profundizó, se optó por generar tipos de encuestas predefinidos de acuerdo a la duración de tiempo total de viaje; así, y una vez que los encuestados informaban sobre su viaje

---

<sup>7</sup> Según Louviere *et al.* (2000), este tipo de encuestas no permiten identificar la heterogeneidad propia del modelo, pues la mezcla con la propia heterogeneidad en las respuestas del individuo.

actual, se elegía una tipología de encuesta. Por ello, se decidió crear cuatro tipos de encuesta diferentes según la duración del viaje; para 20, 40, 60 y 80 minutos de viaje, a fin de poder ofrecer una gama de tipologías de viaje que representara a la mayor parte de la población.

Finalmente, debido al gran número de variables a estimar (doce variables más tres *pseudo*-constantes modales usadas para el diseño eficiente), fue necesario generar la encuesta utilizando la metodología de bloques<sup>8</sup> (Louviere *et al.*, 2000), ya que para lograr captar el comportamiento e influencia de cada una de las variables, dentro de sus rangos de variación, se requiere crear dos conjuntos o bloques diferentes de ocho elecciones cada uno, debido a que el diseño necesita 16 situaciones de elección por individuo para poder obtener resultados adecuados. Con esto, y recordando que se diseñaron 4 tipos de encuesta según duración del viaje, se obtienen ocho tipos de encuestas diferentes; cuatro tipos de encuesta para distintas duraciones del viaje, y de cada una de ellas dos bloques. Estos bloques son diseñados intentando mostrar situaciones de elección equilibradas a cada uno de los encuestados, a fin de minimizar el D-Error asociado a la encuesta total.

Lo anterior tiene por fin aplicar una encuesta que fuese capaz captar el fenómeno del viaje con transbordo en hora punta de una manera integral, cuidando que esta experiencia no se convirtiera en una molestia para los mismos encuestados; Caussade *et al.* (2005) demuestran que el número máximo de escenarios de elección sólo puede variar entre nueve a diez elecciones antes que el individuo pierda la concentración y tienda a responder con un sesgo de fatiga.

---

<sup>8</sup> Este tipo de metodología permite separar la encuesta diseñada en dos o más encuestas con menos situaciones de elección cada una, cumpliéndose el objetivo de diseño original. Básicamente, esta técnica permite dividir una encuesta en diferentes partes, sin sesgar las respuestas y pudiendo aplicarla a varios individuos en vez de a uno sólo (esto evita que una encuesta larga produzca agotamiento en el encuestado). En particular, en el caso de diseño eficiente esta herramienta resulta ser de gran utilidad (Bliemer, M.C.J y Rose, J.M., 2005).

#### 4.4.1 Diseño del Entorno Gráfico

El entorno gráfico de la encuesta fue diseñado en ambiente Excel, programando diferentes macros a fin de mostrar de manera clara y atractiva la información necesaria a cada encuestado. Por lo tanto, la encuesta contó con una página de inicio y luego una de presentación del tema, con indicaciones de cómo responder, las que se muestran en la Figura 4-3 a continuación.



Figura 4-3: Páginas inicial y explicativa de objetivos/desarrollo de la encuesta.

La tercera página de la encuesta recopila los datos personales del encuestado y permite almacenarlos de manera directa en el banco de datos (ver Figura 4-4).

Ahora le solicitamos que describa su **viaje diario**, un **día promedio**, a su **trabajo o lugar de estudio**, según las preguntas siguientes:

**1. Cuando sale de su hogar...**

Modo al que accede y lugar donde lo realiza

Minutos de caminata hasta el paradero o estación de metro

Minutos de espera antes de abordar el bus o vagón de metro

Minutos de viaje dentro del bus o vagón de metro

**2. Una vez que desciende del primer tramo de su viaje y comienza a realizar transbordo:**

	<u>Tramo 2</u>	<u>Tramo 3</u>	<u>Tramo 4</u>
Modo al que accede	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Lugar de realización del transbordo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Minutos de caminata hasta el paradero o estación de metro	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Minutos de espera antes de abordar el bus o vagón de metro	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Minutos de viaje dentro del bus o vagón de metro	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tiempo de caminata hasta el destino final	<input type="text"/>		
Número de Transbordos	<input type="text"/>		

**Siguiete**

Figura 4-4: Página de recopilación de información del viaje típico realizado.

Desde la cuarta hasta la décima página, se muestran las situaciones de elección con imágenes que clarifican a cada una de ellas, tal como se puede ver en la Figura 4-5. Estas ocho situaciones de elección, compuestas cada una por dos opciones, muestran diferentes características y propiedades de un viaje típico para el encuestado (recordar que existen preguntas previas que permitían caracterizar su tiempo promedio de viaje).

Finalmente, la última página de la encuesta (Figura 4-6) fue diseñada para recopilar la información personal, profesional y del hogar, la cual, al igual que el resto de la encuesta, permite almacenar dichos datos de manera automática en el banco de datos.

A continuación se muestran algunas situaciones en las que usted debe elegir **una alternativa**.  
Le rogamos meditarlas y **contestar de la manera más realista posible.** (1/8)

**Alternativa 1**

Caminata	Espera en: <b>Estación Metro</b>	Viaje en: <b>Metro</b>	Caminata	Espera en: <b>Estación Metro</b>	Viaje en: <b>Metro</b>	Caminata
3 min.	2 min.	6 min.	4 min.	2 min.	6 min.	1 min.

**Tarifa Total:** \$580

Datos Transbordo		
<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>1 o más</b>
Transbordo Señalizado	Escalera Mecánica	Metros que debe dejar pasar

**Alternativa 2**

Caminata	Espera en: <b>Paradero</b>	Viaje en: <b>Bus</b>	Caminata	Espera en: <b>Intermodal</b>	Viaje en: <b>Metro</b>	Caminata
2 min.	3 min.	5 min.	1 min.	3 min.	4 min.	4 min.

**Tarifa Total:** \$400

Datos Transbordo		
<b>No</b>	<b>No</b>	<b>0</b>
Transbordo Señalizado	Escalera Mecánica	Metros que debe dejar pasar

Figura 4-5: Página tipo de elección de alternativa de viaje escogida.

Para finalizar, le solicitamos algunos **datos personales:**

**1. Información Personal**

Edad

Género

Estado Civil

Nº Hijos

¿Posee Licencia de Conducir?

Comuna en que Vive

**2. Información Profesional**

Comuna en la que Trabaja

Ocupación

Ingreso Líquido

Nº de horas de trabajo semanal

**3. Información del Hogar**

Ingreso Líquido del Hogar

Nº de Personas en el Hogar

Nº de Trabajadores en el Hogar

Nº de Personas con Licencia de Conducir

Nº de Autos en el Hogar

Si desea participar en el sorteo de un DVD  
Indique su correo electrónico

@

**Muchas Gracias por su colaboración en esta Investigación** **Fin**

Figura 4-6: Página de recopilación de información socioeconómica del viajero.

#### 4.4.2 Encuesta Piloto 1

A partir de la información obtenida en los grupos focales y luego de establecida la función de utilidad, se procedió a generar el diseño experimental de encuesta, utilizando el software *Ngene* (ver sección 3.2.1). En este caso se generó encuestas usando la metodología de diseño eficiente, considerando el D-Error como indicador de calidad de la modelación; así, si como resultado se obtiene un D-Error menor que otro para el mismo modelo, el primer diseño se considera superior al segundo.

Siguiendo esta metodología se crearon los cuatro juegos de encuestas (según duración del viaje), cada uno compuesto de dos bloques diferentes; estos consideraban dos alternativas de viaje sin transbordo: Metro y Bus en forma pura y cuatro alternativas de viaje con transbordo: Metro-Metro, Metro-Bus, Bus-Metro y Bus-Bus. Este acercamiento al problema, pese a que parecía razonable, no dio buenos resultados ya que al aplicar la encuesta piloto a 35 personas, 25 de ellas siempre eligieron alternativas en que el viaje se realizaba de manera directa, sin transbordo, independientemente que las alternativas con transbordo fueran inferiores en tiempo y costo y, a la vez, fueran superiores respecto de las variables cualitativas. Esto, hizo necesario replantear las alternativas a presentar a los encuestados, ya que no era posible obtener resultados útiles sobre los transbordos, si estos eran siempre rechazados.

No obstante a lo anterior, con esta primera encuesta piloto fue posible distinguir algunos elementos importantes para la buena realización de las encuestas posteriores; primero, la eliminación de alternativas sin transbordo, ya mencionada, y segundo, el lugar y hora de toma de encuestas, las cuales no se pudieron realizar en hora punta ni en lugares de transbordo y/o espera de modos de transporte.

### 4.4.3 Encuesta Piloto 2

La segunda encuesta piloto, posee una diagramación, formato y contenidos prácticamente idénticos a la primera, pero en ella sólo se plantearon situaciones de elección entre alternativas de viaje con transbordo; Metro-Metro, Metro-Bus, Bus-Metro, Bus-Bus; esto permite evitar el sesgo potencial debido al no acostumbramiento al nuevo sistema de transporte.

En este caso, se utilizó nuevamente la metodología de diseño eficiente para generar las encuestas, por medio de la estimación bayesiana de parámetros usando el software *Ngene* (explicitada en la sección 3.2.1). En esta segunda experiencia piloto, al igual que para la encuesta anterior, fue necesario generar cuatro modelos diferentes de encuestas, cada uno asociado al tiempo de viaje promedio declarado por los usuarios de transporte público entrevistados, ya sea de 20, 40, 60 u 80 minutos<sup>9</sup>, a fin de poder presentar a los individuos situaciones realistas y congruentes con su experiencia de viaje en el momento de la realización del estudio.

Primeramente, fue necesario determinar el rango de variación de las variables modeladas en la encuesta piloto. Este procedimiento es fundamental para poder definir la distribución de cada uno de los parámetros (media y varianza). Así, una vez definidos los rangos de variación (el resto de las variables tiene un comportamiento binario), ver Tabla 4-3, es posible proseguir con la búsqueda de los parámetros a priori más adecuados, a fin de poder realizar el diseño eficiente mediante *Ngene*.

Como parámetros a priori se utilizaron los mismos usados en la primera encuesta piloto, que correspondían a valores obtenidos en la memoria de Raveau (2009) para las variables; Costo, Tiempo de Caminata, Tiempo de Espera y Tiempo de Viaje. Los

---

<sup>9</sup> Los *D-Error* asociados a estos modelos fueron 2,58, 2,15, 1,40 y 1,18, respectivamente; y fueron obtenidos luego de múltiples iteraciones (en que los valores fluctuaron entre los mínimos indicados hasta aproximadamente un 15% adicional).

valores para los distintos tiempos considerados en este estudio se relacionaron con el primer modo de transporte abordado, ya que se asume que la percepción de los tiempos posteriores debiera ir empeorando debido a la progresiva cercanía con la imperativa hora de llegada al trabajo. Por este motivo, los parámetros de los tiempos de caminata, espera y viaje posteriores, se consideraron más altos (mayor penalidad), tal como es posible ver en la Tabla 4-4.

Tabla 4-3: Valores posibles de las variables cuantitativas por tipo de encuesta

<b>Variable</b>	<b>Encuesta 20 min.</b>	<b>Encuesta 40 min.</b>	<b>Encuesta 60 min.</b>	<b>Encuesta 80 min.</b>
<i>Costo</i>	400;460;520;580	400;460;520;580	400;460;520;580	400;460;520;580
<i>CamInicial</i>	1;2;3;4	2;3;4;5	2;4;6;8	3;5;7;9
<i>EsperaInicial</i>	1;2;3;4	3;4;5;6	3;5;7;9	3;5;7;9
<i>Viaje Inicial</i>	4;5;6;7	8;10;12;14	14;16;18;20	20;24;28;32
<i>CamTrans</i>	1;2;3;4	2;3;4;5	2;4;6;8	3;5;7;9
<i>EsperaTrans</i>	1;2;3;4	3;4;5;6	3;5;7;9	3;5;7;9
<i>ViajeFinal</i>	4;5;6;7	8;10;12;14	14;16;18;20	20;24;28;32
<i>CamFinal</i>	1;2;3;4	2;3;4;5	2;4;6;8	3;5;7;9

Por tanto, el tiempo de caminata de transbordo se consideró más penalizado que la caminata de acceso, debido a que muchos de los individuos entrevistados en los grupos focales manifestaron la molestia que les producía tener que bajar de un modo y caminar al siguiente. Así mismo, el tiempo de espera de transbordo se percibe como más negativo que la espera inicial, ya que existe inercia en los viajes, y dejar de trasladarse para esperar el siguiente modo de transporte provocar mayor molestia. Adicionalmente, el tiempo de viaje final, o sea en el segundo modo, también se percibe como más negativo, pero esto se debe a la cercanía con la hora de ingreso al trabajo y con el agotamiento derivado del viaje. Por último, el tiempo de caminata final es considerado como igual al tiempo de caminata de acceso, ya que en el estudio de Raveau (2009),

estos tiempos no resultaron significativamente diferentes entre sí, y en las entrevistas preliminares los individuos no manifestaron molestia adicional por este tiempo (que igualmente debe ser realizado, tanto en un viaje con transbordo, como uno sin él).

Tabla 4-4: Distribuciones de probabilidad de los parámetros en encuestas piloto

Parámetro	Distribución Prob. (media ; desviación estándar)
$\theta_{MetroMetro}$	N (0,4000 ; 0,2000)
$\theta_{BusMetro}$	N (0,2000 ; 0,1000)
$\theta_{MetroBus}$	N (0,1000 ; 0,0500)
$\theta_{Costo}$	N (-0,0016340 ; 0,0000312)
$\theta_{CamInicial}$	N (-0,0221 ; 0,0077)
$\theta_{EsperaInicial}$	N (-0,0152 ; 0,0090)
$\theta_{ViajeInicial}$	N (-0,0067 ; 0,0014)
$\theta_{CamTrans}$	N (-0,0300 ; 0,0077)
$\theta_{EsperaTrans}$	N (-0,0200 ; 0,0090)
$\theta_{ViajeFinal}$	N (-0,0070 ; 0,0014)
$\theta_{CamFinal}$	N (-0,0221 ; 0,0077)
$\theta_{Intermodal}$	N (0,1000 ; 0,0500)
$\theta_{EscaleraMec}$	N (0,1500 ; 0,0700)
$\theta_{PrimeroDisp}$	N (0,1300 ; 0,0600)
$\theta_{Información}$	N (0,0070 ; 0,0030)

*Nota: N indica la distribución Normal*

Además, los parámetros utilizados para caracterizar a las variables cualitativas modeladas fueron postulados a partir de observaciones preliminares y responden a una valoración subjetiva de jerarquización entre las variables Escalera Mecánica, Primero Disponible, Intermodal, e Información, las cuales, debido a los datos recabados en los grupos focales se ordenaron tal como se acaba de indicar.

Por otra parte, los parámetros definidos para las pseudo-constantes modales también responden a una lógica de jerarquización, pues no existen parámetros adecuados (de estudios previos de transporte público en Santiago o de otras partes), pues esta investigación se centra en el transbordo, fenómeno escasamente estudiado tanto en Chile como a nivel mundial. Es por ello que se postula que el transbordo Metro-Metro es superior al transbordo Bus-Metro, y este es mejor que el transbordo Metro-Bus, utilizándose el transbordo Bus-Bus como referencia.

En la segunda encuesta piloto se entrevistó a 55 personas, las cuales se comportaron básicamente cómo había se esperaba. Esto se menciona pues una vez obtenidas sus respuestas, se estimó un modelo MNL con el fin de obtener los valores de los parámetros incluidos en el diseño de la encuesta y esta estimación entregó valores de órdenes de magnitud similares a los propuestos en la Tabla 4-4. Se debe notar que los valores no son exactamente iguales a los obtenidos en la primera encuesta piloto, debido a que al afinar el experimento, utilizando los datos conseguidos en ella y al simular nuevamente el diseño de la encuesta, se obtiene una segunda encuesta piloto similar, pero no idéntica, ello sumado a que los individuos encuestados son diferentes, era esperable que los resultados no fueran idénticos, pero mantuviesen el mismo orden de magnitud, lo que sucedió. Por otra parte, tal como se puede ver en la Tabla 4-5, a lo menos las jerarquizaciones se mantienen, exceptuando el parámetro de “Intermodal”; este se había estimado como positivo para la función de utilidad de los individuos, debido a que en estas estaciones es posible encontrar combinaciones coordinadas espacial y temporalmente entre dos o más modos de transporte, lo cual en general se valora positivamente; no obstante, en la práctica fue posible observar que de manera consistente los individuos mostraban una marcada tendencia a evitar las estaciones de intercambio en la hora punta de la mañana, esgrimiendo razones de alta congestión de pasajeros y oferta de servicios que sólo entorpecen el viaje al trabajo.

Tabla 4-5: Valores de los parámetros obtenidos en la encuesta piloto

Parámetro	Valor Medio	Desviación Estándar
$\theta_{MetroMetro}$	0,34900	0,18200
$\theta_{BusMetro}$	0,30600	0,17800
$\theta_{MetroBus}$	0,25200	0,18800
$\theta_{Costo}$	-0,00204	0,00080
$\theta_{CamAcceso}$	-0,05850	0,02880
$\theta_{EsperaAcceso}$	-0,04000	0,03000
$\theta_{ViajeInicial}$	-0,04740	0,01830
$\theta_{CamTrans}$	-0,02660	0,02900
$\theta_{EsperaTrans}$	-0,08220	0,02980
$\theta_{ViajeFinal}$	-0,06100	0,01860
$\theta_{CamDestino}$	-0,08000	0,03020
$\theta_{Intermodal}$	-0,27700	0,10600
$\theta_{EscaleraMec}$	0,13500	0,10800
$\theta_{PrimeroDisp}$	0,29200	0,10600
$\theta_{Información}$	0,05460	0,10600

#### 4.4.4 Simulación para Recuperar los Parámetros de la Encuesta Final

Los valores de los parámetros estimados en la encuesta piloto constituyen, en principio, excelentes valores *a priori* para la generación de la encuesta definitiva; como es habitual, previo a su uso, se estudió si estos valores eran “recuperados” correctamente al utilizarlos para simular el comportamiento de una muestra ficticia. Así se procedió a simular una muestra de 12.500 individuos, que se comportan de acuerdo a los postulados del MNL, los cuales debieran elegir una alternativa en los ocho casos planteados en la encuesta; esto permitió obtener como resultado un banco de datos de 100.000 observaciones

Previo a la simulación se determinó, por medio de las respuestas obtenidas en las encuestas preliminares, que los individuos que realizaban viajes de 40, 60 y 80 minutos eran aproximadamente el mismo número, pero que los que realizaban viajes de 20 minutos eran sólo la mitad de ellos. Por lo tanto, se asumió en base a las encuestas anteriores, que la probabilidad de realizar un viaje de 40, 60 u 80 minutos era  $2/7$ , y para viajes de 20 minutos era  $1/7$ .

A partir de esto, se puede calcular la utilidad representativa definida en la ecuación (3.2) para cada una de las alternativas posibles de elegir, utilizando los parámetros obtenidos para cada atributo en las encuestas piloto (ver Tabla 4-4) y utilizando los valores definidos de las variables para cada situación de elección (ver Tabla 4-3). Con esto es posible obtener una jerarquización de qué alternativa es mejor en cada situación de elección de manera determinística, pues se realiza una sumatoria de todas las variables ponderadas por sus parámetros, sin considerar componentes aleatorias, y con ello se obtiene utilidad representativa de la alternativa de elección.

Una vez formulada la componente determinística de la función de utilidad, es necesario realizar un procedimiento que permita generar la componente aleatoria que se debe adicionar a la utilidad representativa para obtener la utilidad neta de cada alternativa. Este procedimiento consiste, tal como describe detalladamente Torres (2009)<sup>10</sup>, en generar errores aleatorios que distribuyen independiente e idénticamente Gumbel  $(0, \sigma)$ , mediante el uso del método de la transformada inversa (Johnson, 1987) y las condiciones demostradas por Williams (1977) para los parámetros de esta función. Así, se utiliza la función acumulada inversa:

$$F^{-1}(\varepsilon) = \frac{-\sigma\sqrt{6}}{\pi} \cdot (\gamma + \ln(-\ln(r_i))) \quad (4.2)$$

---

<sup>10</sup> Adicionalmente, la tesis de Garrido (1991) puede ser consultada si existe interés de profundizar en esta metodología.

donde  $\gamma$  es la constante de Euler ( $\gamma \approx 0,577$ ) y  $r_i$  son números aleatorios con distribución Uniforme (0,1).

Con esto, la “respuesta” (o alternativa escogida) por cada uno de los 8 mil individuos simulados en cada situaciones de elección planteadas en la encuesta, queda definida por aquella que tiene el máximo valor de la suma de las componentes determinística y aleatoria. Es importante notar que en este proceso se realiza para distintos valores de  $\sigma$  (notar que cuando  $\sigma = 0$  la elección es determinística).

Una vez simuladas las alternativas escogidas en cada situación de elección y conociendo los valores de los atributos definidos en la encuesta, se procede a estimar modelos MNL, a fin de comparar los parámetros estimados con los parámetros utilizados en el cálculo de la utilidad determinística en cada simulación. Luego de realizar una serie de estimaciones para diferentes valores de  $\sigma$ , se determinó que los valores más adecuados se encontraban entre 1 y 1,5 (ver Figura 4-7). Esta deducción se realizó utilizando el concepto de error cuadrático medio (RMSE), que entrega una medida del error entre los valores reales y observados, y se fue definido por Pielke (1984) tal como se observa en la ecuación siguiente:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\phi_i - \phi_{i_{est}})^2}{n}} \quad (4.3)$$

donde  $\phi_i$  es el valor estimado por el modelo,  $\phi_{i_{est}}$  es el valor observado en la simulación y  $n$  el número de parámetros analizados.

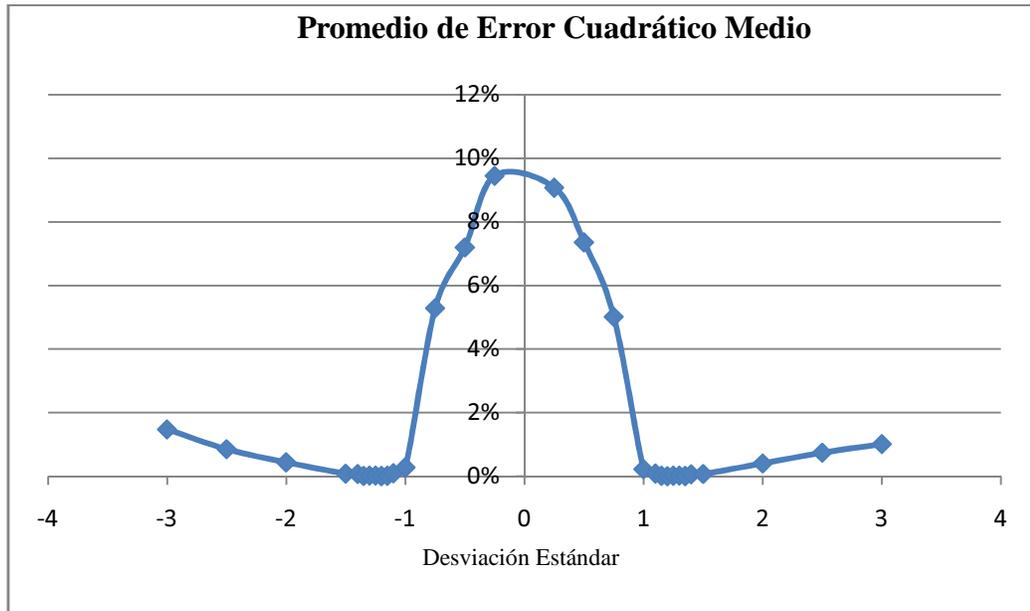


Figura 4-7: Error cuadrático medio con diferentes desviaciones estándar poblacionales

Un vez acotado el valor de la desviación estándar, se volvió a simular datos y estimar modelos MNL mediante el procedimiento ya descrito, pero variando el valor de  $\sigma$  de manera más fina y realizando más iteraciones para cada uno de los valores poblacionales supuestos, a fin de conseguir valores robustos. Se calculó el error cuadrático medio de cada uno de estos modelos con respecto del modelo propuesto inicialmente, hasta determinar que el valor que recuperaba mejor los parámetros propuestos, correspondía a un  $\sigma$  poblacional de 1,2.

Encontrado el valor de  $\sigma$  que permitía recuperar de mejor forma los parámetros utilizados en la simulación, se constató que la diferencia máxima observada entre los valores (para los 15 parámetros del modelo) era de tan sólo 8,79% en valor absoluto, tal como se puede ver en la Tabla 4-6. Esto permite concluir que es posible recuperar adecuadamente los parámetros del modelo con el diseño propuesto y que, por ende, éstos pueden utilizarse como valores a priori apropiados para generar la encuesta definitiva.

Tabla 4-6: Valores de los parámetros propuestos y recuperados

Parámetro	Valor Inicial	Parámetro Recuperado	Diferencia (%)
$\theta_{MetroMetro}$	0,35000	0,36600	-4,57%
$\theta_{BusMetro}$	0,30000	0,30200	-0,67%
$\theta_{MetroBus}$	0,25000	0,25100	-0,40%
$\theta_{Costo}$	-0,00204	-0,00211	-3,43%
$\theta_{CamInicial}$	-0,05850	-0,06230	-6,50%
$\theta_{EsperaInicial}$	-0,04000	-0,04210	-5,25%
$\theta_{ViajeInicial}$	-0,04740	-0,04880	-2,95%
$\theta_{CamTrans}$	-0,02660	-0,02490	6,39%
$\theta_{EsperaTrans}$	-0,08220	-0,08660	-5,35%
$\theta_{ViajeFinal}$	-0,06100	-0,06430	-5,41%
$\theta_{CamFinal}$	-0,08000	-0,08380	-4,75%
$\theta_{Intermodal}$	-0,27700	-0,28700	-3,61%
$\theta_{EscaleraMec}$	0,13500	0,13100	2,96%
$\theta_{PrimeroDisp}$	0,29200	0,30100	-3,08%
$\theta_{Información}$	0,05460	0,05940	-8,79%

#### 4.4.5 Encuesta Final

La encuesta final fue aplicada en lugares de trabajo autorizados previamente que se localizan en 14 comunas de Santiago. Interesaba abarcar la mayor cantidad posible de orígenes para los variados destinos estudiados, para poder observar las percepciones asociadas a los servicios de las empresas en diferentes puntos de la capital. La Figura 4-8 muestra que se logró encuestar personas con destino en 14 de las 37 comunas de Santiago y que ellas provienen de 34 de las mismas (sólo no se consiguieron encuestados provenientes de Padre Hurtado, Pirque y San José de Maipo). Esta diversidad de orígenes ayuda a que el estudio sea capaz de capturar percepciones de

individuos que deben afrontar distintos niveles de servicio de Transantiago, los cuales dependen de las zonas por las que transcurra su viaje, y por lo tanto se minimicen los sesgos y se encuentren valores de parámetros representativos para toda la ciudad.

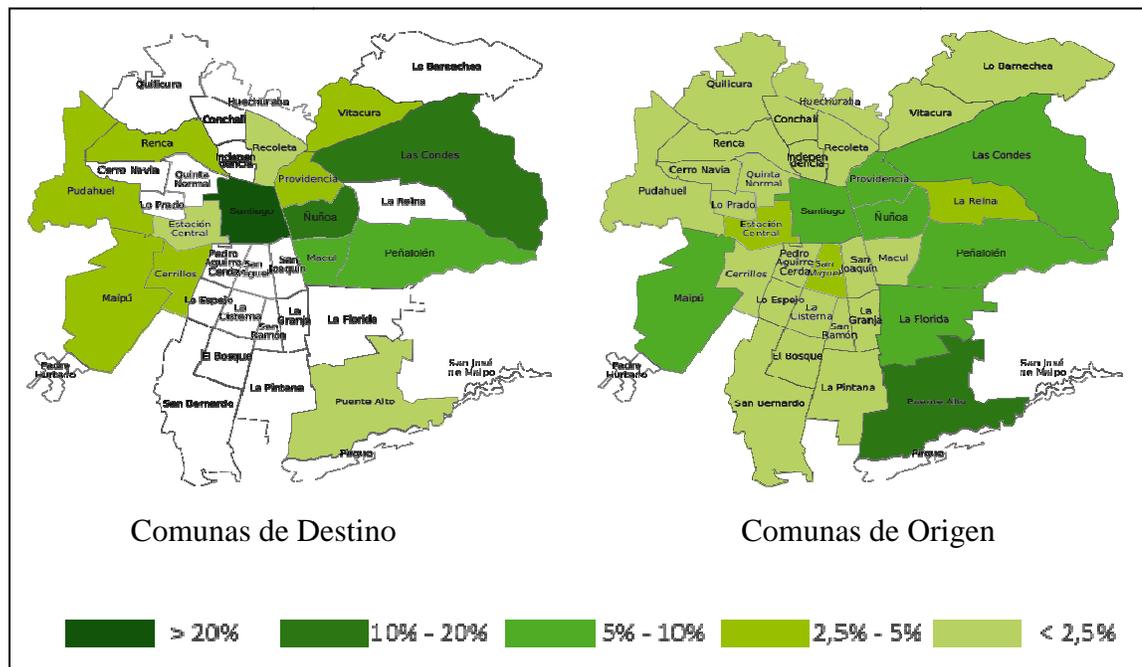


Figura 4-8: Comunas de Santiago que son destino y origen de los encuestados.  
(Ver detalle Anexo C)

La idea de encuestar en lugares de trabajo de manera previamente concertada surgió producto de la experiencia de la primera encuesta piloto, que fue realizada en lugares de paso o espera (estaciones intermodales, paraderos, esquinas) sin previo aviso ni coordinación. Esto produjo que resultara difícil conseguir voluntarios dispuestos a participar, especialmente de manera seria, lo cual produce demoras en la toma de datos e incertidumbre en los resultados obtenidos. Además, realizar encuestas en lugares de trabajo es una tradición de larga data, por su probada eficacia en tesis del departamento de transporte y logística de la universidad (Hutt, 1983; Iragüen, 2002; Rizzi, 2001 entre otros).

Debido a ello, se optó por contactar diferentes empresas e instituciones públicas y privadas (que se detallan en el Anexo D), a fin de conseguir autorización para realizar la el estudio en sus dependencias mediante el envío de una carta de invitación a participar en el estudio (ver Anexo E). Los trabajadores a ser encuestados podían participar de manera voluntaria y sin moverse de sus puestos de trabajo en horario laboral. Con esto, la disposición a responder la encuesta aumentó notoriamente, junto con la dedicación a entenderla y responderla de manera consciente. Cabe señalar que la encuesta, considerando la explicación inicial, descripción del viaje actual, el proceso de decisión en las ocho situaciones de elección y la declaración de datos socioeconómicos, tardaba entre 8 a 12 minutos por encuestado.

Con respecto al diseño eficiente utilizado, se modeló nuevamente las situaciones requeridas para los individuos con viajes tipo de 20, 40, 60 y 80 minutos<sup>11</sup> utilizando los valores que podían tomar cada una de las variables cuantitativas asociadas a los distintos tiempos de espera, caminata y viaje, junto con el costo (ver Tabla 4-3); el resto de las variables, denominadas cualitativas, eran de carácter binario. Como ya se señaló, se utilizó como parámetros a priori, los valores provenientes de los datos recolectados en la encuesta piloto 2, que se muestran en la Tabla 4-7. El resultado de este último modelamiento de encuestas mediante el diseño eficiente, debiera ser bastante más ajustado a la realidad, ya que los parámetros a priori utilizados fueron obtenidos de individuos que realizan viajes del tipo estudiado.

La encuesta definitiva se aplicó a 240 personas distribuidas en Santiago durante los meses de Julio y Agosto del año 2009. Se constato que 26 encuestados respondieron de forma lexicográfica, ya sea minimizando tiempo total o la tarifa, por lo que el banco de datos está finalmente compuesto por 214 individuos que eligen efectivamente de forma compensatoria.

---

<sup>11</sup> El *D-Error* conseguido para cada uno de los tipos de encuesta fue de 2.36, 1.95, 1.20 y 1.01, para los viajes de 20, 40, 60 u 80 minutos respectivamente.

Tabla 4-7: Distribuciones de probabilidad de los parámetros en las encuestas

Parámetro	Distribución Prob. (media; desviación estándar)
$\theta_{MetroMetro}$	0,35000*
$\theta_{BusMetro}$	0,30000*
$\theta_{MetroBus}$	0,25000*
$\theta_{Costo}$	N (-0,0020400 ; 0,0000312)
$\theta_{CamAcceso}$	N (-0,0585 ; 0,0770)
$\theta_{EsperaAcceso}$	N (-0,0400 ; 0,0900)
$\theta_{ViajeInicial}$	N (-0,0474 ; 0,0140)
$\theta_{CamTrans}$	N (-0,0266 ; 0,0770)
$\theta_{EsperaTrans}$	N (-0,0822 ; 0,0900)
$\theta_{ViajeFinal}$	N (-0,0610 ; 0,0140)
$\theta_{CamDestino}$	N (-0,0800 ; 0,0770)
$\theta_{Intermodal}$	N (-0,2770 ; 0,1060)
$\theta_{EscaleraMec}$	N (0,1350 ; 0,0650)
$\theta_{PrimerDisp}$	N (0,2920 ; 0,1060)
$\theta_{Información}$	N (0,0546 ; 0,0270)

*Nota Los valores de los parámetros con \* son fijos*

Es importante notar que el diseño eficiente utilizado en esta encuesta final, en rigor cuatro diseños eficientes (para las diferentes duraciones del viaje), indicaba que, como mínimo, se debía encuestar a 199 personas; de esta forma la variable crítica (con mayor varianza) podía cumplir con la significancia necesaria, en éste caso se trataba de la variable “Información”, para que el diseño eficiente utilizado entregara resultados satisfactorios.

## 5 ANÁLISIS DEL BANCO DE DATOS

Primeramente, y previo a realizar cualquier tipo de clasificación de los datos, se procedió a corroborar la consistencia entre el número de encuestas realizadas y la información recopilada en el banco de datos; esto es muy importante debido a que el proceso de almacenamiento de datos era de carácter automático para los ocho juegos de encuestas que se podían realizar según la duración del tiempo de viaje declarado, y podían haberse suscitado errores de consolidación. Esto no ocurrió, comprobándose que los datos habían sido correctamente almacenados.

El segundo paso consistió en detectar si existían individuos con comportamiento lexicográfico, esto ocurre cuando los individuos tienen un orden de preferencias definido sobre los atributos y sus elecciones se realizan en función del valor que toma el atributo considerado más importante, tomando en cuenta el siguiente atributo en importancia sólo si existe empate en el primero, y así sucesivamente (Sælensminde, 1999; Tverski, 1972). Así mismo es posible encontrar comportamientos lexicográficos de carácter más flexible, donde existe sólo un atributo dominante (Lancaster, 1997; Scott, 2002); en este caso el atributo que se considera más relevante es siempre elegido, y co-existe una regla compensatoria para casos de empate en este (Cantillo y Ortúzar, 2005; Denstadli *et al.*, 2010).

En este estudio, se detectó 26 individuos que se comportaban según una regla lexicográfica de variable dominante identificable, ya sea en el tiempo de viaje total (ocho individuos) como en la tarifa cobrada por el servicio (18 individuos); debido al gran número de variables incluidas en el experimento, es difícil determinar reglas de dominancia que incluyan combinaciones más complejas entre variables. Con respecto a los individuos lexicográficos en “tiempo de viaje total”, es interesante destacar que esta variable no existe como tal, ya que en el diseño de la encuesta aparecen los tiempos de viaje desagregados en siete etapas; así estos individuos sumaban estos siete tiempos y

“construían” una nueva variable para poder elegir minimizando el tiempo total (durante la realización de la encuesta se constató que varios de ellos, incluso, sumaban con los dedos los diferentes tiempos).

Es importante poder identificar las preferencias lexicográficas en experimentos de elección, ya que este comportamiento puede alterar seriamente los resultados; esto se debe a que el modelo subyacente al experimento postula la existencia de elecciones compensatorias, maximizando la utilidad individual. En este caso se decidió eliminar de la muestra a estos individuos, debido a su peso en la misma (26 de 214), alteraban la estimación de los parámetros en los modelos MNL probados<sup>12</sup>. Esta decisión se funda en que el objetivo de este estudio era estimar de la mejor manera posible la importancia de los atributos asociados al transbordo y las reglas lexicográficas encontradas no consideraban, en ninguna medida, estos atributos. El Anexo F expone los resultados obtenidos para el modelo MNL de diseño, considerando a los individuos lexicográficos, evidenciándose inconsistencias de signos, como poseer un valor positivo para el Costo.

## **5.1 Características Socio-Económicas**

El análisis de las variables socioeconómicas se inicia con la distribución de la variable “Género” en la muestra, la cual está compuesta por 114 mujeres (53,3%) y 100 hombres (46,7%). Esta distribución subvalora levemente la participación de los hombres en el estudio, ya que en Chile la distribución de la población según género es de 0,98 hombres por cada mujer (esto es, 49,5% de hombres, ver INE 2010). Por lo tanto, la distribución según la variable género se ajusta de manera significativa a la distribución de la población de Santiago de Chile; esto se debe a que no se hicieron discriminaciones de ningún tipo a la hora de elegir a las personas encuestadas (salvo el hecho de que debían realizar viajes periódicos con al menos un transbordo).

---

<sup>12</sup> Notar que esta proporción es baja (12%) ya que en estudios de PD se suele encontrar del orden de 25% de individuos con comportamiento lexicográfico (Sælensminde, K).

La caracterización de la muestra según “Edad”, permite identificar los tramos etáreos más representados, y su distribución; esto, a su vez, posibilita realizar agrupaciones de individuos que se comporten de manera similar. La mayor parte de los encuestados tiene entre 30 a 49 años (97 individuos; 45,3%), seguido de los individuos menores de 30 años (ellos tienen a lo menos 18 años) con 89 individuos (41,6%) y finalmente los mayores de 50 años (28 individuos; 13,1%). También, es interesante examinar la distribución de la muestra según “Edad” y “Género”; el histograma de la Figura 5-1 hace patente que los grupos mayoritarios corresponden a mujeres menores de 50 años, aunque existe cierta homogeneidad en la distribución por género en todos los estratos; en particular, los segmentos “< 30 años” y “30 a 49 años”, son bastante similares entre sí en número y en predominancia femenina. Por otro lado, el segmento “>= 50 años” es notoriamente más reducido y se encuentra liderado por los hombres, lo cual guarda relación con la edad de retiro del trabajo por parte de las mujeres. Además, la posibilidad de encuestar a personas de mayor edad se puede ver reducida debido a los medios económicos y acceso a comodidades que es posible obtener a medida que los años avanzan, ya que el filtro inicial de la encuesta considera entrevistar sólo pasajeros que hagan viajes periódicos que a lo menos contuvieran un transbordo.

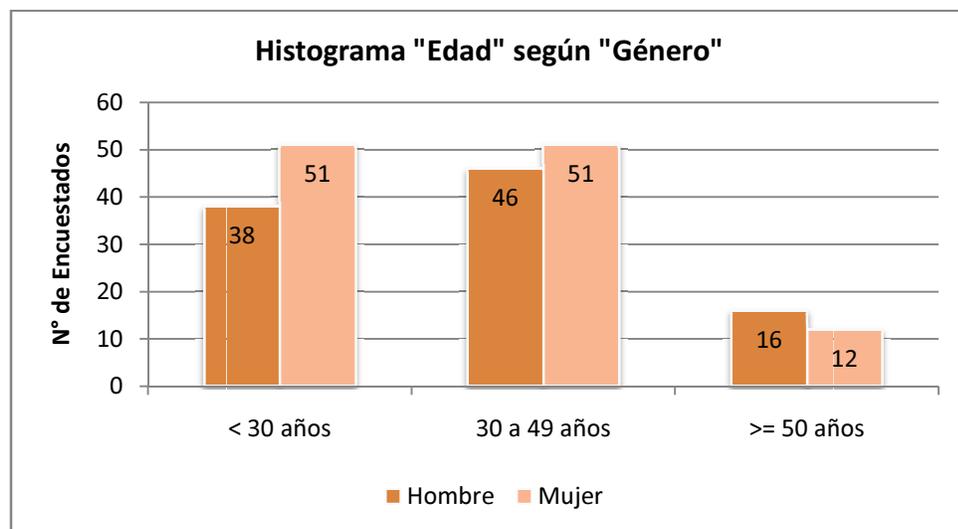


Figura 5-1: Histograma de la variable “Edad” según “Género”

Por otra parte, un aspecto importante a estudiar corresponde a la caracterización de la muestra, según la disponibilidad de uso de automóvil; en este sentido, es posible observar que muchos de los encuestados efectivamente tienen acceso a vehículos particulares, pero igualmente utilizan en transporte público por múltiples razones. Esta distribución, nuevamente muestra homogeneidad entre las diferentes segmentaciones etáreas (ver Figura 5-2), pero en este caso se deduce que los individuos menores de treinta años tienen características bastante diferentes; por un lado, hay un grupo de trabajadores solteros independientes que adquieren un automóvil como bien personal; pero también hay trabajadores que viven con sus familias y poseen un automóvil en el hogar. Esto hace que el segmento “< 30 años con automóvil” sea bastante más elevado que el sin acceso a automóvil.

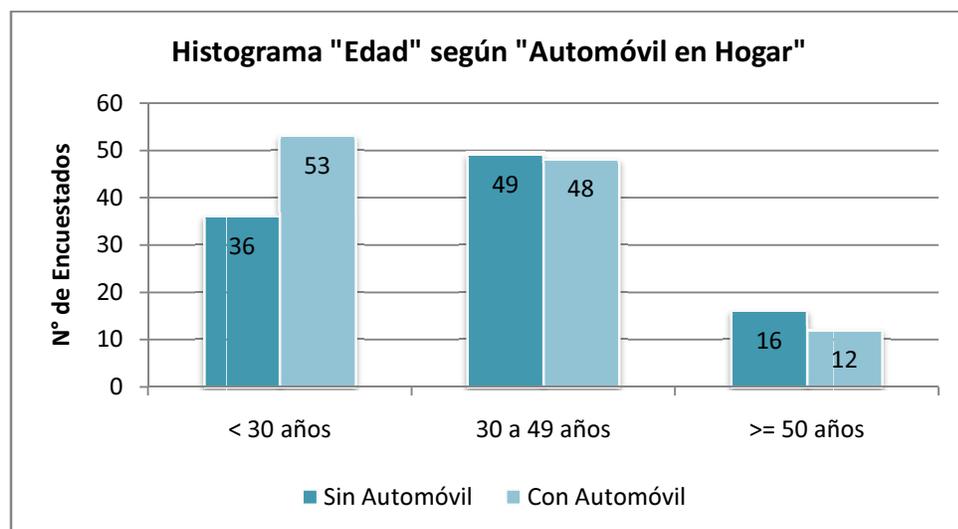


Figura 5-2: Histograma de la variable “Edad” según “Automóvil en hogar”

Adicionalmente, es interesante visualizar el comportamiento de la variable “N° de Autos en el hogar”. En la Figura 5-3 se observa que aún cuando más de la mitad de los encuestados tiene al menos un automóvil disponible en el hogar (113 individuos; 52,8%), el número de individuos cautivos de transporte público es considerable (101

individuos; 47,2%); como éstos no tienen alternativa a este tipo de transporte, esta variable puede tener una influencia claramente segmentadora.

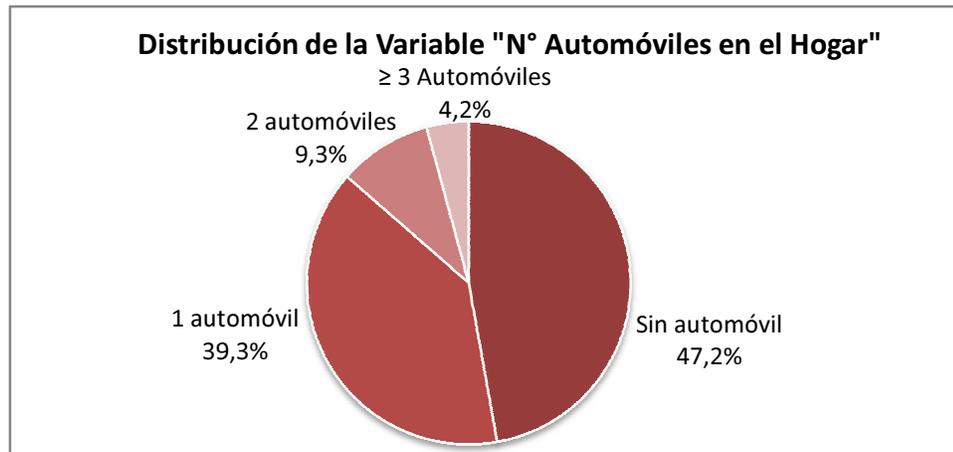


Figura 5-3: Distribución de la variable "N° Automóviles Hogar" en la muestra

Pese a lo poderosa que podría resultar la variable anterior, el poseer automóvil en el hogar no significa que esté efectivamente disponible para el individuo encuestado. Por ello se definió la variable "AutoLic", como el valor mínimo entre uno y el cuociente entre el número de autos en el hogar y el número de licencias de conducir existentes en el mismo. La distribución de la variable se presenta en la Figura 5-4; así, para los 101 individuos que no poseen automóvil en el hogar la variable AutoLic es igual a cero y para los 113 individuos restantes la variable se concentra principalmente en AutoLic igual a uno (54 individuos) e igual a 0,5 (40 individuos), lo que indica que el individuo posee un auto disponible o que lo comparte con otra persona, respectivamente. Además, es interesante destacar que no basta con poseer un alto valor de AutoLic para realmente tener disponible el automóvil, ya que se deben congregar tanto esta variable como la variable "Licencia Conducir", la cual toma el valor uno si el individuo la posee. Es así como ambas variables, juntas, indican si efectivamente el individuo dispone realmente de automóvil.

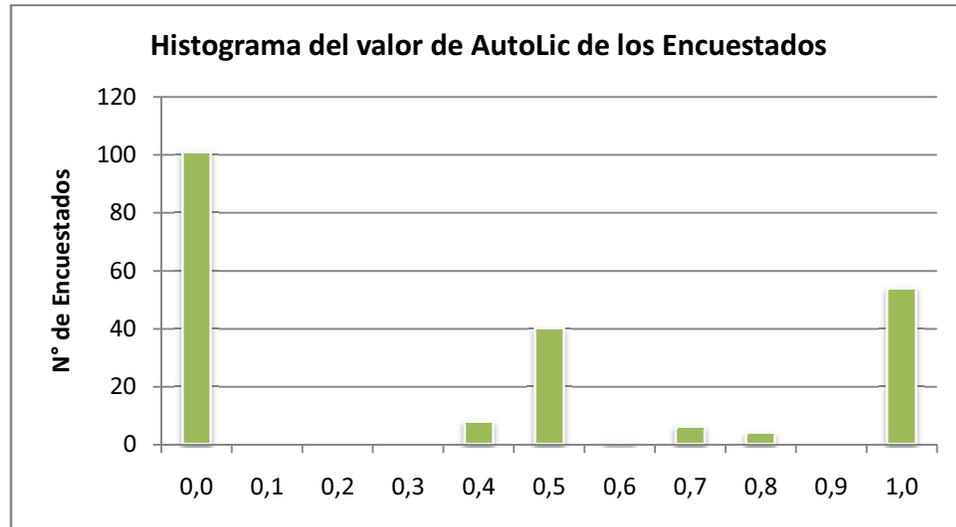


Figura 5-4: Histograma de la variable “AutoLic”.

A continuación se estudió la variable “Ocupación”, que diferencia a los individuos entre trabajadores dependientes (156 individuos; 72,9%) y trabajadores independientes (58 individuos; 27,1%), estos últimos tienen una mayor flexibilidad de decisión, pues son ellos mismos los que organizan sus horarios a fin de cumplir con sus clientes. Además, debido a esta flexibilidad aparente, estos individuos presentan necesidades diferentes a los trabajadores dependientes, quienes cuales buscan optimizar sus recorridos a fin de realizar algunas actividades que les es imposible realizar en otro horario hábil del día (su jornada laboral se extiende a lo largo de la mayor parte hábil del día y muchas veces no les es posible realizar trámites y/o compras durante ésta). Por ello, los trabajadores dependientes buscan acceder a diferentes servicios antes o después del trabajo, y el viaje hacia el mismo se convierte en una alternativa ideal. En cambio, los trabajadores independientes pueden organizar sus labores a fin de acceder a comercios, instituciones bancarias o servicios de distinta índole, en horarios más flexibles.

La distribución de la variable “Ingreso Líquido”, permite caracterizar a la población encuestada según su ingreso y captar la influencia que tiene cada estrato socioeconómico. En la Figura 5-5, es posible observar que la distribución del ingreso está más concentrada en la parte más baja del rango (grupos de menor ingreso).

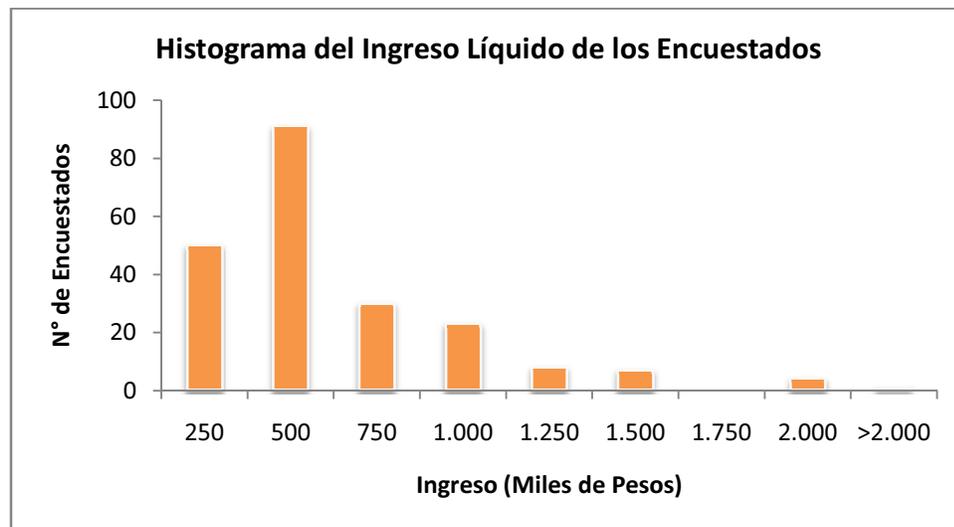


Figura 5-5: Histograma de la variable “Ingreso Líquido”

Tal como se observa en el histograma anterior, es fácil distinguir cinco estratos de ingreso (ver Figura 5-6), pero la mayoría de la muestra se concentra en ingresos entre \$250.000 y \$499.999; esto se debe a que la mayor parte de las encuestas fueron realizadas a administrativos de distintas empresas o instituciones públicas y privadas, los cuales tienen ingresos de tipo medio-bajo. Además, si se consideran a todos los individuos que tienen ingresos menores a \$500.000, ellos representan a casi un 60% de la población encuestada total.

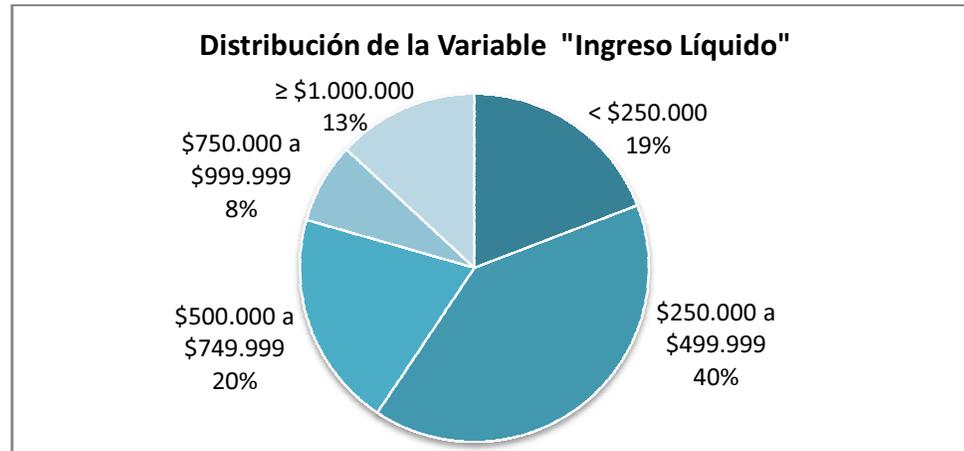


Figura 5-6: Distribución de la variable “Ingreso Líquido” en la muestra

Es interesante realizar un análisis más profundo de los valores obtenidos para el Ingreso Líquido en la muestra, a fin de detectar la potencial presencia de *outliers* que puedan afectar la estimación de los modelos que incluyan esta variable. Esto se realizó sobre la base de la teoría del análisis Box Plot (Tukey, 1970), el cual considera la distancia intercuartil como unidad base para delimitar espacios factibles para los valores de la muestra (que puede tener datos que respondan a una distribución cualquiera). Así, este análisis requiere definir a  $q_1$  como el primer cuartil,  $q_3$  como tercer cuartil y a  $(q_3 - q_1)$  como la diferencia intercuartil, estos conceptos se utilizan para definir dos límites espaciales, uno interno y otro exterior. A partir de ello, se plantea que existen dos tipos de *outliers*; leves  $O_L$  y extremos  $O_E$ ; los primeros corresponden a todos aquellos valores que se encuentran fuera del subespacio definido por  $[q_1 - 1,5 \cdot (q_3 - q_1); q_3 + 1,5 \cdot (q_3 - q_1)]$  (límite interno) y, a la vez, dentro del espacio delimitado por  $[q_1 - 3 \cdot (q_3 - q_1); q_3 + 3 \cdot (q_3 - q_1)]$  (límite exterior), y los  $O_E$  corresponden a los valores que se encuentran fuera del límite exterior definido. Todas aquellas observaciones que se encuentren dentro del límite interno se consideran valores aceptables para generar modelos.

Este análisis permitió llegar a la conclusión de que todas las observaciones de la variable Ingreso Líquido entre<sup>13</sup> \$0 y \$1.205.000 se encontraban dentro del rango aceptable (201 individuos; 93,9%), y aquellos que estaban fuera del rango anterior y, a la vez, son menores a \$1.760.000 se consideran *outliers* débiles (8 individuos; 3,7%); finalmente aquellos valores que son mayores a \$1.760.000 se consideran *outliers* fuertes (5 individuos; 2,3%). Este análisis es muy importante a la hora de la modelación, debido a que es necesario tener en cuenta a estos *outliers*, a fin de poder aislarlos del modelo si resultan perturbar mucho los parámetros.

Adicionalmente, a partir del “Ingreso Líquido” se procedió a definir la variable “Tasa Salarial” ( $w$ ), tal como se muestra en la ecuación (5.1). Esta variable muestra la cantidad de dinero que un individuo recibe por cada minuto de trabajo, lo que refleja de manera directa su valor del tiempo de trabajo (ver Jara-Díaz y Ortúzar, 1989) más allá del ingreso líquido que recibe (que no está necesariamente asociado a las horas de trabajo).

$$w = \frac{IngLiq \left[ \frac{\$}{mes} \right]}{4,333 \left[ \frac{sem}{mes} \right] \cdot HrTrab \cdot 60 \left[ \frac{min}{sem} \right]} \quad (5.1)$$

En la Figura 5-7, es posible observar que la “Tasa Salarial” se concentra principalmente en valores cercanos a \$30/min, lo que corresponde a individuos promedio que trabajando 45 horas semanales tienen un ingreso líquido que bordea los \$350.000. También es posible observar que la mayor parte de la población encuestada (177 individuos; 82,7%) posee tasas salariales menores o iguales a \$70/min, es importante notar que esta distribución observada de la Tasa Salarial puede deberse a su estructura real en la sociedad, o como un reflejo de que las personas que tienen tasas salariales altas utilizan de manera menos intensiva el transporte público.

---

<sup>13</sup> En este caso el rango debiera ser entre \$-275.000 y \$1.205.000, si se aplica la fórmula de Tukey (1970) directamente, pero no se puede tener ingresos líquidos menores a \$0.

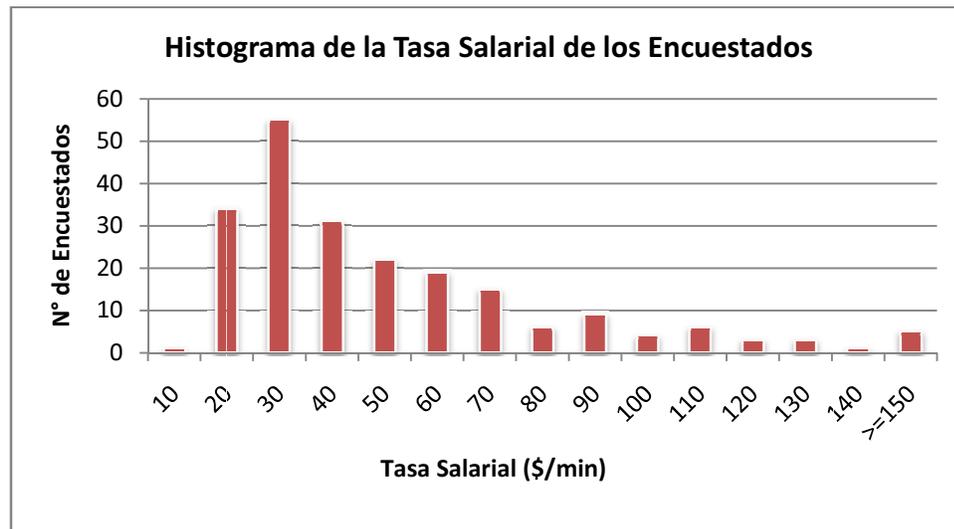


Figura 5-7: Histograma de la variable “Tasa Salarial”.

El “Ingreso Líquido Familiar” de los encuestados se comporta de manera relativamente alineada con el ingreso líquido individual, aunque su distribución es más dispersa (ver Figura 5-8). En particular, es posible notar que existen valores que se encuentran bastante alejados del promedio, por lo que se decidió realizar un análisis de *outliers* similar al efectuado con la variable Ingreso Líquido. En este caso se llegó a la conclusión de que todos los valores entre \$0 y \$2.575.000 se encontraban dentro del rango aceptable (199 individuos; 93,0%). A diferencia de ellos, aquellos que están fuera del rango anterior y, a la vez, son menores a \$3.850.000 se consideran *outliers* débiles (6 individuos; 2,8%), y finalmente aquellos valores que son mayores a \$3.850.000 se consideran *outliers* fuertes (9 individuos; 4,2%). Al igual que en el análisis anterior, estos valores serán identificados para poder aislar su influencia, si ella resulta sesgar los resultados de los modelos estimados a partir de ella.

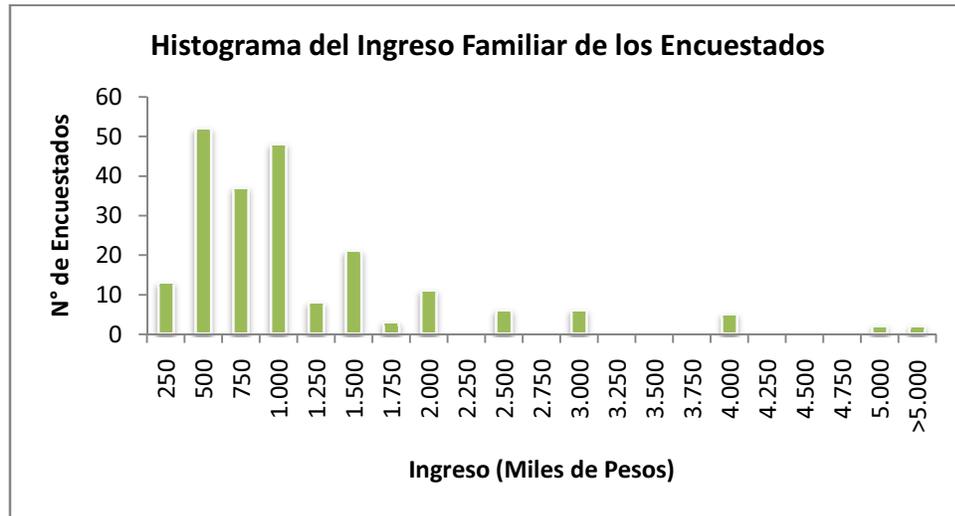


Figura 5-8: Histograma de la variable “Ing. Líquido Familiar”

A partir del histograma anterior, es posible distinguir nuevamente cinco estratos (ver Figura 5-9), donde el segmento mayoritario se concentra en ingresos mayores a \$1.000.000, altamente relacionado a “Ingreso Líquido” si se considera que el número de trabajadores promedio por hogar es de 1,9 individuos.

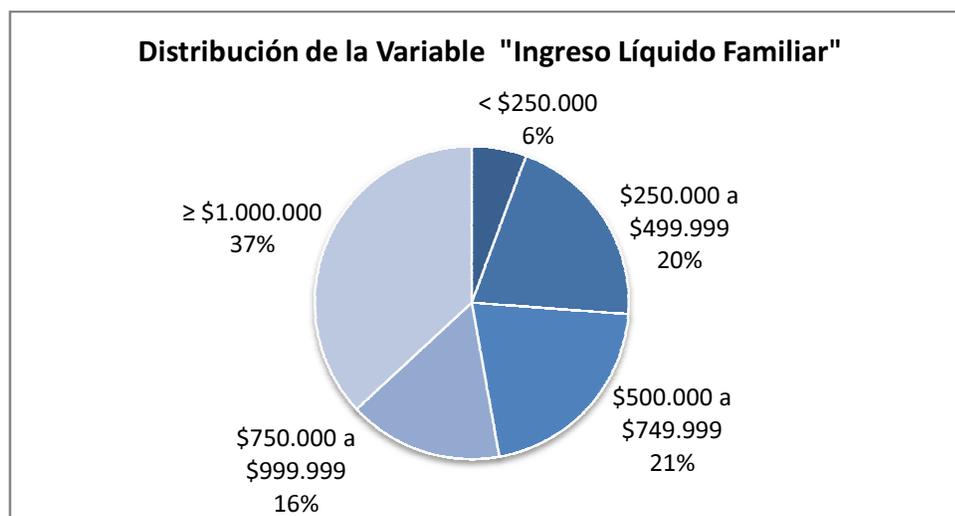


Figura 5-9: Distribución de la variable “Ing. Líquido Familiar” en la muestra

Finalmente, y a partir del “Ingreso Líquido Familiar” se definió la variable “Tasa de Gasto” ( $s$ ), la cual es especificada por Jara-Díaz y Ortúzar (1989), tal como se muestra en la ecuación 5-2. Esta variable pretende muestra la cantidad de dinero que un individuo residente en el hogar gasta por minuto, bajo la hipótesis implícita de que todos los individuos del hogar pueden gastar la misma cantidad de dinero por minuto. (Jara-Díaz y Farah, 1987).

$$s = \frac{\frac{IngLiqFamiliar}{NPersHogar} \left[ \frac{\$}{mes \cdot ind} \right]}{4,333 \left[ \frac{sem}{mes} \right] \cdot (120 - HrTrab) \cdot 60 \left[ \frac{min}{sem \cdot ind} \right]} \quad (5.2)$$

La Figura 5-10 muestra que la variable “Tasa de Gasto” se concentra principalmente en valores cercanos a \$10/min, y cerca del 70% de la población encuestada (149 individuos; 69,6%) posee tasas de gasto menores o iguales a \$20/min. Como referencia, un viaje en hora punta posee una tarifa de \$490 para un viaje promedio de 60 minutos para la población encuestada, lo que equivale a una tarifa cercana a \$8,17/minuto.

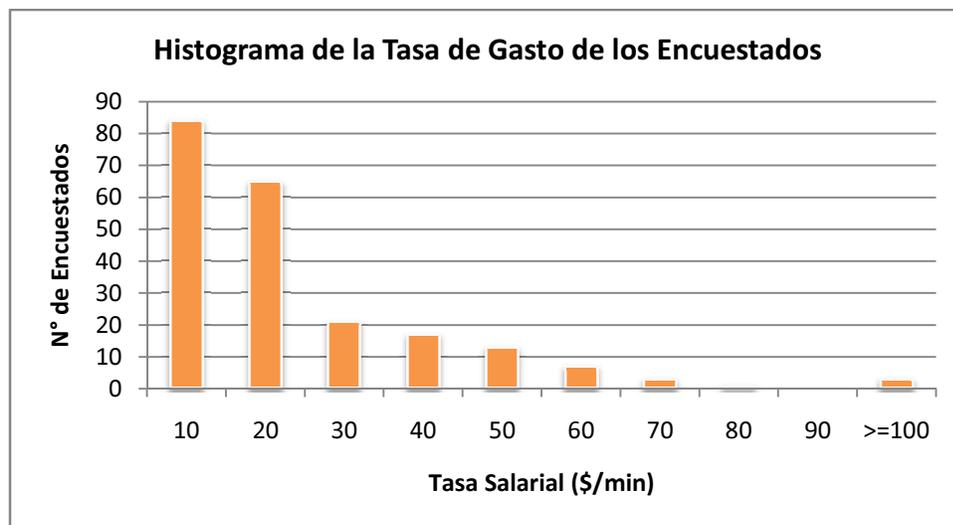


Figura 5-10: Histograma de la variable “Tasa de Gasto”.

## 5.2 Características del Viaje Actual

Una vez analizada la población encuestada según sus características socio-económicas, se procedió a examinar las características del viaje actual de los individuos, a fin de contrastar sus elecciones en el experimento, con la elección que realizaban en la vida real para su viaje al trabajo. Primeramente es necesario destacar que se pudo establecer una notable diferencia entre la duración del viaje reportado y la diferencia entre la hora de salida del hogar y la de llegada al trabajo. Es así como en promedio los individuos tardaban 51,6 minutos en su viaje al trabajo, si se considera las horas de salida/llegada reportadas, pero reportaban una duración promedio igual a 70,1 minutos de viaje. Este fenómeno es interesante de ser estudiado, pues indica que los individuos tienen una percepción promedio del tiempo de viaje en la hora punta de la mañana 40% más elevada que su tiempo de viaje real<sup>14</sup>. No obstante, este análisis escapa de los alcances de este estudio, y podría ser abordado en algún estudio posterior. En la Figura 5-11 se muestra la distribución de la duración de un viaje promedio según hora de salida y llegada reportada; es posible observar que aún cuando la mayoría de los viajes tiene una duración cercana a 40 minutos, casi la mitad de los viajes dura 60 minutos o más.

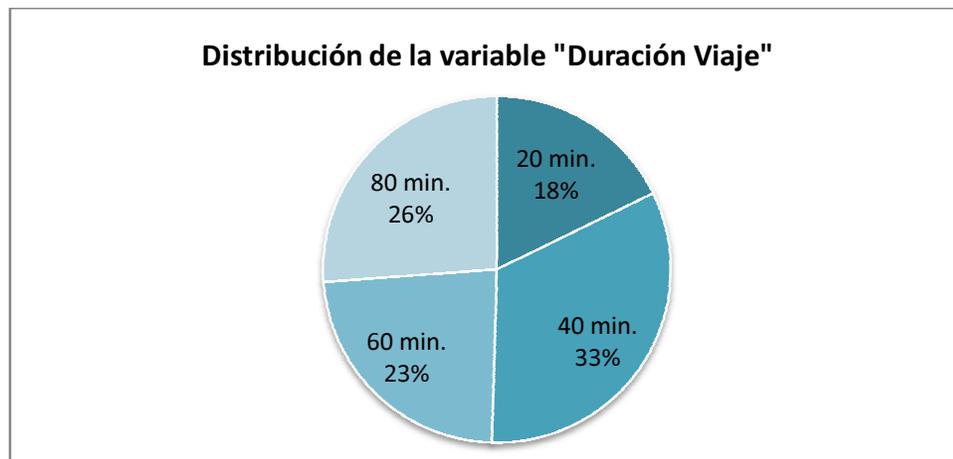


Figura 5-11: Distribución de la variable “Duración Viaje” en la muestra

<sup>14</sup> Yañez *et al.* (2010) reportan algo similar a partir de datos del *Panel de Santiago*.

Así mismo, es interesante mencionar que existe una variable de control que no fue declarada en el diseño del experimento, pero que fue registrada en la práctica. Esta variable está asociada a los “Viajes sin Transbordo”, ya que antes de iniciar la encuesta se le preguntaba a los participantes si su viaje actual tenía o no transbordo; de ser afirmativa la respuesta se procedía con la encuesta, y en caso contrario la entrevista terminaba. Esto ocurrió 97 veces antes de conseguir 240 encuestados, por lo que el 28,78% de los potenciales encuestados realizaba viajes sin transbordo. Ahora, si consideramos sólo a los viajeros que si realizaban un transbordo en su viaje (y que por lo tanto fueron encuestados, respondiendo de manera no lexicográfica), de estos 214 individuos, 141 realizaba un transbordo en su viaje actual, tal como se muestra en la Figura 5-12. Cabe destacar que este transbordo era de tipo Bus-Metro un 38,8% de las veces, seguido por Bus-Bus (35,0%), Metro-Metro (16,4%) y Metro-Bus (9,8%).

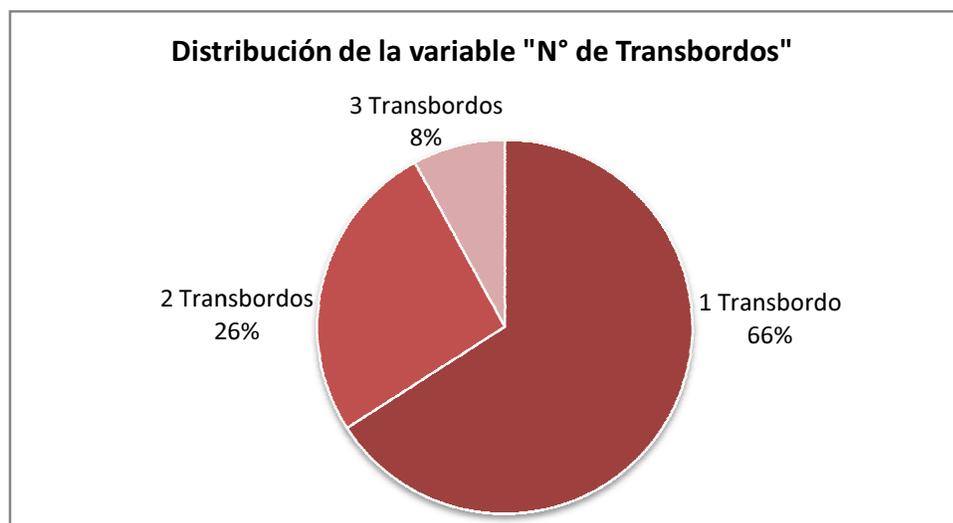


Figura 5-12: Distribución de la variable “N° de Transbordos” en la muestra

En el caso de dos y tres transbordos (sólo 73 y 17 individuos los realizan, respectivamente), el patrón de elección anterior no se mantiene, ya que en el segundo transbordo los porcentajes de elección son; Metro-Metro (57,5%), Metro-Bus (28,8%),

Bus-Metro (8,2%) y Bus-Bus (5,5%), los cuales son notoriamente diferentes. Así mismo, si se analiza el tercer transbordo, sólo se observa la elección de Metro-Bus (58,8%) y Metro-Metro (41,2%), lo cual nuevamente es muy distinto de los patrones del primer y segundo transbordo. Si finalmente consideramos todos los transbordos realizados por los encuestados en sus viajes actuales, ver Figura 5-13, se consta que la elección de tipo de transbordo es relativamente homogénea, salvo por el transbordo Metro-Bus, el cual tiende a ser evitado por los usuarios que tienen acceso a Metro (los individuos participantes de los grupos focales y luego las personas encuestadas coinciden en la percepción de un cambio negativo de *status* cuando su segundo modo es el bus).

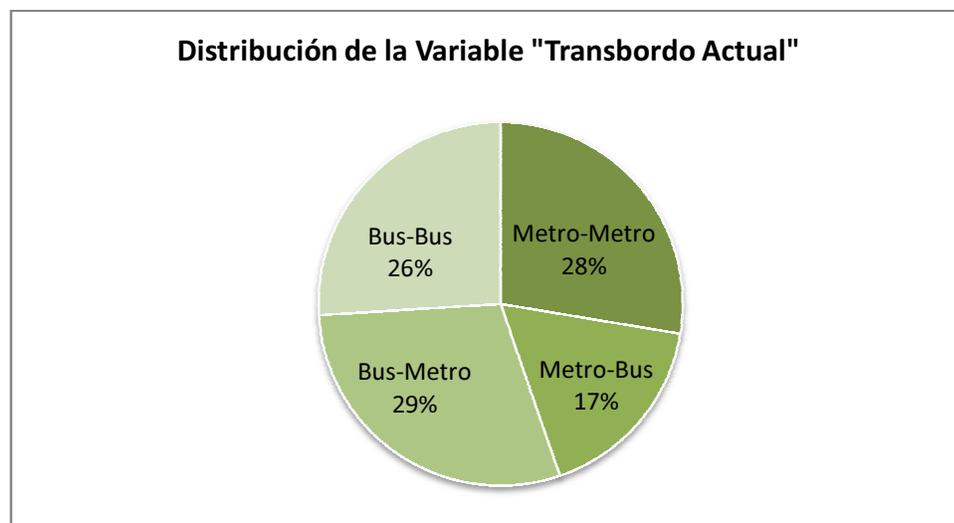


Figura 5-13: Distribución de la variable "Transbordo Actual" en la muestra

Adicionalmente, se analizó de manera detallada qué lugares eran elegidos para realizar los transbordos actuales (ver Figura 5-14). Considerando todos los transbordos reportados por los encuestados fue posible constatar que casi el 50% de los transbordos se realizaban cotidianamente en paraderos normales del transporte público (paraderos Transantiago de superficie). Esto se debe no sólo a su superioridad numérica en la

ciudad, sino que también a su ubicación distribuida en la mayor parte de la ella, lo que provoca que sean altamente accesibles desde los hogares. Seguido del paradero normal, continúan de manera lógica los transbordos en estaciones de metro, que son los más apetecidos en la hora punta mañana, debido a la baja variabilidad que posee dicho modo, pero que se ve perjudicado por la gran congestión que se genera en algunas estaciones principales en horas punta.

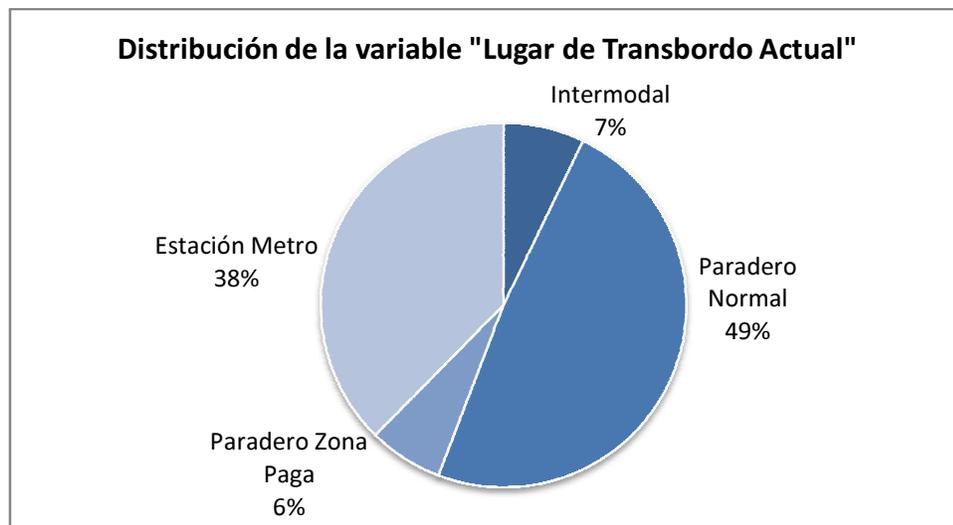


Figura 5-14: Distribución de la variable “Lugar Transbordo” en la muestra

Finalmente, se definió tres nuevas variables, que representan las proporciones del tiempo de caminata, espera y viaje dentro del tiempo total para cada individuo encuestado, y pueden tomar valores entre 0 y 1.

$$TpoCamProp_{Ind} = \frac{TpoCamTot_{Ind}}{TpoCamTot_{Ind} + TpoEspTot_{Ind} + TpoViajeTot_{Ind}} \quad (5.3)$$

$$TpoEspProp_{Ind} = \frac{TpoEspTot_{Ind}}{TpoCamTot_{Ind} + TpoEspTot_{Ind} + TpoViajeTot_{Ind}} \quad (5.4)$$

$$TpoViajeProp_{ind} = \frac{TpoViajeTot_{ind}}{TpoCamTot_{ind} + TpoEspTot_{ind} + TpoViajeTot_{ind}} \quad (5.5)$$

La creación de estas variables responde a la necesidad de contar con un ponderador que permita captar el peso de cada sección del viaje, y así poder estimar cuánto afecta ésta la utilidad total del individuo, si posee un viaje de la misma duración pero que contiene mayor proporción de tiempo de caminata, espera o viaje. Estas variables pueden ser calculadas de manera muy desagregada, considerando los siete tiempos declarados como componentes del viaje total, o pueden ser agrupadas en tres subconjuntos que consideren la proporción de tiempo de caminata total, tiempo de espera total o tiempo de viaje total con respecto a la duración total del viaje. En este caso, si se analiza la muestra, y considerando que el tiempo promedio de viaje real de un individuo es de 60,2 minutos, las variables toman los valores siguientes; TpoCamProp es igual a 0,241 (14,5 min.; 24,1%), el TpoEspProp es 0,207 (12,4 min.; 20,7%) y el TpoViajeProp es 0,552 (33,1 min.; 55,2%). En la Tabla 5-1 es posible observar el detalle de cada una de las proporciones para los siete segmentos de viaje definidos (tiempo de caminata inicial, tiempo de espera inicial, tiempo de viaje inicial, tiempo de caminata de transbordo, tiempo de espera de transbordo, tiempo de viaje final y tiempo de caminata final), los cuales representan el peso de cada uno de los segmentos en la duración total del viaje. En la Figura 5-15 se muestra la distribución de las proporciones de tiempo de caminata, espera y viaje con respecto a la duración total del viaje.

Tabla 5-1: Lugar de realización de transbordos actuales

<b>Tiempos de Viaje</b>	<b>Duración Promedio (min) / Proporción del tiempo total</b>
Caminata	<b>TCI:</b> 5,9 / 9,8% ; <b>TCT:</b> 3,4 / 5,7% ; <b>TCF:</b> 5,2 / 8,6%
Espera	<b>TEI :</b> 7,5 / 12,6% ; <b>TET:</b> 4,9 / 8,2%
Caminata Final	<b>TVI:</b> 17,4 / 29,0% ; <b>TVF:</b> 15,8 / 26,2%

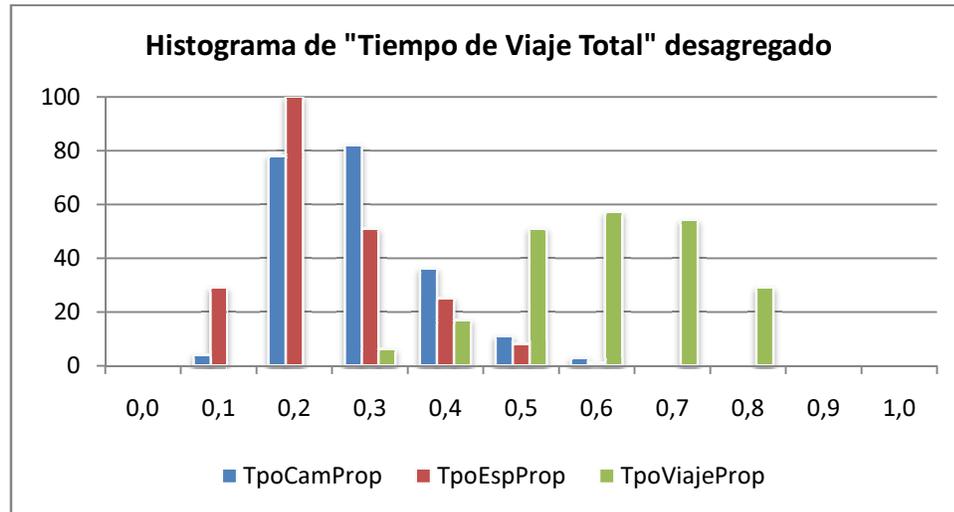


Figura 5-15: Histograma de “TpoCamProp”, “TpoEspProp” y “TpoViajeProp”

### 5.3 Características de Elección

A fin de caracterizar la elección del tipo de transbordo, se procedió a identificar el “Modo Elegido” en cada una de las 1.712 situaciones de elección presentadas a los 214 individuos de la muestra. La idea era poder determinar si existía alguna preferencia intrínseca por un cierto tipo de transbordo, sin importar las otras características y propiedades de cada situación de elección. En la Figura 5-16 se puede ver que la elección de tipo de modo de transbordo es prácticamente homogénea entre las cuatro alternativas disponibles, lo cual indica que no existe necesariamente una preferencia no compensatoria en este caso.

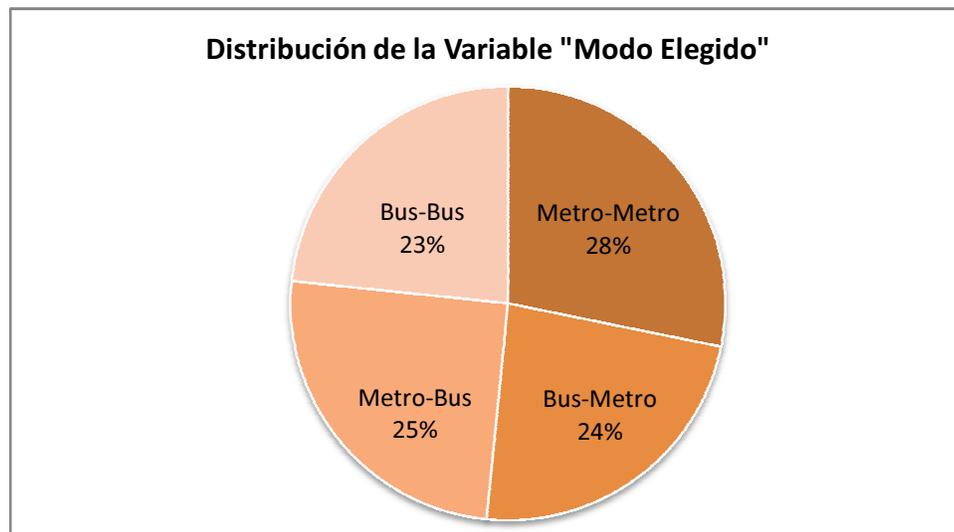


Figura 5-16: Distribución de la variable “Modo Elegido” en la muestra

Finalmente, es necesario destacar que durante la realización de la encuesta se preguntó a los individuos si no habían realizado alguna vez los cuatro tipos de transbordo, a fin de entender si existía algún sesgo de inexperiencia en dichas personas respecto de esa modalidad. Los resultados indican que sólo 38 individuos no habían realizado nunca alguno de los cuatro tipos de transbordo; por este motivo, se analizó la muestra incluyendo y excluyendo a dichos encuestados, obteniéndose resultados bastante parecidos, por lo que se concluyó que no existía sesgo y fue posible tratar a todos los individuos por igual con respecto a la variable “Modo Elegido”.

## **6 ESTIMACIÓN DE MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA**

### **6.1 Modelos Logit Simple**

La estimación de modelos MNL se realizó utilizando el software BIOGEME, al igual que en todas las modelaciones previas de las encuestas piloto. En estas estimaciones se utilizó el banco de datos definido en la sección anterior, el cual contiene las respuestas de 214 individuos, cada uno enfrentado a ocho situaciones de elección, por lo que se cuenta con 1.712 observaciones.

Primeramente se estimó el modelo básico de diseño (MNL1) definido en la ecuación (4.1), debido a que este modelo MNL representa la especificación utilizada en el diseño. Una vez estimado, fue posible observar que todos los signos obtenidos eran consistentes con los supuestos definidos a priori en la encuesta piloto final; además, los valores de los parámetros también resultaron ser consistentes, a excepción del valor de la constante Bus- Metro, ya que se esperaba que tomara valores cercanos a 0,3 y finalmente resultó ser 0,0835, siendo, además, el parámetro no significativo. Este hecho altera la jerarquización de los tipos de transbordo supuesta, ya que se asumió inicialmente que el orden de preferencia de realización de transbordos era: Metro-Metro, Bus-Metro, Metro-Bus y Bus-Bus, pero finalmente se obtuvo que Metro-Bus era considerado mejor que Bus-Metro, manteniéndose Metro-Metro y Bus-Bus en primer y último lugar respectivamente. Pese a ello, la constante Bus-Metro no se eliminó del modelo, debido a que el diseño la consideró para la generación de la encuesta y este resultado se puede deber a efectos de tamaño de la muestra. En la Tabla 6-1, se muestran los valores de los parámetros estimados y sus respectivos test t.

A continuación, se dio paso a la estimación de modelos con variaciones sistemáticas en los gustos, los cuales consideran interacciones entre los atributos del experimento y las variables socioeconómicas propias de los individuos. La estructura de este tipo de modelos ya no es lineal en los parámetros como se postuló en el modelo MNL1

(ecuaciones (3.2) y (4.1)), sino que se comportan tal como se muestra en la ecuación siguiente (Ortúzar y Willumsem, 2001):

$$V_{jq} = \sum_k \left( \theta_k + \sum_{n=1}^N \theta_{k\_VSEn} \cdot VSE_{nq} \right) \cdot X_{jkq} \quad (6.1)$$

donde  $VSE_{nq}$  corresponde al valor de la variable socioeconómica  $n$  para el individuo  $q$ .

Inicialmente, y debido a que se carecía de conocimiento sobre las reales interacciones entre los atributos y las variables socioeconómicas de los individuos, se procedió a realizar un análisis exhaustivo de las correlaciones entre ellos, observándose la existencia de múltiples altas correlaciones de a pares entre variables. A partir de este análisis se utilizaron dos metodologías para encontrar el modelo que captara las reales interacciones; una de ellas consistió en ir agregando variables al modelo base a partir de las hipótesis de interacción que ya era posible tener luego del análisis de correlaciones preliminar (método *forward*). El segundo método consistió en incluir todas las variables que mostraban correlación con los atributos, para luego ir eliminándolas según distintos criterios estadísticos y de sentido lógico (método *backward*).

Por otro lado, si bien la mayor parte de los atributos socioeconómico se modeló utilizando variables mudas de tipo binario (0 o 1), otras fueron incluidas con diferentes especificaciones. A continuación se muestran las especificaciones utilizadas para las variables que efectivamente fueron incluidas en el modelo final:

- a) Autolic: Se asignó, tal como fue definido en la sección anterior, como el valor mínimo entre uno y el cuociente entre el número de autos en el hogar y el número de licencias de conducir existentes en el mismo.
- b) Edad: Se probó distintas agrupaciones entre individuos, e inclusive se probó su influencia de manera lineal en los modelos. De entre las especificaciones más exitosas se destacan tres, la primera consideró cinco estratos; de 18 a 29 años, de 30 a 39 años, de 40 a 49 años, de 50 a 59 años y mayores de 59 años. La segunda

contempla tres estratos, los cuales surgen como agrupación de los estratos anteriores; de 18 a 29 años, de 30 a 49 años y mayores de 49 años. Finalmente, se definió que existían sólo dos estratos, por lo que la variable se convirtió en muda, y así, cuando ella representaba a individuos entre 18 a 29 años tomaba el valor uno, si no era cero.

- c) NTrans: El número de transbordos se abordó desde dos puntos de vista; utilizar directamente el valor declarado por cada encuestado, o definir dos estratos (ya que tres estratos era muy similar a utilizar la variable directamente); individuos que realizan un transbordo o aquellos que realizan dos o más de ellos.
- d) TSalarial: La tasa salarial fue considerada, nuevamente, desde dos enfoques; utilizarla de manera directa o definir tres estratos; encuestados con tasa salarial menor a 30 \$/min, entre 31 y 60 \$/min, y mayor a 60 \$/min.

Otras variables que también fueron probadas con especificaciones alternativas, pero que no quedaron en el modelo final fueron; Ingreso líquido, Ingreso per cápita, Ingreso por trabajador y Tasa de Gasto. Todas ellas se probaron de manera continua (tal como la variable es declarada) y bajo agrupaciones de entre tres a cinco estratos cada una. Pese a ello, las variables no resultaron ser estadísticamente significativas en los modelos estimados.

Así, finalmente se estimó más de 150 modelos con variaciones sistemáticas en los gustos, y de entre ellos se escogió el modelo MNL2, cuya definición se muestra en la ecuación (6.2), debido a que resultó ser el más informativo. Este modelo considera 14 interacciones entre atributos básicos del modelo y distintas variables socioeconómicas de los individuos, y pese a que varias de ellas poseen test t bajos, el aporte lógico que dan dichas variables fue considerado relevante, no eliminándolas del modelo.

$$\begin{aligned}
U(\text{Elección}) = & \theta_{MM} \cdot D_{MetroMetro} + \theta_{MB} \cdot D_{MetroBus} + \theta_{BM} \cdot D_{BusMetro} + \\
& (\theta_{Costo} + \theta_{Costo\_Edad} \cdot \text{Edad}_{<30\text{años}}) \cdot \text{Costo} + \\
& (\theta_{CamAcceso} + \theta_{CamAcceso\_AutoLic} \cdot \text{AutoLic}) \cdot \text{CamInicial} + \\
& (\theta_{EspAcceso} + \theta_{EspAcceso\_AutoLic} \cdot \text{AutoLic}) \cdot \text{EspInicial} + \\
& \theta_{ViajeInicial} \cdot \text{ViajeInicial} + (\theta_{CamTrans} + \theta_{CamTrans\_Genero} \cdot \text{Género}_{Mujer}) \cdot \text{CamTrans} + \\
& \theta_{EspTrans} \cdot \text{EsperaTrans} - \theta_{ViajeFinal} \cdot \text{ViajeFinal} + \\
& (\theta_{CamDestino} + \theta_{CamDestino\_Genero} \cdot \text{Género}_{Mujer}) \cdot \text{CamFinal} + \\
& (\theta_{Información} + \theta_{Informacion\_Edad} \cdot \text{Edad}_{<30\text{años}}) \cdot \text{Información} + \\
& \left( \theta_{EscaleraMec} + \theta_{EscaleraMec\_Genero} \cdot \text{Género}_{Mujer} + \right. \\
& \left. \theta_{EscaleraMec\_N^{\circ}Trans} \cdot N^{\circ}Trans \right) \cdot \text{EscaleraMec} + \\
& \left( \theta_{PrimeroDisp} + \theta_{PrimeroDisp\_AutoLic} \cdot \text{AutoLic} + \right. \\
& \left. \theta_{PrimeroDisp\_TpoEspProp} \cdot \text{TpoEspProp} \right) \cdot \text{PrimeroDisp} + \\
& \left( \theta_{Intermodal} + \theta_{Intermodal\_Genero} \cdot \text{Género}_{Mujer} + \right. \\
& \theta_{Intermodal\_Ocup} \cdot \text{Ocup}_{TrabDep} + \theta_{Intermodal\_TSalarial} \cdot \text{TSalarial} \\
& \left. + \theta_{Intermodal\_TpoCamProp} \cdot \text{TpoCamProp} \right) \cdot \text{Intermodal}
\end{aligned} \tag{6.2}$$

El modelo MNL2 se construyó a partir del modelo base MNL1, al que se le adicionó variaciones sistemáticas en los gustos para la mayor parte de los atributos definidos en el. En este modelo todas las variables resultaron tener los signos esperados y magnitudes razonables, por lo que el es capaz de reproducir la información del modelo MNL1 y, a la vez, agregar información relevante de segmentación de los individuos. Es importante destacar que algunas variables poseen test t menores que uno, pero se optó por incluirlas en el modelo final debido a que explican fenómenos sociales captados en los grupos focales y durante las encuestas. La información detallada del modelo MNL2, el valor de los parámetros y sus respectivos test t, se pueden observar en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1: Resultados de los modelos Logit Simple

	MNL1		MNL2	
	Valor Parámetro	Test t	Valor Parámetro	Test t
$\theta_{MetroMetro}$	0,42600	4,72	0,42000	4,61
$\theta_{BusMetro}$	0,08350	0,98*	0,08710	1,01*
$\theta_{MetroBus}$	0,19500	2,20	0,20700	2,30
$\theta_{Costo}$	-0,00142	-3,59	-0,00071	-1,37*
$\theta_{Costo\_Edad<30}$	-	-	-0,00164	-2,09
$\theta_{CamInicial}$	-0,04830	-3,27	-0,04140	-1,97
$\theta_{CamInicial\_AutoLic}$	-	-	-0,01290	-0,45*
$\theta_{EsperaInicial}$	-0,03240	-2,18	-0,02050	-0,95*
$\theta_{EsperaInicial\_AutoLic}$	-	-	-0,01920	-0,66*
$\theta_{ViajeInicial}$	-0,03720	-4,00	-0,03860	-4,11
$\theta_{CamTrans}$	-0,03290	-2,24	-0,00968	-0,43*
$\theta_{CamTrans\_Género}$	-	-	-0,04470	-1,51*
$\theta_{EsperaTrans}$	-0,06220	-4,08	-0,06420	-4,18
$\theta_{ViajeFinal}$	-0,04110	-4,33	-0,04120	-4,30
$\theta_{CamFinal}$	-0,05790	-3,80	-0,09660	-4,26
$\theta_{CamFinal\_Género}$	-	-	0,06510	2,17
$\theta_{Intermodal}$	-0,11800	-2,28	-0,58200	-3,11
$\theta_{Intermodal\_Género}$	-	-	0,05910	0,57*
$\theta_{Intermodal\_Ocup}$	-	-	0,08460	0,69*
$\theta_{Intermodal\_TSalarial}$	-	-	-0,00413	2,56
$\theta_{Intermodal\_TpoCamProp}$	-	-	0,53400	0,97*
$\theta_{EscaleraMec}$	0,11000	2,11	0,00364	0,03*
$\theta_{EscaleraMec\_Género}$	-	-	0,12800	1,23*
$\theta_{EscaleraMec\_NºTrans}$	-	-	0,02530	0,31*

Tabla 6-1: Resultados de los modelos Logit Simple (continuación)

	MNL1		MNL2	
	Valor Parámetro	Test t	Valor Parámetro	Test t
$\theta_{PrimerDisp}$	0,13700	2,56	0,00861	0,06*
$\theta_{PrimerDisp\_AutoLic}$			0,13200	1,30*
$\theta_{PrimerDisp\_TpoEspProp}$			0,32100	0,60*
$\theta_{Información}$	0,13800	2,66	0,07970	1,18*
$\theta_{Información\_Edad<30}$			0,15300	1,46*
Log verosimilitud	-1141,097		-1126,312	
N° Parámetros	15		29	

Una vez planteados los modelos, se realizó el test LR (ver ecuación (3.11)) entre los modelos MNL1 y MNL2, resultando ser éste último superior al modelo base, ya que se obtiene un valor de LR=29,5700 y el valor de la distribución chi-cuadrado con 14 grados de libertad al 99% es de 29,14. Luego de haber determinado que el mejor modelo MNL es importante notar que el modelo MNL2 tiene una estructura compleja, por lo que es necesario explicar de manera detallada la influencia de cada uno de sus parámetros en la función de utilidad.

### Costo

La variable costo se encuentra presente en el modelo y depende de la edad de los individuos, como se muestra en la Tabla 6-2. Con ello, es posible ver que los usuarios de transporte público de menos de 30 años son 3,32 veces más sensibles al costo que las personas de 30 años o más. Esto puede deberse a que los salarios son proporcionalmente menores en los primeros años de trabajo, y que, adicionalmente, los individuos más jóvenes se han independizado de manera más reciente, con los gastos derivados de ello. Además, debe notarse que los parámetros son negativos, lo cual es consistente con la teoría microeconómica y todos los supuestos realizados con anterioridad.

Tabla 6-2: Valores de los parámetros de “Costo” en el modelo MNL2

Atributo	Edad	
	< 30 años	≥30 años
Costo	-0,00235	-0,00071

### Tiempo de Caminata Inicial

La variable tiempo de caminata inicial (TCI) depende del número de autos y de licencias en el hogar de los usuarios, ello resumido en la variable AutoLic. Así, en la Tabla 6-3 se muestra que a medida que la variable AutoLic aumenta, el parámetro (en valor absoluto) aumenta, lo cual indica que la desutilidad del tiempo de caminata inicial aumenta a medida que las personas tienen mayor posibilidad de acceso efectivo al automóvil; esto parece lógico si se considera que el viaje en automóvil no requiere caminata de acceso al modo, pues es del tipo “puerta a puerta”.

Tabla 6-3: Valores de los parámetros de “TCI” y “TEI” en el modelo MNL2

Tiempo	AutoLic		
	= 0	> 0 y < 1	= 1
TCI	-0,04140	<i>Entre ambos valores,</i>	-0,05430
TEI	-0,02050	<i>disminuye linealmente</i>	-0,03970

### Tiempo de Espera Inicial

El igual que el TCI, la variable tiempo de espera inicial (TEI) depende la variable AutoLic, comportándose de manera equivalente (ver Tabla 6-3). En este caso, los individuos con acceso a automóvil penalizan de mayor manera que los que no tienen acceso, debido a que el viaje en automóvil no está asociado a un tiempo de espera inicial o de acceso.

### Tiempo de Caminata de Transbordo

La variable tiempo de caminata de transbordo (TCT) depende del género de los individuos. En la Tabla 6-4 se muestra que las mujeres penalizan el tiempo de caminata de transbordo 5,62 veces más que un hombre. Esto se puede explicar debido a que, tal como fue patente en los grupos focales, las mujeres manifiestan mayor molestia derivada del hecho de transbordar, en este caso, las mujeres se comportan de manera más inercial (además, ellas declaran que esto se debe, entre otras cosas, a la molestia que provoca caminar entre la multitud, a los empujones y a la caminata con zapatos altos).

Tabla 6-4: Valores de los parámetros de “TCT” y “TCF” en el modelo MNL2

Tiempo	Género	
	Hombre	Mujer
TCT	-0,00968	-0,05438
TCF	-0,09660	-0,03150

### Tiempo de Caminata Final

El atributo tiempo de caminata de final (TCF) también depende del género de los individuos, así, es posible observar que, en este caso, los hombres tienen una desutilidad 3,06 veces mayor que las mujeres en el trayecto de caminata final (ver Tabla 6-4). Esto puede deberse, principalmente, a que los hombres presentan una mayor impaciencia en los trayectos finales del viaje, debido a la presión que poseen por llegar a la hora (dato obtenido en grupos focales y durante la realización de la encuesta), hecho que afecta a las mujeres de manera más leve, ya sea debido a que salen más anticipadamente o sus horas de llegada no son consideradas estrictas por ellas.

### Información Disponible

El atributo información está presente en el modelo y depende de la edad de los individuos, como se muestra en la Tabla 6-5. Con ello, es posible ver que las personas

menores de 30 años valoran 2,92 veces más la existencia de información disponible, atinente al transbordo, que las personas de 30 años o más. Esto tiene su explicación en el fenómeno individualista y “on-line” presente en la juventud actual, ya que estos usuarios manifiestan molestia si deben preguntar a otras personas la ruta a seguir (generalmente escuchan música y viajan virtualmente “solos”, ello adicionado al hecho de que presentan un alto acostumbramiento a recibir información de manera constante, la cual valoran profundamente.

Tabla 6-5: Valores de los parámetros de “Información” en el modelo MNL2

Atributo	Edad	
	< 30 años	≥30 años
Info	-0,00235	-0,00071

#### Escalera Mecánica Disponible

La variable escalera mecánica se encuentra influenciada tanto por el género de los individuos, como por el número de transbordos que ellos realizan. En la Tabla 6-6, se muestran los valores de los parámetros, donde se puede observar que las mujeres tienen una marcada preferencia por el uso de escalera mecánica por sobre los hombres, y que, para ambos géneros, a medida que el número de transbordos durante el viaje aumenta, la utilidad asociado a la disponibilidad de escalera mecánica también aumenta. Este comportamiento, por parte de los usuarios se asocia, por una parte, a la molestia que manifiestan las mujeres por la caminata asociada al transbordo (la escalera mecánica les reporta utilidad, pues reduce la desutilidad del TCT). Por otra parte, la disponibilidad de escalera mecánica resulta ser positivo, sobre todo en casos donde se debe realizar varios transbordos, ya que esta situación provoca desgaste físico (debido a los cambios de nivel) y este hecho, en la mayor parte de los casos se intenta minimizar.

Tabla 6-6: Valores de los parámetros de “Escalera Mecánica” en el modelo MNL2

Atributo	Género	N° Transbordos		
		= 1	= 2	= 3 (Máx.)
EscaMec	Hombre	0,02894	0,05424	0,07954
	Mujer	0,15694	0,18224	0,42022

### Primer Vehículo con Espacio Disponible

El atributo asociado al primer vehículo con espacio disponible para abordar está afectado por dos interacciones; la variable AutoLic y la proporción de tiempo de espera con respecto al viaje total del individuo (variable TpoEspProp). En la Tabla 6-7, se exponen los valores de los parámetros, evidenciándose que las personas con mayor acceso al automóvil valoran más la posibilidad de acceder al primer vehículo, o vagón, que se detiene, versus personas que son cautivas del transporte público (o con baja probabilidad de realizar el viaje en automóvil), esto se debe a que los viajes en automóvil no contemplan el hecho de esperar por un espacio disponible en él, lo que aumenta la molestia asociada al transporte público. Además, es posible ver que consistentemente a medida que aumenta la proporción de espera dentro del viaje, la utilidad de poder acceder al primer vehículo aumenta para los individuos, hecho lógico derivado de la saturación que provocan los altos tiempos de espera en los viajeros (en general, son altamente sobrevalorados en su duración al ser declarados).

Tabla 6-7: Valores de los parámetros de “Primero Disponible” en el modelo MNL2

Atributo	AutoLic	Proporción Del Tiempo de Espera			
		= 0,05 (Mín.)	> 0,05 y < 0,56	= 0,56 (Máx.)	= 0,20 (Prom.)
Primero	= 0	0,02466		0,18837	0,07281
	> 0 y < 1	<i>Entre ambos valores, aumenta linealmente</i>			
	= 1	0,15666		0,32037	0,20481

### Estación Intermodal

La variable estación intermodal se encuentra presente de manera muy relevante en el modelo y depende tanto de la ocupación, género y tasa salarial de individuo, como de la proporción de tiempo de caminata con respecto al viaje total de cada usuario (variable TpoCamProp). En la Tabla 6-8, se muestran los parámetros asociados a esta variable para un individuo ficticio con tasa salarial promedio igual a \$46,71 por minuto (para conocer los parámetros para tasa salarial mínima y máxima, ver Tabla A-1 y A-2 en el anexo G), donde se puede observar que, consistentemente, las mujeres tienen una desutilidad menor que los hombres cuando realizan transbordos en una estación intermodal, en hora punta de la mañana, esto puede deberse a que las estaciones intermodales poseen comercios y servicios asociados, los que son aprovechados mayormente por mujeres para hacerse cargo de las necesidades de sus hogares.

Además, existe una diferencia importante entre individuos dependientes e independientes, ya que éstos últimos penalizan de manera mayor un transbordo en estaciones intermodales con los trabajadores dependientes; esto puede explicarse debido a que los individuos dependientes poseen horarios fijos y deben valorar el hecho de poder realizar sus trámites personales durante sus trayectos de viaje al trabajo.

Finalmente, es posible observar que a medida que la proporción de tiempo de caminata es mayor, respecto de la duración total del viaje, los individuos demuestran una menor desutilidad asociada a la utilización de la estación intermodal, lo cual es una reacción sensata si se considera que las estaciones intermodales proveen de resguardo físico ante el clima, seguridad y luminosidad, junto con la posibilidad de acceso a bienes y servicios. Cabe destacar que, consistentemente con las justificaciones anteriores, el parámetro para mujeres trabajadoras dependientes y que deben caminar el 55% del tiempo total del viaje (caso extremo), realizar el transbordo en una estación intermodal en la hora punta de la mañana reporta utilidad en vez de perjuicio.

Tabla 6-8: Parámetros de “Inter” en el modelo MNL2 para “TSal” promedio

Atributo	Ocupación	Género	Proporción Del Tiempo de Caminata			
			= 0,07 (Mín.)	> 0,07 y < 0,55	= 0,55 (Máx.)	= 0,24 (Prom.)
Inter	Independiente	Hombre	-0,35171	<i>Entre ambos valores, aumenta linealmente</i>	-0,09539	-0,26093
		Mujer	-0,29261		-0,03629	-0,20183
	Dependiente	Hombre	-0,26711		-0,01079	-0,17633
		Mujer	-0,20801		0,04831	-0,11723

## 6.2 Modelos Logit Mixto

Los modelos logit mixto (ML), tal como fue descrito en la sección 3.1.3, permiten una representación más general del comportamiento de los individuos de la población que el modelo MNL. Esto se debe principalmente a que los modelos ML no consideran a cada parámetro como fijo en la población; es decir, permiten estimar, potencialmente, un parámetro distinto para cada individuo, obteniéndose una distribución en la población para cada parámetro considerado. Además, los modelos ML consideran la existencia de correlación entre las respuestas de un encuestado, lo cual es otra ventaja respecto de los modelos MNL, que consideran a cada observación como una respuesta independiente. Por todo lo anterior, es esperable que los modelos ML resulten ser más informativos y permitan, a la vez, captar las variaciones en los gustos (detectadas de manera sistemática en el modelo MNL2) de forma más exhaustiva.

Análogamente a lo realizado con los modelos MNL, en primer lugar se estimó un modelo análogo al modelo base (MNL1), utilizando el software Biogeme, según el enfoque de Componentes de Error (CE), para luego estimar un modelo análogo al MNL2 con el mismo enfoque. Estas especificaciones tenían por fin poder entender el

efecto producido al incorporar correlación entre las distintas respuestas de los individuos, y poder determinar si la adición de este componente de error, que es igual para todas las respuestas de un mismo individuo, pero diferente entre ellos, producía mejoras en los modelos MNL estimados previamente.

En la Tabla 6-9 se muestran los mejores modelos ML obtenidos a partir de MNL1 y MNL2, para los cuales se plantearon funciones de error con distintas distribuciones (uniforme y normal), con distintos valores iniciales para los parámetros y con distinto número de instancias aleatorias para cada iteración. Estas estimaciones dieron lugar a los modelos ML1 y ML2, los cuales poseen la estructura planteada en MNL1 y MNL2, pero adicionalmente tienen un error que distribuye Normal.

Es importante destacar que ambos modelos resultaron ser superiores, según el test LR, a los modelos MNL base respectivos, lo cual indica que ML1 y ML2 aportan información relevante en la modelación. Adicionalmente cabe señalar que, salvo las constantes específicas, los parámetros obtenidos en estos modelos ML son consistentes con la teoría, pues resultan ser de mayor magnitud que los parámetros de los modelos MNL asociados; esto sugiere que el factor de escala, no-identificable- es mayor en los ML (esto es,  $\lambda_{ML} > \beta_{MNL}$ ) para cada atributo, como discuten Sillano y Ortúzar (2005).

Pese a ello, también es necesario señalar que los modelos presentan altas desviaciones estándar, en muchos casos iguales o superiores, respecto del valor del parámetro. Esto es señal de la presencia de alta heterogeneidad, efecto primario rescatado por el método CE, entre las preferencias de los individuos. Este resultado puede deberse a que la estructura del experimento se basa en alternativas genéricas que dependen de la duración del viaje, las cuales no se encuentran disponibles para todos los individuos. No obstante, en el modelo ML2, que es nuevamente ampliamente superior a ML1, también aparecen

algunos parámetros con bajo test-t. Tal como en el caso del modelo MNL2, esto puede deberse a problemas con el tamaño de la muestra.

Tabla 6-9: Resultados de los modelos Logit Mixto, método Componentes de Error

	ML1		ML2	
	Valor Parámetro	Test t	Valor Parámetro	Test t
$\theta_{MetroMetro}$	0,43700	3,92	0,24200	2,97
$\theta_{BusMetro}$	0,09310	0,87*	0,06230	0,80*
$\theta_{MetroBus}$	0,18500	1,69*	0,12800	1,61*
$\theta_{Costo}$	-0,00157	-3,63	-0,00078	-1,38*
$\theta_{Costo\_Edad<30}$			-0,00192	-2,24
$\theta_{CamInicial}$	-0,05340	-3,29	-0,04670	-2,01
$\theta_{CamInicial\_AutoLic}$			-0,01540	-0,48*
$\theta_{EsperaInicial}$	-0,03620	-2,20	-0,02190	-0,92*
$\theta_{EsperaInicial\_AutoLic}$			-0,02350	-0,74*
$\theta_{ViajeInicial}$	-0,04300	-4,21	-0,04450	-4,29
$\theta_{CamTrans}$	-0,03660	-2,28	-0,01480	-0,60*
$\theta_{CamTrans\_Género}$			-0,04510	-1,39*
$\theta_{EsperaTrans}$	-0,07080	4,22	-0,07420	-4,35
$\theta_{ViajeFinal}$	-0,04560	-4,36	-0,04690	-4,39
$\theta_{CamFinal}$	-0,06340	-3,77	-0,08660	-1,95*
$\theta_{CamDestino\_Género}$			0,07530	2,27
$\theta_{Intermodal}$	-0,14100	-2,45	-0,71600	-3,44
$\theta_{Intermodal\_Género}$			0,08800	0,76*
$\theta_{Intermodal\_Ocup}$			0,14700	1,09*
$\theta_{Intermodal\_TSalarial}$			0,00446	2,50
$\theta_{Intermodal\_TpoCamProp}$			0,50700	0,83*

Tabla 6-9: Resultados de los modelos Logit Mixto, método Componentes de Error (continuación)

	ML1		ML2	
	Valor Parámetro	Test t	Valor Parámetro	Test t
$\theta_{EscaleraMec}$	0,10900	1,99	0,02710	0,18*
$\theta_{EscaleraMec\_Género}$			0,14100	1,23*
$\theta_{EscaleraMec\_N^{\circ}Trans}$			0,01290	0,14*
$\theta_{PrimeroDisp}$	0,15100	2,54	0,04090	0,26*
$\theta_{PrimeroDisp\_AutoLic}$			0,16200	1,43*
$\theta_{PrimeroDisp\_TpoEspProp}$			0,32700	0,54*
$\theta_{Información}$	0,16300	2,81	0,11000	1,44*
$\theta_{Información\_Edad<30}$			0,15200	1,30*
Error_Individuo	-0,55500	-3,26	0,57100	3,15
Log verosimilitud	-1132,698		-1117,660	
N° Parámetros	16		32	

Una vez estimados los modelos ML con componentes de error, se procedió a estimar un modelo equivalente al MNL1 según el método de Parámetros Aleatorios (PA) a fin de modelar variaciones en los gustos individuales para los atributos considerados en la función de utilidad. Primeramente se planteó el modelo ML3, el cual considera que cada uno de los parámetros del modelo MNL1 posee una distribución en la población, con excepción de las constantes específicas (ver Tabla 6-9). En este caso, y luego de haber realizado diversas pruebas con distribuciones diferentes, la que más se acomoda a la población modelada fue la distribución Normal (media, varianza). Notar que, de acuerdo a estos resultados, hay varios parámetros que se podrían considerar fijos, dada la baja significancia y magnitud de sus desviaciones estándar estimadas.

En segundo lugar se reporta el modelo ML4, el cual es un modelo restringido del ML3, que considera que sólo como parámetros aleatorios a los atributos; Costo, Intermodal y Primero Disponible. Este modelo posee test t aceptables, y al realizar el test LR resulta no ser diferente al modelo ML3; así, pero su especificación es más sencilla, por parsimonia es aceptado como superior. En la Tabla 6-10 se muestran los parámetros obtenidos para el modelo ML3 y ML4 descritos.

Tabla 6-10: Resultados de los modelos Logit Mixto, método Parámetros Aleatorios

	ML3		ML4	
	Valor Parámetro	Desviación Estándar	Valor Parámetro	Desviación Estándar
$\theta_{MetroMetro}$	0,48700		0,46300	
$\theta_{BusMetro}$	0,10600		0,09710	
$\theta_{MetroBus}$	0,20700		0,20300	
$\theta_{Costo}$	-0,00162 (-3,19)	0,00377 (4,60)	-0,00158 (-3,22)	0,00352 (4,48)
$\theta_{CamInicial}$	-0,05410 (-3,26)	-0,02470 (-0,39)	-0,05160 (-3,26)	
$\theta_{EsperaInicial}$	-0,03480 (-2,10)	-0,02930 (-0,45)	-0,03460 (-2,15)	
$\theta_{ViajeInicial}$	-0,04100 (-3,96)	0,00120 (0,04)	-0,03940 (-3,97)	
$\theta_{CamTrans}$	-0,03530 (-2,08)	0,06960 (1,65)	-0,03480 (-2,24)	
$\theta_{EsperaTrans}$	-0,06660 (-3,93)	-0,01020 (-0,24)	-0,06440 (-3,96)	
$\theta_{ViajeFinal}$	-0,0468 (-4,37)	0,00331 (0,14)	-0,04460 (-4,36)	
$\theta_{CamFinal}$	-0,06140 (-3,61)	-0,00454 (-0,10)	-0,06040 (-3,68)	
$\theta_{Intermodal}$	-0,13000 (-2,19)	-0,23300 (1,49)	-0,12800 (-2,22)	0,23800 (1,64)
$\theta_{EscaleraMec}$	0,13300 (2,30)	-0,03850 (0,21)	0,12600 (2,25)	
$\theta_{PrimeroDisp}$	0,14800 (2,28)	-0,40700 (3,58)	0,14300 (2,27)	0,37800 (3,37)
$\theta_{Información}$	0,13700 (2,29)	0,24800 (1,76)	0,13400 (2,4)	
Log verosimilitud	-1134,534		-1135,372	
N° Parámetros	27		18	

Es necesario comentar que, tal como se muestra en la Tabla 6-10, existen variables con test t aceptables en el modelo ML3 que luego no se encuentran presentes en el modelo ML4, como son Información y Tiempo de Caminata Transbordo. Esto se debe a que una vez que se procedió a eliminar secuencialmente a las desviaciones estándar de las variables con comportamiento menos significativo, ambas variables comenzaron a bajar sus test t, por lo que finalmente también ellas salieron del modelo ML4. Debido a que ellas en algún momento tuvieron un comportamiento significativo, fueron incluidas en el modelamiento de ML4 antes de elegir su conformación final, pero ninguna de ellas tuvo poder informativo relevante.

Además, se estimó un modelo más general, ML5 (reportado en Anexo H), el cual considera con parámetros aleatorios a las variables; Costo, Intermodal, Información, Primero Disponible, Escalera Mecánica, TCI, TCF, TCT y TEI. Este modelo es concebido como la versión de PA del modelo MNL2, ya que se consideró que los parámetros de los mismos atributos que tenían variaciones sistemáticas en los gustos, debían poseer alguna distribución en la población. Lamentablemente, este modelo resultó tener test t muy bajos para algunas desviaciones estándar, por lo que finalmente se escogió al modelo ML4 como superior (test LR indicó que no eran estadísticamente diferentes y ML4 es más sencillo). Esto puede haber ocurrido debido a que el modelo MNL2 posee algunas variaciones sistemáticas con test t bajos, pero fueron incluidas debido a su potencial explicativo, lo que puede haber sido detectado en la estimación del modelo MNL5, resultando desviaciones estimadas poco significativas.

Por otra parte, para corroborar que los parámetros estimados en ML4 fueran adecuados y cumplieran con los supuestos a priori, fue necesario estudiar el comportamiento de cada uno de ellos en detalle, ya que la distribución Normal tiene dominio en todos los números reales. Esta prueba dio como resultado que, tal como se muestra en la Tabla 6-11, el valor esperado de que estos parámetros, según sus respectivas distribuciones

normales, tomen valores contrarios a lo esperado es cercano al 30% de los casos (ver la discusión en Sillano y Ortúzar, 2005). Esto es bastante alto e indicaría la necesidad de efectuar análisis más profundos si este modelo hubiera sido seleccionado como el más adecuado desde un punto de vista puramente estadístico.

Tabla 6-11: Análisis de las distribuciones de las variables del modelo ML4

Atributo	Signo Esperado	% de la Distribución	
		< 0	> 0
Costo	( - )	68 %	32 %
Intermodal	( - )	71 %	29 %
Primer	( + )	35 %	65 %

Es interesante notar que los modelos ML3 y ML4 no son directamente comparables con los modelos anteriores, ya que no corresponden a versiones anidadas del modelo base (al ser sus parámetros aleatorios, el modelo resultante posee una especificación y lógica diferente). No obstante, al comparar sus log-verosimilitudes con la de ML2, se ve claramente que estas especificaciones no lo superan. Esto puede deberse a la presencia de alta heterogeneidad en las respuestas entre distintos individuos, lo cual provoca que en el modelo ML3 los parámetros tengan desviaciones estándar altas y su test t sea bajo, obteniéndose parámetros aleatorios poco significantes y, a la vez, poco informativos. Por otra parte, los modelos estimados usando una especificación de CE logran tener un alto poder explicativo sólo considerando la correlación entre respuestas de un mismo individuo, lo cual es una ventaja por sobre los modelos con PA, en los que es difícil diferenciar qué influencia tiene la correlación entre respuestas del mismo individuo, con la distribución de los parámetros estimados en la población. Análogamente a lo ocurrido con los modelos MNL, los signos de los parámetros de los modelos ML son consistentes

con los supuestos planteados en este estudio, y sólo se presentan problemas de signo en el 30% de los casos aproximadamente.

Una vez finalizadas las estimaciones de modelos ML es posible ver que el modelo más informativo resulta ser el ML2, ya que al realizar el test LR entre MNL1, MNL2, ML1 y ML2 y luego análisis comparativo de log-verosimilitud entre ML2, ML3 y ML4, este resulta siempre ser el más adecuado, obteniéndose una reducción importante de log-verosimilitud, cumpliendo el test al 95% de confianza (en el caso de test LR) y teniendo siempre consistencia en los signos esperados de los parámetros modelados. Este resultado se encuentra alineado a la teoría que justifica a los modelos logit mixto, ya que su especificación es capaz de captar interacciones y correlaciones que no es posible capturar en los modelos MNL, por lo que su capacidad explicativa es mayor (Hensher, 2001). Además, este es un resultado muy interesante ya que demuestra, nuevamente, que una especificación con variaciones sistemáticas de gusto y consideración del “efecto panel” (observaciones repetidas), puede ser superior a un ML con parámetros aleatorios, con la enorme ventaja que su interpretación es mucho más clara y, además, permite estimar disposiciones al pago de forma más sencilla

## 7 ESTIMACIÓN DE DISPOSICIÓN AL PAGO POR ATRIBUTOS

La disposición al pago (DP) o valor subjetivo asociado a los distintos atributos modelados que afectan los transbordos en el transporte público es un objetivo de principal interés en esta investigación, pues permiten valorar cuantitativamente el efecto que estas variables tienen sobre los individuos, y con ello poder jerarquizar a las que resulten más influyentes.

En primera instancia se calcularon las disposiciones al pago por los atributos estimados mediante modelo MNL, a fin de estimar, a nivel poblacional, la media e intervalo de confianza de las DP. Luego de ello se estimaron las DP para los parámetros modelados mediante una especificación ML. Los valores de las DP obtenidas para parámetros asociados al tiempo de viaje (TCI, TEI, TVI, TCT, TET, TVF, TCF) representan cuánto están dispuestos a pagar los individuos por un minuto menos de ellos; por otra parte, los valores asociados a los atributos del transbordo (Inter, Info, EscaMec y Primer) indican cuánto están dispuestos a pagar los usuarios por tener un viaje con dichas características (en el caso de Inter, el usuario desea ser compensado en dicho monto si este atributo está activo en su viaje).

### 7.1 Disposición al Pago para Modelos Logit Simple

Para calcular la media de la disposición al pago (ver sección 3.1.5) se utilizó la definición expuesta en la ecuación (3.16), y para obtener el intervalo de confianza se recurrió a la solución propuesta por Armstrong *et al.* (2001), en la ecuación (3.17). En la Tabla 7-1 se muestran los estimadores puntuales de la DP y su intervalo de confianza, para cada atributo presente en el modelo MNL1. Junto con ello, se expone la media de las DP de cada atributo del modelo MNL2. En este último caso la estimación no resulta ser directa, ya que primero fue necesario calcular las DP para cada atributo por tipo de individuo, para luego realizar un promedio ponderado según el peso que tiene cada tipo

de individuo en la muestra, debe notarse que en este caso sólo se calculó el estimador puntual.

Es posible ver que las DP por los atributos presentes en los modelos MNL1 y MNL2 son bastante similares entre sí, siendo los segundos levemente superiores en magnitud. Cabe destacar que el intervalo de confianza para cada atributo del modelo MNL1 posee en su interior a la media de las DP calculadas con el modelo MNL2; esto indica que los valores son consistentes con los supuestos asociados al experimento.

Tabla 7-1: Disposición al pago por atributos para modelo MNL1 y MNL2

Atributo	MNL1			MNL2
	Disposición Al Pago	Intervalo de Confianza		Disposición Al Pago
		Límite Inferior	Límite Superior	
$\theta_{MetroMetro}$	\$ 308	\$ 141	\$ 720	\$ 303
$\theta_{BusMetro}$	\$ 66	\$ -92	\$ 270	\$ 63
$\theta_{MetroBus}$	\$ 130	\$ -22	\$ 381	\$ 149
$\theta_{CamInicial}$	\$ 34 /min	\$ 17 /min	\$ 84 /min	\$ 35 /min
$\theta_{EsperaInicial}$	\$ 23 /min	\$ 2 /min	\$ 62 /min	\$ 23 /min
$\theta_{ViajeInicial}$	\$ 26 /min	\$ 12 /min	\$ 61 /min	\$ 28 /min
$\theta_{CamTrans}$	\$ 23 /min	\$ 3 /min	\$ 63 /min	\$ 24 /min
$\theta_{EsperaTrans}$	\$ 44 /min	\$ 21 /min	\$ 102 /min	\$ 46 /min
$\theta_{ViajeFinal}$	\$ 29 /min	\$ 14 /min	\$ 67 /min	\$ 30 /min
$\theta_{CamFinal}$	\$ 41 /min	\$ 18 /min	\$ 97 /min	\$ 45 /min
$\theta_{Intermodal}$	\$ -83	\$ -236	\$ -11	\$ -120
$\theta_{EscaleraMec}$	\$ 78	\$ 6	\$ 211	\$ 78
$\theta_{PrimeroDisp}$	\$ 97	\$ 22	\$ 248	\$ 104
$\theta_{Información}$	\$ 97	\$ 24	\$ 253	\$ 103

La disposición al pago calculada permite establecer un ordenamiento jerárquico entre los distintos atributos del transbordo y, por otra parte, entre los distintos tiempos asociados al viaje completo. En el primer caso se observa que la DP de los individuos por el atributo *Intermodal* resulta ser consistentemente la más negativa (en comparación con la desutilidad causada por los distintos tiempos asociados al viaje), ya que causa desutilidad a los usuarios en la hora punta de la mañana, y tiene una magnitud notoriamente superior que en el caso del modelo MNL2. La DP de la variable *Primero Disponible e Información* resultan ser prácticamente iguales entre sí (en ambos modelos) y superiores a *Escalera Mecánica Disponible*.

Por otra parte es posible notar que de los tiempos de espera, el asociado al transbordo (TET) resulta ser más penalizado, por lo que se cumple el supuesto hecho a priori en el diseño de la encuesta. Con respecto al tiempo de viaje ocurre lo mismo, ya que el tiempo de viaje final (TVF) es considerado más negativamente que el realizado inicialmente (TCI). Por último, los tiempos de caminata se comportan de manera diferente a lo previsto, ya que se supuso que el tiempo de caminata asociado el transbordo debía ser el más penalizado, pero resultó finalmente ser el tiempo de caminata final (TCF), lo cual puede indicar agotamiento o saturación hacia los momentos finales del viaje o estrés asociado a la cercanía con la hora de entrada al trabajo.

Al analizar las disposiciones al pago asociadas a las *pseudo* constantes modales, es posible valorizar monetariamente cuánto dinero están los individuos dispuestos a desembolsar por realizar un viaje de tipo Metro-Metro, Bus-Metro o Metro-Bus por sobre la combinación Bus-Bus. En este caso es necesario analizar la negatividad del límite inferior de las DP por los transbordos combinados entre Bus y Metro, lo que puede tener explicación en la alta variabilidad de las respuestas obtenidas por parte de los encuestados, lo que repercute en bajos test t; pero pese a ello su media se respeta la jerarquización obtenida en los modelos y es de magnitud realista, siendo los valores obtenidos bastante semejantes entre ambos modelos.

Finalmente, es necesario mencionar que este no consideran la opción “sin transbordo”, lo que fue abordado en el diseño inicial de este estudio, sin embargo, tal como fue mencionado en el capítulo 4, tuvo que ser abandonado debido a su dificultad práctica en la encuesta (ya que la mayor parte de los individuos no consideraba bajo ninguna condición viajes con transbordo si existía la alternativa de realizarlo de manera directa). Por lo que en este estudio, las DP calculadas para los diferentes tipos de transbordos no consideran la alternativa “sin transbordo” debido al diseño particular del experimento, ya descrito, por lo que si se debiese categorizar el viaje sin transbordo, en este caso probablemente, basado en observaciones durante la aplicación de la encuesta, este tendría una DP superior a la opción Metro-Metro.

## **7.2 Disposición al Pago para Modelos Logit Mixto**

El cálculo de la disposición al pago para modelos ML es, en general, bastante más compleja que el caso anterior, debido a que se deben realizar las estimaciones de las DP mediante los métodos descritos en la sección 3.1.5. De estos métodos, el procedimiento de simulación para obtener las DP, según Torres (2009), resulta entregar estimadores de DP más ajustados a la realidad.

No obstante, en este caso se estimó las DP para los atributos de los modelos ML1 y ML2, de manera análoga a la descrita en la sección anterior, debido a que estos modelos sólo poseen una componente de error adicional, pero sus parámetros son fijos para toda la población. En la Tabla 7-2 se muestran las DP estimadas para los modelos ML1 y ML2, las que resultan ser, en la mayor parte de los casos, levemente superiores a las obtenidas para los modelos MNL, y con intervalos de confianza muy similares. Debe notarse que en este caso las DP calculadas para los transbordos Metro-Metro, Bus-Metro y Metro-Bus tienen como referencia el transbordo Bus-Bus, y no la opción sin transbordo.

Tabla 7-2: Disposición al pago por atributos para modelo ML1 y ML2

Atributo	ML1			ML2
	Disposición Al Pago	Intervalo de Confianza		Disposición Al Pago
		Límite Inferior	Límite Superior	
$\theta_{MetroMetro}$	\$ 278	\$ 127	\$ 647	\$ 154
$\theta_{BusMetro}$	\$ 59	\$ -83	\$ 243	\$ 40
$\theta_{MetroBus}$	\$ 118	\$ -19	\$ 343	\$ 81
$\theta_{CamInicial}$	\$ 34 /min	\$ 13 /min	\$ 83 /min	\$ 35 /min
$\theta_{EsperaInicial}$	\$ 23 /min	\$ 3 /min	\$ 62 /min	\$ 23 /min
$\theta_{ViajeInicial}$	\$ 27 /min	\$ 13 /min	\$ 62 /min	\$ 28 /min
$\theta_{CamTrans}$	\$ 23 /min	\$ 3 /min	\$ 62 /min	\$ 25 /min
$\theta_{EsperaTrans}$	\$ 45 /min	\$ 22 /min	\$ 103 /min	\$ 47 /min
$\theta_{ViajeFinal}$	\$ 29 /min	\$ 14 /min	\$ 66 /min	\$ 30 /min
$\theta_{CamFinal}$	\$ 40 /min	\$ 18 /min	\$ 94 /min	\$ 30 /min
$\theta_{Intermodal}$	\$ -90	\$ -246	\$ -19	\$ -146
$\theta_{EscaleraMec}$	\$ 69	\$ 1	\$ 192	\$ 77
$\theta_{PrimeroDisp}$	\$ 92	\$ 22	\$ 244	\$ 124
$\theta_{Información}$	\$ 104	\$ 30	\$ 262	\$ 110

En definitiva, la disposición al pago calculada para los modelos ML es consistente con la obtenida para los modelos MNL, manteniendo el ordenamiento jerárquico entre los distintos atributos del transbordo y los diferentes tiempos asociados al viaje completo. Así, la DP por el atributo Intermodal resulta ser consistentemente la más negativa, nuevamente el modelo con variaciones sistemáticas en los gustos (ML2) tiene una magnitud distintivamente mayor. La DP por el atributo Información resulta ser, en ML1, aquella que causa mayor utilidad a los individuos, seguida de Primero Disponible y finalmente de Escalera Mecánica Disponible. Sin embargo, para el caso de ML2 el orden de los dos primeros atributos se altera, pero manteniéndose la variable Escalera Mecánica como cuarta preferencia. Se destaca que, nuevamente, los parámetros

estimados del modelo con variaciones sistemáticas en los gustos (ML2) se encuentran dentro del intervalo de confianza del modelo ML1, tal como ocurrió en la sección anterior.

Con respecto a los tiempos, al igual que para los modelos MNL, de entre los tiempos de espera y viaje, los más penalizados resultan ser TET y TVF, tal como se supuso desde el inicio de la investigación. Pero con respecto a los tiempos de caminata, el orden jerárquico se altera, ya que en este caso los supuestos de DP previstos se cumplen y el tiempo de caminata asociado el transbordo (TCT) resulta ser el más penalizado en ambos casos. Este cambio, con respecto a los modelos MNL, puede ser un indicio más del elevado poder explicativo de los modelos ML, y a la vez ayuda a corroborar que los supuestos realizados para generar el experimento de elección discreta fueron planteados de manera correcta.

Análogamente a la sección anterior, las DP asociadas a las *pseudo* constantes modales, indican la cantidad de dinero que los usuarios están dispuestos a pagar por viajes con transbordo de tipo Metro-Metro, Bus-Metro o Metro-Bus por sobre la combinación Bus-Bus. En este caso, nuevamente, los transbordos combinados entre Bus y Metro poseen intervalos de confianza con límite inferior negativo, y se explica de manera equivalente. Sin embargo, es posible observar que las DP respetan la jerarquización obtenida en la modelación y poseen magnitudes realista, siendo los valores obtenidos bastante semejantes entre ambos modelos, pero consistentemente más bajos en MNL2.

## 8 CONCLUSIONES

Esta investigación pretende dar mayores luces sobre un fenómeno en curso en Santiago de Chile, el cual consiste en la implementación de un sistema de transporte público integrado que tiene como elemento articulador el poseer ejes de transporte principales y otros de carácter secundario. Esto provoca que, explícitamente, los diseñadores del sistema hayan impuesto la necesidad de realizar transbordos en muchos de los viajes realizados por los distintos usuarios. Este fenómeno ha provocado una multiplicidad de reacciones, entre las cuales se encuentra la incomodidad a la hora de transbordar, cuyo valor no fue considerado de forma explícita al diseñar el sistema. Debido a esto, el foco principal del estudio se centró en la valoración subjetiva del transbordo como elemento inserto en el viaje, y para el cual es posible optar bajo diferentes condiciones.

El primer objetivo del estudio consistía en determinar qué atributos asociados al transbordo resultan ser relevantes para los individuos, los cuales fueron identificados de manera satisfactoria. Para ello se realizó, primeramente, un análisis cualitativo del comportamiento de distintos individuos mediante la realización de grupos focales, para luego realizar un experimento de elección discreta orientado a descubrir la valoración que los usuarios de Transantiago asignan a las condiciones físicas y a los tiempos de viaje, que componen su desplazamiento en horario punta de la mañana, cuando se dirigen al trabajo. El experimento se realizó mediante la técnica de diseño eficiente con estimación bayesiana, de manera iterativa, a fin de adicionar información relevante a medida que la investigación avanzaba y poder conseguir una encuesta de fácil comprensión y, a la vez, capaz de extraer la mayor cantidad de información posible de manera eficaz.

Es así, como fue posible identificar cuatro atributos físicos principales; *Transbordo en Estación Intermodal*, *Posibilidad de Acceso al Primer Bus o Vagón de la Ruta*, *Información Asequible* y *Escalera Mecánica Disponible*; de entre los cuales solamente

el primero de ellos resultó provocar desutilidad a los individuos; este resultado, claramente inesperado, se debe a que en las pocas estaciones implementadas, se producen grandes aglomeraciones que afectan en forma negativa a quienes viajan al trabajo. En este caso, la disposición al pago por no realizar el transbordo en estaciones intermodales en la hora punta de la mañana asciende a \$146 por viaje (estimado mediante modelo ML escogido), y se explica debido a que la gran cantidad de usuarios que confluye a estas estaciones se asocia a mayores tiempos de caminata y/o espera para realizar el transbordo; además la existencia de servicios asociados y tiendas comerciales provoca que, para el caso de viajes con motivo trabajo realizados en hora punta de la mañana, el transbordo en estaciones intermodales tenga connotación negativa.

El atributo asociado al *Acceso al Primer Bus o Vagón de la Ruta* es el segundo más valorado por los usuarios, obteniéndose una disposición al pago de \$124 por viaje. Esta alta percepción de utilidad, se deriva de la molestia reportada por los individuos cuando, pese a que el Bus o Metro se encuentra en la parada o estación, no es posible acceder a él, debido a la gran cantidad de gente que transporta, provocando una alta frustración en los usuarios de transporte público. La siguiente variable corresponde a *Información Asequible*, la cual considera la existencia de cualquier tipo de elemento informativo autosuficiente que ayuda a realizar el transbordo de manera más expedita, su disposición al pago es igual a \$110 por viaje y este atributo es principalmente valorado por los individuos menores de treinta años. Según fue posible observar en las etapas experimentales, dicha generación manifiesta predilección por poder realizar el viaje sin asistencia de terceras personas, lo que no ocurre cuando no existe información disponible. El último atributo físico jerarquizado es *Escalera Mecánica Disponible*, variable que pese a su peso relativo menor entre las cuatro consideradas, resulta ser el atributo más mencionado como relevante por los individuos, especialmente cuando los viajes requieren cambios importantes de nivel, incluso más de una ocasión en cada viaje. En este caso la disposición al pago es de \$77 por viaje, y su peso relativo menor se

puede deber a que su existencia es considerada prácticamente obligatoria en, a lo menos, las estaciones de Metro y esto produce una disminución en la disposición al pago.

Como segundo objetivo se planteó poder determinar las preferencias relativas de los individuos respecto a la combinación de modos que prefieren al transbordar. Así, se supuso, *a priori* que el ordenamiento de preferencias debía ser; Metro-Metro, Bus-Metro, Metro-Bus, o Bus-Bus, que utiliza como criterio el maximizar la percepción de rapidez/frecuencia y confiabilidad en el modo. Sin embargo, al realizar la encuesta final y estimar los modelos de elección discreta, fue posible observar que la jerarquización propuesta no coincidía totalmente con la modelada, ya que pese a que Metro-Metro y Bus-Bus se ubicaron en primer y último lugar, respectivamente, los individuos asignaron casi el doble de utilidad al transbordo Metro-Bus respecto del Bus-Metro. Esto puede deberse a que los individuos, se sienten más familiarizados con este tipo de transbordo cuando se dirigen a sus trabajos, pues en muchos casos viajan desde la periferia al centro de la ciudad, y en esas ocasiones la alternativa Metro-Bus es más deseada.

En cuanto al último objetivo de la investigación, éste consistía en poder determinar las relaciones entre los distintos valores del tiempo; caminata, espera y viaje, a fin de entender cuales penalizan en mayor manera la percepción de la duración total del viaje. En este caso, se definieron siete tiempos que componen un viaje básico con transbordo, ellos son los tiempos de; *caminata inicial, espera inicial, viaje en el primer modo, caminata de transbordo, espera de transbordo, viaje en el segundo modo y caminata final*. Luego de estimar los modelos de elección discreta, fue posible constatar que el tiempo más penalizado por los individuos era el *Tiempo de Espera de Transbordo*, cuya disposición al pago es de \$47 por minuto ahorrado. Este descubrimiento indica que uno de los focos principales de trabajo para mejorar la percepción del transbordo, es reducir la espera asociado a él ya que, por ejemplo, un minuto y medio ahorrado de este tiempo equivale a la disponibilidad de escalera mecánica en la estación, con el consiguiente ahorro de recursos que esto podría provocar.

Los siguientes tiempos que provocan mayor desutilidad son el *Tiempo de Caminata Inicial* y *Tiempo de Caminata Final* con disposiciones al pago iguales a \$35 y \$30 por minuto ahorrado. Ambos tiempos se vieron afectados por la creación de Transantiago, ya que según la información recabada en los grupos focales y durante la encuesta, la definición de paraderos establecidos provocó un cambio en la percepción tanto del acceso como de la salida del sistema de transporte. En el sistema antiguo, los buses se detenían donde el usuario indicara, sin ningún tipo de orden preestablecido, por lo que esta percepción se ha visto afectada y podría mejorarse optimizando la localización de los paraderos en la ciudad.

Con respecto al diseño del experimento, es que este no considera la opción “viaje sin transbordo”, alternativa que fue abordada en la encuesta piloto 1, pero que debió que ser abandonado por su dificultad práctica en la encuesta, ya que la mayor parte de los individuos no consideraba bajo ninguna condición viajes con transbordo si existía la alternativa de realizarlo de manera directa. En este caso, y basándose en las observaciones empíricas realizadas durante la investigación, si se debiese categorizar el “viaje sin transbordo” probablemente este tendría una disposición al pago superior a la opción Metro-Metro.

Por último, este estudio puede dar pie a investigaciones posteriores que se centren en motivos de viaje más amplios, que consideren modos de transporte mixtos (público-privado) o que incluyan otras variables relevantes para el entendimiento del nuevo sistema de transporte integrado. Además, resultaría interesante profundizar en la estimación de modelos Logit Mixto con parámetros aleatorios para casos en que las alternativas de elección son genéricas y con alta correlación entre respuestas de un mismo individuo. Esto, para determinar si existe alguna manera de identificar y poder separar dicho efecto del impacto de la heterogeneidad en la elección de alternativas con respecto a una alternativa de referencia.

## REFERENCIAS

Allard, P., Basso, L., Coeymans, J.E., Covarrubias, A., De Cea, J., De Grange, L., Doña, J.E., Fernández, J.E., Fernández, R., Hutt, G., Munizaga, M. y Muñoz, J.C. (2008) *Diagnóstico, Análisis y Recomendaciones sobre el Desarrollo del Transporte Público en Santiago*. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Chile.

Armstrong, P.M., Garrido, R.A. y Ortúzar, J. de D. (2001) Confidence intervals to bound the value of time. *Transportation Research* **37E**, 143-161.

Ben-Akiva, M.E. y Lerman, S.R. (1985) *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. MIT Press, Cambridge.

Bierlaire, M. (2003) BIOGEME: a free package for the estimation of discrete choice models. *Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference*, Ascona, Suiza.

Bierlaire, M. (2009) Estimation of discrete choice models with BIOGEME 1.8. *User manual and reference guide*. EPFL, Ginebra (<http://transp-or.epfl.ch>).

Bliemer, M.C.J. y Rose, J.M. (2005) Efficiency and sample size requirements for stated choice studies. *Working Paper*, Institute of Transport and Logistics Studies, University of Sidney.

Bliemer, M.C.J. y Rose, J.M. (2006) Designing stated choice experiments: the state-of-the-art. *11<sup>th</sup> International Conference on Travel Behavior Research*, Kyoto, Japón.

Bliemer, M.C.J. y Rose, J.M. (2008) Construction of experimental designs for mixed logit models allowing for correlation across choice observations. *Proceedings 87<sup>th</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington D.C., EE.UU.

Bradley, M. y Kroes, E. (1990) Forecasting issues in stated preference survey research. *69<sup>th</sup> TRB Annual Meeting*, Washington DC, EE.UU.

Caussade, S., Ortúzar, J. de D., Rizzi, L.I. y Hensher, D.A. (2005) Assessing the influence of design dimensions on stated choice experiment estimates. *Transportation Research* **39B**, 621-640.

Choice-Metrics (2009) Ngene 1.0. *User manual and reference guide*. Version 03/03/09; ([www.choice-metrics.com](http://www.choice-metrics.com)).

Cortés, D. (2007) Operadores del Plan de Transporte Público de Santiago: Transantiago, y sus problemas en la etapa de régimen. *Informe Final sobre Transantiago*. Gobierno de Chile, Biblioteca del Congreso Nacional.

Crockett, C. (2002) *A Process for Improving Transit Service Connectivity*. M.Sc. Thesis, Transportation Department, Massachusetts Institute of Technology.

Daly, A.J. (1992) ALOGIT 3.2. *User Guide*. Hague Consulting Group, La Haya.

Denstadli, J.M., Lines, R. y Ortúzar, J. de D. (2010) Information processing in choice-based conjoint experiments: a process-tracing study. *European Journal of Marketing* (aceptada).

Domencich, T. y McFadden, D. (1975) *Urban Travel Demand: A Behavioural Analysis*. North-Holland, Amsterdam.

Espino, R., Martín, J.C. y Román C. (2007) Análisis de la calidad del transporte de pasajeros: un estudio de la disposición a pagar por no transbordar. *X Encuentro de Economía Aplicada*, Logroño, España.

Espino, R., Ortúzar, J. de D. y Román, C. (2006) Confidence interval for willingness to pay measures in mode choice models. *Networks and Spatial Economics* **6**, 81-96.

Figueroa, O. y Orellana, A. (2007) Transantiago: gobernabilidad e institucionalidad. *Eure* **33**, 165-171.

Fowkes, A.S. y Wardman, M. (1988) The design of stated preference travel choice experiments, with special reference to interpersonal taste variations. *Journal of Transport Economics and Policy* **22**, 27-44.

Garrido, R.A. (1991) *Preferencias Declaradas en la Modelación de Demanda por Nuevas Alternativas de Transporte*. Tesis de Magíster, Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Godoy, G. y Ortúzar, J. de D. (2008) On the estimation of mixed logit models. En P.O. Inweldi (ed.), *Transportation Research Trends*. Nova Science Publishers, Nueva York.

Guo, Z. (2003) *Assessment of the Transfers Penalty for Transit Trips in Downtown Boston, A GIS-based Disaggregate Modeling Approach*. Master in City Planning, Transportation Department, Massachusetts Institute of Technology.

Guo, Z. (2008) *Transfers and Path Choice in Urban Public Transport Systems*. Ph.D. Thesis, Transportation Department, Massachusetts Institute of Technology.

Hensher, D. (2001) The sensitivity of the valuation of travel time savings to the specification of unobserved effects. *Transportations Research* **37E**, 129-142.

Hanley, N., Wright, R.E. y Adamowicz, V. (1998) Using choice experiments to value the environment. *Environmental and Resource Economics* **11**, 413-428.

Henríquez, R., Hurturbia, R., Quijada, R. y Tirachini, A. (2007) Investigación al Transantiago: sistematización de declaraciones hechas ante la comisión investigadora, resumen de contenidos de los principales informes técnicos, información de documentos públicos adicionales y comentarios críticos. *Documento de Trabajo*, Centro de Estudios Públicos, Santiago.

Hutt, G.A. (1983) *Análisis de Muestreo y Estudio de la Influencia de Factores Subjetivos en Modelos Desagregados de Demanda*. Tesis de Magíster, Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Iacobelli, A. (1994) *Valor Subjetivo del Tiempo en Viajes Interurbanos para Bus y Tren*. Tesis de Magíster, Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile.

INE (2010) Estudios demográficos y proyección de población. Instituto Nacional de Estadística, Santiago ([www.ine.cl](http://www.ine.cl)).

Iragüen, P. (2002) *Valoración de Reducciones por Riesgo de Muerte por Accidente en Áreas Urbanas: Una Aplicación de Internet para Realizar Encuestas*. Tesis de Magíster, Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Jara-Díaz, S.R. (2007) *Transport Economic Theory*. Elsevier Science, Amsterdam.

Jara-Diaz, S.R. y Farah, M. (1987) Transport demand and user's benefits with fixed income: the goods/leisure trade-off revisited. *Transportation Research* **21B**, 165-170.

Jara-Diaz, S.R. y Ortúzar, J. D. (1989) Introducing the expenditure rate in the estimation of mode choice models. *Journal of Transport Economics and Policy* **23**, 293-308.

Karasmaa, N. (2007) Evaluation of transfer methods for spatial travel demand models. *Transportation Research* **41A**, 411-427.

Kocur, G., Adler, 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, US Department of Transportation, Washington DC.

Lancaster, K.J. (1966) A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy* **14**, 132-157.

Louviere, J.J., Hensher, D.A. y Swait J.D. (2000) *Stated Choice Methods: Analysis and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge.

McFadden, D. (1974) The measurement of urban travel demand. *Journal of public Economics* **3**, 303-328.

McFadden, D. (1978) Modelling the choice of residential location. En A. Karlquist, L. Lundquist, F. Snickars y J.W. Weibull (eds), *Spatial Interaction Theory and Planning Models*. North-Holland, Amsterdam.

Munizaga, M.A. y Álvarez-Daziano, R. (2002) Evaluation of mixed logit as a practical modeling alternative. *Proceedings European Transport Conference*, Cambridge, Inglaterra.

Munizaga, M.A., Correia, R., Jara-Díaz, S.R., y Ortúzar, J. de D. (2006) Valuing time with a joint mode choice – activity model. *International Journal of Transport Economics*, **32**, 69-86.

Munizaga, M.A. y Ortúzar, J. de D. (1994) Valor subjetivo del tiempo en elección de ruta interurbana. *Actas del VIII Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte*, Ciudad de México, México.

Muñoz, J.C. y Gschwender, A. (2008) Transantiago: a tale of two cities. *Research in Transportation Economics* **22**, 45–53.

Muñoz, J.C., Ortúzar, J. de D. y Gschwender, A. (2009) Transantiago: the fall and rise of a radical public transport intervention. En W. Saleh y G. Sammer (eds.), *Travel Demand Management and Road User Pricing: Success, Failure and Feasibility*. Ashgate, Farnham.

Ortúzar, J. de D. (2000a) *Modelos Económicos de Elección Discreta*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.

Ortúzar, J. de D. (2000b) Fundamentals of stated preference. En J. de D. Ortúzar (ed.), *Stated Preference Modelling Techniques*, PTRC, Londres.

Ortúzar, J. de D. y Garrido, R. (1994) A practical assessment of stated preference methods. *Transportation* **21**, 289-305.

Ortúzar, J. de D., Martínez, F.J. y Varela, F.J. (2000) Stated preferences in modelling accesibility. *International Planning Studies* **5**, 65-85.

Ortúzar, J. de D., Roncagliolo, D.A. y Velarde, U.C. (2000) Interactions and Independence in stated preference modelling. En J. de D. Ortúzar (ed.), *Stated preference Modelling Techniques*. Perspectives 4, PTRC, Londres.

Ortúzar, J de D. y Willumsen, L.G. (2001) *Modelling Transport*. 3ra Edición, John Wiley & Sons, Chichester.

Oses, D. (2009) *Historia del Transporte Público: Santiago en Movimiento*. Corporación Patrimonio Cultural de Chile ([http://www.nuestro.cl/chilecronico/transporte\\_oses1.htm](http://www.nuestro.cl/chilecronico/transporte_oses1.htm)) Santiago.

Pearmain, D., Swanson, J. Kroes, E. y Bradley, M. (1991) *Stated Preference Techniques: A Guide to Practice*. Steer Davies Gleave y Hague Consulting Group, Londres.

Raveau, S. (2009) *Estimación Simultánea de Modelos de Elección Discreta con Variables Latentes*. Memoria de Título, Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Rizzi, L.I. (2001) *Economía de los Accidentes Fatales: Una Aplicación al Caso de Seguridad Vial en Carreteras*. Tesis de Doctorado, Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Rodríguez, G. (2000) *Preferencias Declaradas en la Valoración de la Contaminación Atmosférica en un Contexto de Elección Residencial*. Tesis de Magíster, Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Rose, J.M. y Bliemer, M.C.J. (2004) The design of stated choice experiments: the state of practice and future challenges. *Working Paper*, Institute of Transport and Logistics Studies, University of Sydney.

Rose, J.M., Collins A.T., Bliemer M.C.J. y Hensher D.A. (2009) Software *Ngene*, version 1.0.0. (<http://choice-metrics.com>).

Rose, J.M., Collins A.T., Bliemer M.C.J. y Hensher D.A. (2009) *Ngene, The Cutting Edge in Experimental Design for Stated Choice Experiments*. User manual and reference guide. (<http://choice-metrics.com>).

Rose, J.M., Hensher, D.A., Caussade, S., Ortúzar, J. de D. y Jou, R.-C. (2009) Identifying differences in willingness to pay due to dimensionality in stated choice experiments: a cross country analysis. *Journal of Transport Geography* **17**, 21-29.

Sælensminde, K. (1999) *Valuation of Nonmarket Goods for Use in Cost-Benefit Analyses: Methodological Issues*. Doctor Scientiarum Theses, Department of Economics and Social Sciences, Agricultural University of Norway.

Scott, A. (2002) Identifying and analyzing dominant preferences in discrete choice experiments: an application in health care. *Journal of Economic Psychology* **23**, 383-398.

Sillano, M.A. (2004) *Incidencia de Variables Espaciales en la Percepción de Seguridad Ciudadana: Estimación de Modelos Logit Mixto con Información de Preferencias Declaradas*. Tesis de Magíster, Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Sillano, M. y Ortúzar, J. de D. (2005) Willingness-to-pay estimation with mixed logit models: some new evidence. *Environment and Planning* **37A**, 525-550.

Torres, I. (2009) *Valoración de Atributos de Vivienda y Barrio en el Centro de Santiago*. Tesis de Magíster, Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Train, K. (2009) *Discrete Choice Methods with Simulation*. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge.

Tverski, A. (1972) Elimination by aspect: a theory of choice. *Psychological Review* **79**, 281-299.

Williams, H.C.W.L (1977) On the formation of travel demands models and economic evaluation measures of user benefit. *Environment and Planning* **9A**, 285-344.

Yáñez, M.F., Mansilla, P. y Ortúzar, J. de D. (2010) The Santiago Panel: measuring the effects of implementing Transantiago. *Transportation* **37**, 125-149.

**ANEXOS**

## ANEXO A: PLANO METRO DE SANTIAGO



**ANEXO B: INFORME DE GRUPOS FOCALES**



**TESIS DE MAGÍSTER  
FRANCISCA NAVARRETE**

**VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA DECISIÓN DE UTILIZAR  
TRANSBORDO EN TRANSPORTE PÚBLICO (TP)**



## ÍNDICE

OBJETIVOS .....	120
METODOLOGÍA .....	122
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	123
Nivel de satisfacción general con el TP .....	123
Transbordo. ....	123
Otras dificultades o problemas del transbordo .....	124
Evaluación de estaciones de transbordo .....	124
Razones de elección de uso o no uso de transbordo .....	126
Transbordo intra-modo o inter-modos .....	128
Otras variables a considerar en la elección de transbordo .....	132
Información en estaciones de transbordo .....	132
CONCLUSIONES GENERALES.....	134
ANEXOS .....	136
Pauta Guía Reunión.....	137
Filtro.....	139



## OBJETIVOS

### Objetivos Generales

- Descubrir las variables que influyen en la decisión del medio de transporte público a utilizar, enfocado en el uso y/o no uso de transbordo (ya sea intermodal o al interior de un mismo modo).
- Detectar en una primera etapa cualitativa (grupos focales), las variables que debieran ser cuantificadas luego en la etapa cuantitativa. Aportar elementos de apoyo para la construcción del instrumento cuantitativo.

### Objetivos Específicos

Para cumplir los objetivos generales se considerará los siguientes temas.

#### I.- Generalidades y contexto

- Conocer distintas experiencias de transporte público en horario de punta.
- Experiencias del transbordo en horario de punta. Dificultades.
- Modos y formas de transbordo utilizadas:
  - Combinaciones, medios de TP, etc.

#### II.- Transbordo

- Lugares o estaciones de transbordo preferidas y más utilizadas. Razones.
- Lugares o estaciones de transbordo que se evitan o son peor aceptadas. Razones.
- Razones de la elección del medio de transporte y del uso o no uso de transbordos. Se escucharán los aportes espontáneos.
- Percepciones del transbordo en diferentes modos; se intentará dar énfasis al modo al cual se transborda (segundo modo), pues este es el que nos indica la variabilidad e incertidumbres. Se consultará sobre:
  - Metro – Metro
  - Metro – Bus
  - Bus – Metro \*Indagar impacto del valor extra a pagar (\$60 en este momento).
  - Bus – Bus

En relación a cada una de estas modalidades de transbordo, se indagará sobre:

- Aspectos positivos / negativos.
- Dificultades.
- Experiencias de emergencia y/o percepción de riesgo, y sensación de seguridad/inseguridad.

Razones para decidir hacer el recorrido con transbordo o sin transbordo. Diferenciar las razones en dos contextos: a) hora punta con horario de llegada b) hora punta sin horario de llegada.

**Indagar sobre:**

- N° de transbordos necesario
- Transbordo al mismo modo o con cambio de modo
- Tiempo de Acceso (de la casa al primer modo)
- Tiempo de Viaje (aproximado en cada uno de los modos)
- Tiempo de Transbordo (desde que se baja del modo 1 y se sube al modo 2)
- Entorno
- Congestión en el transbordo
- Comodidad
- Seguridad
- Iluminación
- Facilidad de Conexión

**Importancia y evaluación de la información en estaciones de transbordo**

- Evaluación de la información actual. Experiencias al respecto, dificultades, aspectos positivos / negativos.
- Importancia de una buena información y señalética.
- Efecto de la información en el transbordo.



## METODOLOGÍA

El estudio de investigación de fuentes primarias consta de dos etapas; cualitativo en base a la técnica de grupos focales, y cuantitativo en base a encuestas y posterior modelación de elecciones discretas.

### ETAPA CUALITATIVA: GRUPOS FOCALES

#### Grupo Objetivo

- Hombres y mujeres.
- Personas que usen transporte público en hora punta (mañana o tarde). Se usarán las definiciones de horarios dadas por metro, las que indican que la punta mañana se extiende entre las 07:00 y las 09:00 horas y la punta tarde entre las 18:00 y 20:00 horas.
- Personas que hacen o consideren hacer transbordo.
- Personas que deciden personalmente el recorrido y modo de su viaje.
- De 20 a 60 años.
- Grupo Socio Económico (GSE): C2, C3 y D (con una mayoría de participantes C3).
- Personas que trabajan o estudian.
- Que realizan viajes con tiempos definidos para cumplir horarios.

#### Distribución de los grupos focales

Grupos mixtos hombres y mujeres	Nº de Grupos
20 a 40 años	1
41 a 60 años	1
TOTAL	2

Los grupos se realizaron en las salas de PW (Eliecer Parada 2619 Metro Bilbao) y fueron conducidos por la especialista Pilar Walker.



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Nivel de satisfacción general con el TP

Se observa un bajo nivel de satisfacción con el TP, donde se destacan principalmente los siguientes aspectos:

- Congestión en el Metro en horario de punta
- Insatisfacción con los buses: mala y escasa información, buses incómodos, recorridos complicados que obligan a hacer transbordo.

### Transbordo

El factor tiempo es el más importante al momento de evaluar un recorrido, debido a que en la hora punta mañana, especialmente, los individuos buscan minimizar el tiempo de viaje ya que poseen horarios establecidos de entrada, ya sea al trabajo o al lugar de estudio. Es por esto que el factor tiempo afecta de manera directa a la hora de decidir hacer un viaje con o sin transbordo, ya que si el primero ofrece mejores tiempos de viaje, probablemente entrará dentro de las posibilidades de elección, pese a que al individuo no le produzca agrado realizar transbordos.

El transbordo en horario de punta se percibe como una situación caótica, debido a variados aspectos, especialmente la congestión. Se destacan las siguientes situaciones:

- Pérdida de tiempo en largas filas de espera; tanto para tomar un bus, como para el metro.  
*“...la fila es muy larga, en las escaleras... a veces yo he tenido que esperar que pasen hasta 4 o 5 carros de metro antes de poder subir...”*  
*“...para tomar el bus también hay que esperar y en la calle bajo el sol en verano es peor...”*
- Pérdida de tiempo caminando en la búsqueda del paradero de bus.  
*“...el problema es que a veces el paradero que necesitas no está cerca y hay que caminar varias cuadras y apurado...”*
- Modos de transporte congestionados. Líneas de metro y buses.  
*“...en el Metro no se puede ni respirar... eso es lo peor... en la micro no es tan terrible porque entra aire fresco, pero igual van repletas en horario de punta...”*
- Dificultades para encontrar el paradero de bus que necesitan e informarse sobre el recorrido.  
*“...cuando vas por primera vez a alguna parte es muy complicado encontrar el paradero en donde para el bus que se necesita... ni los conductores saben los recorridos... no hay información suficiente sobre los recorridos...”*  
*“...en cambio en el Metro está todo claro... con los mapas te ubicas...”*



### **Otras dificultades o problemas del transbordo**

Los siguientes aspectos negativos se mencionan como importantes, pero secundarios:

- Inseguridad, asociado a los riesgos de robo y riesgos físicos (accidente).
- Salir a la calle supone exponerse a las inclemencias del clima (calor, frío, lluvia).
- Caminata, asociada a la búsqueda del paradero de bus que necesitan o debido al transbordo.
- Iluminación, relacionada a la falta de seguridad, se hace especial referencia a algunos paraderos en las calles. El tema de la iluminación no aparece en forma espontánea en los grupos

### **Evaluación de estaciones de transbordo**

El principal criterio que se utiliza en la evaluación de las estaciones de transbordo es el tiempo que se requiere para el mismo, básicamente en relación a filas de personas esperando llegar al metro o al bus y la caminata entre los distintos modos o líneas de transporte.

Vale destacar que casi todas las estaciones de transbordo son mal evaluadas, se destacan los siguientes criterios:

- Tiempos de espera en pasillos, escaleras y andenes.
- Congestión.
- Falta de aire en las estaciones cerradas de metro.
- Presión para entrar a los vagones de parte del personal del metro.
- Falta de escaleras mecánicas.
- Falta de ascensores o difícilmente alcanzables.

Algunos comentarios relacionados al punto anterior son los siguientes:

*“...el calor es como de un sauna, falta de aire, hay gente que se desmaya...”*

*“...los guardias te empujan para cerrar la puerta... espantoso...”*

*“...el problema es que el tiempo para que la gente baje es escaso, apenas alcanza a bajar la gente y luego cierran la puerta, no te da tiempo para subir...”*

*“...por ejemplo en Los Héroes, Tobalaba, Vicente Valdés, la gente no se alcanza a subir a los carros de Metro...”*



### Estaciones preferidas

Las estaciones mencionadas como preferidas (mejores), son las siguientes:

- Plaza Egaña  
“...los buses pasan llenos, prefiero caminar hasta Plaza Egaña...”
- Quinta Normal  
“...es amplia y no está tan llena... además sirve para llegar al centro y antes no existía...”
- Grecia  
“...es una estación con espacios más amplios...”
- Pajaritos  
“...es una estación intermodal...con buses que salen de Santiago, buena información...”
- La Cisterna  
“...es una estación demasiado llena, pero es buena porque es intermodal y además hay bus y metro casi para cualquier parte...”
- Escuela Militar  
“...no está mal...al ser terminal es mejor que otras...”
- Bellavista La Florida  
Hay grandes diferencias en la forma en que es evaluada esta estación. Mientras para algunos es una buena estación de transbordo (por la conexión con buses), para otros está demasiado congestionada.
- Moneda
- Universidad Católica
- Universidad de Chile

### Estaciones que generan insatisfacción

Las estaciones mencionadas como peores estaciones, son las siguientes:

- Tobalaba  
En horario de punta esta estación es mal evaluada por las largas filas, mucho tiempo de espera, congestión en las escaleras, pero deben usarla de todas maneras.  
“...todos tienen que tomar metro, no hay micros...”
- Los Héroes  
“...la gente alcanza apenas a bajarse de los carros, la gente no se alcanza a subir y cierran la puerta...”  
“...imposible subirse, demasiado lleno, no hay espacio, te empujan...”
- Vicente Valdés  
“pasillos angostos...el andén está al revés a veces...”  
“...mucho rato esperando en las escaleras y siempre me atraso...”  
“...hay trenes directos que no paran en Vicente Valdés y hay que esperar más...”
- Baquedano  
“...estación llena, cambio de andén es lento...”



- Puente Alto  
*“...demasiadas personas, sobrepasada de gente...”*
- El Llano  
*“... es horrible...”*

Existe la percepción de que las estaciones terminales son mejores y el transbordo es menos complicado que en las estaciones intermedias.

*“...aunque igual está lleno en hora punta, los carros salen como cada 3 minutos...”*

Por otro lado las estaciones donde hay transbordo de metro a metro, se perciben como las estaciones más congestionadas.

*“...las que tienen transbordo de Metro a Metro, son las peores estaciones...”*

En general en todas las estaciones hay congestión en horario de punta, aún en aquellas mejor evaluadas. Lo que supone un tiempo de espera superior al netamente relacionado a la llegada del otro modo de transporte.

#### Tiempo percibido para el transbordo

El tiempo destinado para el transbordo es percibido como altamente variable, pero hay consenso en afirmar que depende de las estaciones de transbordo y de la hora del día. En horario punta, algunos perciben que el tiempo empleado en hacer transbordo es de 15 minutos, mientras para otros es sólo de 3 minutos.

*“...el tiempo que tardas...todo depende de la estación y la hora del día...”*

#### **Razones de elección de uso o no uso de transbordo**

En general el uso de transbordo en horario de punta es percibido como una necesidad (y a veces una obligación), ya que permite elegir el camino más corto y ahorrar tiempo.

De entre las personas de los grupos consultados (17) sólo una de ellas reconoce tener la alternativa de usar transporte público sin transbordo.

*“...yo tengo la posibilidad de hacer transbordo de la micro a Metro y quizás podría ahorrar algo de tiempo...pero prefiero subirme a la micro e irme leyendo, me voy tranquilo, es más descansado...”*

Para la gran mayoría, el ahorro de tiempo es una necesidad en los viajes al trabajo en hora punta. Un punto relevante a considerar es que las personas, en general, no perciben la existencia de diferentes alternativas a la hora de hacer transbordos, y comentan que sólo tienen una forma de llegar a su trabajo y por lo tanto no existe la alternativa de usar menos transbordos.

*“...se trata de llegar a la hora al trabajo, andamos siempre atrasados, el viaje tiene que ser lo más corto, lo más rápido posible...”*

*“...el transbordo permite un recorrido más corto, menos tiempo..”*



Existe la percepción de que antes de la implantación de Transantiago era más fácil evitar hacer transbordo, debido a que existían recorridos más largos y directos.

*“...antes no se hacía transbordo....siempre había una micro que te llevaba hasta donde querías...ahora son todos los recorridos cortados”*

### Razones de uso de transbordo

Las principales razones y ocasiones para optar por un viaje con transbordo, son:

- Cuando se viaja con tiempo limitado.
- Para llegar a la hora al trabajo.
- Si no llevas carga es más fácil hacer transbordo.
- El transbordo permite más alternativas de viaje.
- El transbordo hacia el metro es mejor aceptado que hacia un bus.

### Razones de no uso de transbordo

La posibilidad de evitar el transbordo sólo es viable cuando el viaje es relajado, sin la obligación de llegada a destino a un horario fijo; pero incluso en dichas ocasiones, igualmente es necesario transbordar debido al diseño del sistema de transporte.

*“...si vas relajado, por ejemplo, los fines de semana, puedes tomar en cuenta la opción de no tomar transbordo...”*

*“...si no estoy apurado, puedo elegir no hacer transbordo...”*

Las principales razones y ocasiones para optar por un viaje sin transbordo, son:

- Cuando se dispone de más tiempo, o el tiempo no está controlado.
- Cuando se lleva carga o niños.
- Por temor a una excesiva espera del bus. La dificultad para calcular el tiempo de espera de los buses es una razón para evitar el transbordo.
- Para respirar mejor y sentirse menos encerrado.
- Más comodidad, si encuentras asiento.
- Viaje más tranquilo.
- Menos cambios de niveles, por lo que se reduce el uso de escaleras.
- Menos caminata.

*“...si no haces transbordo, evitas atochamientos...no tienes que bajar y subir escaleras...y también es más fácil calcular el tiempo del viaje...vas más tranquilo...”*

*“...si voy cargada, prefiero un viaje sin transbordo aunque se demore más tiempo...” “...el transbordo es cansador...”*

*“...no confío en las micros, pueden pasar dos al mismo tiempo y luego tardar 30 minutos en llegar la otra...son impredecibles...”*

Por otro lado, algunas personas reconocen que uno de los graves problemas del viaje con transbordo es la dificultad para calcular el tiempo del viaje. Al respecto, se menciona



fundamentalmente que los transbordos hacia el modo bus resultan ser los más variables en tiempo de espera y caminata derivada del transbordo mismo.

*“...nunca sabes cuanto va a tardar en pasar el bus...el metro es más fácil de calcular más o menos sabes cuanto te demoras”*

Sólo una de las personas de los grupos menciona la posibilidad de leer durante el viaje, como una razón para no utilizar transbordo.

### **Transbordo intra-modo o inter-modos**

Se evalúan y se conversa sobre las percepciones de las siguientes formas de transbordo:

- Metro a Metro
- Bus a Metro
- Metro a Bus
- Bus a Bus

Al evaluar estas formas de transbordo, siempre son mejor evaluadas las que suponen tomar el metro; Metro a Metro y Bus a Metro. Esto se debe a que tomar un bus supone un riesgo derivado del tiempo que puede tardar en llegar un determinado bus al paradero.

#### Metro a Metro:

Esta es percibida como la mejor modalidad de transbordo

Fortalezas:

- Más fácil calcular el tiempo del viaje.
- Excelente modalidad de pago.
- Sin salir a la intemperie, es una ventaja en invierno.
- Más seguro que cuando se hace transbordo a un autobús.
- Más rápido, aunque en hora punta no cumple las expectativas de los usuarios.
- Muy buena información, incluye mapas con líneas y de entorno.
- Sistema organizado y ordenado. Se dispone de personal de apoyo.
- Más seguridad; menos robos, menos accidentes que en las estaciones o paraderos de buses.

*“...en invierno es ideal no salir al frío y a la lluvia...”*

*“...fácil pagar y pasar...”*

*“...el metro siempre es más rápido, aunque en horario punta siempre está lleno”*

*“...la información es excelente...hay mapas en todas las estaciones...”*

*“...en las estaciones de metro corres menos riesgos, aunque también te pueden robar...”*



#### Debilidades:

- Filas y espera en pasillos y escaleras en horario punta.
- Falta de aire.
- Congestión en las estaciones.
- Dificultad de movimiento para personas con coches de bebé y/o discapacitados.  
*“...en todas partes lleno, pasillos, escaleras, andén...”, “...no se puede respirar, te asfixias...”, “...cuando voy con mi hijo en coche es muy complicado...”*

#### Bus a Metro

Esta es la segunda preferencia en cuanto a las distintas modalidades de transbordo evaluadas. En general no hay conciencia de que este tipo de transbordo supone un pago adicional. Las pocas personas que reconocían la existencia de este costo adicional, la estimaron en \$ 40, pero no tenían un conocimiento exacto del costo, ni tampoco manifestaron molestia por el mismo.

*“...aunque tenga que pagar un poco más, siempre prefiero entrar al metro, no confío en las micros, te puedes quedar esperando.....”*

#### Fortalezas:

- Más fácil calcular el tiempo del viaje, ya que el tiempo que tarda en pasar un carro de metro es relativamente predecible y frecuente.
- Transbordo más rápido que cuando hay que esperar un bus. Aunque en horario punta las estaciones de metro se congestionan y hay esperas en pasillos y escaleras.
- Buen sistema de pago.
- Muy buena información, incluye mapas con líneas y entorno.
- Las estaciones de metro son más seguras, porque tienen personal de vigilancia.

#### Debilidades:

- En horario punta las estaciones de metro están muy congestionadas.
- Esperas en pasillos, escaleras y andenes, en horario punta.
- Falta de ventilación en algunas estaciones y carros de metro.
- A veces hay que caminar, cuando el paradero del bus está alejado de la estación de metro.
- Hay que pagar un costo adicional de \$60 pesos en hora punta.  
*“no nos damos cuenta porque se paga de la tarjeta BIP, pero día a día va sumando...”*

#### Metro a Bus

Ningún transbordo que implique esperar un bus, es bien evaluado por los usuarios. Las razones principales son el tiempo de espera y la imposibilidad de calcular el tiempo que tarda un bus en llegar al paradero. Esta espera genera un alto nivel de ansiedad en el



horario punta mañana, ya que los usuarios se dirigen al trabajo, sobre todo por la imposibilidad de estimar el tiempo que tardarán en llegar a destino.

Sólo en las estaciones intermodales, este tipo de transbordo de Metro a Bus, es mejor evaluada, como si existiera la percepción de que el tiempo de espera es más corto o más predecible

Fortalezas:

- Transbordo es más eficiente en las estaciones intermodales.

*“...en las intermodales, si funciona...”*

*“depende de donde estas haciendo este transbordo, hay paraderos de micros que están a la salida del Metro y salen seguiditos...”*

Debilidades:

- Alto y variable tiempo de espera en los paraderos. Filas de hasta 30 minutos de espera en horario de punta.
- Imposibilidad de predecir el tiempo que tardará en el viaje, estos se hace especialmente grave en el horario punta en las mañanas.
- Falta de información en los paraderos, no hay información detallada con mapas sobre los recorridos.
- Dificultad para encontrar el paradero del bus que se necesita.
- Salida a la intemperie en invierno.
- Mayor inseguridad. Más riesgos de robo y accidentes en la calle.

*“...lo peor es que no sabes cuanto vas a tardar esperando que llegue la micro...no podemos calcular el tiempo del viaje al trabajo...”*

*“...los paraderos están rayados, la información destruida, nadie sabe nada, yo les pregunto a los choferes y tampoco saben el recorrido...”*

*“...el tiempo se te va de las manos, no sabes cuanto tiempo...”*

### Bus a Bus

Las dificultades aumentan en relación a las modalidades de transbordo que involucran estaciones de Metro. El transbordo de Bus a Bus es el peor evaluado, en relación a las otras modalidades, debido a su alto tiempo de espera, alta variabilidad e inseguridad horaria.

Fortalezas:

- Se puede evitar subir escaleras
- Si se aborda en un paradero cercano al inicio del recorrido se puede ir sentado.
- No se perciben de manera importante.

*“...el transbordo de bus a bus, es lo peor de todo...”*

Debilidades:

- Inseguridad. Riesgo de accidente por bajar y subir a un bus.
- Riesgo de robo en las calles, especialmente en horario punta.



- Largos tiempos de espera del bus.
- Imposibilidad de calcular el tiempo de viaje.
- Paraderos distanciados, obliga a caminar a veces hasta varias cuadras por las calles.
- Mala información.
  - “...no sabes si tienes que salir 1 hora y media antes o con 1 hora es suficiente...”
  - “...caminar por las calles es cansador y si andas con carga, mucho peor...”
  - “...cuando desconoces el recorrido, no sabes como informarte...”

### Estaciones intermodales

En general existe una buena percepción de las estaciones intermodales, debido a que en ellas es posible abordar de manera ordenada a los diferentes modos de transporte. Además, las personas se encuentran satisfechas con encontrar distintos servicios y tiendas dentro de la misma estación.

Las ventajas percibidas, son:

- Más posibilidades de calcular el tiempo del viaje.
- Más comodidad y facilidad de efectuar el transbordo.
- Más protección ante las inclemencias del clima en invierno y en verano.
- Menos riesgo de accidentes y de robo.
- Oferta de comida y otros productos, para resolver las necesidades antes de llegar al trabajo por la mañana o a casa en horario de salida.
- Ordenadas y limpias.

En términos específicos, algunas percepciones de las estaciones intermodales son las siguientes:

- Bellavista de la Florida  
Serías dificultades de los buses a la salida de la estación, se produce congestión y atochamientos debido a pasos de zebra y semáforos que usa la gente que va al mall. A excepción de lo anterior, la estación está bien evaluada.  
“...aparte de que los buses salen al taco total, la estación es buena...”
- Pajaritos  
Estación muy bien evaluada. No se perciben debilidades importantes.  
“...es buena, ordenada hay comercio, comida, puedes calcular el tiempo...”
- La Cisterna  
Los problemas estructurales de esta estación, generan inseguridad en los usuarios, pese a ello la consideran de máxima importancia para las personas del sector sur de la ciudad.  
“...j cómo es posible que se esté cayendo el piso, si es una estación nueva!...”



### **Otras variables a considerar en la elección de transbordo**

Las siguientes variables, si bien están en la mente del usuario, son secundarias al momento de elegir un recorrido con transbordo, especialmente si se trata de viajes en horario punta mañana, con exigencias de hora de llegada al trabajo, donde el tiempo es prioritario:

- Iluminación. Se asocia a seguridad ante el riesgo de robo.
- Ventilación.
- Caminar.
- Bajar o subir escaleras.
- Congestión.

Otro aspecto importante que surgió durante los grupos focales fueron las variables adversas asociadas a la entrada a un carro de metro. Es así como se pudieron identificar aquellas situaciones que generan mayores niveles de ansiedad y aversión en el metro, las cuales son:

- Tiempo de apertura de puertas de los vagones en el andén, ansiedad asociada a si se alcanzará a subir al vagón.
- Guardias que empujan a los usuarios para poder cerrar las puertas.
- Gente que empuja o que camina traspasando la línea amarilla de seguridad.

La situación de ansiedad en los viajes de punta mañana hacia el trabajo, es también una variable que influye en la percepción de “falta de aire” en las estaciones de Metro

### **Información en estaciones de transbordo**

Se le asigna gran importancia a la información disponible en paraderos y estaciones de metro. Esto se debe principalmente a que las personas desean enterarse de los cambios que experimenta el sistema y su configuración del momento, ya que antes estuvo fijo por mucho tiempo y luego de comenzar Transantiago ha estado en constante modificación.

Se observa una gran insatisfacción con la información disponible en los Paraderos de Buses:

- Falta de información.
- Carteles rayados ilegibles.
- No hay información sobre los recorridos, sólo el origen y destino.
- Algunos paraderos poseen información obsoleta, por los cambios frecuentes de recorrido.
- Conductores de buses desinformados o sin disposición para informar.

*“...no hay mapas, no hay planos...o están rotos...o la letra es demasiado chica, imposible de leer...”*

*“...además no sabemos donde están los paraderos...no sabes para que lado caminar...”*



Se observa un alto nivel de satisfacción con la información disponible en las Estaciones de Metro:

- Mapas con los recorridos.
- Planos de entorno de las estaciones.
- Personal de apoyo con excelente disponibilidad para informar.
- Indicaciones en el piso para los cambios de andén.
- Información siempre actualizada.
- Innovación y mejoras continuas en el servicio.

*“...es raro que te equivoques en el metro, en general está todo indicado...” “...me gusta esto de siga la línea en el suelo...”*

Alta satisfacción sobre la información en las Estaciones Intermodales:

- Fácil comprensión de los movimientos dentro de la estación.
- Avisos, afiches y todo tipo de información disponible.
- Buena información tanto en los buses, como en el metro.
- Servicios con horarios o frecuencias fijas, que permiten organizarse.
- Personal que disponible para brindar información.

*“...se explican bien los trayectos...hay información en todas partes, fácil de entender...”*

¿Cómo se informan en los paraderos?

La forma más habitual y eficiente de informarse en los paraderos de buses es preguntar a otra persona que esté esperando el mismo bus. Otras veces se recurre a los conductores; no obstante, esta forma de informarse no es evaluada como positiva debido a que estos muchas veces no poseen información actualizada de los demás recorridos.

*“...incluso yo le he preguntado a alguno de estos que visten de amarillo y no saben los recorridos...”*



## CONCLUSIONES GENERALES

- Para los usuarios del transporte público, los transbordos son una necesidad a la hora de realizar sus viajes en horario punta, especialmente en la mañana, debido a que pueden realizarlos en menos tiempo. En este horario no se percibe la posibilidad de cambiar el viaje hacia un recorrido sin transbordo o con menos de ellos.
- La mayor parte de los usuarios manifiesta que la opción de tomar el metro es la que optimiza el tiempo en el viaje, especialmente en el horario punta de la mañana.
- Sólo en viajes con menos exigencias de horario de entrada, es más posible contemplar la opción de realizar un viaje sin transbordo, ya que en la mayoría de los casos este es percibido como más largo en tiempo, pero con menos incertidumbre, debido a que siempre se encuentra en movimiento (esto es sólo una percepción, ya que en muchos casos el tiempo de viaje es altamente variable y con más incertidumbre que haciendo transbordo, debido a la alta congestión de las calles). Se describen como viajes más relajados, en fin de semana o en día libre.
- Las principales condiciones y razones que influyen en la elección de un viaje sin transbordo son:
  - Viajes con cargas o bultos.
  - Viajes con hijos, personas mayores o minusválidos.
  - Viajes en días libres, con libertad de horarios.
  - Viajes donde imperativamente se debe realizar una labor.
- En general, los transbordos son percibidos como situaciones adversas cuando se realizan en horario punta. Las variables o situaciones que determinan esta adversidad son:
  - Tiempos de espera en los paraderos, andenes, pasillos, escaleras. Estos tiempos se encuentran asociados a la ansiedad y temor de no llegar a la hora de entrada al trabajo. Esta es sin duda la variable predominante.
  - Imposibilidad de calcular el tiempo del viaje al trabajo por la espera impredecible del bus requerido.
  - Congestión e imposibilidad de saber cuándo se podrá abordar el modo.
  - Falta de aire y sensación de claustrofobia (Metro).
  - El momento de apertura y cierre de puertas en el metro, genera altos niveles de ansiedad.
- No obstante, a pesar de estas variables con connotación negativa (aversión, ansiedad), los pasajeros suelen optar por los recorridos con transbordos, cuando esto significa algunos minutos de ahorro de tiempo o simplemente menos variabilidad en el mismo. Estos instantes de tiempo ahorrado son particularmente valiosos en horario punta mañana, cuando las personas están sujetas a las exigencias del horario laboral.



- De las diferentes formas de transbordo, el cambio de Metro a Metro es la que produce menor aversión, y la peor de ellas es la de Bus a Bus. Los transbordos en las estaciones intermodales son percibidos como más gratos, más seguros y más predecibles en tiempo.
- La variable seguridad es una de las razones que hacen preferir a las estaciones de Metro sobre los paraderos de buses al hacer transbordo, aún cuando existe la percepción de que las estaciones de metro no están libres de riesgo. Pese a ello, esta variable no es muy considerada en horario punta, debido a que las personas son capaces de tomar algunos riesgos a fin de ahorrar tiempo.
- La variable iluminación aparece como secundaria (casi no fue mencionada en forma espontánea) en la elección del recorrido en hora punta mañana. No obstante adquiere relevancia desde el momento en que se asocia a seguridad (robos y accidentes).
- La información es un factor clave para facilitar los viajes a los usuarios de transporte público, debido a que estos necesitan conocer los cambios del sistema de manera pronta y exacta. Es así como se observa un alto nivel de satisfacción con la información existente en las estaciones de metro e intermodales. Por otra parte, el nivel de satisfacción asociado a la información disponible en paraderos es deplorable. Esta falta de información contribuye a aumentar los niveles de ansiedad de los pasajeros que intentan un recorrido nuevo en un bus que no conocen, ya que al llegar al paradero se encuentran con información poco actualizada o destrozada.



## **ANEXOS**



## PAUTA GUÍA DE REUNIÓN

### Introducción Presentación

(Crear una tarjeta pequeña con los datos básicos de c/participante: estaciones de transbordo y modos en el transbordo que utilizan)

#### 1.- Generalidades y contexto

- ¿Cómo es el TP en la mañana (7 a 9 AM) y de la tarde (6 a 8 PM)?.
- ¿Y los transbordos, como son en estos horarios?. Problemas, dificultades.
- ¿Qué transbordos realizan?.

#### 2.- Transbordo

¿Cuáles son los lugares o estaciones de transbordo preferidos?. Razones.

¿Cuáles son los lugares o estaciones de transbordo que menos les gusta y que tratan de evitar?. Razones.

#### 3.- Razones de elección del transporte, de uso o no uso de transbordos

- En qué piensa o que es lo más importante a tomar en cuenta en el momento de elegir el recorrido.
- A veces existe la posibilidad de elegir entre un recorrido con transbordo (posiblemente más corto) y un recorrido sin transbordo. En que piensan cuando deciden tomar o tomar el recorrido con transbordo.

#### 4.- Transbordo - Diferentes modos

- Posiblemente hay diferencias según el tipo de transbordo. Vamos por orden. ¿Qué piensan de los siguientes transbordos?
  - Metro a Metro
  - Metro a Bus
  - Bus a Metro \*Preguntar si les afecta el pago extra a la hora de decidir.
  - Bus a Bus
- ¿En el horario pta. cuando van a trabajar con horario de llegada exigido?
- ¿En el horario de pta. cuando van relajados sin hora exigida de llegada?
- Escuchar el aporte espontáneo y luego indagar:
  - Aspectos positivos / negativos.
  - Dificultades.
  - Seguridad.
  - ¿Prefieren las estaciones intermodales (edificio especialmente diseñado, sin salir a la intemperie)? Si, No, ¿Por qué?. O indiferencia.
  - Experiencias de emergencia y/o percepción de riesgo. Razones para decidir hacer el recorrido con transbordo o sin transbordo.

**Indagar sobre:**

- N° de transbordos necesarios
- Transbordo al mismo modo o con cambio de modo
- Tiempo de Acceso (de la casa al primer modo), Tiempo de Viaje (aproximado en cada uno de los modos), Tiempo de Transbordo (desde que se baja del modo 1 y se sube al modo 2)
- Entorno: Congestión en el transbordo, Comodidad, Seguridad, Iluminación, Facilidad de Conexión, etc.

**5.- Importancia y evaluación de la información en las estaciones**

- ¿Cómo es la información disponible en las estaciones de transbordo? (escuchar experiencias)
- ¿Encuentran la información que necesitan?, ¿Cómo consiguen la información leyendo o preguntando? , ¿Por qué preguntando?
- ¿Han tenido experiencias positivas/negativas en la búsqueda de información?
- ¿Es importante la información y la señalética cuando se quiere hacer transbordo?

## FILTRO

### 1.- Datos generales

Nombre: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

Teléfonos: \_\_\_\_\_ Comuna de residencia: \_\_\_\_\_

Trabajo: \_\_\_\_\_ Comuna donde trabaja: \_\_\_\_\_

Estudios: \_\_\_\_\_ Comuna donde estudia: \_\_\_\_\_

Dispone de auto en su hogar: --- Si ---No

Posee licencia de conducir: --- Si ---No

### 2.- ¿Cuáles son los horarios más frecuentes de movilización a su trabajo? y ¿Cuánto tiempo demora en cada viaje?

Horario de entrada: \_\_\_\_\_ Tiempo de Viaje (minutos): \_\_\_\_\_

Horario de salida: \_\_\_\_\_ Tiempo de Viaje (minutos): \_\_\_\_\_

### 3.- ¿Quién decide el recorrido de su viaje al trabajo en TP?

--- Yo mismo

--- Mis padres, hijos, esposa u otras personas (Terminar)

### 4.- ¿Realiza Ud. alguna labor durante el viaje? Ej: Estudiar, Tejer. --- Si --- No

### 5.- ¿En su viaje más frecuente al trabajo o a la salida de su trabajo, necesita hacer transbordo? ¿Cuántos? \_\_\_\_\_

--- Si

--- No (Terminar)

### 6.- ¿En qué estación(es) y/o paradero(s) realiza transbordo? \_\_\_\_\_

### 7.- ¿Cuál es el transbordo que realiza más frecuentemente?

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Metro – Bus   | <input type="checkbox"/> Metro – Auto |
| <input type="checkbox"/> Metro – Metro | <input type="checkbox"/> Bus – Auto   |
| <input type="checkbox"/> Bus – Metro   | <input type="checkbox"/> Taxi – Metro |
| <input type="checkbox"/> Bus – Bus     | <input type="checkbox"/> Taxi – Bus   |
| <input type="checkbox"/> Auto – Metro  | <input type="checkbox"/> Metro – Taxi |
| <input type="checkbox"/> Auto – Bus    | <input type="checkbox"/> Bus – Taxi   |

**8.- ¿Qué modo de transporte usa Ud. preferentemente para ir al trabajo?**

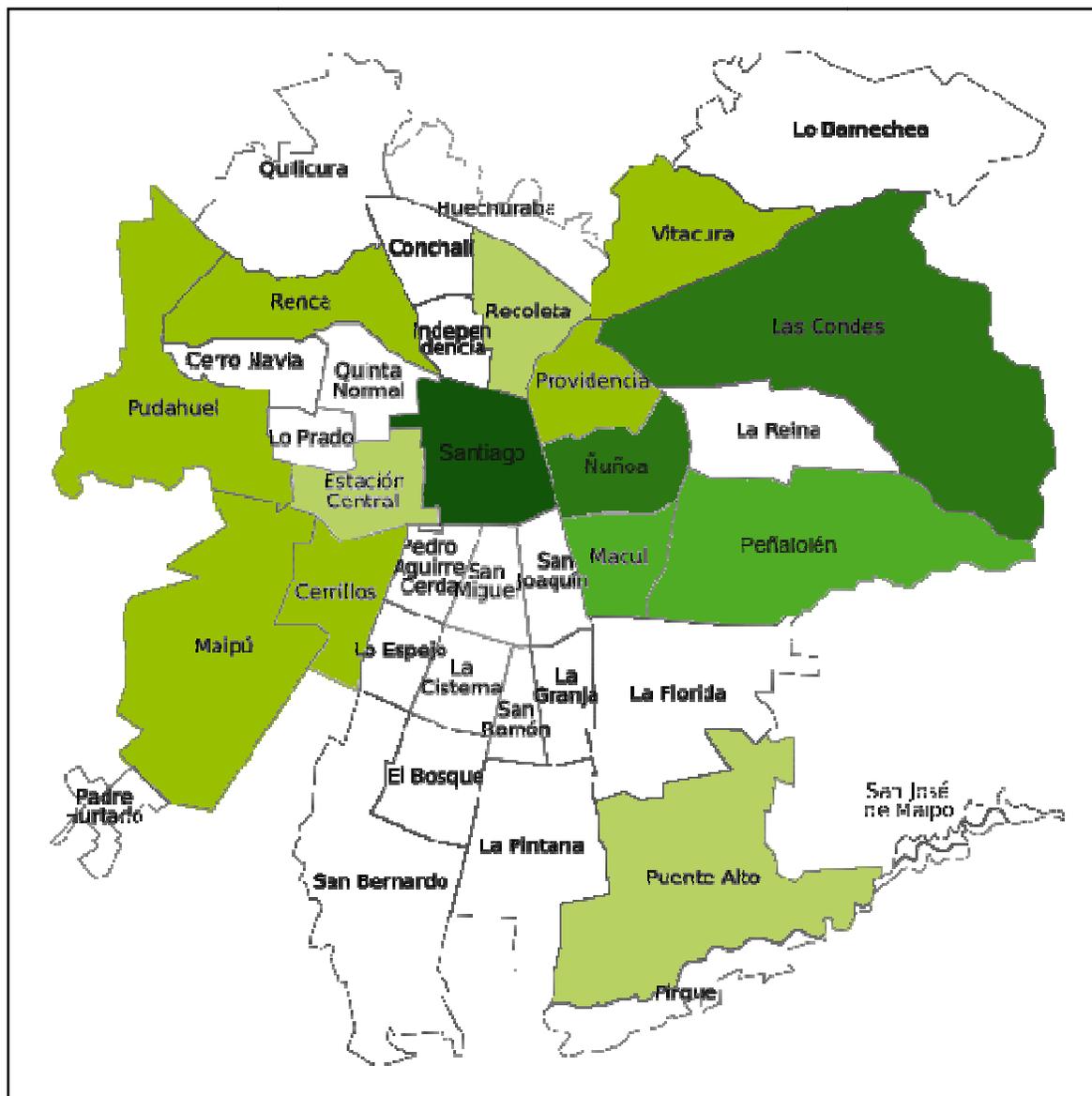
- Metro
- Bus
- Auto
- Mixto: Metro – Bus (en cualquier orden)
- Mixto: Auto – Metro, Auto – Bus (en cualquier orden)
- Taxi o Mixto: Taxi – Metro, Taxi – Bus (en cualquier orden)
- Bicicleta

**9.- Hacer transbordo durante su viaje al trabajo, es una opción...**

- Perfectamente aceptable
- Aceptable
- Poco aceptable, prefiero evitar hacer transbordo
- Inaceptable, hago todo lo posible para evitar hacer transbordo

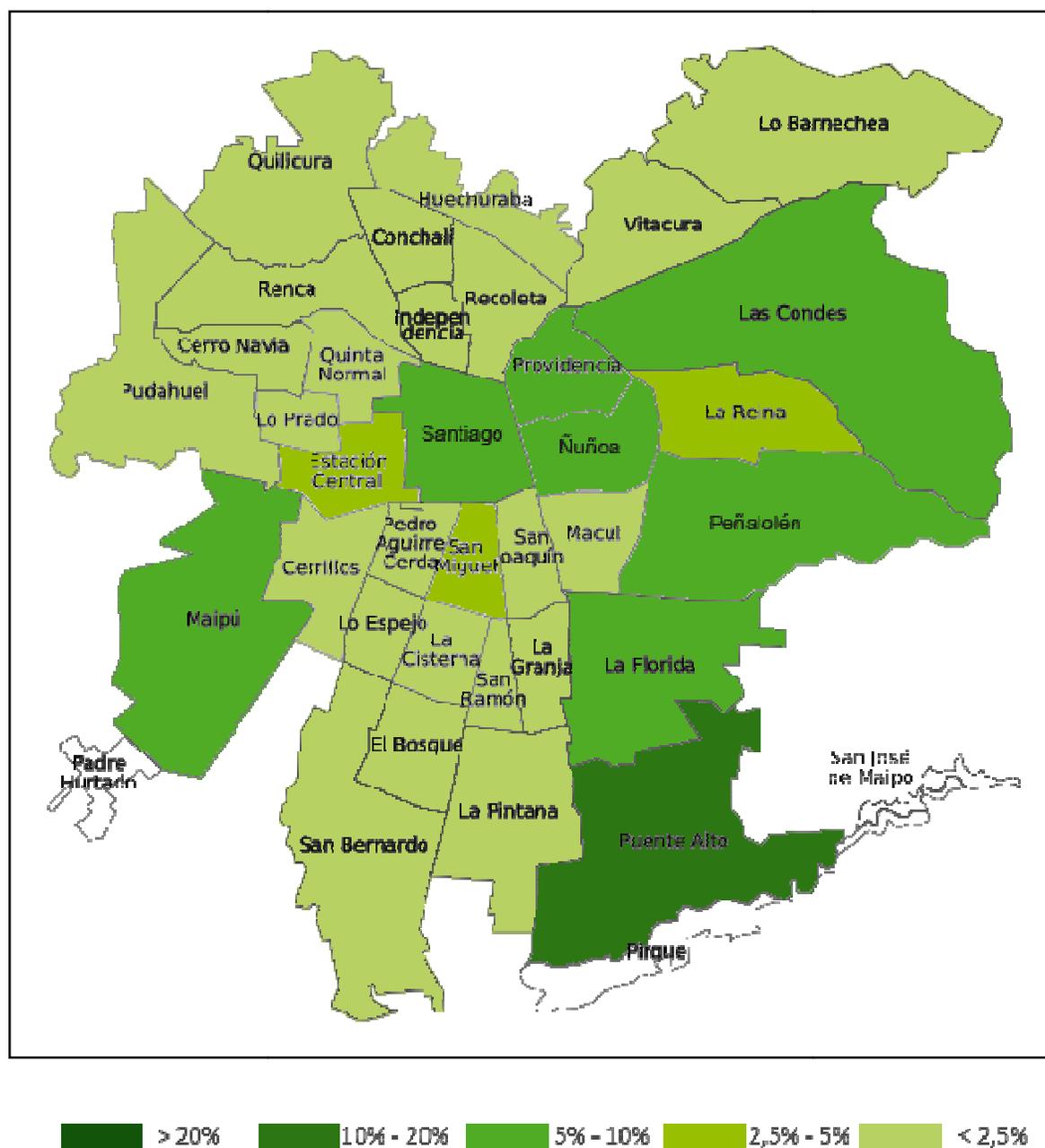
ANEXO C: COMUNAS ORIGENES Y DESTINO ENCUESTADAS

Comunas de Destino de los Encuestados



> 20%
  10% - 20%
  5% - 10%
  2,5% - 5%
  < 2,5%

### Comunas de Origen de los Encuestados



**ANEXO D: EMPRESAS O INSTITUCIONES ENCUESTADAS**

<b>Comuna</b>	<b>Empresa o Institución</b>
Santiago	Dirección General de Obras Públicas
Santiago	Dirección General de Aeropuertos
Santiago	Dirección General de Aguas
Santiago	Coordinación de Concesiones del MOP
Santiago	Dirección de Vialidad
Santiago	Dirección de Obras Hidráulicas
Santiago	Indumotora S.A.
Ñuñoa	Pastelería Condi
Ñuñoa	Pastelería Mozart
Ñuñoa	Sucursal Plaza Egaña del Banco del Desarrollo
Las Condes	Centro de Salud UC San Jorge
Las Condes	Novedades Agrícolas S.A.
Providencia	Construcción de Obras Civiles Imaco Ltda.
Providencia	Elemental
Estación Central	Importadora Universo
La Cisterna	Construcción de Obras Civiles Imaco Ltda.
Macul	Dictuc S.A.
Maipú	Puente UC
Peñalolén	I. Municipalidad de Peñalolén
Pudahuel	Indumotora S.A.
Puente Alto	Registro Civil e Identificación de Puente Alto
Recoleta	Textiles Pichara Ltda.
Renca	Prosegur S.A.
Vitacura	Sushi Suki

**ANEXO E: CARTA DE INVITACIÓN A PARTICIPAR EN LA ENCUESTA**

Santiago, Julio de 2009

A quién corresponda; de mi consideración:

Como parte de un proyecto de Investigación financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Proyecto FONDECYT 1050672), se está desarrollando un estudio denominado “Valoración Subjetiva del Transbordo en Transporte Público en la hora punta mañana”. Este proyecto pretende captar los aspectos más relevantes para los usuarios a la hora de decidir hacer un transbordo, y cómo estos son percibidos por los mismos.

Para ello, es necesario recopilar abundante información relativa a los viajes que realizan los usuarios del transporte público durante la hora punta mañana, entre 07:00 y 09:00, cuando preferentemente se dirigen al trabajo o estudio. Por lo mismo, una parte muy importante de este estudio consiste en la realización de encuestas para conseguir los datos relevantes para este estudio, el cual será realizado en terreno por la estudiante de Magíster de Ciencias de la Ingeniería, Francisca Navarrete.

Es por tanto, que mediante la presente solicito a Usted la autorización para efectuar las encuestas requeridas en el establecimiento u oficina a su cargo. Dado las fases del estudio, será necesario realizar una encuesta piloto y, en base a los ajustes que esta requiera, posteriormente se procederá con la encuesta final. La encuesta piloto será realizada por Francisca y podrá contar con el apoyo de un encuestador; la encuesta final será realizada por encuestadores debidamente capacitados e identificados.

Estaremos atentos para efectuar las coordinaciones que sean necesarias, a cargo de Francisca Navarrete (Fono: 354 12 86; Celular 09 -5196536; [fjnavarr@uc.cl](mailto:fjnavarr@uc.cl)).

Sin otro particular, se despide atentamente.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Ortúzar'.

**Juan de Dios Ortúzar Salas**  
Profesor Titular  
Escuela de Ingeniería  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
[jos@ing.puc.cl](mailto:jos@ing.puc.cl)

## ANEXO F: MODELO MNL1 COM INDIVIDUOS LEXICOGRÁFICOS

Tabla F-1: Resultado del modelo Logit Simple MNL1 con individuos lexicográficos

	ML1*	
	Valor Parámetro	Test t
$\theta_{MetroMetro}$	-0,34600	-2,13
$\theta_{BusMetro}$	-0,17900	-2,15
$\theta_{MetroBus}$	0,20700	0,74*
$\theta_{Costo}$	0,00020	1,70*
$\theta_{CamAcceso}$	-0,06580	-0,70*
$\theta_{EsperaAcceso}$	-0,01170	-0,85*
$\theta_{ViajeInicial}$	0,01070	1,15*
$\theta_{CamTrans}$	0,02500	0,30*
$\theta_{EsperaTrans}$	0,01520	1,03*
$\theta_{ViajeFinal}$	0,01690	0,05*
$\theta_{CamDestino}$	-0,01520	-0,16*
$\theta_{Intermodal}$	0,26100	1,83*
$\theta_{EscaleraMec}$	-0,43000	-1,46*
$\theta_{PrimeroDisp}$	0,12100	1,13*
$\theta_{Información}$	0,22500	0,83*
N° Parámetros	15	

### ANEXO G: PARÁMETROS ASOCIADOS A LA VARIABLE “INTER”

Tabla G-1: Parámetros de “Inter” en el modelo MNL2 para “TSal” mínima

Atributo	Ocupación	Género	Proporción Del Tiempo de Caminata			
			= 0,07 (Mín.)	> 0,07 y < 0,55	= 0,55 (Máx.)	= 0,24 (Prom.)
Inter	Independiente	Hombre	-0,50931	<i>Entre ambos valores, aumenta linealmente</i>	-0,25299	-0,41853
		Mujer	-0,45021		-0,19389	-0,35943
	Dependiente	Hombre	-0,42471		-0,16839	-0,33393
		Mujer	-0,36561		-0,10929	-0,27483

Tabla G-2: Parámetros de “Inter” en el modelo MNL2 para “TSal” máxima

Atributo	Ocupación	Género	Proporción Del Tiempo de Caminata			
			= 0,07 (Mín.)	> 0,07 y < 0,55	= 0,55 (Máx.)	= 0,24 (Prom.)
Inter	Independiente	Hombre	0,30261	<i>Entre ambos valores, aumenta linealmente</i>	0,55893	0,39339
		Mujer	0,36171		0,61803	0,45249
	Dependiente	Hombre	0,38721		0,64353	0,47799
		Mujer	0,44631		0,70263	0,53709

## ANEXO H: MODELO MNL5

Tabla H-1: Resultado Modelo Logit Mixto ML5, método Parámetros Aleatorios

	ML5	
	Valor Parámetro	Desviación Estándar
$\theta_{MetroMetro}$	0,47700	
$\theta_{BusMetro}$	0,10200	
$\theta_{MetroBus}$	0,20500	
$\theta_{Costo}$	-0,00160 (-3,18)	0,00371 (4,66)
$\theta_{CamAcceso}$	-0,05270 (-3,26)	-0,00246 (-0,04)
$\theta_{EsperaAcceso}$	-0,03510 (-2,14)	-0,00939 (-0,08)
$\theta_{ViajeInicial}$	-0,04050 (-3,96)	
$\theta_{CamTrans}$	-0,03560 (-2,15)	0,05830 (1,23)
$\theta_{EsperaTrans}$	-0,06580 (-3,94)	
$\theta_{ViajeFinal}$	-0,04580 (-4,35)	
$\theta_{CamDestino}$	-0,06150 (-3,66)	0,00084 (0,02)
$\theta_{Intermodal}$	-0,13100 (-2,23)	0,13700 (1,53)
$\theta_{EscaleraMec}$	0,13000 (2,28)	0,00206 (0,01)
$\theta_{PrimeroDisp}$	0,14700 (2,29)	0,39900 (3,55)
$\theta_{Información}$	0,13500 (2,34)	-0,17400 (-0,93)
Log verosimilitud	-1134,446	
N° Parámetros	24	