



FACULTAD  
DE CIENCIAS  
ECONÓMICAS



Universidad  
Nacional  
de Córdoba

# REPOSITORIO DIGITAL UNIVERSITARIO (RDU-UNC)

**Estimación de la demanda de transporte urbano en la ciudad de Villa Carlos Paz y cálculo de valoraciones subjetivas, aplicando modelos de elección discreta con parámetros aleatorios**

Walter Javier Romano

Tesis en Maestría en Dirección de Negocios. Escuela de Graduados. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Córdoba, 2019. Córdoba, Argentina



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**  
**ESCUELA DE GRADUADOS EN CIENCIAS**  
**ECONÓMICAS**

**MAESTRÍA EN DIRECCIÓN DE NEGOCIOS**

**TRABAJO FINAL DE APLICACIÓN**

*“Estimación de la demanda de transporte urbano en la ciudad de Villa Carlos Paz y cálculo de valoraciones subjetivas, aplicando modelos de elección discreta con parámetros aleatorios”*

**Autor:** Lic. Walter Javier Romano

**Tutor:** Dr. Juan José Pompilio Sartori

**Córdoba**

**2019**

Clasificación JEL: C35; D12; R41.

### *Agradecimientos*

*En primer lugar, quiero agradecer a Lourdes Vallejo por su apoyo incondicional para concluir y alcanzar esta meta.*

*A toda mi familia, que me incentivó y me alentaron a continuar en este camino; también al recuerdo de mi padre Víctor Jorge Romano.*

*Por último, pero no menos importante, quiero extender un sincero agradecimiento al Dr. Juan José Pompilio Sartori; siempre con aportes precisos, simples y claros; además, por su interminable paciencia para acompañarme en el desarrollo de este trabajo final de maestría.*

*¡Gracias!*

*Lic. Walter Javier Romano – agosto de 2019*



<b>I. Introducción</b>	<b>- 10 -</b>
<b>II. Marco Económico</b>	<b>- 13 -</b>
<b>A. Marco económico sobre teoría de la demanda</b>	<b>- 13 -</b>
<b>III. Marco Econométrico</b>	<b>- 19 -</b>
<b>A. El modelo logit multinomial</b>	<b>- 19 -</b>
<b>B. El modelo logit mixto</b>	<b>- 21 -</b>
Modelo basado en coeficientes aleatorios	- 23 -
a. La distribución Uniforme	- 24 -
b. La distribución Normal	- 25 -
c. La distribución Lognormal	- 26 -
<b>C. Cálculo de valoraciones subjetivas</b>	<b>- 26 -</b>
<b>IV. Diseño de Encuesta</b>	<b>- 29 -</b>
<b>A. Diseño muestral</b>	<b>- 29 -</b>
a. Procedimiento propuesto para el relevamiento	- 30 -
b. Tamaño de la muestra	- 31 -
<b>B. Diseño del experimento de elección</b>	<b>- 32 -</b>
<b>V. Aplicación Práctica</b>	<b>- 40 -</b>
<b>A. Base de datos</b>	<b>- 40 -</b>
<b>B. Aplicaciones de los modelos Logit multinomial (LMN) y Logit Multinomial Mixto (LMNM).</b>	<b>- 41 -</b>
a. Modelos con coeficientes fijos	- 44 -
b. Modelos con coeficiente de tiempo de viaje con distribución Uniforme	- 46 -
c. Modelos con coeficiente de tiempo de viaje con distribución Normal	- 48 -
d. Modelo con coeficiente de tiempo de viaje con distribución Lognormal	- 50 -
<b>VI. Resultados de la aplicación práctica</b>	<b>- 51 -</b>
<b>A. Valoraciones subjetivas</b>	<b>- 51 -</b>
<b>B. Análisis de escenarios y cálculo de elasticidades con el modelo de elección de modo de transporte</b>	<b>- 56 -</b>
<b>VII. Conclusiones</b>	<b>- 59 -</b>
<b>VIII. Bibliografía</b>	<b>- 72 -</b>

## Resumen

En la actualidad nos enfrentamos a una problemática mundial de planificación del transporte debido a la elevada congestión vehicular y gran polución ambiental relacionados al uso de vehículos; por esto, es de suma importancia apuntar hacia sistemas de transporte armónicos mediante el diseño de instrumentos apropiados que regulen e incentiven el uso de transporte público, teniendo en cuenta las necesidades de movilidad. En este trabajo final de la Maestría en Dirección de Negocios se realiza la estimación de la demanda de transporte urbano en la ciudad de Villa Carlos Paz, aplicando modelos de elección discreta con parámetros aleatorios.

Con el fin de obtener una mejor estimación de los parámetros del modelo de demanda desagregada, se utilizan datos de preferencias declaradas. En los experimentos de preferencias declaradas, a los encuestados se le solicita responder una serie de preguntas hipotéticas, llamados experimentos de preferencias declaradas, que indican los juicios declarados por los individuos sobre alternativas que pueden o no estar disponibles en la realidad al momento de realizar la encuesta.

Este trabajo presenta estimaciones de modelos de elección discreta basados en una muestra de usuarios de transportes de la Ciudad de Villa Carlos Paz. Se presentan los resultados correspondientes a los viajes al trabajo. Se ha estimado un modelo logit multinomial, modelos logit multinomial mixto.

El trabajo presenta, además, pronósticos de la cuota de mercado del uso de los diferentes modos de transporte, la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje y de espera y cuerdas caminadas en origen y destino al utilizar colectivo, como así también las elasticidades de demanda de la elección de modo de transporte ante la aplicación de políticas asociadas a cambios en algunas variables de nivel de servicio de los diferentes modos de transporte.

## Marco Teórico

Para realizar la estimación de la demanda de transporte urbano en la ciudad de Villa Carlos Paz, aplicando modelos de elección discreta con parámetros aleatorios que es objetivo del presente trabajo, se recurre a dos marcos teóricos, a saber:

- Primero, el marco económico siguiendo la teoría del comportamiento del consumidor interpretando que los bienes que consume no son los determinantes de la utilidad de consumidor sino, las características de los bienes que consume (Louviere, Hensher, & Swait, 2000).
- Segundo, el marco econométrico; ya que es necesario aplicar métodos econométricos apropiados que se relacionen con el modelo económico mencionado. Se realiza una explicación teórica de los modelos logit multinomial (LMN), para luego explicar el modelo logit multinomial mixto con parámetros y aleatorios (LMNM) que se utilizarán para la estimación de la demanda. Los modelos se aplicarán estimando las funciones de utilidad de los diferentes modos de transporte disponibles para cada usuario en la Ciudad de Villa Carlos Paz en el contexto de los modelos de elección discreta. Se supondrá que el coeficiente de tiempo de viaje seguirá las siguientes funciones de distribución: Uniforme, Normal y Lognormal. Para el diseño de encuesta se aplican “diseños d-eficientes”, y se utiliza el software Ngene<sup>1</sup> (ChoiceMetrics, 2012) para determinar los escenarios de elección. Para realizar las estimaciones mediante los modelos logit multinomial y logit multinomial mixto con parámetros aleatorios se utiliza el software Biogeme<sup>2</sup> (Bierlaire, 2003) (Bierlaire, 2009).

---

<sup>1</sup> Página web [www.choice-metrics.com](http://www.choice-metrics.com)

<sup>2</sup> Página web <https://biogeme.epfl.ch/>

## Alcance del trabajo

En el presente trabajo final de aplicación se realizará la estimación y pronóstico de la demanda aplicando los siguientes modelos:

- 1- Logit multinomial (LMN).
- 2- Logit multinomial mixto con parámetros aleatorios (LMNM)

A partir de las estimaciones de demanda realizadas con estos modelos:

- Se calcula la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje, tiempo de espera y cuerdas caminadas de los usuarios para realizar viajes al trabajo,
- Se pronostica la demanda de los distintos modos de transporte urbano en la ciudad de Villa Carlos Paz estimando la probabilidad de elección de diferentes modos de transporte en función de las variables que forman parte del proceso de decisión del consumidor,
- Se realizan pronósticos de la proporción de viajes al trabajo ante distintos escenarios de política y se calculan las elasticidades de demanda de los diferentes modos de transporte.

## Organización de trabajo

El presente trabajo de aplicación está organizado de la siguiente manera: una introducción en la cual se presenta la problemática de planificación del transporte y se presentan datos relacionados con esta problemática que corresponden a la ciudad de Córdoba Capital; y su relación con la ciudad de Villa Carlos Paz, luego en los capítulos 2, 3 y 4 se presenta el marco teórico que se utilizará para encontrar instrumentos apropiados que apunten a la solución del problema; comenzando por el marco económico, luego en el siguiente capítulo se presenta el marco econométrico de estimación de la demanda, para luego pasar en el cuarto capítulo al diseño de la encuesta de preferencias declaradas.

En el capítulo 5 se realiza la aplicación práctica de los modelos econométricos presentados utilizando la base de datos obtenida mediante la encuesta de preferencias declaradas. Se presentan los modelos estimados y se interpretan las estimaciones. En el capítulo 6, se exponen los principales resultados obtenidos y en el capítulo 7 se enuncian las conclusiones.





## Objetivo del trabajo

El **objetivo general** de este trabajo es aplicar la teoría econométrica de modelos de elección discreta al diseño de encuestas, relevamiento y estimación de modelos de demanda de transporte urbano de pasajeros, utilizando datos de preferencias declaradas en la Ciudad de Villa Carlos Paz.

### Los objetivos específicos son:

- Aplicar una técnica de diseño de experimentos para la realización de encuestas de preferencias declaradas de elección de modo de transporte urbano para realizar viajes al trabajo.
- Diseñar el instrumento de encuesta a partir de un diseño de experimento de elección, especificando las variables determinantes de la elección del consumidor.
- Realizar un análisis del muestreo a utilizar para aplicar la encuesta y del tamaño muestral mínimo necesario para obtener una muestra representativa de la población para la estimación de la proporción de viajes al trabajo realizados en los distintos modos de transporte disponibles.
- Realizar las encuestas de preferencias declaradas a una muestra representativa de la población.
- Realizar la especificación y estimación de los modelos de elección seleccionados, que permitan obtener estimaciones de los parámetros de las funciones de utilidad que sean eficientes y consistentes.
- Calcular la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje, tiempo de espera y cuerdas caminadas, de los usuarios para realizar viajes al trabajo.
- Realizar pronósticos de la cuota de mercado de los modos de transporte urbano considerados, ante diferentes escenarios de política.
- Calcular las elasticidades de demanda de la elección de modo de transporte ante la aplicación de políticas asociadas a cambios en algunas variables de nivel de servicio de los diferentes modos de transporte.

## Metodología de trabajo

Este trabajo de aplicación se ha desarrollado como una parte del proyecto Secyt - UNC, 2016-2017, dirigido por el Dr. Juan José P. Sartori: Modelo mixtos de panel de elección discreta aplicados al transporte urbano: una aplicación a la ciudad de Villa Carlos Paz.

Con el fin de introducirnos en el contexto de estimación y pronóstico de demanda de transporte urbano con modelos de elección discreta, se comienza con la lectura y explicación del marco teórico económico de teoría del comportamiento del consumidor. Además, se hace referencia al método econométrico para la estimación de demanda con modelos de elección discreta.

Luego, se desarrolla el diseño de la encuesta de preferencias declaradas de los usuarios de modos de transporte en Villa Carlos Paz, se calcula el tamaño de la muestra, se explica la metodología de relevamiento de las encuestas y limpieza de la base de datos, y se determina el error de muestreo admisible expost.

Luego, se realiza la aplicación práctica de estimación de la demanda de los modos de transporte utilizando los modelos logit multinomial y logit multinomial mixto con parámetros aleatorios, exponiendo los resultados de los modelos estimados y las conclusiones del trabajo.

## I. Introducción

En la actualidad nos enfrentamos a una problemática mundial de planificación del transporte debido a la elevada congestión vehicular y gran polución ambiental relacionados al uso de vehículos; por esto, es de suma importancia orientarse a sistemas de transporte armónicos, mediante el diseño de instrumentos apropiados que regulen e incentiven el uso de transporte público, teniendo en cuenta las necesidades de movilidad. La planificación del transporte urbano trata de lograr una mejor movilidad de los habitantes, disminuyendo el uso del vehículo privado y fomentando el uso de los servicios de transporte público. (Sartori J. J., 2013, pág. 1)

Estimar la demanda de transporte de las ciudades es fundamental para diseñar e implementar políticas económicas en el sector transporte que tiendan a mitigar la elevada congestión vehicular y polución ambiental. Estimar la demanda de viajes permite pronosticar la cantidad de viajes por distintos modos de transporte, motivos de viaje y destinos específicos y asignación de viajes a la red de tránsito existente.

Como se puede apreciar en la Tabla 1, en Córdoba Argentina la cantidad de vehículos se incrementó un 321% desde el año 1993 al año 2019, en 25 años pasó de 211.406 a 890.331 vehículos en el parque automotor<sup>3</sup>. Además, se puede observar que un alto y creciente porcentaje está determinado por motos y autos particulares, 82% en 1993 y 86% en 2019, es evidente el incremento en el parque de vehículos Córdoba, lo que contribuye a aumentar los niveles de congestión en el tránsito urbano y los niveles de polución.

**Tabla 1. Cantidad de vehículos en la ciudad de Córdoba, Argentina**

Años	Cantidad de Vehículos	Cantidad de motocicletas y automóviles particulares	Porcentaje de motocicletas y automóviles particulares respecto al total de vehículos
<b>1993</b>	211.406	172.775	82%
<b>2019</b>	890.331	767.551	86%

Fuente: Elaboración propia con datos de [gobiernoabierto.cordoba.gob.ar/data](http://gobiernoabierto.cordoba.gob.ar/data)

En el Gráfico 1 se muestra el crecimiento del número de automóviles y motos por año sobre el total de vehículos de la Ciudad de Córdoba.

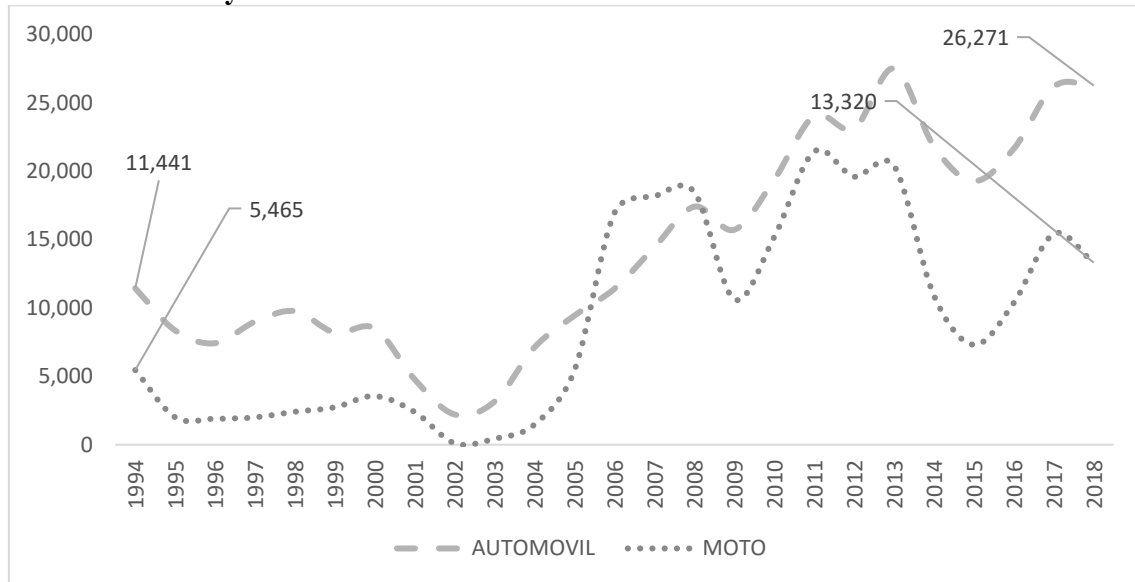
Por otro lado, la ciudad de Villa Carlos Paz se encuentra en el cuarto lugar de las ciudades más pobladas de Córdoba<sup>4</sup>, además, es el centro turístico más importante de la provincia y también uno de los más importantes del país. La misma cuenta con una red del servicio

<sup>3</sup> <https://gobiernoabierto.cordoba.gob.ar/data/datos-abiertos/categoria/transporte/parque-automotor/183>

<sup>4</sup> <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-135>

público de transporte masivo de pasajeros por ómnibus<sup>5</sup> con siete líneas de transporte. En la actualidad cuenta con una tarjeta llamada “Tarjeta Ya”<sup>6</sup> para pagar el transporte público de la ciudad exclusivamente, que fue implementada en julio del 2018.

**Gráfico 1: Crecimiento del número de automóviles y motos por año - Crecimiento % número de autos y motos sobre el total de vehículos**



La ciudad cuenta también con servicios de taxis y remis<sup>7</sup>. Las tarifas de estos servicios están reguladas y establecidas por las ordenanzas 6545 y 6544 respectivamente.

La encuesta se realizó entre julio y septiembre de 2018, a esa fecha la bajada de bandera tenía un valor de \$28,50 y la ficha por cada 100 metros era de \$1,70 para taxi; \$31,00 y \$1,75 respectivamente para remis.

Actualmente las tarifas vigentes son: \$50,90 la bajada de bandera y \$3,00 la ficha por cada 100 metros para taxi; \$55,40 y \$3,10 respectivamente para remis.

La ciudad cuenta con estacionamiento controlado cuya tarifa está regulada por la ordenanza 1306<sup>8</sup>, la cual determina que en zona centro la tarifa básica de \$15 la hora de 8:00 a 14:00 hs y de 18:00 a 4:00 hs. En la zona balnearios es de \$85 el turno de estacionamiento (durante todo el día). En la zona terminal de ómnibus en enero y febrero es de \$15 de 8:00 a 22:00 hs y \$100 turno completo 22:00 a 04:00 hs. En la zona boliches y casino es de \$15 de 8:00 a 22:00 hs y \$ 100 el turno completo de 22:00 a 04:00 hs.

La estimación de la demanda juega un rol significativo en el diseño e implementación de políticas económicas en el sector transporte. El uso de modelos de elección discreta en la

<sup>5</sup> [https://www.villacarlospaz.gov.ar/turismo/infotur/datos/transporte\\_urbano.htm](https://www.villacarlospaz.gov.ar/turismo/infotur/datos/transporte_urbano.htm)

<sup>6</sup> <https://grupoautobuses.com/tarjeta-ya/>

<sup>7</sup> <https://www.villacarlospaz.gov.ar/turismo/infotur/datos/taxi.htm>

<sup>8</sup> <https://www.villacarlospaz.gov.ar/atencionciudadana.php?id=3>

planificación urbana es una de las bases fundamentales para realizar un correcto diagnóstico de la situación y para generar predicciones que permitan conocer las consecuencias de diferentes medidas de política (entre ellas: medidas de regulación o desregulación, implementación de impuestos, diferentes formas de establecer tarifas para los modos de transporte público urbano, restricciones de entrada al mercado, el desarrollo de infraestructura de transporte y servicios, gestión del tránsito, etc.).

Mediante la aplicación de modelos de elección discreta, tales como el modelo logit multinomial, es posible estimar la probabilidad de elección de diferentes modos de transporte en función de las variables que forman parte del proceso de decisión del consumidor.

Las variables explicativas en la estimación de demanda pueden clasificarse en dos grupos: por una parte, variables representativas de las características sociodemográficas de los consumidores y por otra, variables asociadas con el viaje realizado o a realizar que están relacionadas con las características técnicas de los modos de transporte considerados. Entre las primeras, se pueden mencionar: género, edad, nivel educativo, categoría ocupacional, etcétera. Las variables del segundo grupo, también llamadas variables de nivel de servicio, las cuales son: costos de transporte, tiempo de viaje, tiempo de espera, tiempos de acceso y distancia hasta la parada del transporte público, costos de estacionamiento (para modos de transporte privados) y características específicas de calidad de los modos de transporte.

En este trabajo final de aplicación de la maestría en dirección de negocios, se realizan estimaciones de modelos de elección discreta basados en una muestra de usuarios de transportes de la Ciudad de Villa Carlos Paz y con esto se realiza un pronóstico de la cuota de mercado del uso de los diferentes modos de transporte, se calcula la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje, tiempo de espera y cuadras caminadas en origen y destino al utilizar colectivo, como así también las elasticidades de demanda de la elección de modo de transporte ante la aplicación de políticas asociadas a cambios en algunas variables de nivel de servicio de los diferentes modos de transporte.

## II. Marco Económico

### A. Marco económico sobre teoría de la demanda

Una rama de la microeconomía se encarga de estudiar la teoría de la elección del consumidor, que estudia el comportamiento de un agente económico en su carácter de consumidor de bienes y de servicios de la cual se deriva la curva de demanda del consumidor para los distintos bienes. En esta teoría se relacionan las preferencias de los consumidores, sus curvas de indiferencia y las restricciones presupuestarias que enfrentan.

El estudio del comportamiento del consumidor es el estudio del comportamiento que los consumidores muestran al buscar, evaluar comprar o desechar los productos y servicios que satisfacen sus necesidades. Se enfoca en la forma que los individuos toman decisiones para gastar sus recursos disponibles (tiempo, dinero y esfuerzo) en artículos relacionados con el consumo.

En microeconomía, la teoría de la **preferencia revelada** se refiere al proceso de elección del consumidor sobre la base de su comportamiento. Lo que quiere decir que, las preferencias de los consumidores pueden ser reveladas por sus hábitos de compra. Es decir, la teoría de la preferencia revelada postula que pueden definirse las funciones de utilidad observando el comportamiento de los consumidores.

Las **preferencias declaradas**, a diferencia de las preferencias reveladas, se refiere al proceso de adquisición de datos basada en las preferencias de selección de un consumidor sobre opciones que pueden o no existir en la realidad. Se presentan al consumidor escenarios posibles de elección relacionados con los atributos de los bienes o servicios en cuestión para que declare su elección.

Por ejemplo, en el caso de preferencias reveladas, se recopila información de los viajes reales de los individuos en un momento determinado de tiempo, dentro de las elecciones disponibles en la realidad. Sin embargo, esta metodología no permite obtener algunas observaciones importantes, como el valor de los ahorros de tiempo de espera de los usuarios del transporte público, dado que no podrían conocerse los tiempos de espera de todas las alternativas que componen el conjunto de elección de cada consumidor.

En los experimentos de preferencias declaradas, a los encuestados se le solicita responder una serie de preguntas hipotéticas, llamados experimentos de preferencias declaradas, las cuáles señalan juicios declarados por los individuos sobre alternativas que pueden o no estar disponibles en la realidad al momento de realizar la encuesta.

Nos dice Sartori (2013):

El marco de referencia conceptual basado en la teoría económica de la demanda se asienta en la teoría de la elección del consumidor. El proceso de elección del consumidor puede resumirse en los siguientes estadios (Louviere, Hensher, & Swait, 2000)

- El consumidor identifica necesidades o problemas por resolver,
- luego busca información con la cual aprende sobre las cualidades de los productos que pueden satisfacer esas necesidades o resolver esos problemas,
- durante este proceso de búsqueda y aprendizaje los consumidores se forman creencias, que son la base de la elección, acerca de cuáles son los productos con los que pueden satisfacer esas necesidades, los atributos de los productos, los valores de esos atributos como también la incertidumbre existente,
- una vez que el consumidor posee la suficiente información, se forma una función de utilidad (o regla de decisión) que involucra la valuación y la comparación de situaciones de compromiso (trade-off) que importan en la decisión,
- el consumidor se forma un ordenamiento de preferencia de los productos y decide comprar o no comprar un producto, considerando restricciones de presupuesto disponible y otras consideraciones,
- al decidir comprar, el consumidor puede elegir una o varias alternativas, en cantidades específicas y en momentos determinados del tiempo.

Los modelos de elección discreta cuentan con las características de la teoría microeconómica del comportamiento del consumidor, el supuesto de elección racional y los supuestos sobre las propiedades que deben cumplir las funciones de utilidad.

Es importante remarcar la diferencia entre la:

- 1- teoría tradicional que indica que la utilidad se deriva de los bienes en sí mismos,
- 2- y el nuevo paradigma de elección que propone que la utilidad se deriva de las propiedades o de las características que poseen los bienes.

Este paradigma de elección se basa en el trabajo de (Lancaster, 1966) (Lancaster, 1971) para bienes divisibles y en el de (Rosen, 1974) para bienes no divisibles<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Para un desarrollo ver (Sartori J. J., 2013)

Manski (1977) indica que el modelo económico teórico para realizar las estimaciones y los pronósticos se basa en la teoría de la utilidad aleatoria. Básicamente el modelo de utilidad aleatoria indica que un individuo actuando racionalmente puede comparar alternativas y elegir aquella que le reporta el máximo nivel de satisfacción o utilidad, es decir, el individuo elige la alternativa que maximiza su utilidad una vez que se confronta con el ejercicio de elección, dados los atributos de los bienes considerados (modos de transporte, por ejemplo) y sus propias características socioeconómicas. El significado “aleatorio” de este modelo se utiliza debido a que en la modelación de las preferencias individuales (utilidades), el analista no posee información completa sobre los argumentos del proceso de decisión, así, una parte de la función de utilidad modelada es mensurable y otra no es directamente mensurable, es aleatoria.

$$(1) \quad U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq},$$

Un individuo  $q$  elegirá la alternativa que le otorgue mayor utilidad que cualquier otra alternativa del conjunto de alternativas disponibles (incluida la alternativa de “no elección”<sup>10</sup>). La parte sistemática (o determinística) de la utilidad individual a menudo se supone como una función lineal aditiva en los atributos, como:

$$(2) \quad V_{jq} = CEA_j + \sum_k \beta_{kj} x_{kjq},$$

En la que los parámetros  $\beta$  se suponen constantes para todos los individuos, pero pueden variar entre alternativas. La CEA es la denominada “constante específica de la alternativa” que representa la influencia neta de todas las características no observadas del individuo o de la alternativa en el modelo especificado, como son: comodidad y conveniencia de uso de un modo de transporte específico.

El individuo  $q$  elige la alternativa que maximiza su utilidad, es decir:

$$(3) \quad U_{jq} > U_{iq},$$

donde los subíndices “ $i$ ” y “ $j$ ” se refieren a las alternativas de elección disponibles, con  $i = 1 \dots I$  e  $i \neq j$ .

Esto es,

---

<sup>10</sup> Por lo general se han estimado modelos de elección considerando un conjunto de alternativas determinadas, sin embargo, en los últimos años se ha incluido como una alternativa más que integra el conjunto de elección la denominada “alternativa de no elección” (Dhar, Consumer Preference for a No-Choice Option, 1997); (Haaijer, 1999) (Dhar & Simonson, 2003).



$$(4) \quad V_{jq} + \varepsilon_{jq} \geq V_{iq} + \varepsilon_{iq},$$

$$(5) \quad V_{jq} - V_{iq} \geq \varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq},$$

Dado que el individuo elige la opción que maximiza su utilidad, se desconoce el valor del segundo miembro de la última desigualdad presentada y el procedimiento para determinar la probabilidad de elegir la alternativa  $j$  por el individuo  $q$  viene dado por:

$$(6) \quad P_{jq} = (\varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq} \leq V_{jq} - V_{iq}, \forall i \in i = 1, \dots, I; i \neq j),$$

Hasta aquí no es posible derivar una expresión analítica para el modelo sin conocer la distribución de los errores  $\varepsilon$ . Entonces, suponiendo que los errores asociados a cada alternativa tienen una distribución de Valor Extremo de Tipo I<sup>11</sup>, poseen las mismas varianzas y no están correlacionados, puede utilizarse el modelo logit multinomial para la estimación. Alternativamente, si los errores siguen una distribución de probabilidad normal debe aplicarse el modelo probit.

Se debe considerar las principales *fuentes de error* al realizar estimaciones de modelos de elección discreta con datos de preferencias reveladas. Comenzando por los *factores inobservables* que afectan la elección, los cuales pueden estar relacionados específicamente al individuo que puede presentar ciertos prejuicios a favor de ciertas alternativas. También está el *error de medición* en las variables explicativas que entran en la función de utilidad determinística, como pueden ser los cálculos de tiempos de espera, tiempos de viaje, cuerdas caminadas en aplicaciones de transporte. Por último, están los *errores de especificación del modelo*, relacionados con las variables a incluir en la función de utilidad determinística como también la forma funcional de incorporarlas.

Cuando hablamos de una aplicación de encuestas de preferencias declaradas para la estimación de la demanda, los factores inobservables y el error de medición no se consideran apropiados. Las alternativas de elección están totalmente representadas por sus atributos, no habría razón para que existan inobservables. Por otra parte, los valores de las variables explicativas se presentan a los encuestados por lo que no hay error de medición, aunque sí podría haber errores de percepción.

---

<sup>11</sup> La función de distribución de valor extremo tipo I es la siguiente:  $Prob(\varepsilon_j \leq \varepsilon) = \exp(-\exp(-\varepsilon))$ .

Sin embargo, con preferencias declaradas, nos podemos enfrentar con el error relacionado con la variable de respuesta, ya que el encuestado enfrenta escenarios hipotéticos no reales, con lo cual se estaría estimando una pseudo-utilidad ( $W$ ) antes que la utilidad verdadera.

La utilidad aleatoria puede expresarse como:

$$(7) \quad U_{jq} = V_{jq} + \eta_{jq} = W_{jq} + \tau_{jq},$$

donde:  $V_{jq}$  es la parte mensurable determinística, sistemática o representativa de la utilidad aleatoria  $U_{jq}$ ;  $\eta_{jq}$  es un error aleatorio que refleja la idiosincrasia y los gustos individuales de los individuos en cada situación de elección.  $W_{jq}$  es una pseudo-utilidad obtenida de un modelo de preferencias declaradas y  $\tau_{jq}$  representa en la variable dependiente asociado a un experimento de preferencias declaradas resultado por ejemplo del efecto fatiga en las respuestas. El subíndice  $j$  se refiere a la alternativa (modo de transporte) considerada y  $q$  se refiere al individuo  $q$ -ésimo en la muestra.

Es posible que la varianza de  $\tau_{jq}$  pueda cambiar a través de los escenarios de elección (por ejemplo, podría aumentar si existe efecto fatiga o podría disminuir si el encuestado “aprende” cómo responder a medida que transcurren los escenarios de elección. Pueden suponerse  $\tau_{jq}$  homocedásticas, sin embargo, como es habitual con los errores  $\eta_{jq}$  y la ecuación puede reescribirse como:

$$(8) \quad W_{jq} = V_{jq} + (\eta_{jq} - \tau_{jq}) = V_{jq} + \varepsilon_{jq},$$

Y pueden emplearse las metodologías de estimación habituales utilizadas en preferencias reveladas<sup>12</sup>. Sin embargo, el problema aparece en las predicciones. Si se supone que la distribución de los errores apropiada para la estimación también es apropiada para la predicción, se estaría estimando una pseudo-utilidad  $W_{jq}$  en vez de la verdadera utilidad  $U_{jq}$ . Es decir, se estarían obteniendo estimaciones de preferencias relativas expresadas a través de un experimento de preferencias declaradas en vez de obtener lo que ocurriría en el mercado.

Uno de los principios fundamentales de los modelos de elección discreta es la posibilidad de incorporar variaciones en el comportamiento de los encuestados,

---

<sup>12</sup> Este desarrollo se basa en (Bates, 1988)



dado que el supuesto de una población homogénea no puede considerarse válida en general. Existen dos metodologías clásicas para resolver este problema, el uso de segmentaciones determinísticas de la población y el uso de la representación aleatoria continua de variaciones en los gustos de los encuestados a través de los denominados *modelos mixtos*. Además, se ha propuesto el uso de modelos de elección discreta denominados “*modelos mixtos discretos*”, como una forma alternativa de resolver el problema y mejorando algunos inconvenientes de los modelos mixtos tradicionales.

Se aplican modelos basados en la teoría de la utilidad aleatoria como por ejemplo modelos logit multinomial (LMN), logit multinomial anidados (NMNL), logit multinomial mixto o de parámetros aleatorios (LMNM) (también denominado kernel logit), logit con anidamientos cruzados o logit de red para realizar la estimación de la función de utilidad de los consumidores, de los cuales se explicará el modelo LMN y LMNM o de parámetros aleatorios. (págs. 11 - 20)

### III. Marco Econométrico

Del marco económico presentado se desprende que es necesario aplicar métodos econométricos apropiados, para estimar la probabilidad de elección de cada una de las alternativas que enfrenta el consumidor.

En lo que sigue, se avanza sobre un análisis teórico de los modelos LMN y LMNM con parámetros aleatorios que se utilizarán en este estudio para la estimación de la demanda de modo de transporte en el contexto de los modelos de elección discreta.

#### A. El modelo logit multinomial

Nos dice Sartori (2013):

El modelo logit multinomial para la elección entre  $k$  alternativas, atribuido a (Luce, 1959), expresa la probabilidad de que un individuo elija alguna alternativa  $j$  como una función de las utilidades de las  $k$  alternativas disponibles:

$$(9) \quad P_j = \frac{\exp(V_j)}{\sum_k \exp(V_k)}$$

El uso de este modelo implica una serie de supuestos específicos, a saber:

- Términos de error aleatorio independientes e idénticamente distribuidos,
- Especificación de un modelo de corte transversal sin estructura de rezagos distribuidos,
- Falta de posibilidad de separación de los gustos con otros efectos que definen el rol de los atributos en cada expresión de utilidad indirecta (dado que se confunden con la escala),
- Parámetros o factores de escala constantes para todas las alternativas y arbitrariamente normalizados al valor de uno,
- No existencia de heterogeneidad inobservable de las preferencias, componentes aleatorios que no están serialmente correlacionados y parámetros de utilidad fijos (no aleatorios).

El modelo LMN posee una propiedad importante denominada **Independencia de las Alternativas Irrelevantes (IAI)** que establece que la razón de las probabilidades de elección de una alternativa sobre otra (suponiendo que ambas tienen una probabilidad de elección distinta de cero) no será afectada por la presencia o ausencia de cualesquiera alternativas adicionales en el conjunto de elección. De esta propiedad se deriva que los elementos aleatorios de la función de utilidad son independientes entre alternativas e idénticamente distribuidos. Como

ya se apuntó, suponer una función de distribución de probabilidad de los errores de **valor extremo de tipo I** lleva a la especificación del modelo LMN. Esta propiedad de IAI otorga al modelo una ventaja o fortaleza y una desventaja o debilidad.

La ventaja es que provee un modelo de elección de cálculo fácil, permitiendo introducir o eliminar alternativas en los conjuntos de elección sin necesidad de reestimar el modelo<sup>13</sup>. Es decir, la presencia o ausencia de una alternativa preserva la razón de probabilidades asociadas a otras alternativas en el conjunto de elección (es decir,  $P_i/P_j$  no será afectada por cambios en las características de la alternativa  $k$ ).

La desventaja es que los atributos observables e inobservables de la utilidad pueden no ser independientes y/o si los componentes inobservables de la utilidad están correlacionados entre alternativas, esto llevará a parámetros de la función de utilidad sesgados, introduciendo significativos errores de predicción del modelo.

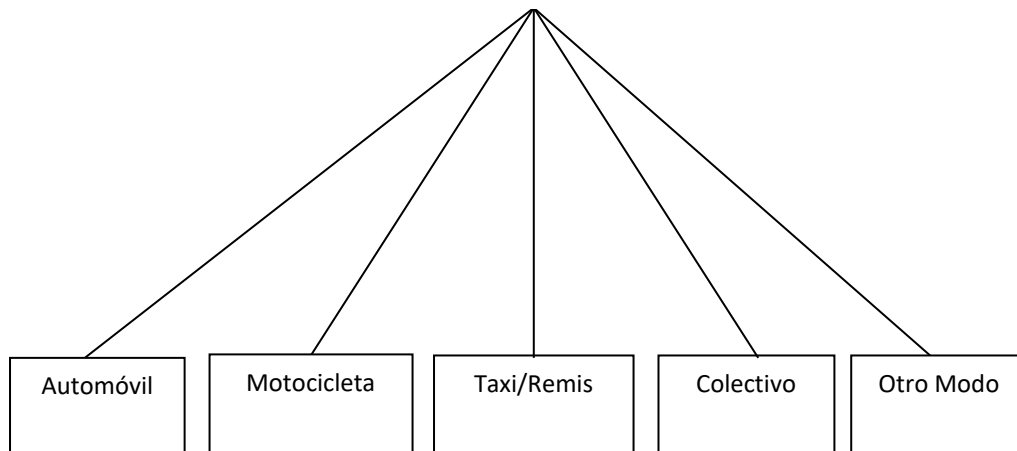
Este supuesto de o imposición de la propiedad de IAI no es, a priori, deseable o indeseable. Solo es necesario contrastar su existencia a través de test estadísticos adecuados, como el propuesto por (Hausman, J. A. & McFadden, 1984), para estar seguros de utilizar el modelo LMN y obtener buenas predicciones.

En la Figura 1 se presenta un diagrama de árbol de la elección de modo de transporte, considerando el modelo LMN y los modos de transporte disponibles en la ciudad de Villa Carlos Paz. Como puede apreciarse en dicha figura, el consumidor enfrenta un conjunto de alternativas para realizar su elección de viajar al trabajo. Puede apreciarse que se consideran cuatro alternativas de elección específicas relacionadas con los modos de transporte más utilizados para realizar viajes al trabajo, ellas son: automóvil, motocicleta, taxi o remis y colectivo común. El quinto modo de transporte presentado hace referencia a la posibilidad de un individuo de utilizar otro modo de transporte diferente a los cuatro anteriores, por ejemplo: realizar el viaje a pie, en bicicleta o en automóvil compartido. Asimismo, este último modo de transporte corresponde a la alternativa de no elección de los anteriores en el contexto de los escenarios de elección que se presentan en encuestas de preferencias declaradas.

---

<sup>13</sup> Cualquier otra especificación del modelo de elección requiere reestimación.

**Figura 1: Diagrama de árbol de la elección de modo de transporte para realizar viajes al trabajo – Modelo logit multinomial**



Cabe señalar que se considera a la alternativa Taxi como equivalente al Remis, dadas las características de conformación del mercado regulado existente y la similitud entre las tarifas y formas de operación de ambos servicios.

## B. El modelo logit mixto

El modelo logit mixto, permite incorporar la heterogeneidad en las preferencias de los consumidores, el mismo puede estimarse representando diferentes especificaciones de comportamiento y cada una de ellas proporciona una interpretación particular.

Siguiendo a (Sartori J. J., 2013) podemos indicar que existen tres tipos de especificaciones usualmente utilizadas, el modelo basado en coeficientes aleatorios denominado modelo logit de coeficientes aleatorios, el modelo basado en los componentes del error y la especificación de modelos discretos de datos de panel.

En el presente trabajo analizaremos el modelo LMNM con coeficientes aleatorios el cual se estimará, para luego presentar el cálculo de valoraciones subjetivas, las cuales se obtienen en la misma estimación.

Siguiendo a (Train, 2009) puede afirmarse que el modelo logit mixto es cualquier modelo cuyas probabilidades de elección pueden expresarse como:

$$(10) \quad P_{ni} = \int L_{ni}(\beta) f(\beta) d(\beta),$$

Donde el subíndice  $n$  se refiere al individuo y el subíndice  $i$  se refiere a la alternativa  $i$ -ésima, además:

$L_{ni}(\beta)$ : es la probabilidad logit evaluada en el vector de parámetros  $\beta$ .

$$(11) \quad L_{ni}(\beta) = \frac{e^{V_{ni}(\beta)}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{nj}(\beta)}}$$

y  $f(\beta)$  es una función de densidad.  $V_{ni}(\beta)$  es la parte observada de la función de utilidad, que depende de los parámetros  $\beta$ , que comúnmente es una función lineal en los parámetros  $\beta$  y puede expresarse como:  $V_{ni}(\beta) = \beta'x_{ni}$ .

Por lo tanto, la probabilidad obtenida con el modelo logit mixto es un promedio ponderado de la fórmula logit evaluada en diferentes valores de  $\beta$ , con ponderadores dados por la densidad  $f(\beta)$ , quedando entonces expresada como sigue:

$$(12) \quad P_{ni} = \int \left( \frac{e^{V_{ni}(\beta)}}{\sum_{j=1}^n e^{V_{nj}(\beta)}} \right) f(\beta) d(\beta),$$

Es decir, las probabilidades de elección del modelo logit mixto se calculan como la integral de las probabilidades de elección del modelo logit multinomial sobre una distribución de los términos de error supuesta y determinada. Esta distribución de probabilidad de los términos de error captura varianzas y correlaciones en factores no observados.

Por lo tanto, el modelo logit mixto<sup>14</sup> es un modelo logit en el cual las probabilidades de elección se calculan como una combinación convexa de funciones de densidad de los términos aleatorios del modelo.

Este modelo permite superar algunas limitaciones del modelo logit multinomial estándar (LMN), entre ellas: la variación aleatoria de los gustos, patrones de sustitución no restringidos y correlación en los factores no observados a través del tiempo. Resulta preciso puntualizar que el modelo logit mixto no presenta la propiedad de IAI o los patrones restrictivos de sustitución del modelo LMN según los cuales las elasticidades cruzadas de la demanda entre alternativas son iguales, considerando al individuo.

En el modelo logit mixto se estiman dos conjuntos de parámetros: los parámetros  $\beta$  que entran en la función logit y los parámetros que describen la función de densidad  $f(\beta)$ , cualquiera sea el tipo de función de densidad supuesta. Así, por ejemplo, si la función de densidad de  $\beta$  es normal, entonces los parámetros a estimar que caracterizan a esta distribución serán la media ( $b$ ) y la matriz de varianzas y covarianzas de  $\beta$ . Cabe señalar, que habrá que tener cuidado a la hora de especificar

---

<sup>14</sup> En la literatura este modelo se menciona de diversas maneras, como modelo "logit mixto", "logit kernel" o "modelo logit de parámetros aleatorios".

la función de densidad de los parámetros aleatorios para no incurrir en errores de especificación relacionados con el signo esperado que debieran asumir los parámetros. Un caso típico en los modelos de elección de modo de transporte es el del parámetro asociado al tiempo de viaje, el cual por definición no debe tomar valores positivos y, por lo tanto, suponer una función de densidad normal no resulta apropiado ya que incluirá valores positivos y negativos.

Como dijimos el modelo logit mixto puede estimarse representando diferentes especificaciones de comportamiento y cada una de ellas proporciona una interpretación particular, nos enfocamos en el modelo logit de coeficientes aleatorios.

**Modelo basado en coeficientes aleatorios** (RCL<sup>15</sup>), (Train, 2009), (McFadden & Train, 2000), (Revelt & Train, 1998)

Denotando como  $\theta$  a los parámetros que caracterizan a la función de densidad de  $\beta$  y a la función de densidad como  $f$ , la probabilidad de elección de la alternativa  $i$  es una función de  $\theta$ :

$$(13) \quad P_{ni} = \int L_{ni}(\beta) f(\beta|\theta) d(\beta),$$

integrando sobre los parámetros  $\beta$ .

Aquí los valores de  $\beta$  pueden interpretarse como representativos de los gustos de los individuos, a partir de las estimaciones de  $\theta$  y las elecciones realizadas por los individuos. En este caso se habla de “heterogeneidad de las preferencias”.

Considerando el modelo en el cual la utilidad de la persona  $n$  derivada de la elección de la alternativa  $j$  es:

$$(14) \quad U_{nj}(B) = \beta'_n x_{nj} + \varepsilon_{nj},$$

En la cual  $x_{nj}$  son variables observadas que se relacionan a la alternativa  $j$  y al individuo  $n$ ,  $\beta_n$  es un vector de coeficientes de estas variables para la persona  $n$  y que representa los gustos de esa persona y  $\varepsilon_{nj}$  es un término de errores que se distribuyen de manera idéntica e independiente con una distribución de valor extremo. Los coeficientes en la población varían entre individuos con densidad  $f(\beta)$ , que es función de los parámetros  $\theta$  (media y covarianza de los parámetros  $\beta$  en la población, por ejemplo).

---

<sup>15</sup> Del inglés “Random Coefficients Logit”.



El individuo que realiza la elección selecciona la alternativa  $i$  sí y sólo si  $U_{ni} > U_{nj} \forall j \neq i$ . El investigador observa las  $x_{nj}$  pero no  $\beta_n$  o los  $\varepsilon_{nj}$ . Entonces, la probabilidad condicional a  $\beta_n$  sería:

$$(15) \quad L_{ni}(\beta_n) = \frac{e^{\beta' x_{ni}}}{\sum_{j=1}^J e^{\beta' x_{nj}}}$$

Sin embargo, no se conoce  $\beta_n$  y no puede condicionar sobre estos parámetros. Por lo tanto, la probabilidad no condicionada será la integral de  $L_{ni}(\beta_n)$  con respecto a todos los posibles valores de  $\beta_n$ , de donde se obtiene la probabilidad del modelo logit mixto:

$$(16) \quad P_{ni} = \int \left( \frac{e^{\beta' x_{ni}}}{\sum_{j=1}^n e^{\beta' x_{nj}}} \right) f(\beta) d(\beta),$$

Se debe especificar una distribución de probabilidad de los coeficientes y estimar los parámetros de esa distribución.

Las distribuciones más usadas son la distribución normal, la distribución uniforme, la distribución triangular y la distribución logarítmica normal (Lognormal)<sup>16</sup>.

La distribución Lognormal se utiliza cuando se sabe que el coeficiente debe tener el mismo signo para todos los individuos, como es el caso del coeficiente asociado con la variable precio, que debe ser negativo para cualquier individuo según la teoría de la demanda, pero presenta el problema empírico relacionado a obtener coeficientes muy grandes, situación que también podría suceder con la distribución normal.

La distribución uniforme y la triangular poseen la propiedad de estar acotadas a ambos lados, evitando así la posibilidad de obtener coeficientes muy grandes.

A continuación se discute el uso de las distribuciones Uniforme, Normal y Lognormal, siguiendo a Hess, Bierlaire & Polak (2004).

#### a. La distribución Uniforme

La distribución uniforme es la distribución estadística más básica; asigna probabilidad constante a todos los valores incluidos en su dominio de definición.

Para  $\theta$  distribuido uniformemente en  $[a, b]$ , tenemos:

<sup>16</sup> Para una explicación detallada ver (Hess, Bierlaire, & Polak, 2004)

$$(17) \quad f(\theta) \begin{cases} 0; \text{ para } \theta < a \\ \frac{1}{b-a}; \text{ para } a \leq \theta \leq b, \\ 0; \text{ para } \theta > b \end{cases}$$

Para la distribución uniforme estándar,  $a$  y  $b$  se establecen en 0 y 1 respectivamente. La distribución uniforme se puede usar para coeficientes con un supuesto de signo a priori al restringir el límite inferior o superior a 0, lo que lleva a sorteos positivos o negativo respectivamente.

La distribución uniforme rara vez se utiliza en la especificación de los modelos Logit Multinomial Mixto (LMNM), dado que asigna la misma probabilidad a todos los valores en su dominio y, por lo tanto, no permite un pico en la distribución de la población. Sin embargo, los modelos basados en la distribución Uniforme son generalmente muy fáciles de estimar, de modo que la distribución Uniforme puede verse al menos como un primer paso en la identificación de coeficientes para los cuales existe una heterogeneidad aleatoria significativa en la población. (págs. 21 - 41)

## b. La distribución Normal

La distribución normal es una de las distribuciones más utilizadas en los modelos LMNM. Se ha utilizado para coeficientes sin una suposición estricta de signos, así como para coeficientes donde tal suposición a priori existe en principio (por ejemplo, coeficientes de tiempo de viaje). Los problemas con el uso de la distribución Normal surgen en este último grupo de coeficientes.

De hecho, la distribución Normal, con función de densidad dada por:

$$(18) \quad f(\theta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\theta-\mu)^2}{2\sigma^2}},$$

se define en  $\theta$   $(-\infty, +\infty)$ , para todos los valores de  $\mu$  (media) y  $\sigma$  (desviación estándar). El hecho de que la distribución Normal sea ilimitada significa que cada número real tiene una probabilidad positiva; especificar un coeficiente dado para seguir una distribución Normal es, por lo tanto, equivalente a suponer a priori que existen valores positivos y negativos para este coeficiente en la población. En el caso de un coeficiente de costo o un tiempo de viaje distribuido normalmente, se puede ver que presenta una probabilidad positiva de ser un coeficiente no negativo. Lo anterior sugiere siempre se deberían usar una distribución alternativa en el caso en que los resultados del modelo basados en la distribución Normal indiquen una

probabilidad significativa de un signo contraintuitivo para un coeficiente donde exista un supuesto de signo a priori.

### c. La distribución Lognormal

La distribución Lognormal es la opción de distribución más común para coeficientes con un signo esperado explícito. Una variable  $\theta$  sigue una distribución Lognormal si su logaritmo se distribuye normalmente. El dominio de la distribución es el espacio de números reales estrictamente positivos, y con  $\ln(\theta) \sim N(\mu_N; \sigma_N)$ , tenemos:

$$(19) \quad f(\theta) = \frac{1}{\sigma_N \theta \sqrt{2\pi}} e^{-(\ln(\theta) - \mu_N)^2 / (2\sigma_N^2)},$$

La desviación media y estándar de la distribución Lognormal se puede obtener a través de:

$$(20) \quad \mu_{LN} = e^{\mu + \frac{\sigma_N^2}{2}},$$

y

$$(21) \quad \sigma_{LN} = \mu_{LN} \times \sqrt{e^{\sigma_N^2} - 1},$$

La distribución Lognormal se ha probado ampliamente con modelos LMNM, y aunque funcionó bien en algunas aplicaciones, su aplicabilidad es limitada por dos razones principales. El principal problema con la distribución Lognormal es que se caracteriza por una larga cola; esto puede conducir a problemas importantes con desviaciones estándar sobreestimadas, el otro problema es la convergencia muy lenta de modelos que usan coeficientes distribuidos Lognormalmente. A pesar de sus problemas, se puede considerar que la distribución Lognormal es preferible a la distribución Normal en el caso de coeficientes con un supuesto de signo a priori fuerte, como los coeficientes de costo y tiempo. (págs. 7 - 10)

## C. Cálculo de valoraciones subjetivas

Nos dice Sartori (2013):

A partir de las estimaciones a realizar con los modelos de elección discreta presentados, pueden calcularse por ejemplo la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje y espera de los usuarios para realizar viajes al trabajo.

El valor del tiempo es un indicador de disposición a pagar crítico en muchas aplicaciones de transporte. Es objetivo de este trabajo realizar el cálculo de esta medida en el caso de modelos de elección discreta con gustos o preferencias homogéneas y también incorporando heterogeneidad aleatoria en las preferencias. Una manera de establecer la importancia relativa de los atributos en una estimación de demanda de elección discreta es calcular la valoración de un atributo en términos de otro atributo utilizado como numerario, tal como el precio o costo de la alternativa. Se trata de una tasa marginal de sustitución (*TMgS*), expresada como:

$$(22) \quad TMgS_{km} = \frac{\partial X_{mj}}{\partial X_{kj}} = \frac{\partial P_j / \partial X_{kj}}{\partial P_j / \partial X_{mj}},$$

donde

$\partial P_j / \partial X_{kj}$  indica el cambio en la probabilidad de elección de la alternativa  $j$  ante un cambio en una unidad en el atributo  $k$ ,  $\partial X_{kj}$ .

$\partial P_j / \partial X_{mj}$  indica el cambio en la probabilidad de elección de la alternativa  $j$  ante un cambio en una unidad en el atributo  $m$ ,  $X_m$ .

$X_{mj}$ : es la variable precio de la alternativa  $j$  y  $X_{kj}$  es el atributo  $k$  de interés, por ejemplo, el tiempo de viaje de la alternativa  $j$ . Con estas dos variables específicas consideradas, la *TMgS* presentada es el valor monetario de los ahorros de tiempo de viaje. En este caso se trata de variables continuas, aunque el razonamiento puede extenderse a variables discretas. La expresión anterior está basada en la probabilidad de elección de una alternativa como la función de respuesta. Otras posibilidades de función de respuesta son: las cuotas de mercado estimadas y la función indirecta de utilidad.

Como afirma (Jara Díaz, 2000) en los modelos desagregados de elección discreta utilizados para estimar la demanda de transporte, la utilidad de una alternativa usualmente se representa por medio de una combinación lineal de costo, características de la alternativa y variables socioeconómicas de diferentes grupos de individuos. Es decir, en los modelos de elección de modo de transporte, la utilidad de una alternativa usualmente se especifica en forma lineal como:

$$(23) \quad V_i = \alpha + \beta * c_i + \gamma * t_i + \dots,$$

en la cual  $c_i$  y  $t_i$  son el costo de viaje y el tiempo de viaje de la alternativa  $i$ , respectivamente. A partir de la estimación de esta función de utilidad puede obtenerse el monto de dinero que el individuo está dispuesto a pagar para reducir el

tiempo de viaje en una unidad. Este valor subjetivo de los ahorros de tiempo de viaje (*VSATV*) se calcula como:

$$(24) \quad VSATV = \frac{\partial U_i / \partial t_i}{\partial U_i / \partial c_i} = \frac{\gamma}{\beta}$$

y que es la tasa de sustitución entre tiempo y costo para un nivel de utilidad constante. Entonces, si la función de utilidad estimada es lineal en las variables y los parámetros y ninguna variable interactúa con alguna otra variable, la *TMgS* estimada será simplemente la razón de los parámetros estimados de las variables consideradas. Es decir, el valor de los ahorros de tiempo de viaje se obtiene como el cociente entre el parámetro estimado asociado a la variable “tiempo de viaje” y el parámetro estimado asociado a la variable “costo de viaje (o tarifa)”. El valor de los ahorros de tiempo de espera se obtiene como el cociente entre el parámetro estimado asociado a la variable “tiempo de espera” y el parámetro estimado de la variable “costo de viaje”. En el caso de incluir la variable explicativa “cuadras caminadas en origen o destino”, el valor subjetivo de la distancia de acceso a la parada de transporte público se obtiene como el cociente entre el parámetro estimado asociado a la variable “cuadras caminadas en origen o destino” y el parámetro estimado de la variable “costo de viaje”.

En el presente estudio se obtendrá la valoración de los ahorros de tiempo de viaje, de los ahorros de tiempo de espera y la valoración de la distancia de caminata (medida en cuadras) hasta la parada para acceder al transporte público o desde la parada para llegar al trabajo caminando. (págs. 48 - 51)

## IV. Diseño de Encuesta

Uno de los objetivos de este trabajo fue diseñar una encuesta de preferencias declaradas con escenarios de elección, y encuestar a los usuarios de los diferentes modos de transporte en la ciudad de Villa Carlos Paz. En esta sección se desarrolla la teoría y la metodología para realizarla.

### A. Diseño muestral

Para este trabajo de aplicación, dado que se desea estimar un modelo de elección de transporte, la estrategia de muestreo requiere de un exhaustivo cuidado para que la muestra sea representativa de la población bajo estudio. Se deberá encuestar a distintos usuarios actuales o potenciales en las distintas alternativas de elección para poder estimar su comportamiento. Para ello a cada uno de los encuestados se les presentan 5 (cinco) escenarios de elección en los que el nivel de los atributos de cada modo de transporte es diferente y así ver si mantiene o se modifica su elección bajo diferentes circunstancias. Siguiendo a Sartori (2013), en los estudios de modo de transporte se han utilizado las siguientes metodologías de muestreo:

- Muestreo Aleatorio Simple: esta técnica le asigna a cada individuo, dentro del marco muestra, la misma probabilidad de ser elegido.
- Muestreo Estratificado: permite disminuir el tamaño de la muestra que se obtendría del MAS, pero manteniendo los niveles de confianza. Permite además obtener datos sobre cada subgrupo de la población. Se crean estratos de los diferentes grupos dentro de la población y se toman muestras dentro de cada uno.
- Muestreo por Conglomerados: En este paso, cada unidad de la muestra es un conglomerado.
- Muestreo basado en la Elección: las observaciones son tomadas basándose en el resultado de la elección considerada.

Tanto el muestreo aleatorio simple, como el muestreo estratificado, permiten obtener estimadores consistentes y eficientes, por lo cual resulta lógico y recomendable utilizar alguna de estas metodologías. (págs. 95 - 98)

Con relación al diseño de la muestra, se aplicó un muestreo aleatorio simple de manzanas de Villa Carlos Paz, verificando luego la participación de la mayoría de los barrios en la muestra.

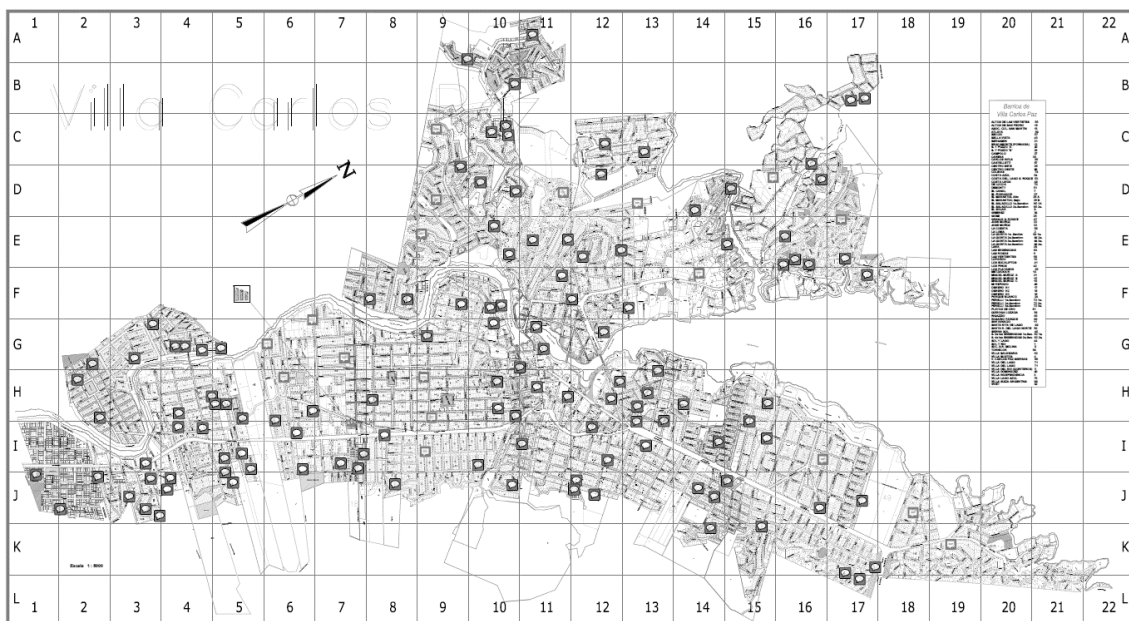
### a. Procedimiento propuesto para el relevamiento

La estrategia para realizar las encuestas fue la siguiente:

- Visita a cada manzana que ha sido seleccionada por muestreo aleatorio simple.
- Identificar cada manzana por las calles que conforman su perímetro, seleccionar al azar una vivienda de la manzana para encuestar.
- Realizar una encuesta por manzana.
- Si en una vivienda no desean responder la encuesta, o no hay personas para responder, entonces se reemplaza esa vivienda por la que se encuentra contigua hacia la izquierda.

De las 1449 manzanas de Villa Carlos Paz se seleccionaron 120 manzanas por muestreo aleatorio simple (ver Gráfico 2). Se plantea realizar una encuesta por manzana, para obtener el tamaño muestral mínimo de 120 encuestas con 5 escenarios de elección cada una, considerando un error de muestreo de 0,04 en valor absoluto de la proporción y un 0,95 de nivel de confianza, y un 50% de probabilidad de uso del colectivo.

**Gráfico 2: Manzanas seleccionadas para realizar encuestas en Villa Carlos Paz**



Las encuestas se realizaron entre julio y septiembre del año 2018, en forma personal con la encuesta impresa y cada escenario en una hoja diferente para evitar que el entrevistado realice comparaciones entre los mismos. También se realizaron encuestas online ya que algunos individuos indicaron su número de teléfono para recibir la encuesta por WhatsApp o dirección de correo electrónico, y responderla online.

## b. Tamaño de la muestra

La aplicación del muestreo aleatorio simple exige un tamaño mínimo de muestra dado por la siguiente fórmula:

$$(25) \quad n \geq \frac{z^2 \times p \times q}{e^2},$$

$z$ : es la inversa de la función de distribución normal acumulada para un nivel de confianza determinado.

$p$ : porción de éxitos de la población (usuarios que optan por un determinado medio de transporte).

$q$ : porción de fracasos de la población (usuarios que optan por otro medio de transporte).

$e$ : error muestral admisible, en valor absoluto, de la variable de interés.

Adicionalmente, al tener en cuenta que se está trabajando con datos de preferencias declaradas que permiten obtener múltiples respuestas de un mismo individuo, una vez que se determina el tamaño de la muestra, la cantidad de encuestas a realizar surge de dividir el número de encuestas mínimas necesarias por la cantidad de escenarios independientemente presentado a cada individuo encuestado. Por lo tanto, la cantidad mínima de individuos a encuestar se determina de la siguiente manera

$$(26) \quad n \geq \frac{1}{r} \frac{z^2 \times p \times q}{e^2},$$

Donde:

$r$ : es el número de escenarios de elección, que es nuestro caso son 5 escenarios. (Sartori J. J., 2013, pág. 99)

El tamaño muestral mínimo considerando un error de muestreo del 0,04 en valor absoluto de la proporción y un 0,95 de nivel de confianza, y un 50% de probabilidad de uso del colectivo es de 120 encuestas con 5 escenarios de elección cada una.

$$(27) \quad n \geq \frac{1}{5} \frac{1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,04^2},$$

Se realizaron 108 encuestas, luego se realizó una limpieza de la base de datos que determino la eliminación de 16 encuestas quedando 92 encuestas completas y disponibles en la base de datos; con lo cual se cuenta con 460 respuestas de preferencias declaradas.



A continuación, se presenta la Tabla 2 con la frecuencia de uso de los diferentes medios de transporte, en base a los resultados de las encuestas de preferencias declaradas.

**Tabla 2: Frecuencia de uso de los distintos medios de transporte**

<b>Medio de Transporte</b>	<b>Frecuencia Absoluta</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>
Automóvil	123	26.7%
Motocicleta	107	23.3%
Taxi/Remis	17	3.7%
Colectivo	162	35.2%
Otros	51	11.1%
<b>Total</b>	<b>460</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas de preferencias declaradas.

Utilizando la expresión (25), despejando el termino de error “e” es posible calcular el error asociado al tamaño de muestra dado. Reordenando y despejando dicha expresión, el error resulta de la siguiente manera:

$$(28) \quad e \geq \sqrt{\frac{z^2 \times p \times q}{n}},$$

Considerando la proporción de uso de colectivo obtenida en la muestra igual a 35,2% y un 0,95 de nivel de confianza, con los 460 casos de la muestra, el error admisible ex post resulta de 0,0437.

$$(29) \quad e \geq \sqrt{\frac{1,96^2 \times 0,352 \times 0,648}{460}} = 0,0437$$

## **B. Diseño del experimento de elección**

Con el fin de obtener una mejor estimación de los parámetros del modelo de demanda desagregada, en este trabajo de aplicación se utilizan datos de preferencias declaradas, que pueden considerarse como una buena base para una futura estimación de un modelo con datos de preferencias reveladas y declaradas.

En los experimentos de preferencias declaradas, a los encuestados se le solicita responder una serie de preguntas hipotéticas, se pide a los encuestados que opten por una de ellas, de una serie de alternativas con distintos atributos. El objetivo de este experimento es observar cómo la elección del agente cambia ante variaciones de los atributos de cada alternativa. Las alternativas de elección que se presentan a cada encuestado son la simple descripción de estados contruidos, los cuales se diferencian por los distintos valores que asumen los niveles de los atributos.

Asimismo, a través de la utilización del esquema de preferencias declaradas, es posible que cada individuo entrevistado considere varias situaciones hipotéticas generando de esta manera múltiples respuestas, y de esta manera disminuir los costos de recolección de información en relación con las observaciones individuales que implica el esquema de preferencias reveladas<sup>17</sup>.

Sin embargo, los estudios que utilizan datos de preferencias declaradas no están libres de problemas. Pueden generarse errores en la variable de elección propiamente dicha debido a sesgos relacionados a la conducta de los entrevistados.

Se pueden nombrar los siguientes sesgos que deben ser tratados a fin de disminuirlos en la aplicación:

- *Sesgo o error aleatorio* el cual se refiere a las diferencias entre lo que el individuo declara que haría hipotéticamente en la situación, y lo que realmente haría en la misma. Pueden presentarse cuando se realiza una interpretación errónea, o cuando existe incertidumbre o fatiga.
- *Sesgo o error no aleatorio*, el cual se debe a experiencias previas o percepciones cotidianas de los encuestados.
- *Sesgo por Interacción entre el encuestador y encuestado*, el encuestador puede de alguna manera desviar la respuesta del encuestado.
- *Sesgo de afirmación*, en el que el encuestado responde lo que cree que el entrevistado desea escuchar, puede ser consciente o inconsciente.
- *Sesgo de racionalidad*, aquí el entrevistado racionaliza sus respuestas para justificar su comportamiento.
- *Sesgo de política*, mediante el cual el encuestado busca influir en las decisiones o políticas que cree que se seguirán con los resultados obtenidos.
- *Sesgo de restricción*, en este el encuestado responde sin tener en cuenta los resultados prácticos de su comportamiento.
- *Sesgo de no respuesta*, el cual está presente en todo tipo de encuestas.

Además de lo ya mencionado, otro aspecto muy importante sobre los experimentos de preferencias declaradas se refiera a las diferentes maneras de obtener respuestas del experimento:

---

<sup>17</sup> Ortúzar Salas, J. D. (2000). Modelos econométricos de elección discreta.

- a. Mediante la *jerarquización* de alternativas. El encuestado ordena las alternativas según su orden de preferencias, es decir, realiza un ordenamiento jerárquico de los mismos, en función de la utilidad que le reporta en cada situación. Permite comparación de alternativas.
- b. Mediante un *escalamiento* de alternativas. Se pide que realice una escala de valoración de preferencias empleando una escala arbitraria.
- c. Mediante la simple *elección* de una alternativa. En esta situación, el encuestado se decide por una de las alternativas posibles. Se considera la forma más sencilla de responder a una encuesta. (Sartori J. J., 2013, págs. 81 - 84)

En la encuesta realizada, en cada escenario de elección se presentan al entrevistado los diferentes modos de transportes con los valores de los atributos y el individuo debe realizar una “elección” del modo de transporte de su preferencia. Además, se incorpora la alternativa de no elección para no forzar a elegir una alternativa si no lo considera factible o deseable.

La experiencia internacional en el desarrollo de experimentos de elección de modo de transporte ha evolucionado desde la década de 1980, habiendo comenzado con diseños de encuestas que permitían estimar modelos LMN con dos o más alternativas de elección y en general, pocos escenarios de elección para evitar el efecto fatiga de los entrevistados (Fowkes & Wardman, 1988); (Hensher, Barnard, & Truong, 1988); (Bradley & Daly, 1994)<sup>18</sup>. Los primeros estudios utilizaron experimentos ortogonales, aprovechando la propiedad de ausencia de correlación entre las variables independientes (atributos), una característica que se juzgaba como un requerimiento para asegurar la bondad del diseño de la encuesta y que implica la ausencia de multicolinealidad en el modelo de demanda estimado a partir de las respuestas relevadas<sup>19</sup> (Bates, 1988) (Fowkes & Wardman, 1988); (Rose & Bliemer, 2004). En los inicios, la administración del cuestionario se realizaba con tarjetas, con el fin de presentar cada escenario de manera independiente. Hoy en día, las encuestas de preferencias declaradas pueden realizarse vía internet o por

---

<sup>18</sup> En los experimentos de elección, el entrevistado debe elegir la alternativa que considera que mejor refleja su demanda potencial. Este tipo de encuestas generalmente presentan de 9 a 12 escenarios de elección por encuestado para evitar el efecto fatiga del entrevistado que se presenta con un número mayor de escenarios de elección. Sin embargo, en algunas investigaciones se afirma que un mayor número de escenarios puede generar mejoras en las estimaciones de demanda sin generar los problemas de fatiga (Louviere, Hensher, & Swait, 2000).

<sup>19</sup> Debe notarse, sin embargo, que desde la década de 1980 se ha reconocido que resulta apropiada la existencia de alguna correlación entre los atributos de las alternativas consideradas (Fowkes & Wardman, 1988).

medio de entrevistas asistidas con computadora portátil en donde los entrevistados declaran sus preferencias de manera independiente en cada escenario de elección que se presenta individualmente en la pantalla de la computadora.

También existe una tendencia a diseñar experimentos con un amplio número de escenarios de elección como consecuencia de considerar un mayor número de atributos como variables independientes en la especificación de demanda (Rose & Hensher, 2004).

Los denominados “diseños eficientes” producen errores mínimos alrededor de los parámetros a estimar, suponiendo valores previos de esos parámetros. La eficiencia de estos diseños viene dada por la minimización del error de estimación alrededor de los parámetros a estimar, suponiendo valores previos para ellos y considerando una especificación del modelo de elección discreta particular, usualmente un modelo LMN. Al maximizar la función de máxima verosimilitud para una muestra determinada, es posible obtener los estimadores máximos verosímiles de un modelo de elección basado en un diseño particular. El procedimiento utiliza la matriz hessiana de derivadas segundas de la función de máxima verosimilitud con respecto a los parámetros a estimar, denominada matriz de información de Fisher, para calcular y minimizar la medida de error comparando diferentes diseños y eligiendo el más eficiente. La derivación analítica de la matriz de información de Fisher será diferente de acuerdo con las características de las alternativas de elección (genéricas o específicas) y con el modelo econométrico que se intenta estimar<sup>20</sup>.

El propósito de los diseños eficientes es definir un conjunto de escenarios de elección dados ciertos valores previos de los parámetros a estimarse, de manera de minimizar la medida del error alrededor del parámetro a estimar. La medida de error más utilizada para comparar diseños de elección y decidir cuál es el más eficiente es el denominado D-error:

$$(30) \quad D - error = (\det \Omega)^{\frac{1}{k}},$$

en el que  $k$  es el número de parámetros a estimar,  $\Omega(\beta/X) = -I[(\beta/X)]^{-1}$  es la matriz de varianza-covarianza asintótica de las estimaciones máximo-verosímiles,  $\hat{\beta}$ ,  $I(\beta/X)$  es la matriz de información de Fisher,  $X$  es la matriz del diseño del

---

<sup>20</sup> Diferentes derivaciones analíticas de la matriz de información de Fisher pueden encontrarse en (McFadden, 1974), (Bliemer & Rose, 2005); (Bliemer & Rose, 2008)

experimento (Hensher, Rose , & Greene, 2005); (Rose & Bliemer, 2004). (Sartori & Robledo, 2012, págs. 37 - 39)

Como resultado, a medida que el error de medición (D-error) es menor, más eficiente es el diseño.

En este trabajo, el diseño del experimento de elección de modo de transporte consideró cinco alternativas de elección: automóvil, moto, taxi, colectivo, y la opción de “no elección”. Los atributos considerados de las alternativas fueron: tiempo de viaje, costo de viaje, tiempo de espera para las alternativas de transporte público (taxi/remis, colectivo), costos de estacionamiento (para autos y motos) y distancia de caminata en origen y destino (para colectivo). Todos los atributos se incorporaron como específicos para cada una de las alternativas.

La Tabla 3 presenta los atributos y niveles utilizados en el diseño del experimento de elección de preferencias declaradas.

Los niveles de los atributos se eligieron considerando las condiciones experimentadas por la población de Villa Carlos Paz al momento del diseño de la encuesta. El rango de variación en los niveles de los atributos se diseñó considerando la experiencia de los entrevistados, tratando de expandir su rango de variación tanto como fuera posible sin perder realismo. En este sentido, además se produjeron tres diseños de experimentos para viajes urbanos de diferentes distancias, a saber: 2,5 km; 5 km y 10 km. Por lo tanto, los escenarios de elección presentados a cada uno de los entrevistados se corresponden con la distancia usual de viaje al trabajo del entrevistado. Cada entrevistado fue asignado a uno de los diseños de acuerdo con el tiempo de viaje del hogar al trabajo reportado y a velocidades promedio de viaje supuestas según la evidencia existente en la Ciudad de Villa Carlos Paz para el modo de transporte utilizado.

También se consideró específicamente la disponibilidad de alternativas de transporte que poseía cada entrevistado. La Tabla 4 muestra diferentes modelos de diseño derivados de la diferente disponibilidad de alternativas consideradas. En el Anexo 1 se presenta el resultado del modelo D-eficiente.

**Tabla 3: Alternativas y atributos del diseño de experimento de elección de modo de transporte**

Viaje de 2,5 km	Tiempo de viaje (minutos)			Costo de Viaje (\$)			Tiempo de espera (minutos)			Costo de estacionamiento (\$)			Cuadras caminadas en origen y destino		
Automóvil	-	4	8	-	5	7	-	-	-	0	15	30	-	-	-
Motocicleta	-	4	8	-	3	5	-	-	-	0	7.5	15	-	-	-
Taxi/Remis	-	4	8	56	68	80	5	10	15	-	-	-	-	-	-
Colectivo	-	6	10	0	12	18	10	20	30	-	-	-	2	4	6

Viaje de 5 km	Tiempo de viaje (minutos)			Costo de Viaje (\$)			Tiempo de espera (minutos)			Costo de estacionamiento (\$)			Cuadras caminadas en origen y destino		
Automóvil	8	10	12	12	16	20	-	-	-	0	15	30	-	-	-
Motocicleta	8	10	12	4	6	8	-	-	-	0	7.5	15	-	-	-
Taxi/Remis	8	10	12	90	115	140	5	10	15	-	-	-	-	-	-
Colectivo	12	17	22	0	12	18	10	20	30	-	-	-	2	4	6

Viaje de 10 km	Tiempo de viaje (minutos)			Costo de Viaje (\$)			Tiempo de espera (minutos)			Costo de estacionamiento (\$)			Cuadras caminadas en origen y destino		
Automóvil	15	20	25	24	30	36	-	-	-	0	15	30	-	-	-
Motocicleta	15	20	25	5	10	15	-	-	-	0	7.5	15	-	-	-
Taxi/Remis	15	20	25	160	190	220	5	10	15	-	-	-	-	-	-
Colectivo	25	35	45	0	12	18	10	20	30	-	-	-	2	4	6

Fuente: Elaboración del equipo de investigación del proyecto Secyt - UNC, 2016-2017, dirigido por el Dr. Juan José P. Sartori: Modelo mixtos de panel de elección discreta aplicados al transporte urbano: una aplicación a la ciudad de Villa Carlos Paz

Como puede apreciarse, se consideró que existe total disponibilidad de los modos de transporte público.

**Tabla 4. Diseños basados en la disponibilidad de alternativas**

Diseño	Alternativas Disponibles			
Modelo 1 - Todas las alternativas disponibles (con automóvil y motocicleta en el hogar)	Automóvil	Motocicleta	Taxi/Remis	Colectivo
Modelo 2 - Todas las alternativas disponibles (sin automóvil en el hogar)		Motocicleta	Taxi/Remis	Colectivo
Modelo 3 - Todas las alternativas disponibles (sin motocicleta en el hogar)	Automóvil		Taxi/Remis	Colectivo
Modelo 4 - Todas las alternativas disponibles (sin automóvil no motocicleta en el hogar)			Taxi/Remis	Colectivo

Nota: El diseño final utilizado en la encuesta fue un modelo promedio de los cuatro modelos de este cuadro.

Fuente: Elaboración propia

Como puede apreciarse, se consideró que existe total disponibilidad de los modos de transporte público.

Las funciones de utilidad especificadas para el diseño del experimento de elección considerando parámetros específicos fueron:

- 1-  $U(auto) = CEA_{auto} + B_{TV_{auto}} \times TV_{auto} + B_{CV_{auto}} \times CV_{auto} + B_{CE_{auto}} \times CE_{auto},$
- 2-  $U(moto) = CEA_{moto} + B_{TV_{moto}} \times TV_{moto} + B_{CV_{moto}} \times CV_{moto} + B_{CE_{moto}} \times CE_{moto},$
- 3-  $U(taxi) = CEA_{taxi} + B_{TV_{taxi}} \times TV_{taxi} + B_{CV_{taxi}} \times CV_{taxi} + B_{TE_{taxi}} \times TE_{taxi},$
- 4-  $U(col) = CEA_{col} + B_{TV_{col}} \times TV_{col} + B_{CV_{col}} \times CV_{col} + B_{TE_{col}} \times TE_{col} + B_{CC_{col}} \times CC_{col},$
- 5-  $U(otro) = CEA_{otro},$

Los parámetros denominados  $CEA$  se refieren a las constantes específicas de la alternativa considerada, los denominados  $\beta_{tv}$  son los parámetros asociados a la variable Tiempo de Viaje ( $TV$ ) de cada alternativa, los denominados  $\beta_{cv}$  están asociados a la variable Costo de Viaje ( $CV$ ) de cada alternativa, los denominados  $\beta_{ce}$  están asociados a la variable Costo de Estacionamiento ( $CE$ ), los denominados  $\beta_{te}$  están asociados a la variable Tiempo de Espera ( $TE$ ) y los denominados  $\beta_{cc}$  a la variable Cuadras Caminadas en origen y destino ( $CC$ ).

El cuestionario fue diseñado usando la plataforma web de la Universidad Nacional de Córdoba, basada en el programa Limesurvey<sup>21</sup>.

La presentación de la encuesta se puede ver en la Figura 2.

**Figura 2: Elección de medio de transporte - VIAJES URBANOS EN CARLOS PAZ.**



Luego se realizaron preguntas socio-económicas (género, edad, actividad laboral, motivo de viaje, barrio, intersección de calles; posee auto y/o moto, entre otras) para luego pasar a los escenarios de preferencias declaradas. A modo de ejemplo la Figura 3 muestra un escenario de elección presentado a un entrevistado que posee su trabajo a una distancia de 2,5 km de su hogar y, además, tiene disponible automóvil y moto en el hogar.

<sup>21</sup> La misma se pueden encontrar en:

<http://encuestas2.unc.edu.ar/index.php/survey/index/sid/776175/newtest/Y/lang/es>

Por ejemplo, para aquellos que no poseen automóvil, los escenarios de elección de modo de transporte no presentan la opción “automóvil” en la primera parte de la encuesta donde se presenta el cuadro comparativo de modos de transporte disponibles. Para aquellos que no poseen motocicleta, no aparece como opción para viajar al trabajo. Para aquellos que no poseen automóvil ni motocicleta, ninguno de estos dos modos de transporte aparece como disponibles en el escenario de elección.

**Figura 3: Escenario de elección presentado a un entrevistado que posee su trabajo a una distancia de 2,5 km de su hogar**

Elección de transporte (Estudio en Villa Carlos Paz) - MOTIVO: VIAJE AL TRABAJO - v1.0

Gracias por participar de esta encuesta!... sobre preferencias de transporte en Villa Carlos Paz  
Con su colaboración, desde la Universidad Nacional de Córdoba podremos proponer políticas de transporte, para que usted y todos los habitantes de la ciudad disfruten de mejores condiciones de viaje.  
En esta encuesta nos referimos a un **VIAJE URBANO POR MOTIVO: ASISTIR AL TRABAJO**

0%  100%

**PD 2,5 Km - Posee Auto y Moto**

\* Analice cada uno de los medios de transporte que se le presentan a continuación y sus atributos. Elija uno de ellos para realizar el viaje del motivo que Ud seleccionó, en función de los valores de los atributos presentados.

	Automóvil particular	Motocicleta	Taxi o remis	Colectivo urbano
Tiempo de viaje	4 minutos	8 minutos	4 minutos	10 minutos
Costo de viaje (de ida o en un solo sentido)	\$ 5	\$ 5	\$ 80	\$ 0 (gratis)
Costo de estacionamiento por hora	\$ 0	\$ 0	---	---
Tiempo de espera promedio (en origen)	---	---	10 minutos	30 minutos
Cuadras caminadas en origen + destino	---	---	---	2 cuadras

Otro (caminando o bicicleta, por ejemplo)

Elección:  Automóvil  Motocicleta  Taxi o Remis  Colectivo urbano  Otro



## V. Aplicación Práctica

En esta sección se presentan los resultados de la estimación de modelos de elección discreta de modo de transporte para viajar al trabajo. Todas las estimaciones presentadas se realizaron utilizando el software BIOGEME, de libre disponibilidad (Bierlaire, 2003), (Bierlaire, 2009). Las sintaxis de los programas para la estimación econométrica de los modelos se presentan en el Anexo 2.

Como ya se mencionó, los modelos de demanda de transporte se utilizan para estimar y pronosticar la demanda de los diferentes modos de transporte, así como para determinar el valor que los usuarios otorgan a los factores que afectan sus elecciones.

### A. Base de datos

La base de datos quedó conformada en la primera fila con los nombres de las variables a utilizar en Biogeme.

*ID*: corresponde al individuo que respondió la encuesta (como se explicó, se presenta 5 escenario de elección a cada individuo por lo que se obtienen 5 respuestas por cada individuo).

*car\_av1*: es una variable cualitativa que asume en valor 1 en caso de que el individuo tenga disponible auto y cero en caso contrario.

*moto\_av1*: es una variable cualitativa que asume en valor 1 en caso de que el individuo tenga disponible moto y cero en caso contrario

*choice*: representa la elección del individuo (1 si elige el viaje en auto, 2 si elige en moto, 3 si elige en taxi/remis, 4 si elige en colectivo, 5 si elige otro medio de transporte)

*NESC*: es el número de escenario (de 1 a 5 ya que son 5 escenario por individuo encuestado, no se utiliza en la estimación)

*tva*: es el tiempo de viaje en auto

*cva*: es el costo de viaje en auto

*cea*: es el costo de estacionamiento para auto

*tvm*: es el tiempo de viaje en moto

*cvm*: es el costo de viaja en moto

*cem*: es el costo de estacionamiento en moto

*tvf*: es el tiempo de viaje en taxi

*tet*: es el tiempo de espera en taxi

*cvt*: es el costo de viaja en taxi

*tvcol*: es el tiempo de viaje en colectivo

*tecol*: es el tiempo de espera en colectivo

*cvcol*: es el costo de viaje en colectivo

*cccol*: son las cuadras caminadas en origen y destino de colectivo

*d10*: es una variable ficticia que vale 1 cuando es un individuo que realiza viajes de 10 kilómetros del hogar al trabajo y cero en caso contrario.

*d5*: es una variable ficticia que vale 1 cuando es un individuo que realiza viajes de 5 kilómetros del hogar al trabajo y cero en caso contrario.

En las sucesivas filas se encuentran los datos identificando a cada individuo, y sus respuestas, como también los valores de los atributos de cada modo de transporte que conforma el escenario presentado al individuo.

Como ya se mencionó en el diseño de la encuesta, cada individuo enfrenta 5 escenarios hipotéticos, los cuales tienen en cuenta los modos de transporte disponibles que tiene el individuo, cada individuo declara 5 respuestas, las mismas están representadas en 5 filas consecutivas de la base de datos.

## **B. Aplicaciones de los modelos Logit multinomial (LMN) y Logit Multinomial Mixto (LMNM).**

En todos los modelos estimados en esta sección, la variable dependiente es la elección de modo de transporte declarada por los encuestados en cada escenario de elección, considerando para cada encuestado solamente los modos de transporte disponibles para viajar al trabajo.

En particular, se consideran modelos con el coeficiente del tiempo fijo,  $\beta_{tv}$ , y también bajo 3 supuestos de distribución para estimar modelos mixtos con parámetro aleatorio: que sigue una distribución Uniforme, luego que sigue una distribución Normal y por último que sigue una distribución Lognormal.

Las estimaciones basadas en las diferentes distribuciones se pueden usar, junto con las estadísticas de ajuste de los diversos modelos, para determinar si los valores estimados negativo o positivo del coeficiente, son simplemente un resultado del uso de la distribución en cuestión, o en realidad este resultado prevalece en la población.

La distribución de frecuencias de la variable dependiente del modelo se presenta a continuación en la Tabla 5.



El modelo estimado incluyó como variables explicativas las variables de nivel de servicio del experimento de elección y variables ficticias de distancia de viaje con parámetro genérico en las funciones de utilidad. Con estas variables de distancia de viaje se captaron diferencias en las preferencias relacionadas a la distancia de viaje al trabajo de los encuestados.

**Tabla 5: Distribución de frecuencias de la variable dependiente de elección de modo de transporte**

Modo de transporte		Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
1	Automóvil	123	26.7%
2	Motocicleta	107	23.3%
3	Taxi/Remis	17	3.7%
4	Colectivo	162	35.2%
5	Otros	51	11.1%
<b>Total</b>		460	100.0%

Las variables explicativas de las funciones de utilidad especificadas son:

*tva*: tiempo de viaje en automóvil.

*cva*: costo de viaje en automóvil.

*cea*: costo de estacionamiento diario del automóvil.

*tvm*: tiempo de viaje en motocicleta.

*cvm*: costo de viaje en motocicleta.

*cem*: costo de estacionamiento diario de motocicleta.

*tv*: tiempo de viaje en taxi/remis

*te*: tiempo de espera del taxi/remis.

*cv*: costo de viaje del taxi/remis.

*tvcol*: tiempo de viaje en colectivo.

*tecol*: tiempo de espera de colectivo.

*cvcol*: costo de viaje de colectivo.

*cccol*: cuerdas caminadas (en origen más destino) al usar colectivo común.

*d5*: variable ficticia relacionada a viajes de 5 kms. Esta variable asume el valor 1 cuando el dato corresponde a un escenario de elección de un viaje de 5 kms.

*d10*: variable ficticia relacionada a viajes de 10 kms. Esta variable asume el valor 1 cuando el dato corresponde a un escenario de elección de un viaje de 10 kms.

Cabe señalar, que en la especificación del modelo no se ha incluido la variable ficticia relacionada a viajes con una distancia de 2,5 kms, por lo tanto, los parámetros estimados de las variables ficticias de distancia representan el comportamiento diferencial de los trabajadores en relación con viajes de 2,5 kms.

Los parámetros a estimar son:

$CEA_{auto}$ : constante de la función de utilidad de la alternativa “automóvil” (especificada igual a cero).

$CEA_{moto}$ : constante de la función de utilidad de la alternativa “motocicleta”.

$CEA_{taxi}$ : constante de la función de utilidad de la alternativa “taxi/remis”.

$CEA_{col}$ : constante de la función de utilidad de la alternativa “colectivo”.

$CEA_{otro}$ : constante de la función de utilidad de la alternativa de “no elección” de los modos de transporte presentados en el experimento de elección.

$\beta_{tv}$ : parámetro asociado a la variable tiempo de viaje.

$\beta_{te}$ : parámetro asociado a la variable tiempo de espera.

$\beta_{cv}$ : parámetro asociado a la variable costo de viaje.

$\beta_{ce}$ : parámetro de la variable costo de estacionamiento.

$\beta_{cc}$ : parámetro de la variable cuerdas caminadas en origen más destino.

$\beta_{10}$ : parámetro asociado a la distancia de 10 km.

$\beta_5$ : parámetro asociado a la distancia de 5 km.

A modo particular, se estiman siete modelos diferentes con cinco funciones de utilidad cada uno. Las funciones de utilidad determinísticas que se estiman son las siguientes:

1.  $V_{auto} = CEA_{auto} + \beta_{tv} * t_{va} + \beta_{cv} * c_{va} + \beta_{ce} * c_{ea} + \beta_{10} * d_{10} + \beta_5 * d_5,$
2.  $V_{moto} = CEA_{moto} + \beta_{tv} * t_{vm} + \beta_{cv} * c_{vm} + \beta_{ce} * c_{em} + \beta_{10} * d_{10} + \beta_5 * d_5,$
3.  $V_{taxi} = CEA_{taxi} + \beta_{tv} * t_{vt} + \beta_{cv} * c_{vt} + \beta_{te} * t_{et} + \beta_{10} * d_{10} + \beta_5 * d_5,$
4.  $V_{colectivo} = CEA_{col} + \beta_{tv} * t_{vcol} + \beta_{cv} * c_{vcol} + \beta_{te} * t_{ecol} + \beta_{cc} * c_{ccol} + \beta_{10} * d_{10} + \beta_5 * d_5,$
5.  $V_{otro} = CEA_{otro},$

De acuerdo con la teoría económica, se espera que  $\hat{\beta}_{tv} < 0$ ,  $\hat{\beta}_{cv} < 0$ ,  $\hat{\beta}_{ce} < 0$ ,  $\hat{\beta}_{te} < 0$ ,  $\hat{\beta}_{cc} < 0$ , ya que son los parámetros de características que generan desutilidad en un viaje urbano.

En el caso los coeficientes de las variables ficticias  $\hat{\beta}_{10}$ ,  $\hat{\beta}_5$  pueden tener signo positivo o negativo. Además, dado que las variables ficticias de distancia se han incluido en todas las alternativas modales excepto en la alternativa de no elección, los coeficientes estimados asociados a las diferentes distancias de viaje indican diferencias entre la utilidad (y probabilidad de elección) de todos los modos de transporte disponibles presentados (automóvil, motocicleta, taxi, colectivo) y el modo de transporte que indica no elección (otro modo de transporte).

En las tablas que siguen se presentan los resultados de las estimaciones realizadas.

### a. Modelos con coeficientes fijos

1- Modelo logit multinomial de elección de modo de transporte, con coeficientes no aleatorios

**Tabla 6: Modelo logit multinomial de elección de modo de transporte, con coeficientes no aleatorios.**

Nombre del parámetro	Valor del parámetro	Error estándar	Test t-student	p-valor	Error estándar robusto	Test t-student robusto	p-valor
$CEA_{auto}$	0.00	fijo					
$CEA_{moto}$	-1.37	0.229	-5.98	0.00	0.241	-5.69	0.00
$CEA_{taxi}$	-1.80	0.619	-2.91	0.00	0.716	-2.52	0.01
$CEA_{bus}$	-1.17	0.494	-2.37	0.02	0.504	-2.33	0.02
$CEA_{otro}$	-2.95	0.334	-8.84	0.00	0.345	-8.54	0.00
$\beta_{ce}$	-0.11	0.0154	-7.12	0.00	0.0165	-6.66	0.00
$\beta_{cv}$	-0.0311	0.00769	-4.05	0.00	0.0104	-3.00	0.00
$\beta_{tv}$	-0.0635	0.0183	-3.46	0.00	0.019	-3.35	0.00
$\beta_{te}$	-0.0283	0.0158	-1.79	0.07	0.0161	-1.75	0.08
$\beta_{cc}$	-0.117	0.085	-1.37	0.17	0.0899	-1.30	0.19
$\beta_{to}$	5.31	1.11	4.79	0.00	1.18	4.51	0.00
$\beta_s$	3.09	0.518	5.97	0.00	0.524	5.90	0.00
Nro. de observaciones:		460			Log-verosimilitud inicial:	-632.828	
Rho-cuadrado:		0.394			Log- verosimilitud final:	-383.754	
Rho-cuadrado ajustado:		0.376			Test de razón de verosimilitud:	498.147	
VSATV (\$/min)*		2.04					
VSATE (\$/min)**		0.91					
VSACC (\$/cuadra)**		3.76					

Notas: (\*) VSATV: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje. (\*\*) VSATE: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera. (\*\*\*) VSACC: Valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino.

Como puede apreciarse en la Tabla 6, todos los coeficientes estimados de las variables de nivel de servicio de los modos de transporte resultaron con los signos esperados y significativos con un 90% de nivel de confianza, a excepción del coeficiente de cuadras caminadas que presenta un p-valor de 0,19.

Cabe señalar, que tanto en este modelo como en los que siguen, las valoraciones subjetivas de los ahorros de tiempo de viaje, tiempo de espera y cuadras caminadas se calcularon dividiendo el coeficiente estimado asociado a cada una de estas variables por el coeficiente estimado asociado al costo de viaje.

La valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje, medida en términos del costo de viaje, es de \$2,04 por minuto; la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera es de \$0,91 por minuto y la valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino es de \$3,76 por cuadra.

## 2- Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte datos de panel

**Tabla 7: Modelo logit multinomial mixto de elección de modelo de transporte, con coeficientes no aleatorios y datos de panel**

Nombre del parámetro	Valor del parámetro	Error estándar	Test t-student	p-valor	Error estándar robusto	Test t-student robusto	p-valor
$CEA_{auto}$	0.00	Fixed					
$CEA_{moto}$	-1.56	0.242	-6.44	0.00	0.372	-4.18	0.00
$CEA_{taxi}$	-1.84	0.635	-2.90	0.00	1.03	-1.79	0.07
$CEA_{bus}$	-1.32	0.523	-2.52	0.01	0.528	-2.5	0.01
$CEA_{otro}$	-4.04	0.656	-6.16	0.00	0.722	-5.6	0.00
$\beta_{ce}$	-0.114	0.0158	-7.23	0.00	0.0167	-6.82	0.00
$\beta_{cv}$	-0.0336	0.00814	-4.13	0.00	0.0179	-1.88	0.06
$\beta_{tv}$	-0.0626	0.0189	-3.31	0.00	0.0191	-3.28	0.00
$\beta_{te}$	-0.0314	0.0168	-1.87	0.06	0.0168	-1.87	0.06
$\beta_{cc}$	-0.122	0.0914	-1.34	0.18	0.0858	-1.42	0.15
$\beta_{1o}$	7.20	1.80	3.99	0.00	1.59	4.54	0.00
$\beta_5$	4.58	1.20	3.81	0.00	1.12	4.08	0.00
$\sigma_{panel}$	-2.57	0.564	-4.55	0.00	0.462	-5.55	0.00
Nro. de observaciones:		460			Log-verosimilitud inicial:	-632.828	
Rho-cuadrado:		0.43			Log- verosimilitud final:	-360.5	
Rho-cuadrado ajustado:		0.411			Test de razón de verosimilitud:	544.656	
VSATV (\$/min)*		1.86					
VSATE (\$/min)**		0.93					
VSACC (\$/cuadra)**		3.63					

Notas: (\*) VSATV: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje. (\*\*) VSATE: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera. (\*\*\*) VSACC: Valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino.

Como se aprecia en la Tabla 7, todos los coeficientes estimados de las variables de nivel de servicio de los modos de transporte resultaron con los signos esperados y significativos con un 90% de nivel de confianza, a excepción del coeficiente de tiempo de espera que presenta un p-valor de 0,15.

La valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje, medida en términos del costo de viaje, es de \$1,86 por minuto; la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera es de \$0,93 por minuto y la valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino es de \$3,63 por cuadra.

## b. Modelos con coeficiente de tiempo de viaje con distribución Uniforme

3- Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte, con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución uniforme.

**Tabla 8: Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte, con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución uniforme.**

Nombre del parámetro	Valor del parámetro	Error estándar	Test t-student	p-valor	Error estándar robusto	Test t-student robusto	p-valor
$CEA_{auto}$	0.00	Fijo					
$CEA_{moto}$	-1.53	0.257	-5.94	0.00	0.27	-5.67	0.00
$CEA_{taxi}$	-1.81	0.649	-2.79	0.01	0.704	-2.57	0.01
$CEA_{bus}$	-1.28	0.55	-2.33	0.02	0.548	-2.34	0.02
$CEA_{otro}$	-3.59	0.509	-7.06	0.00	0.621	-5.78	0.00
$\beta_{ce}$	-0.131	0.0199	-6.58	0.00	0.0241	-5.43	0.00
$\beta_{cv}$	-0.0368	0.00875	-4.20	0.00	0.0106	-3.48	0.00
$\beta_{tv}$	-0.0984	0.0304	-3.24	0.00	0.0352	-2.8	0.01
$\beta_{te}$	-0.0322	0.019	-1.69	0.09	0.0191	-1.68	0.09
$\beta_{cc}$	-0.145	0.0975	-1.49	0.14	0.102	-1.42	0.15
$\beta_{1o}$	9.60	2.35	4.09	0.00	4.18	2.3	0.02
$\beta_s$	4.30	0.855	5.03	0.00	1.10	3.91	0.00
$\sigma_{\beta tv}$	0.216	0.0769	2.81	0.00	0.113	1.92	0.06
Nro. de observaciones:		460			Log-verosimilitud inicial:	-632.828	
Rho-cuadrado:		0.398			Log- verosimilitud final:	-380.874	
Rho-cuadrado ajustado:		0.379			Test de razón de verosimilitud:	503.908	
VSATV (\$/min)*		2.67					
VSATE (\$/min)**		0.88					
VSACC (\$/cuadra)**		3.94					

Notas: (\*) VSATV: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje. (\*\*) VSATE: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera. (\*\*\*) VSACC: Valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino.

Los resultados de la Tabla 8 muestran que todos los coeficientes estimados de las variables de nivel de servicio de los modos de transporte resultaron con los signos esperados y significativos con un 90% de nivel de confianza, a excepción del coeficiente de cuadras caminadas que presenta un p-valor de 0,15.

La valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje, medida en términos del costo de viaje, es de \$2,67 por minuto; la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera es de \$0,88 por minuto y la valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino es de \$3,94 por cuadra.

4- Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte, con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución uniforme y datos de panel.

**Tabla 9: Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte, con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución uniforme y datos de panel.**

Nombre del parámetro	Valor del parámetro	Error estándar	Test t-student	p-valor	Error estándar robusto	Test t-student robusto	p-valor
$CEA_{auto}$	0.00	fijo					
$CEA_{moto}$	-1.84	0.287	-6.4	0.00	0.386	-4.76	0.00
$CEA_{taxi}$	-1.70	0.689	-2.47	0.01	0.865	-1.97	0.05
$CEA_{bus}$	-1.45	0.604	-2.41	0.02	0.618	-2.35	0.02
$CEA_{otro}$	-5.49	1.08	-5.07	0.00	1.27	-4.34	0.00
$\beta_{ce}$	-0.145	0.0213	-6.82	0.00	0.0239	-6.07	0.00
$\beta_{cv}$	-0.0464	0.0106	-4.37	0.00	0.014	-3.31	0.00
$\beta_{tv}$	-0.119	0.0345	-3.45	0.00	0.0313	-3.81	0.00
$\beta_{te}$	-0.0399	0.021	-1.89	0.06	0.0191	-2.09	0.04
$\beta_{cc}$	-0.16	0.108	-1.48	0.14	0.0987	-1.63	0.10
$\beta_{1o}$	11.40	2.69	4.26	0.00	3.67	3.12	0.00
$\beta_s$	6.61	1.80	3.67	0.00	1.70	3.88	0.00
$\sigma_{\beta tv}$	-0.266	0.0679	-3.91	0.00	0.0836	-3.18	0.00
$\sigma_{panel}$	3.25	0.81	4.02	0.00	0.817	3.98	0.00
Nro. de observaciones:		460			Log-verosimilitud inicial:		-632.828
Rho-cuadrado:		0.439			Log- verosimilitud final:		-355.091
Rho-cuadrado ajustado:		0.418			Test de razón de verosimilitud:		555.473
VSATV (\$/min)*		2.56					
VSATE (\$/min)**		0.86					
VSACC (\$/cuadra)**		3.45					

Notas: (\*) VSATV: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje. (\*\*) VSATE: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera. (\*\*\*) VSACC: Valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino.

Como se puede ver en la Tabla 9, todos los coeficientes estimados de las variables de nivel de servicio de los modos de transporte resultaron con los signos esperados y significativos con un 90% de nivel de confianza.

La valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje, medida en términos del costo de viaje, es de \$2,56 por minuto; la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera es de \$0,86 por minuto y la valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino es de \$3,45 por cuadra.



### c. Modelos con coeficiente de tiempo de viaje con distribución Normal

5- Modelo logit multinomial mixto con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución normal.

**Tabla 10: Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte, con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución normal.**

Nombre del parámetro	Valor del parámetro	Error estándar	Test t-student	p-valor	Error estándar robusto	Test t-student robusto	p-valor
$CEA_{auto}$	0.00	fijo					
$CEA_{moto}$	-1.62	0.29	-5.59	0.00	0.32	-5.07	0.00
$CEA_{taxi}$	-1.74	0.685	-2.54	0.01	0.731	-2.38	0.02
$CEA_{bus}$	-1.36	0.602	-2.26	0.02	0.619	-2.2	0.03
$CEA_{otro}$	-3.98	0.708	-5.62	0.00	0.965	-4.13	0.00
$\beta_{ce}$	-0.142	0.0242	-5.85	0.00	0.0319	-4.45	0.00
$\beta_{cv}$	-0.041	0.0106	-3.86	0.00	0.013	-3.16	0.00
$\beta_{tv}$	-0.113	0.0374	-3.03	0.00	0.0441	-2.57	0.01
$\beta_{te}$	-0.0376	0.0221	-1.7	0.09	0.0242	-1.56	0.12
$\beta_{cc}$	-0.152	0.106	-1.43	0.15	0.111	-1.37	0.17
$\beta_{1o}$	12.30	3.60	3.41	0.00	5.69	2.16	0.03
$\beta_s$	5.18	1.40	3.7	0.00	2.01	2.58	0.01
$\sigma \beta_{tv}$	0.191	0.0834	2.29	0.02	0.131	1.45	0.15
Nro. de observaciones:		460			Log-verosimilitud inicial:	-632.828	
Rho-cuadrado:		0.399			Log- verosimilitud final:	-380.412	
Rho-cuadrado ajustado:		0.38			Test de razón de verosimilitud:	504.832	
VSATV (\$/min)*		2.76					
VSATE (\$/min)**		0.92					
VSACC (\$/cuadra)**		3.71					

Notas: (\*) VSATV: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje. (\*\*) VSATE: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera. (\*\*\*) VSACC: Valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino.

Como se puede ver en la Tabla 10, todos los coeficientes estimados de las variables de nivel de servicio de los modos de transporte resultaron con los signos esperados y significativos con un 90% de nivel de confianza, a excepción del coeficiente de cuadras caminadas que presenta un p-valor de 0,17 y la desviación estándar de coeficiente de tiempo de viaja con un p- valor de 0,15.

La valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje, medida en términos del costo de viaje, es de \$2,76 por minuto; la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera es de \$0,92 por minuto y la valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino es de \$3,71 por cuadra

6- Modelo logit multinomial mixto con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución normal y datos de panel.

**Tabla 11: Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte, con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución normal y datos de panel.**

Nombre del parámetro	Valor del parámetro	Error estándar	Test t-student	p-valor	Error estándar robusto	Test t-student robusto	p-valor
$CEA_{auto}$	0.00	fijo					
$CEA_{moto}$	-1.89	0.303	-6.22	0.00	0.403	-4.68	0.00
$CEA_{taxi}$	-1.68	0.717	-2.35	0.02	0.922	-1.83	0.07
$CEA_{bus}$	-1.54	0.631	-2.43	0.01	0.652	-2.36	0.02
$CEA_{otro}$	-5.78	1.14	-5.05	0.00	1.36	-4.25	0.00
$\beta_{ce}$	-0.151	0.0237	-6.38	0.00	0.0291	-5.21	0.00
$\beta_{cv}$	-0.0489	0.0118	-4.14	0.00	0.0157	-3.11	0.00
$\beta_{tv}$	-0.125	0.0368	-3.41	0.00	0.0362	-3.46	0.00
$\beta_{te}$	-0.0415	0.0223	-1.86	0.06	0.0201	-2.07	0.04
$\beta_{cc}$	-0.158	0.113	-1.4	0.16	0.103	-1.53	0.13
$\beta_{1o}$	14.10	4.2	3.37	0.00	6.35	2.23	0.03
$\beta_s$	7.46	1.99	3.75	0.00	1.95	3.83	0.00
$\sigma_{\beta tv}$	0.192	0.0595	3.22	0.00	0.0842	2.28	0.02
$\sigma_{panel}$	-3.62	0.896	-4.04	0.00	0.998	-3.62	0.00
Nro. de observaciones:		460		Log-verosimilitud inicial:		-632.828	
Rho-cuadrado:		0.437		Log- verosimilitud final:		-356.044	
Rho-cuadrado ajustado:		0.417		Test de razón de verosimilitud:		553.566	
VSATV (\$/min)*		2.56					
VSATE (\$/min)**		0.85					
VSACC (\$/cuadra)**		3.23					

Notas: (\*) VSATV: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje. (\*\*) VSATE: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera. (\*\*\*) VSACC: Valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino.

Como se aprecia en la Tabla 11, todos los coeficientes estimados de las variables de nivel de servicio de los modos de transporte resultaron con los signos esperados y significativos con un 90% de nivel de confianza.

La valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje, medida en términos del costo de viaje, es de \$2,56 por minuto; la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera es de \$0,85 por minuto y la valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino es de \$3,23 por cuadra

#### d. Modelo con coeficiente de tiempo de viaje con distribución Lognormal

7- Modelo logit multinomial mixto con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución Lognormal.

Cabe aclarar que en este modelo las variables ficticias de distancia ingresan solamente en la función de utilidad de automóvil.

**Tabla 12: Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte, con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución normal.**

Nombre del parámetro	Valor del parámetro	Error estándar	Test t-student	p-valor	Error estándar robusto	Test t-student robusto	p-valor
$CEA_{auto}$	0.00	fixed					
$CEA_{moto}$	-0.463	0.271	-1.71	0.09	0.265	-1.75	0.08
$CEA_{taxi}$	-2.03	0.681	-2.98	0.00	0.843	-2.41	0.02
$CEA_{bus}$	-1.03	0.512	-2.00	0.04	0.504	-2.03	0.04
$CEA_{otro}$	-2.74	0.363	-7.55	0.00	0.38	-7.2	0.00
$\beta_{ce}$	-0.0932	0.0148	-6.29	0.00	0.0156	-5.96	0.00
$\beta_{cv}$	-0.0204	0.00771	-2.65	0.01	0.0111	-1.84	0.07
$\beta_{tv}$	-3.64	0.482	-7.55	0.00	0.427	-8.52	0.00
$\beta_{te}$	-0.0278	0.0154	-1.81	0.07	0.0158	-1.76	0.08
$\beta_{cc}$	-0.0891	0.0801	-1.11	0.27	0.0794	-1.12	0.26
$\beta_{1o}$	1.14	0.38	2.99	0.00	0.435	2.62	0.01
$\beta_s$	0.819	0.391	2.09	0.04	0.398	2.06	0.04
$\sigma\beta_{tv}$	0.00128	0.542	0.00	1.00	0.00135	0.94	0.34
Nro. de observaciones:		460			Log-verosimilitud inicial:	-2684.672	
Rho-cuadrado:		0.339			Log- verosimilitud final:	-417.988	
Rho-cuadrado ajustado:		0.321			Test de razón de verosimilitud:	429.679	
VSATV (\$/min)*		178.43					
VSATE (\$/min)**		1.36					
VSACC (\$/cuadra)***		4.37					

Notas: (\*) VSATV: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje. (\*\*) VSATE: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera. (\*\*\*) VSACC: Valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino.

Como se puede ver en la Tabla 12, todos los coeficientes estimados de las variables de nivel de servicio de los modos de transporte resultaron con los signos esperados y significativos con un 90% de nivel de confianza, a excepción del coeficiente de cuadras caminadas  $\beta_{cc}$  que presenta un p-valor de 0,26 y la desviación estándar del coeficiente de tiempo de viaja con un p- valor de 0,34; lo que indica que no habría evidencia para mantener el supuesto que  $\beta_{tv}$  se distribuye Lognormal considerando un nivel de confianza del 90%. Y el modelo colapsaría al modelo con coeficientes fijos (no aleatorios) presentado en la Tabla 6. A modo ilustrativo se han estimado las valoraciones subjetivas.

## VI. Resultados de la aplicación práctica

La necesidad de un estudio de elección de modo de transporte para realizar viajes al trabajo se funda en la importancia que reviste la estimación de:

- la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje y espera de los usuarios de los sistemas de transporte urbano,
- las elasticidades de demanda, entre ellas: elasticidad precio de la demanda de los distintos modos de transporte, elasticidad tiempo de viaje, elasticidad tiempo de espera,
- las cuotas de mercado o proporción de la demanda de los distintos modos de transporte considerados ante escenarios de política que modifican las variables explicativas de la demanda (tiempos de viaje, tiempos de espera y tarifas, por ejemplo).

### A. Valoraciones subjetivas

El valor de los ahorros de tiempo es un indicador de disposición a pagar crítico para a evaluación de políticas y proyectos de transporte. En este trabajo, realizamos el cálculo de esta medida utilizando modelos de elección discreta con preferencias homogéneos y también incorporando heterogeneidad aleatoria en las preferencias (modelos mixtos).

Es una práctica común calcular el valor del tiempo como la relación entre la media del coeficiente de tiempo de viaje y el coeficiente del costo de viaje, dejando fuera los efectos la distribución completa de los coeficientes. En la Tabla 13 se presenta la valoración subjetiva del ahora de tiempo de viaje calculado en los modelos precedentes.

La distribución Uniforme rara vez se utiliza en la especificación de los modelos LMNM con parámetros aleatorios, dado que asigna la misma probabilidad a todos los valores en su dominio. Sin embargo, los modelos basados en la distribución Uniforme son generalmente muy fáciles de estimar, de modo que la distribución Uniforme puede verse al menos como un primer paso en la identificación de coeficientes para los cuales existe una heterogeneidad aleatoria de las preferencias significativa en la población.

La distribución Normal es una de la más utilizadas en los LMNM con parámetros aleatorios, pero especificar que un coeficiente determinado sigue una distribución Normal es, por lo tanto, equivalente a suponer a priori que existen valores positivos y negativos para este coeficiente en la población. En el caso de un coeficiente de costo o un tiempo de viaje distribuido normalmente, presenta una probabilidad positiva de ser un coeficiente no negativo, algo que contradice el supuesto de racionalidad económica.

La distribución Lognormal es preferible a la distribución Normal en el caso de coeficientes con un supuesto fuerte de signo a priori, como los coeficientes de costo y tiempo. En nuestro caso, los modelos estimados bajo el supuesto de esta distribución arrojaron parámetros no significativamente diferentes de cero, lo que sugiere que las preferencias no siguen esta distribución.

En lo que sigue se explican las características relevantes que se desprenden de los modelos estimados; particularmente quedan 6 modelos, 3 sin datos de panel y 3 con datos de panel. En la Tabla 13 se muestran las valoraciones subjetivas del ahorro de tiempo de viaje.

**Tabla 13: Cuadro comparativo de valores subjetivos según los modelos estimados.**

Modelo	Valoraciones subjetivas y Rho-cuadrado ajustado	Modelo con $\beta_{tv}$ fijo	Modelo con $\beta_{tv}$ que se distribuye uniforme	Modelo con $\beta_{tv}$ que se distribuye normal
Sin datos de panel	VSATV (\$/min) * =	2.04	2.67	2.76
Con datos de panel	$\beta_{tv} / \beta_{cv}$	1.86	2.56	2.56
Sin datos de panel	VSATE (\$/min) ** =	0.91	0.88	0.92
Con datos de panel	$\beta_{te} / \beta_{cv}$	0.93	0.86	0.85
Sin datos de panel	VSACC (\$/cuadra) *** =	3.76	3.94	3.71
Con datos de panel	$\beta_{cc} / \beta_{cv}$	3.63	3.45	3.23
Sin datos de panel	Rho-cuadrado ajustado	0.376	0.379	0.380
Con datos de panel		0.411	0.418	0.417

Notas: (\*) VSATV: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje. (\*\*) VSATE: Valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de espera. (\*\*\*) VSACC: Valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino.

- La valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje según los modelos LMNM con coeficiente  $\beta_{tv}$  que se distribuye aleatoriamente son mayores, que el que presenta  $\beta_{tv}$  fijo.
- En el caso de las valoraciones subjetivas de ahorro de tiempo de espera y ahorro de cuadras caminadas, los modelos LMNM con datos de panel y coeficientes  $\beta_{tv}$  que se distribuye aleatoriamente son menores, que el que cuenta con  $\beta_{tv}$  fijo con datos de panel. No se mantiene esta afirmación para los modelos LMNM sin datos de panel y coeficientes  $\beta_{tv}$  que se distribuye aleatoriamente respecto al el que cuenta con  $\beta_{tv}$  fijo sin datos de panel.
- Teniendo en cuenta el Rho-cuadrado ajustado, los modelos LMNM con datos de panel presentan mejores ajustes para cada modelo estimado disponible.

- Los modelos muestran que la mayor valoración subjetiva para los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino, luego valoran el tiempo de viaje y por último el tiempo de espera;  $\frac{\beta_{cc}}{\beta_{cv}} > \frac{\beta_{tv}}{\beta_{cv}} > \frac{\beta_{te}}{\beta_{cv}}$ .

Los habitantes de Villa Carlos Paz presentan una gran valoración por las cuadras caminada en origen y destino, lo que indica que un buen diseño de la red de recorridos de colectivos urbanos, disminuyendo las cuadras caminadas sería muy valorado e incentivaría el uso del colectivo.

Como se expuso anteriormente las medias de los  $\beta_{tv}$  son significativos con un 90% de nivel de confianza. Se puede ver en la Tabla 14 la información relevante a las desviaciones estándar de esos coeficientes, que puede resumirse en:

- Los  $\sigma\beta_{tv}$  son significativos con un 90% de confianza, en 3 de los 4 modelos que se exponen, lo que sugiere que existen preferencias heterogéneas entre los encuestados con respecto a la valoración subjetiva del ahorro de tiempo de viaje, algo que se debe considerar al momento de realizar políticas.
- Como indicamos anteriormente el modelo LMNM con  $\beta_{tv}$  que se distribuye Lognormal es el modelo deseable por sus características respecto a que respeta los signos que deberían presentar los coeficientes a priori; pero presentaría estimaciones “exageradas” para la valoración subjetiva del ahorro de tiempo de viaje, y además la desviación estándar de su coeficiente  $\sigma\beta_{tv}$  no es significativa, lo que sugiere que las preferencias en los datos no siguen esta distribución y por ese motivo no se incluyen sus resultados en la Tabla 14.

**Tabla 14: Desviaciones estándar del coeficiente de tiempo de viaje con diferentes distribuciones**

Modelo		Modelo con $\beta_{tv}$ que se distribuye uniforme	Modelo con $\beta_{tv}$ que se distribuye normal
LMNM sin datos de panel	$\sigma\beta_{tv}$	0.216	0.191
	p-valor	0.06	0.15
LMNM con datos de panel	$\sigma\beta_{tv}$	0.266	0.192
	p-valor	0.00	0.02

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, si bien los modelos estimados con  $\beta_{tv}$  que se distribuye uniforme y normal presentan evidencia de heterogeneidad en la valoración subjetiva del ahorro de tiempo de viaje dado que sus  $\sigma\beta_{tv}$  son significativamente diferentes de cero, no se recomienda utilizar los resultados del LMNM con el supuesto de coeficiente de tiempo de viaje con distribución uniforme ya que asigna la misma probabilidad a todos los valores en su dominio.

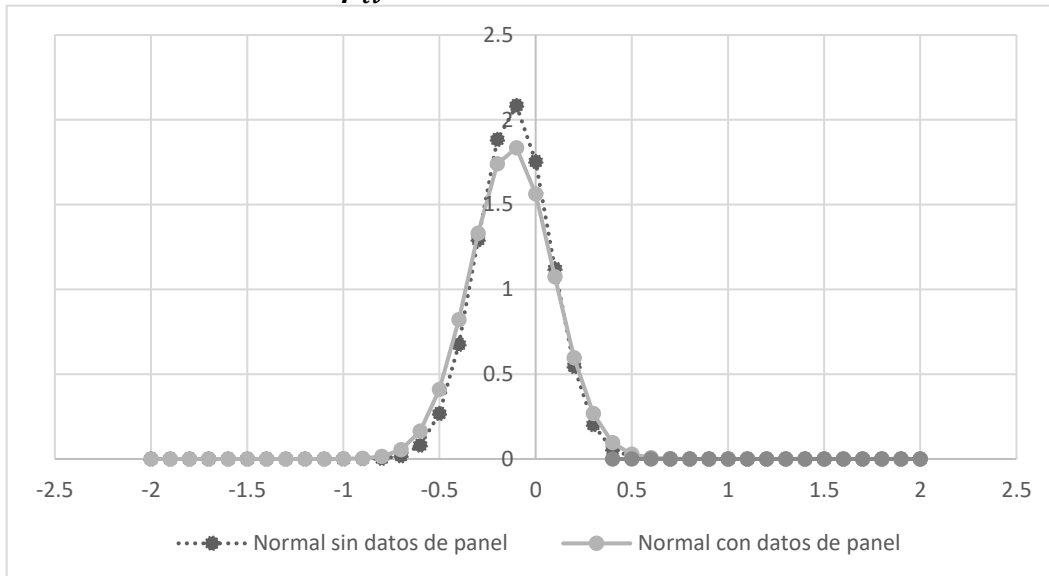
Para el caso de los resultados del LMNM con el supuesto de coeficiente de tiempo de viaje con distribución normal, la probabilidad de que el coeficiente  $\beta_{tv}$  sea negativo en el modelo sin datos de panel es 27,70% y en el modelo con datos de panel es 28,14%. Los coeficientes estimados asociados al costo y al tiempo de viaje no pueden ser positivos dentro del marco de la teoría económica neoclásica en general, y la teoría de la utilidad aleatoria en particular. En consecuencia, no se recomienda utilizar los resultados de este modelo.

En el Gráfico 3 que sigue se muestran las funciones de distribución de los coeficientes de tiempo de viaje para los modelos LMNM con coeficiente tiempo de viaje con distribución normal. Son dos funciones ya que se estimaron las mismas funciones de utilidad sin considerar las respuestas repetidas de cada usuario como datos de panel y también se estimó considerando las respuestas repetidas de cada usuario como datos de panel.

Por lo tanto, se recomienda utilizar el modelo LMN con datos de panel y coeficientes fijos para realizar estimaciones y pronósticos relacionados a la elección de modo de transporte de la Ciudad de Villa Carlos Paz. Como se puede ver en la Tabla 7 del capítulo 4, todos los coeficientes estimados de las variables de nivel de servicio de los modos de transporte resultaron con los signos esperados y significativos con un 90% de nivel de confianza, a excepción del coeficiente de tiempo de espera que presenta un p-valor de 0,15. La valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje, medida en términos del costo de viaje, es de \$1,86 por minuto; la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo

de espera es de \$0,93 por minuto y la valoración subjetiva de los ahorros de cuadras caminadas en origen o destino es de \$3,63 por cuadra.

**Gráfico 3: Distribución de  $\beta_{tv}$  en los modelos LMNM**



En resumen, se evidencia una valoración superior a las cuadras caminadas en origen y destino, por lo que es primordial el diseño una red de transporte que minimice la cantidad de cuadras caminadas en origen y destino para incentivar el uso de transporte público.

También se evidencia una alta valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje, por lo que el diseño de redes de transporte con prioridades o carriles selectivos para el transporte urbano de pasajeros generaría incentivos para su utilización, lo que generaría un alto impacto positivo en los usuarios y en el medio ambiente.

Por último, la valoración subjetiva estimada de los ahorros de tiempo de espera es la menor de las 3 calculadas; este resultado puede estar relacionado con las actividades que realizan los usuarios mientras se espera el colectivo. Así, por ejemplo, en la ciudad de Córdoba algunas personas declaran que leen libros, escuchan música, estudian mientras esperan<sup>22</sup> y por lo tanto le otorgan una menor valoración subjetiva al tiempo de espera ya que aprovechan ese tiempo en otras actividades.

Estos resultados encontrados para los usuarios de transporte de Villa Carlos Paz están en línea con lo estimado por Sartori (2013) para la ciudad de Córdoba Capital.

<sup>22</sup> <https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/omnibus-se-usaria-mas-si-fuera-rapido>



## B. Análisis de escenarios y cálculo de elasticidades con el modelo de elección de modo de transporte

Utilizando el modelo LMNM estimado y presentado en la Tabla 7, se han generado una serie de escenarios de política que permiten calcular las probabilidades de elección de los diferentes modos de transporte, sus cambios y en función de ellos las elasticidades de demanda.

Los escenarios de política propuestos son:

- Escenario base, diseñado considerando los siguientes niveles de los atributos: una velocidad promedio de 37.5 km/h para viajes en automóvil, motocicleta y taxi que determinó los tiempos de viaje según la distancia recorrida; una velocidad promedio de 25 km/h para colectivo; costos diarios de estacionamiento de automóvil y motocicleta de \$15; tiempos de espera para colectivo y taxi de 20 minutos en promedio; una tarifa de colectivo de \$12; costos de viaje en automóvil calculados como \$2,4 por kilómetro recorrido y de \$1,2 por kilómetro para viaje en motocicleta.
- Escenario 1: considera una disminución del 20% en los tiempos de viaje en colectivo. Este escenario podría alcanzarse en la realidad mediante la implementación de vías o carriles exclusivos para colectivo, al menos en el centro de la ciudad.
- Escenario 2: presenta una situación en la que el costo de estacionamiento de automóvil aumenta un 20%.
- Escenario 3: disminución del tiempo de espera de colectivo en un 20%.
- Escenario 4: presenta una situación en la que el costo de viaje en colectivo aumenta un 20%.

**Tabla 15: Pronósticos de escenarios de política y elasticidades de demanda Modelo logit multinomial mixto de panel de elección de modo de transporte**

Probabilidad de elección de modo de transporte	Escenario Base	Escenario 1: -20% tvcol	Escenario 2: +20% cea	Escenario 3: -20% tecol	Escenario 4: +20% cvcol
P (auto) =	31.97%	30.82%	29.43%	31.51%	32.29%
P(moto) =	22.56%	20.97%	23.22%	21.94%	22.92%
P(taxi) =	4.16%	3.87%	4.32%	3.91%	4.31%
P(colectivo) =	36.24%	39.51%	37.75%	37.84%	35.26%
P(otro) =	5.07%	4.83%	5.27%	4.80%	5.22%
Variación % probabilidad uso automóvil =		-3.62%	-7.95%	-1.45%	1.00%
Variación % probabilidad uso motocicleta =		-7.03%	2.94%	-2.75%	1.59%
Variación % probabilidad uso Taxi =		-6.97%	3.94%	-5.90%	3.60%
Variación % probabilidad uso colectivo =		9.03%	4.17%	4.41%	-2.70%
Elasticidad de la demanda de uso de automóvil		0.181	-0.398	0.073	0.050
Elasticidad de la demanda de uso de motocicleta		0.351	0.147	0.137	0.080
Elasticidad de la demanda de taxi (uso)		0.348	0.197	0.295	0.180
Elasticidad de la demanda de colectivo (uso)		-0.451	0.209	-0.220	-0.135

Fuente: Elaboración propia en base a tabla 7.

Siguiendo a Sartori (2013) quien indica que:

El cálculo de la elasticidad de la demanda de una alternativa de transporte en relación con la variable considerada en cada escenario de política se calcula como el cociente entre la variación porcentual en la probabilidad de elección de la alternativa de transporte y la variación porcentual de la variable considerada en cada escenario de política. (pág. 144)

- Como puede apreciarse, del escenario 1 se deriva una elasticidad de la demanda de colectivo ante una disminución de los tiempos de viaje en ese modo de transporte igual a -0,451, que indica que una disminución del 10% de los tiempos de viaje en colectivo provocaría un aumento del 4,51% de la demanda de servicios de colectivo para viajar al trabajo. Asimismo, la elasticidad cruzada de la demanda de uso de motocicleta y taxi es 0,351 y 0,348, respectivamente. La elasticidad de uso de uso de automóvil ante un cambio en los tiempos de viaje en colectivo es igual a 0.181, reflejando una menor sensibilidad de la demanda de transporte por automóvil cambios de los tiempos de viaje en transporte por colectivo.

- Por otra parte, según los resultados del escenario 2 la elasticidad de la demanda de uso de automóvil ante cambios de los costos de estacionamiento de automóvil es de -0,398, reflejando que ante un aumento de los costos de estacionamiento de un 10% el uso de automóvil para viajar al trabajo disminuye un 3,98%. Asimismo, la baja elasticidad cruzada de la demanda de uso de motocicleta ante aumentos de los costos de

estacionamiento de automóvil, igual a 0,147, indica que el aumento de los costos de estacionamiento de automóvil en un 10% aumentaría el uso de motocicletas en un 1,47%, considerando que el costo de estacionamiento de motocicletas no cambia. Las elasticidades cruzadas de uso de colectivo, y taxi indican que como consecuencia de una política de aumento de los costos de estacionamiento de automóvil en un 10%, aumentaría el uso de Colectivo en un 2,09%; y el uso de taxi en un 1,97%.

- De los resultados obtenidos en el escenario 3, se desprende que la elasticidad de la demanda de uso de colectivo ante cambios en los tiempos de espera de ese modo de transporte es igual a -0,22. Las elasticidades cruzadas de la demanda de uso de automóvil y motocicleta son muy bajas, siendo 0,073 y 0,137 respectivamente, en cambio la elasticidad cruzada con respecto al uso del taxi es de 0,295; indica que una disminución de 10% en el tiempo de espera del colectivo disminuiría el uso de taxi en un 1,47%.

- El escenario 4 permite estimar la elasticidad de la demanda de los diferentes modos de transporte ante cambios en las tarifas de colectivo. La elasticidad precio de la demanda de colectivo es igual a -0,135. La elasticidad precio cruzada de la demanda de automóvil con respecto al servicio de colectivo es igual a 0,05 y la de motocicleta es de 0,08; y la de taxi es igual a 0,10.

## VII. Conclusiones

En este trabajo final de aplicación de la Maestría en Dirección de Negocios se realizó la estimación y pronóstico de demanda de transporte urbano para viajes al trabajo en la ciudad de Villa Carlos Paz, aplicando modelos logit multinomial (LMN) y modelos logit multinomial mixto (LMNM) ; para lo cual primero se enfatizó la diferencia entre la teoría tradicional que indica que la utilidad se deriva de los bienes en sí mismos, y el nuevo paradigma de elección que propone que la utilidad se deriva de las propiedades o de las características que poseen los bienes.

Se presentaron un análisis económico y econométrico teórico de los modelos LMN y LMNM con parámetros aleatorios para la estimación de la demanda de modo de transporte en el contexto de los modelos de elección discreta.

Se obtuvo una muestra representativa de la población de usuarios de diferentes modos de transporte de la ciudad de Villa Carlos Paz (automóvil, moto, taxi o remis, colectivo). Se realizó el diseño de encuesta de preferencias declaradas a los usuarios de diferentes modos de transporte.

Se presenta estimaciones de modelos de elección discreta basados en una muestra de usuarios de transportes de la Ciudad de Villa Carlos Paz. Se presentan los resultados correspondientes a los viajes al trabajo. Se ha estimado un modelo logit multinomial, un modelo logit multinomial mixto y cinco modelos logit multinomial mixto con parámetros aleatorios de elección de modo de transporte para viajar al lugar de trabajo con datos de preferencias declaradas.

En nuestras estimaciones se presentaron resultados que indican una probabilidad distinta de cero de un coeficiente de tiempo de viaje positivo. Esto sugiere que los resultados indicarían la existencia una utilidad marginal positiva del tiempo de viaje, y por lo tanto no son consistentes con los supuestos de racionalidad subyacentes en la teoría económica.

De todas las estimaciones realizadas, se recomienda utilizar el modelo LMN con datos de panel para realizar cálculos y pronósticos relacionados a la elección de modo de transporte de la Ciudad de Villa Carlos Paz.

El trabajo presenta, además, pronósticos de la cuota de mercado del uso de los diferentes modos de transporte, la valoración subjetiva de los ahorros de tiempo de viaje, tiempo de espera y cuerdas caminadas en origen y destino al utilizar colectivo, como así también las elasticidades de demanda de la elección de modo de transporte ante la aplicación de



políticas asociadas a cambios en algunas variables de nivel de servicio de los diferentes modos de transporte.



## Anexo 1 Ngene

### Syntax del diseño

Design

;alts(m1) = auto, moto, taxi, col, otro

;alts(m2) = moto, taxi, col, otro

;alts(m3) = auto, taxi, col, otro

;alts(m4) = taxi, col, otro

;rows = 5

;eff = 0.165 \* M1(mnl,d) + 0.11 \* M2(mnl,d) + 0.36 \* M3(mnl,d) + 0.365 \* M4(mnl,d)

;con

;model(M1):

U(auto) = A0[-0.425] + Atv[-0.0305] \* TVa[4,8] + Acv[-0.05] \* CVa[5,7] + Ace[-0.227] \* CEa[0,15,30] /

U(moto) = M0[-2.5] + Mtv[-0.0305] \* TVm[4,8] + Mcv[-0.05] \* CVm[3,5] + Mce[-0.227] \* CEm[0,7.5,15] /

U(taxi) = T0[-1.5] + Ttv[-0.03] \* TVt[4,8] + Tte[-0.06] \* TEt[5,10,15] + Tcv[-0.16] \* CVt[56,68,80] /

U(col) = Ctv[-0.025] \* TVcol[6,10] + Cte[-0.0584] \* TEcol[10,20,30] + Ccv[-0.44] \* CVcol[0,12,18] + Ccc[-0.166] \*  
CCcol[2,4,6] /

U(otro) = NC0[-3.51]

;model(M2):

U(moto) = M0[-2.5] + Mtv[-0.0305] \* TVm[4,8] + Mcv[-0.05] \* CVm[3,5] + Mce[-0.227] \* CEm[0,7.5,15] /

U(taxi) = T0[-1.5] + Ttv[-0.03] \* TVt[4,8] + Tte[-0.06] \* TEt[5,10,15] + Tcv[-0.16] \* CVt[56,68,80] /

U(col) = Ctv[-0.025] \* TVcol[6,10] + Cte[-0.0584] \* TEcol[10,20,30] + Ccv[-0.44] \* CVcol[0,12,18] + Ccc[-0.166] \*  
CCcol[2,4,6] /

U(otro) = NC0[-3.51]

;model(M3):

U(auto) = A0[-0.425] + Atv[-0.0305] \* TVa[4,8] + Acv[-0.05] \* CVa[5,7] + Ace[-0.227] \* CEa[0,15,30] /

U(taxi) = T0[-1.5] + Ttv[-0.03] \* TVt[4,8] + Tte[-0.06] \* TEt[5,10,15] + Tcv[-0.16] \* CVt[56,68,80] /

U(col) = Ctv[-0.025] \* TVcol[6,10] + Cte[-0.0584] \* TEcol[10,20,30] + Ccv[-0.44] \* CVcol[0,12,18] + Ccc[-0.166] \*  
CCcol[2,4,6] /

U(otro) = NC0[-3.51]

;model(M4):

U(taxi) = T0[-1.5] + Ttv[-0.03] \* TVt[4,8] + Tte[-0.06] \* TEt[5,10,15] + Tcv[-0.16] \* CVt[56,68,80] /

U(col) = Ctv[-0.025] \* TVcol[6,10] + Cte[-0.0584] \* TEcol[10,20,30] + Ccv[-0.44] \* CVcol[0,12,18] + Ccc[-0.166] \*  
CCcol[2,4,6] /

U(otro) = NC0[-3.51]

\$

**DISEÑO - SALIDA DE NGENE**

Model averaging efficiency measures

Model name	Model type	Measure	Moment	Weight	Raw value	Weighted value
m1	MNL	d	Fixed	0.165	3.596979	0.593502
m2	MNL	d	Fixed	0.11	4.534212	0.498763
m3	MNL	d	Fixed	0.36	5.456344	1.964284
m4	MNL	d	Fixed	0.365	10.49643	3.831199
					24.08397	6.887747

MNL efficiency measures (m1)

D error	3.596979
A error	97231.565
B estimate	2
S estimate	0.006703
	26340566.
	2

Prior	a0	atv	acv	ace	m0	mtv	mcv	mce	t0	ttv	tte	tcv	ctv	cte	ccv	ccc	nc0
Fixed prior																	
value	-0.425	-0.0305	-0.05	-0.227	-2.5	-0.0305	-0.05	-0.227	-1.5	-0.03	-0.06	-0.16	-0.025	-0.0584	-0.44	-0.166	-3.51
	35869.016	2701.254	4349.373		922.6726	3467.679	5286.555	13.19728	2800927.	26340566	1083707.	95206.73	23126.56	2072.416	67.35423	1073.293	442.2614
Sp estimates	1	09	5	3.178231	92	09	08	9	58	.2	57	43	7	5	6	18	77
Sp t-ratios	0.010349	0.037711	0.02972	1.099419	0.064526	0.033284	0.026957	0.539528	0.001171	0.000382	0.001883	0.006352	0.012888	0.043054	0.238822	0.059827	0.0932

MNL efficiency measures (m2)

D error	4.534212													
	45588.682													
A error	1													
B estimate	0.008924													
	9736226.8													
S estimate	9													
Prior	m0	mtv	mcv	mce	t0	ttv	tte	tcv	ctv	cte	ccv	ccc	nc0	
Fixed prior														
value	-2.5	-0.0305	-0.05	-0.227	-1.5	-0.03	-0.06	-0.16	-0.025	-0.0584	-0.44	-0.166	-3.51	
	822.87546	1754.376	2619.300		1002412.	9736226.	413289.2	32459.33	18585.54	2004.934	65.96395	918.5459	407.3201	
Sp estimates	4	15	26	6.224906	27	89	02	32	23	91	7	41	99	
Sp t-ratios	0.068326	0.046794	0.038297	0.785579	0.001958	0.000628	0.003049	0.010879	0.014377	0.043773	0.241325	0.06467	0.097115	
MNL efficiency measures (m3)														
D error	5.456344													
	113513.01													
A error	3													
B estimate	0.007928													
	23705824.													
S estimate	1													
Prior	a0	atv	acv	ace	t0	ttv	tte	tcv	ctv	cte	ccv	ccc	nc0	
Fixed prior														
value	-0.425	-0.0305	-0.05	-0.227	-1.5	-0.03	-0.06	-0.16	-0.025	-0.0584	-0.44	-0.166	-3.51	
	29786.769	2870.880	4274.845		2503179.	23705824	972335.3	85207.65	18921.50	1579.008	50.81705	885.5069	350.2226	
Sp estimates	8	11	56	3.283156	42	.1	81	92	14	44	2	1	59	
Sp t-ratios	0.011356	0.03658	0.029978	1.081709	0.001239	0.000403	0.001988	0.006715	0.014249	0.049325	0.274948	0.065866	0.104733	
MNL efficiency measures (m4)														



D error 10.496435  
46607.781  
A error 9  
B estimate 0.010142  
7144506.1  
S estimate 9

Prior	t0	ttv	tte	tcv	ctv	cte	ccv	ccc	nc0
Fixed prior value	-1.5	-0.03	-0.06	-0.16	-0.025	-0.0584	-0.44	-0.166	-3.51
		7144506.	303656.7	22669.09	14330.30	1506.580	49.40021	717.6818	315.4355
Sp estimates	710845.74	19	59	85	2	64	9	45	37
Sp t-ratios	0.002325	0.000733	0.003557	0.013018	0.016373	0.050496	0.278863	0.073163	0.110357

Design

Choice situation	auto.tva	auto.cva	auto.cea	moto.tvm	moto.cvm	moto.cem	taxi.tvt	taxi.tet	taxi.cvt	col.tvcol	col.tecol	col.cvcol	col.cccol
1	4	5	0	8	5	0	4	10	80	10	30	0	2
2	4	5	30	8	3	7.5	4	5	56	6	20	18	4
3	8	7	0	4	3	0	4	10	68	6	20	0	6
4	8	5	15	4	5	7.5	8	15	56	10	10	12	4
5	4	7	15	4	3	15	8	5	68	6	10	12	2

## ANEXO 2

### Sintaxis de programas para las estimaciones realizadas con Biogeme

#### 1- Modelo logit multinomial de elección de modo de transporte, con coeficientes no aleatorios

[ModelDescription]

"MBA EG-FCE-UNC - Romano, Walter Javier"

"LMN Sin Sigma panel"

// Data file: Base datos WR dummy.dat

[Choice]

choice

[Beta]

// Name Value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)

Name	Value	LowerBound	UpperBound	status
ASC_car	0	-10000	10000	1
ASC_moto	0	-10000	10000	0
ASC_taxi	0	-10000	10000	0
ASC_col	0	-10000	10000	0
ASC_nochoice	0	-10000	10000	0
B5	0	-10000	10000	0
B10	0	-10000	10000	0
Btv	0	-10000	10000	0
Bcv	0	-10000	10000	0
Bce	0	-10000	10000	0
Bcc	0	-10000	10000	0
Bte	0	-10000	10000	0
//ZERO	0	-100	100	1
//SIGMA_PANEL	0	-100	100	0

[Mu]

// In general, the value of mu must be fixed to 1. For testing purposes, you may change its value or let it be estimated.

// Value LowerBound UpperBound Status

1 0 1 1

[Utilities]

// Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1 \*x1 + beta2\*x2 + ... )

Id	Name	Avail	linear-in-parameter expression
1	Auto	car_av1	ASC_car * one + Btv * tva + Bcv * cva + Bce * cea + B5 * d5 + B10 * d10
2	Moto	moto_av1	ASC_moto * one + Btv * tvn + Bcv * cvn + Bce * cem + B5 * d5 + B10 * d10
3	Taxi	one	ASC_taxi * one + Btv * tvt + Bcv * cvt + Bte * tet + B5 * d5 + B10 * d10
4	Bus	one	ASC_col * one + Btv * tvcol + Bte * tecol + Bcv * cvcol + B5 * d5 + B10 * d10 + Bcc * cccol
5	Nochoice	one	ASC_nochoice * one

[Expressions]

one = 1

[Draws]

//Number of draws to be used in Maximum Simulated Likelihood estimation.

1000

//Individuals ids can be found under Id in the sample file, and that the random coefficient ZERO\_SIGMA does not vary across observations from the same individual

//[PanelData]

//ID

//ZERO\_SIGMA\_PANEL

[Model]

\$MNL // Multinomial Logit Model

#### 2- Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte datos de panel

[ModelDescription]

"MBA EG-FCE-UNC - Romano, Walter Javier"  
 "LMN Con Sigma panel"

// Data file: Base datos WR dummy.dat

[Choice]  
 choice

[Beta]  
 // Name Value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)  
 ASC\_car 0 -10000 10000 1  
 ASC\_moto 0 -10000 10000 0  
 ASC\_taxi 0 -10000 10000 0  
 ASC\_col 0 -10000 10000 0  
 ASC\_nochoice 0 -10000 10000 0  
 B5 0 -10000 10000 0  
 B10 0 -10000 10000 0  
 Btv 0 -10000 10000 0  
 Bcv 0 -10000 10000 0  
 Bce 0 -10000 10000 0  
 Bcc 0 -10000 10000 0  
 Bte 0 -10000 10000 0  
 ZERO 0 -100 100 1  
 SIGMA\_PANEL 0 -100 100 0

[Mu]  
 // In general, the value of mu must be fixed to 1. For testing purposes, you may change its value or let it be estimated.  
 // Value LowerBound UpperBound Status  
 1 0 1 1

[Utilities]  
 // Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1\*x1 + beta2\*x2 + ... )  
 1 Auto car\_av1 ASC\_car \* one + Btv \* tva + Bcv \* cva + Bce \* cea + B5 \* d5 + B10 \* d10 + ZERO [ SIGMA\_PANEL ] \* one  
 2 Moto moto\_av1 ASC\_moto \* one + Btv \* tvn + Bcv \* cvm + Bce \* cem + B5 \* d5 + B10 \* d10 + ZERO [ SIGMA\_PANEL ] \* one  
 3 Taxi one ASC\_taxi \* one + Btv \* tvt + Bcv \* cvt + Bte \* tet + B5 \* d5 + B10 \* d10 + ZERO [ SIGMA\_PANEL ] \* one  
 4 Bus one ASC\_col \* one + Btv \* tvcol + Bte \* tecol + Bcv \* cvcol + B5 \* d5 + B10 \* d10 + Bcc \* cccol + ZERO [ SIGMA\_PANEL ] \* one  
 5 Nochoice one ASC\_nochoice \* one

[Expressions]  
 one = 1

[Draws]  
 //Number of draws to be used in Maximum Simulated Likelihood estimation.  
 1000

//Individuals ids can be found under Id in the sample file, and that the random coefficient ZERO\_SIGMA does not vary across observations from the same individual

[PanelData]  
 ID  
 ZERO\_SIGMA\_PANEL

[Model]  
 \$MNL // Multinomial Logit Model

3- **Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte, con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución uniforme.**

[ModelDescription]  
 "MBA EG-FCE-UNC - Romano, Walter Javier"  
 "LMN Sin Sigma panel, Btv ~ Uniforme otros Bi fijos"

// Data file: Base datos WR dummy.dat

[Choice]  
choice

[Beta]

```
// Name Value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)
ASC_car      0      -10000 10000    1
ASC_moto     0          0 -10000 10000    0
ASC_taxi     0          0 -10000 10000    0
ASC_col      0      -10000 10000    0
ASC_nochoice 0      -10000 10000    0
Btv          0          0 -10000 10000    0
SBtv        0          0 -10000 10000    0
Bcv         0          0 -10000 10000    0
Bce         0          0 -10000 10000    0
Bcc         0          0 -10000 10000    0
Bte         0          0 -10000 10000    0
B10         0          0 -10000 10000    0
B5          0          0 -10000 10000    0
//ZERO      0          0  -100 100     1
//SIGMA_PANEL 0      -100 100     0
```

[Mu]

```
// In general, the value of mu must be fixed to 1. For testing purposes, you may change its value or let it be estimated.
// Value LowerBound UpperBound Status
1 0 1 1
```

[Utilities]

```
// Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1*x1 + beta2*x2 + ... )
```

```
1 Auto   car_av1  ASC_car * one          + Btv { SBtv } * tva          + Bcv * cva          + Bce *
cea      + B10 * d10 + B5 * d5          //+ ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one
2 Moto   moto_av1  ASC_moto * one        + Btv { SBtv } * tvm          + Bcv * cvm
          + Bce * cem          + B10 * d10 + B5 * d5          //+ ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one
3 Taxi   one      ASC_taxi * one        + Btv { SBtv } * tvt          + Bcv * cvt
          + Bte * tet          + B10 * d10 + B5 * d5          //+ ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one
4 Col    one      ASC_col * one          + Btv { SBtv } * tvcol        + Bcv * cvcol        + Bte *
tecol    + B10 * d10 + B5 * d5 + Bcc * cccol //+ ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one
5 Nochoice one      ASC_nochoice * one
```

[Expressions]

```
one = 1
```

[Draws]

```
//Number of draws to be used in Maximum Simulated Likelihood estimation.
```

```
1000
```

```
//Individuals ids can be found under Id in the sample file, and that the random coefficient ZERO_SIGMA does not vary across observations from the same individual
```

```
//[PanelData]
```

```
//ID
```

```
//ZERO_SIGMA_PANEL
```

[Model]

```
$MNL // Multinomial Logit Model
```

4- **Modelo logit multinomial mixto de elección de modo de transporte, con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución uniforme y datos de panel.**

[ModelDescription]

```
"MBA EG-FCE-UNC - Romano, Walter Javier"
```

```
"LMN Con Sigma panel, Btv ~ Uniforme otros Bi fijos"
```

```
// Data file: Base datos WR dummy.dat
```

[Choice]  
choice

[Beta]

// Name Value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)

ASC_car	0	-10000	10000	1	
ASC_moto		0	-10000	10000	0
ASC_taxi		0	-10000	10000	0
ASC_col	0	-10000	10000	0	
ASC_nochoice	0	-10000	10000	0	
Btv		0	-10000	10000	0
SBtv		0	-10000	10000	0
Bcv		0	-10000	10000	0
Bce		0	-10000	10000	0
Bcc		0	-10000	10000	0
Bte		0	-10000	10000	0
B10		0	-10000	10000	0
B5		0	-10000	10000	0
ZERO		0	-100	100	1
SIGMA_PANEL	0	-100	100	0	

[Mu]

// In general, the value of mu must be fixed to 1. For testing purposes, you may change its value or let it be estimated.

// Value LowerBound UpperBound Status

1 0 1 1

[Utilities]

// Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1\*x1 + beta2\*x2 + ... )

1 Auto	car_av1	ASC_car * one	+ Btv { SBtv } * tva	+ Bcv * cva	+ Bce *
cea		+ B10 * d10 + B5 * d5		+ ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one	
2 Moto	moto_av1	ASC_moto * one	+ Btv { SBtv } * tvn	+ Bcv * cvm	
		+ Bce * cem	+ B10 * d10 + B5 * d5	+ ZERO [ SIGMA_PANEL ]	
		* one			
3 Taxi	one	ASC_taxi * one	+ Btv { SBtv } * tvt	+ Bcv * cvt	
		+ Bte * tet	+ B10 * d10 + B5 * d5	+ ZERO [ SIGMA_PANEL ]	
		* one			
4 Col	one	ASC_col * one	+ Btv { SBtv } * tvcol	+ Bcv * cvcol	+ Bte *
tecol		+ B10 * d10 + B5 * d5 + Bcc * cccol	+ ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one		
5 Nochoice	one	ASC_nochoice * one			

[Expressions]

one = 1

[Draws]

//Number of draws to be used in Maximum Simulated Likelihood estimation.

1000

//Individuals ids can be found under Id in the sample file, and that the random coefficient ZERO\_SIGMA does not vary across observations from the same individual

[PanelData]

ID

ZERO\_SIGMA\_PANEL

[Model]

\$MNL // Multinomial Logit Model

5- **Modelo logit multinomial mixto con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución normal.**

[ModelDescription]

"MBA EG-FCE-UNC - Romano, Walter Javier"

"LMN Sin Sigma panel, Btv ~ normal otros Bi fijos"

// Data file: Base datos WR dummy.dat

[Choice]  
choice

[Beta]

```
// Name Value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)
ASC_car      0      -10000 10000    1
ASC_moto     0          0 -10000 10000    0
ASC_taxi     0          0 -10000 10000    0
ASC_col      0      -10000 10000    0
ASC_nochoice 0      -10000 10000    0
Btv          0          0 -10000 10000    0
SBtv        0          0 -10000 10000    0
Bcv         0          0 -10000 10000    0
Bce         0          0 -10000 10000    0
Bcc         0          0 -10000 10000    0
Bte         0          0 -10000 10000    0
B10         0          0 -10000 10000    0
B5          0          0 -10000 10000    0
//ZERO      0          0  -100 100      1
//SIGMA_PANEL 0      -100 100      0
```

[Mu]

```
// In general, the value of mu must be fixed to 1. For testing purposes, you may change its value or let it be estimated.
// Value LowerBound UpperBound Status
1 0 1 1
```

[Utilities]

// Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1\*x1 + beta2\*x2 + ... )

```
1 Auto   car_av1  ASC_car * one          + Btv [ SBtv ] * tva          + Bcv * cva          + Bce * cea
         + B10 * d10 + B5 * d5          //+ ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one
2 Moto   moto_av1  ASC_moto * one        + Btv [ SBtv ] * tvn          + Bcv * cvm
         + Bce * cem          + B10 * d10 + B5 * d5          //+ ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one
3 Taxi   one      ASC_taxi * one        + Btv [ SBtv ] * tvt          + Bcv * cvt
         + Bte * tet          + B10 * d10 + B5 * d5          //+ ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one
4 Col    one      ASC_col * one          + Btv [ SBtv ] * tvcol       + Bcv * cvcol       + Bte * tecol
         + B10 * d10 + B5 * d5 + Bcc * cccol //+ ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one
5 Nochoice one      ASC_nochoice * one
```

[Expressions]

one = 1

[Draws]

//Number of draws to be used in Maximum Simulated Likelihood estimation.

1000

//Individuals ids can be found under Id in the sample file, and that the random coefficient ZERO\_SIGMA does not vary across observations from the same individual

//[PanelData]

//ID

//ZERO\_SIGMA\_PANEL

[Model]

\$MNL // Multinomial Logit Model

6- **Modelo logit multinomial mixto con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución normal y datos de panel.**

[ModelDescription]

"MBA EG-FCE-UNC - Romano, Walter Javier"

"LMN Con Sigma panel, Btv ~ normal otros Bi fijos"

// Data file: Base datos WR dummy.dat

[Choice]  
choice

[Beta]

```
// Name Value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)
ASC_car      0      -10000 10000    1
ASC_moto     0          0 -10000 10000    0
ASC_taxi     0          0 -10000 10000    0
ASC_col      0      -10000 10000    0
ASC_nochoice 0      -10000 10000    0
Btv          0          0 -10000 10000    0
SBtv        0          0 -10000 10000    0
Bcv         0          0 -10000 10000    0
Bce         0          0 -10000 10000    0
Bcc         0          0 -10000 10000    0
Bte         0          0 -10000 10000    0
B10         0          0 -10000 10000    0
B5          0          0 -10000 10000    0
ZERO       0          0  -100 100      1
SIGMA_PANEL 0          0  -100 100      0
```

[Mu]

```
// In general, the value of mu must be fixed to 1. For testing purposes, you may change its value or let it be estimated.
// Value LowerBound UpperBound Status
1 0 1 1
```

[Utilities]

```
// Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1*x1 + beta2*x2 + ... )
```

```
1 Auto car_av1 ASC_car * one + Btv [ SBtv ] * tva + Bcv * cva + Bce *
cea + B10 * d10 + B5 * d5 + ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one
2 Moto moto_av1 ASC_moto * one + Btv [ SBtv ] * tvn + Bcv * cvm
+ Bce * cem + B10 * d10 + B5 * d5 + ZERO [ SIGMA_PANEL ]
* one
3 Taxi one ASC_taxi * one + Btv [ SBtv ] * tvt + Bcv * cvt
+ Bte * tet + B10 * d10 + B5 * d5 + ZERO [ SIGMA_PANEL ]
* one
4 Col one ASC_col * one + Btv [ SBtv ] * tvcol + Bcv * cvcol + Bte *
tecol + B10 * d10 + B5 * d5 + Bcc * cccol + ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one
5 Nochoice one ASC_nochoice * one
```

[Expressions]

```
one = 1
```

[Draws]

```
//Number of draws to be used in Maximum Simulated Likelihood estimation.
```

```
1000
```

```
//Individuals ids can be found under Id in the sample file, and that the random coefficient ZERO_SIGMA does not vary across observations from the same individual
```

[PanelData]

```
ID
ZERO_SIGMA_PANEL
```

[Model]

```
$MNL // Multinomial Logit Model
```

7- **Modelo logit multinomial mixto con coeficiente de tiempo de viaje aleatorio con distribución Lognormal.**

[ModelDescription]

```
"MBA EG-FCE-UNC - Romano, Walter Javier"
"LMN Sin Sigma panel, Btv ~ Lognormal otros Bi fijos"
```

// Data file: Base datos WR dummy.dat

[Choice]  
choice

[Beta]

// Name Value LowerBound UpperBound status (0=variable, 1=fixed)

ASC_car	0	-10000	10000	1	
ASC_moto		0	-10000	10000	0
ASC_taxi		0	-10000	10000	0
ASC_col	0	-10000	10000	0	
ASC_nochoice	0	-10000	10000	0	
Btv		0	-10000	10000	0
SBtv		0	-10000	10000	0
Bcv		0	-10000	10000	0
Bce		0	-10000	10000	0
Bcc		0	-10000	10000	0
Bte		0	-10000	10000	0
B10		0	-10000	10000	0
B5		0	-10000	10000	0
//ZERO	0	-100	100	1	
//SIGMA_PANEL	0	-100	100	0	

[Mu]

// In general, the value of mu must be fixed to 1. For testing purposes, you may change its value or let it be estimated.

// Value LowerBound UpperBound Status

1 0 1 1

[Utilities]

// Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1 \*x1 + beta2\*x2 + ... )

1	Auto	car_av1	ASC_car * one	+ Bcv * cva	+ Bce * cea	+ B10 * d10 + B5 * d5 //+ ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one
2	Moto	moto_av1	ASC_moto * one	+ Bcv * cvm	+ Bce * cem	//+ B10 * d10 + B5 * d5 + ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one
3	Taxi	one	ASC_taxi * one	+ Bcv * cvt	+ Bte * tet	//+ B10 * d10 + B5 * d5 + ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one
4	Col	one	ASC_col * one	+ Bcv * cvcol	+ Bte * tecol	+ Bcc * cccol //+ B10 * d10 + B5 * d5 + ZERO [ SIGMA_PANEL ] * one
5	Nochoice	one	ASC_nochoice * one			

[Expressions]

one = 1

[GeneralizedUtilities]

1 exp( Btv [ SBtv ] ) \* tva  
 2 exp( Btv [ SBtv ] ) \* tvn  
 3 exp( Btv [ SBtv ] ) \* tvt  
 4 exp( Btv [ SBtv ] ) \* tvcol

[Draws]

//Number of draws to be used in Maximum Simulated Likelihood estimation.

1000

//Individuals ids can be found under Id in the sample file, and that the random coefficient ZERO\_SIGMA does not vary across observations from the same individual

//[PanelData]

//ID

//ZERO\_SIGMA\_PANEL

[Model]

\$MNL // Multinomial Logit Model



## VIII. Bibliografía

- Bates, J. (1988). Econometric Issues in stated preference analysis. *Journal of Transport Economics and Policy*, 22 (1), 59-69.
- Bierlaire, M. (2003). BIOGEME: A free package for the estimation of discrete choice models. En Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference.
- Bierlaire, M. (2009). *Estimation of discrete choice models with BIOGEME 1.8 [document en línea]*. Transport and Mobility Laboratory, École Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Bliemer, M., & Rose, J. (2005). *Efficient designs for alternative specific choice experiments*. The University of Sydney.: Institute of Transport Studies Working Paper, (ITS-WP-05-04).
- Bliemer, M., & Rose, J. (2008). *Construction of experimental designs for mixed logit models allowing for correlation across choice observations*. The University of Sydney.: Institute of Transport Studies Working Paper, (ITLS-WP-08-13). The University of Sydney.
- Bradley, M., & Daly, A. (1994). Use of the logit scaling approach to test for rank-order and fatigue effects in stated preference data. *Transportation*, 21(2), 167-184.
- ChoiceMetrics. (2012). *Ngene 1.1.1 USER MANUAL & REFERENCE GUIDE*.
- Dhar, R. (1997). Consumer Preference for a No-Choice Option. *The Journal of Consumer Research*, 24(2), 215-231.
- Dhar, R., & Simonson, I. (2003). The Effect of Forced Choice on Choice. *Journal of Marketing Research*, 40(2), 146-160.
- Fowkes, A., & 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(1), 27-44.
- Haijjer, M. (1999). Modeling conjoint choice experiments with the probit model. *The Netherlands: Labyrinth Publications*.
- Hausman, J. A., H., & McFadden, D. (1984). Specification tests for the multinomial logit model. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1219-1240.
- Hensher, D., Barnard, P., & Truong, T. (1988). The role of stated preference methods in studies of travel choice. *Journal of Transport Economics and Policy*, 22(1), 45-58.
- Hensher, D., Rose, J., & Greene, W. (2005). *Applied Choice Analysis. A Primer*. Cambridge. UK.: Cambridge University Press.
- Hess, S., Bierlaire, M., & Polak, J. (2004). Estimation of value-of-time using Mixed Logit. *Technical report RO-040528*.
- Jara Díaz, S. R. (2000). *Allocation and valuation of travel-time savings*. En *Handbooks in Transport*. Oxford: Pergamon Press.

- Lancaster, K. (1966). A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy*, 74(2), 132:57.
- Lancaster, K. (1971). *Consumer demand: a new approach*. New York: Columbia University Press.
- Louviere, J., Hensher, D., & Swait, J. (2000). *Stated Choice Methods. Analysis and Application*. Cambridge University Press.
- Luce, R. D. (1959). *Individual Choice Behavior: A Theoretical Analysis*. New York: Wiley.
- Manski, C. (1977). The Structure of Random Utility Models. *Theory and Decision*, 8(3), 229-254.
- McFadden, D. (1974). *Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behaviour*. En Zarembka, P. New York: Academic Press.: Frontiers of Econometrics.
- McFadden, D., & Train, K. (2000). Mixed MNL Models for Discrete Response. *Journal of Applied Econometrics*, 15(5), 447-470.
- Revelt, D., & Train, K. (1998). Mixed Logit with repeated choices: households' choices of appliance efficiency level. *Review of Economics and Statistics*, 80(4), 647-657.
- Rose, J., & Bliemer, M. (2004). The design of stated choice experimentes: The State of Practice and Future Challenges. *Institute of Transport Studies Working Paper, (ITS-WP-04-09)*. The University of Sydney and Monash University.
- Rose, J., & Hensher, D. (2004). Handling individual specific availability of alternatives in stated choice experiments. *Presentado en 7th International Conference on Travel Survey Methods*. Costa Rica.
- Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*, 82(1), 34-55.
- Sartori, J. J. (2006). Regulación de los servicios de taxi y remis: una contribución al análisis de la problemática de la falta de servicios en días feriados y de lluvia en la Ciudad de Córdoba (Argentina). *Documento de trabajo N° 26*. Departamento de Economía y Finanzas, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba.
- Sartori, J. J. (2013). *Estimación de la demanda de viajes al trabajo utilizando modelos de elección de modo de transporte y de elección conjunta de modo de transporte y tenencia de vehículo particular en la Ciudad de Córdoba - Argentina*. Córdoba: Tesis Doctoral.
- Sartori, J. J., & Robledo, C. W. (2012). Viajes al Trabajo en la ciudad de Córdoba: estudio sobre la elección modal y la preferencia por la tenencia de vehículos. *Revista Transporte y Territorio n° 7, Universidad de Buenos Aires*, 26 - 56.
- Train, K. E. (2009). *Discrete Choice Methods with Simulation, Second Edition*. . Cambridge: Cambridge University Press.