

ENTENDIENDO LA ELECCIÓN MODAL DE PERSONAS CIEGAS O CON BAJA VISIÓN A TRAVÉS DE VARIABLES LATENTES

María Fernanda Guajardo^{1*} y Sebastián Raveau^{1*}.

¹ Pontificia Universidad Católica de Chile

*Autor para correspondencia:
mfguajardo@uc.cl
sraveau@uc.cl

RESUMEN

Se estimaron modelos híbridos de elección modal, incluyendo dos variables latentes: *interacciones humanas* y *uso de tecnología*, con información de un total de 1.322 viajes en Santiago de Chile realizados por personas con y sin discapacidades. Las personas que utilizan más tecnología prefieren los servicios de movilidad solicitados a través de aplicaciones, mientras que los modos con contacto directo con el conductor son percibidos de manera más positiva por las personas que asignan importancia a las interacciones humanas. Además, existe una diferencia significativa en la percepción del tiempo de caminata, ya que afecta aproximadamente un 30% más a las personas ciegas o con discapacidad visual que a las personas sin discapacidad visual.

Palabras clave: modelos híbridos de elección discreta, preferencias reveladas, persona ciega.

ABSTRACT

We estimated hybrid mode choice models, including two latent variables: human interactions and use of technology, with information from a total of 1,322 trips in Santiago made by people with and without disabilities. People who use more technology prefer ride hailing, whilst modes with direct contact with the driver are perceived more positively by people who assign importance to human interactions. Additionally, there is a significant difference in the perception of walking time, as it affects approximately 30% more blind or visually impaired people than people without visual impairments..

Keywords Hybrid discrete choice models, latent variables, visually impaired.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de transporte son vitales para el desarrollo de la sociedad. Algunas personas, en particular las con discapacidades, pueden tener dificultades para acceder a un sistema de transporte que no tenga en cuenta sus necesidades (Hallgrimsdottir et al., 2016). Aunque se han logrado avances para apoyar de mejor manera las necesidades de personas con discapacidades, aún existen barreras que restringen los viajes independientes para este grupo (Park y Chowdhury, 2018). Es relevante comprender el comportamiento de viaje de las personas con discapacidades para prevenir la depresión, la pobreza y otros daños socioeconómicos (Ermagun et al., 2016), dado que la exclusión social es a menudo el resultado de la incapacidad para usar o acceder a un sistema de transporte público (Park y Chowdhury, 2018).

La planificación y el diseño de sistemas integrados se han centrado predominantemente en los usuarios de transporte público sin discapacidades (Park y Chowdhury, 2022). No obstante, los sistemas de transporte deben aspirar a ofrecer un servicio de calidad para todos los usuarios,

considerando medidas de acuerdo a sus necesidades, especialmente para aquellos con discapacidades. Además, se debe tener en cuenta que no todas las personas con discapacidades tienen las mismas necesidades, por lo que se deben considerar medidas específicas.

Low et al. (2020) afirman que “las percepciones comunes tienden a centrarse en la provisión de acceso sin barreras para usuarios de sillas de ruedas. Este grupo es, por supuesto, importante, pero existen otros tipos de discapacidades, como aquellas que tienen discapacidad visual”. En el contexto de Chile, la segunda discapacidad más común en la población adulta con algún tipo de discapacidad es la visual, donde 11,9% de las personas tienen dificultades para ver incluso usando anteojos (MDS, 2016). La pérdida de visión o ceguera dificulta el desplazamiento de las personas y afecta su independencia al viajar (Low et al., 2020).

Por lo tanto, es esencial comprender mejor las necesidades de las Personas con Discapacidad Visual (PDV) para desarrollar políticas públicas más efectivas, especialmente en países en desarrollo con recursos limitados. Sin embargo, la discapacidad se ha tratado de manera general, generando mejoras de las cuales las personas con discapacidad visual no necesariamente se benefician. El objetivo principal de esta investigación es cuantificar aspectos del viaje que afectan las elecciones de modo de viaje de las PDV, para respaldar políticas públicas dirigidas a sus necesidades, tomando como estudio de caso Santiago de Chile. Se utilizó información de viajes de las PDV capturada mediante una encuesta de preferencias reveladas. Según el conocimiento de los autores, no se han realizado estudios específicos sobre las decisiones de elección de modo entre las PDV.

Existen varios estudios sobre elección de modo y generación de viajes de personas mayores y personas con discapacidades, pero la mayoría no ha considerado los tipos de discapacidades de los individuos (Schmöcker et al., 2005; Schmöcker et al., 2008; Kwon y Akar, 2022). Además, la mayor parte de estas investigaciones se han llevado a cabo en países desarrollados, contemplando modos de transporte que no necesariamente están disponibles en países en desarrollo, como los sistemas paratransito (Stern, 1993; Ben-Akiva et al., 1996). Finalmente, el contexto de Chile difiere de los países donde se han desarrollado investigaciones de este tipo, tanto en términos sociales y culturales, nivel de servicio experimentado en transporte público y reducciones tarifarias para personas con discapacidades, entre otros.

En el contexto nacional, Peña et al. (2018) investigaron el impacto que generan diferentes personas con movilidad reducida atributos de accesibilidad en paraderos de buses urbanos con elementos de Diseño Universal de Santiago de Chile. Díaz (2021) estimaron modelos híbridos de elección discreta para entender la elección de modo de personas con discapacidad en Santiago de Chile. Cabello (2022) estudió la valoración de elementos dentro del bus por parte de personas ciegas a través de modelos híbridos de elección discreta utilizando una encuesta de preferencias declaradas. Dentro de los resultados se destaca que los elementos más valorados son la información audiovisual, estandarización de elementos y la información auditiva.

Este documento está estructurado de la siguiente manera. La Sección 2 explica cómo se obtuvieron los datos y se realiza un análisis de la información recopilada, mientras que la Sección 3 describe el enfoque de modelación y se discuten los resultados. Finalmente, la sección 4 presenta las principales conclusiones y se sugiere posibles futuras líneas de investigación.

2. DISEÑO DE LA ENCUESTA

Esta sección describe la encuesta y cómo se recopiló la información. También se menciona cómo se obtuvieron los niveles de servicio y se explica cómo se definieron las disponibilidades de los modos de viaje.

2.1 Aspectos de accesibilidad

Para crear un instrumento accesible para las PDV, se tomaron en cuenta varias consideraciones. En primer lugar, fue relevante mantener al encuestado constantemente informado sobre los distintos elementos de la encuesta, como su duración (leída con un lector de pantalla), el número de alternativas para el caso de preguntas con opciones desplegadas, la estructura de cada sección y la cantidad total de preguntas por sección. En segundo lugar, la encuesta evitó el uso de respuestas desplegadas, especialmente cuando había muchas alternativas posibles (por ejemplo, al preguntar sobre la comuna de residencia). En tales casos, se priorizaron las respuestas abiertas. Para facilitar el proceso de recuperación de información, se solicitaron aspectos más generales del viaje y luego aspectos más específicos (comenzando por motivo de viaje y finalmente incluyendo con aspectos más detallados como la hora de salida). Es importante mencionar que la encuesta no utilizó imágenes. Como plataforma para el desarrollo de la encuesta utilizamos Google Forms porque, según su Informe de Cumplimiento de Accesibilidad (Google, 2019), es accesible para personas con limitaciones visuales y parcialmente compatible para personas ciegas, al proporcionar información de accesibilidad importante para la mayoría de los elementos de la interfaz.

2.2 Descripción de la encuesta

Se utilizó una metodología mixta para complementar la investigación teórica con datos cualitativos, adaptando las preguntas de los indicadores actitudinales de la encuesta al contexto nacional y actual. El marco teórico se sustentó en el análisis de la secuencia del viaje, previamente explorado en investigaciones de éste carácter (Low et al., 2020; Lafratta, 2008; Soltani et al., 2012). Se llevó a cabo una entrevista grupal con seis participantes de la Biblioteca Central para Ciegos, quienes proporcionaron sus perspectivas sobre diversos aspectos de las etapas del viaje que impactan en su experiencia. A partir de estos aportes, se derivaron los indicadores actitudinales presentados en la Tabla 1.

En la primera sección de la encuesta, se solicitó información sobre las características de las personas, como: género, edad, dirección de residencia, nivel socioeconómico, condición visual, conocimiento del Braille, apoyo de movilidad y/o si la persona tenía movilidad reducida. En la segunda sección de la encuesta, se recopiló información sobre los últimos viajes realizados desde el hogar del encuestado. Estos podían declarar como máximo tres viajes y como mínimo uno (no se consideraron las encuestas de personas que no declararon viajes). La información sobre cada viaje, incluía: motivo, día, hora - modo de viaje, y la dirección de destino. En la tercera sección se capturó indicadores actitudinales del individuo, relacionados con posibles variables latentes (ver Tabla 1), en que debían declarar - a través de una escala de Likert del 1 al 7 - su nivel de acuerdo con cada afirmación.

Desde agosto de 2021 a marzo de 2022 se realizó el proceso de toma de datos. Dado que durante este periodo se contaba con aforos reducidos se realizó el proceso de difusión y toma de datos de manera digital. Para la difusión de la encuesta se contó con el apoyo de la Biblioteca para Ciegos de Chile, Aplicación Lazarillo, Fundación Luz y la Corporación para la Inclusión de Personas con Discapacidad Visual y Sordociegas. Por un lado, también se utilizaron redes sociales para la difusión de la encuesta. A través de estas organizaciones y plataformas se difundió el enlace de la encuesta digital, además para facilitar el proceso de respuesta, se ofreció a personas ciegas o con baja visión la posibilidad de realizar la encuesta de manera telefónica.

2.3 Niveles de servicio

Para tener una representación más precisa del nivel de servicio experimentado en un viaje, se utilizaron los tiempos promedio de viaje entre las rutas reportadas por la API de Google (entre 2 y 4 rutas). En el caso de taxis y servicios de movilidad a través de aplicaciones, se consideró el mismo tiempo promedio que para el automóvil, agregando 10 min adicionales a los taxis y 5 min a las aplicaciones. Para viajes en transporte público, además del tiempo promedio en el vehículo, se obtuvo el tiempo promedio de espera, la distancia promedio a pie y la cantidad de trasbordos por modo (Metro/Bus).

Tabla 1 Indicadores de actitud

Potencial variable latente	Indicador de actitud	Abreviación
Uso de Tecnología	“Si voy a un lugar que no conozco utilizo aplicaciones tecnológicas para guiarme”	UT ₁
	"Utilizo aplicaciones tecnológicas para tener conocimiento sobre los tiempos de mi viaje"	UT ₂
Interacciones Humanas	“Me hace sentir seguro saber que hay personas a mi alrededor cuando viajo”	IH ₁
	"Me importa ser tratado con cordialidad por personas que no conozco"	IH ₂

El costo del transporte público en las alternativas solo bus y solo metro, se basa en los costos durante el 2022 determinados por el Directorio del Transporte Público Metropolitano. Para el costo del viaje en automóvil, se consideró un costo por kilómetro con un rendimiento mixto de 14,6 [Km/l], ya que de antemano no se puede asumir si la persona tiene que pagar estacionamiento o un peaje. Para el precio de la gasolina, se utilizó el precio promedio de las diferentes estaciones de servicio en Santiago. Los costos de taxis, consideran una tarifa base y un cargo por cada 200 [m] recorridos. Por otro lado, en el caso de aplicaciones de movilidad, se utilizó el sistema tarifario de la empresa Cabify. Finalmente, para el modo bicicleta, se consideró un costo basado en la distancia, asumiendo una suscripción mensual de una empresa chilena de bicicletas compartidas y un uso diario de 8 [Km].

2.4 Disponibilidad de modos de transporte

A todos los individuos se les asignó disponibles, los siguientes modos de transporte: caminata, taxi, transporte público y servicios de movilidad a través de aplicaciones móviles. Se excluyó la opción bicicleta para las PDV. En el caso de personas sin discapacidad visual, la disponibilidad de bicicleta dependía si en alguno de sus viajes utilizó este modo o bien, si en un radio menor o igual a 500 [m] de su hogar y destino existía una estación de bicicletas compartidas. La disponibilidad de automóvil (ya sea como conductor o pasajero), replica la distribución de los grupos socioeconómicos de las personas que utilizaron automóvil. Por último, los modos sólo bus y sólo metro tienen disponibilidad en caso de existir rutas del origen al destino sólo con aquellos modos.

2.5 Recolección de datos

Se recolectó información sobre 484 individuos con viajes válidos. De estos, 25 proporcionaron información sobre un viaje, 80 sobre dos viajes y 379 sobre tres viajes, es decir, un total de 1,322 viajes. Aunque se logró recolectar información sobre viajes en todos los sectores de Santiago, para replicar de manera más precisa la distribución de género, edad y grupo socioeconómico de la población en la muestra se utilizó el método Furness (1965). Este método iterativo ajusta un factor de corrección para garantizar que la muestra refleje fielmente la distribución demográfica de Santiago, utilizando datos del INE (2022) como referencia. Después de aplicar los factores de corrección, se llegó a la conclusión que el 22.5% de los viajes fueron realizados por personas con discapacidad visual. El 80.6% de los viajes totales en la encuesta se realizó en días laborables, y el resto durante el fin de semana. Un bajo porcentaje de los viajes (6.8%) se realizó en modos activos como caminar y andar en bicicleta, y el resto en modos motorizados. El 60.2% de los viajes se realizó en modos de transporte público: Metro y bus, o la combinación de ambos, y el 24.6% en automóvil. Así, entre los modos con un menor porcentaje de uso se encuentran caminar, taxi, servicios de aplicaciones y bicicleta, con un 5.5%, 4.5%, 4.0% y 1.3%, respectivamente. La mayoría de los viajes se encuentra en el rango de 4 [Km] a 6 [Km] y la distancia promedio de viaje fue de 11.82 [Km], lo que explica por qué solo el 6.8% de los viajes se realiza en modos activos.

3. MODELO DE ELECCION DE MODO

En esta sección se detalla el modelo híbrido estimado, la estructura jerárquica del modelo de elección discreta y luego se presentan los valores de los parámetros estimados. Es importante tener en cuenta que el tiempo se encuentra en horas y los costos en pesos chilenos.

Para la estimación de los modelos híbridos, se utilizó el enfoque simultáneo que consiste en estimar el modelo MIMIC y el modelo de elección discreta en forma conjunta (Raveau et al., 2010). Dos de las cuatro variables latentes potenciales resultaron significativas en el modelo. El modelo completo tenía 51 parámetros y su log-verosimilitud final fue de -7404. En la Figura 1, se puede observar cómo se compone el modelo MIMIC que será incorporado en el modelo híbrido. En los rectángulos de la izquierda se pueden observar las características de los individuos que pertenecen a las ecuaciones estructurales, como se muestra en la Ecuación (1) y (2).

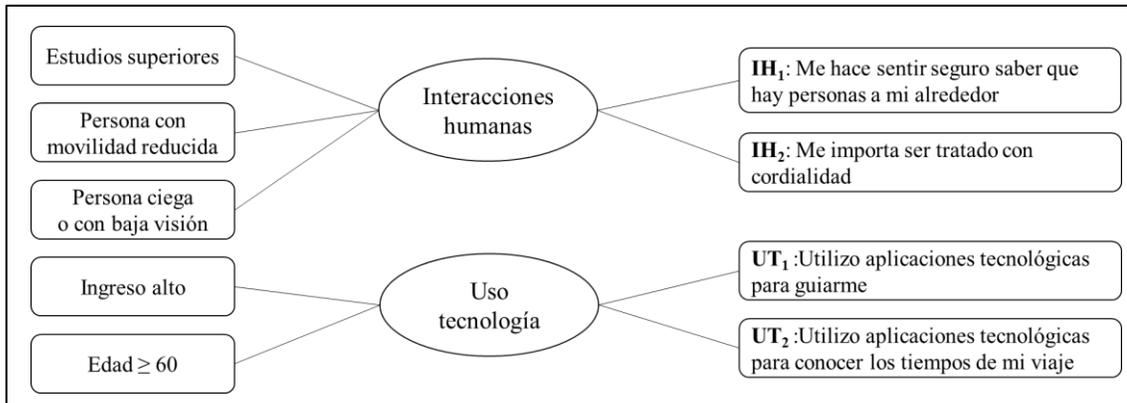


Figura 1 Modelo MIMIC

En el caso de la variable latente "interacciones humanas", se consideraron tres variables binarias asociadas a las características de los encuestados, indicando si la persona tiene: educación superior, movilidad reducida o discapacidad visual. En cuanto a las ecuaciones de medición, la variable latente estuvo compuesta por el indicador HI1 y el indicador HI2 (ver Tabla 1). La especificación de la ecuación estructural de esta variable latente se puede ver en la Ecuación (1).

$$IH = s_{ES} * ES + s_{MR} * MR + s_{CBV} * CBV + \sigma_{IH} \tag{1}$$

Por otro lado, para la ecuación estructural de la variable latente "uso de tecnología", se consideraron las siguientes características: persona con ingreso alto y mayor de 60 años, y para las ecuaciones de medición, se utilizaron los indicadores UT1 y UT2. La especificación de la ecuación estructural de la variable latente se encuentra en la Ecuación (2).

$$UT = s_{IA} * IA + s_{AM} * AM + \sigma_{UT} \tag{2}$$

Los parámetros estimados en el modelo MIMIC de la variable latente “interacciones humanas” en el modelo híbrido que se presentan en la Tabla 2. Los signos son consistentes con lo esperado y el parámetro s_{ES} es significativo. El parámetro s_{MR} es significativo con una confianza sobre el 80%. Tanto personas con estudios superiores, como personas con movilidad reducida y/o personas ciegas o con baja visión perciben relevante las interacciones humanas, siendo las personas ciegas o con baja visión las que más les asignan relevancia a las interacciones humanas.

Tabla 2 Parámetros estimados de la variable latente interacciones humanas

	Parámetro	Descripción	Valor	t-test
Ecuación estructural	s_{ES}	Persona con estudios superiores	0,42	3,68
	s_{MR}	Persona con movilidad reducida	0,37	1,60
	s_{CBV}	Persona ciega o con baja visión	1,17	5,93
	σ_{IH}	Desviación estándar	0,78	5,81

La Tabla 3 presenta los parámetros estimados para la ecuación estructural de la variable latente "uso de tecnología". Al igual que el caso anterior, se obtienen signos esperados. Los parámetros estimados para personas con ingreso alto y personas mayores a 60 años tienen signo contrario, indicando que las personas de ingreso alto tienen un mayor uso de tecnología que personas que no forman parte de esta categoría y las personas mayores a 60 años tienen un menor uso de la tecnología, siendo este parámetro mayor en magnitud por lo que ser adulto mayor a 60 años afecta más a la variable latente.

Tabla 3 Parámetros estimados de la variable latente uso de tecnología

	Parámetro	Descripción	Valor	t-test
Ecuación estructural	S_{IA}	Persona de ingreso alto	2,11	7,13
	S_{AM}	Persona sobre 60 años	-4,34	-9,02
	σ_{UT}	Desviación estándar	-2,96	-10,70

Dado que el transporte público en Santiago está completamente integrado, tanto física como tarifariamente (DTPM, 2022), se decidió utilizar una estructura jerárquica en el modelo de elección discreta. Esta estructura debiera permitir capturar la correlación entre las alternativas bus, Metro y Metro-bus, que se agruparon en un nido de transporte público, como se muestra en la Figura 2.

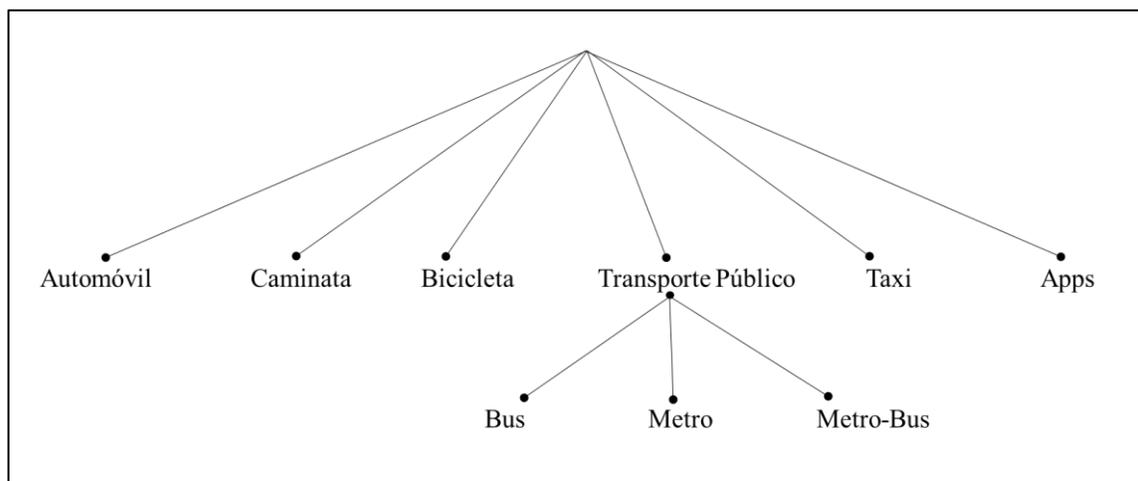


Figura 2 Representación gráfica de la estructura jerárquica del modelo

En cuanto a las funciones de utilidad por modo, la Tabla 4 presenta la especificación de las funciones de utilidad. Todos los modos tienen una constante modal asociada, y la caminata, se utilizó como alternativa de referencia. Por otro lado, todos los modos, excepto la caminata, tienen un parámetro de costo asociado. También se consideró un parámetro genérico para el tiempo en el vehículo, excepto para el modo bicicleta, que tiene un parámetro específico, ya que en este modo el usuario debe realizar un esfuerzo. Utilizamos una variación sistemática de gustos (ver ecuación 8.17, de Ortúzar y Willumsen, 2024), en relación con la variable binaria PDV, para analizar cómo el tiempo de caminata afectaba a las PDV. Esta interacción se incluyó en los modos caminata y transporte público.

Tabla 4 Especificación utilidad por modo

Modo	ASC	Tiempo caminata (β_{TC}) interacción con CBV (α_{CBV})	Tiempo vehículo (β_{TV} β_{TB})	Tiempo espera (β_{TE})	Costo (β_{costo})	Transbordo bus-bus ($\beta_{\#transBB}$)	Variable latente IH (θ_{IH})	Variable latente UT (θ_{UT})
Auto	S		G		G			
Caminata	*	G						
Bicicleta	S		S		G			
Bus	S	G	G	G	G	G		
Metro	S	G	G	G	G			
Metro-Bus	S	G	G	G	G	G		
Taxi	S		G		G		S	
Apps	S		G		G		S	S

S: parámetro específico, G: parámetro general, *: parámetro fijo en cero

En el caso de transporte público, también se incluyó una variable tiempo de espera y una variable para el número de trasbordos de un bus a otro bus, en las alternativas bus y Metro/bus. La variable latente *uso de tecnología* se incluyó en la función de utilidad de los servicios de movilidad a través de aplicaciones, donde, además, se incluyó un parámetro asociado a la variable latente de interacciones humanas para esta misma alternativa, finalmente, existe un parámetro específico para la variable latente de interacciones humanas para el taxi.

La Tabla 5 muestra los parámetros estimados del modelo de elección de modo. En cuanto a la significancia, todas las variables (ignorando las constantes modales) son significativas a un nivel de confianza del 95%. El valor de test- t con respecto a 1 del parámetro λ_{TP} es de 4.95, validando la estructura presentada en la Figura 2. Esto permite deducir que la correlación de las alternativas dentro del nido de transporte público es del 87.8% (Daganzo y Kusnic, 1993).

Los parámetros θ_{IH_Taxi} y θ_{IH_Apps} son estadísticamente diferentes con un 90% de confianza. El valor de la variable latente *interacciones humanas* es positivo tanto para el modo de taxi como para las aplicaciones, lo que significa que las personas que perciben las interacciones humanas como relevantes tienden a elegir modos como el taxi o las aplicaciones; esto puede deberse a que estos modos son servicios más personalizados donde se debe interactuar con una persona (el conductor). Además, las personas que hacen un mayor uso de tecnologías tienden a utilizar modos de transporte que se solicitan a través de aplicaciones móviles.

Los parámetros asociados a las variables de tiempo siguen la relación:

$$|\beta_{Tiempo\ Vehiculo}| < |\beta_{Tiempo\ Espera}| < |\beta_{Tiempo\ Caminata}| < |\beta_{Tiempo\ Bicicleta}|$$

En varios estudios prácticos, los valores de los parámetros de tiempo de caminata y espera son dos o tres veces el valor del tiempo en el vehículo (Ortúzar y Willumsen, 2024). En este caso, el valor del parámetro de tiempo de espera es aproximadamente el doble del valor del parámetro de tiempo

en el vehículo, mientras que el valor del parámetro de tiempo de caminata es aproximadamente cuatro veces el valor del tiempo en el vehículo.

Tabla 5 Parámetros estimados en el modelo de elección discreta

Parámetro	Valor	Test-t
$ASC_{Automóvil}$	-0,13	-0,572
$ASC_{Caminata}$	0,00	-
$ASC_{Bicicleta}$	-1,32	-2,83
ASC_{Bus}	0,12	0,554
ASC_{Metro}	0,76	4,16
$ASC_{Metro-Bus}$	0,28	1,30
ASC_{Taxi}	-4,94	-4,41
ASC_{Apps}	-4,77	-4,14
λ_{TP}	2,86	7,63
$\beta_{\#transBB}$	-0,108	-2,75
β_{costo}	-0,798	-7,52
β_{TB}	-5,18	-3,28
β_{TC}	-3,40	-10,30
β_{TV}	-0,898	-3,68
β_{TE}	-1,60	-4,46
α_{CBV}	-1,12	-2,37
θ_{UT}	0,389	3,66
θ_{IH_Apps}	2,64	2,74
θ_{IH_Taxi}	3,82	3,79

4. CONCLUSIONES

A través de modelos híbridos de elección discreta, se verificó la existencia de heterogeneidad en la percepción de atributos tangibles y no tangibles en la elección de modo de transporte por parte de los individuos. Se identificaron los principales factores que afectan la experiencia de viaje según el modo utilizado por personas con discapacidad visual o movilidad reducida.

A partir del modelo, se infiere que las personas con discapacidad visual perciben las interacciones humanas como relevantes, lo que podría influir en su elección modal, prefiriendo modos con contacto directo con el conductor. Este mismo efecto se puede observar en personas con movilidad reducida, por lo que podrían preferir modos como taxi, *Uber*, *Cabify* o *Didi*, debido a las relaciones sociales que se generan. Así, el estudio sugiere que la actitud que tenemos y cómo nos relacionamos

como sociedad, puede afectar a las personas con discapacidad visual y movilidad reducida, llevándolas a preferir modos más costosos como los mencionados anteriormente. También existe heterogeneidad en la percepción del tiempo de caminata; en particular, las personas con discapacidad visual se ven afectadas en aproximadamente un 30% más por el tiempo de caminata que las personas sin discapacidad visual. Esto implica que las personas ciegas o con baja visión están dispuestas a pagar un 30% más para ahorrar la misma cantidad de tiempo de caminata que una persona sin discapacidad visual.

Se esperaba en la modelación que la variable latente de interacción humana generara un impacto positivo en el modo metro. Porque entre las funciones de los asistentes de metro, se encuentra asistir a personas con discapacidad visual en el viaje, sin embargo, no se obtuvo este resultado. Una posible hipótesis para entender estos resultados es la disminución de más de 1.500 trabajadores de Metro anunciada a principios de 2022 (ADN, 2022).

Por otro lado, también se esperaba que en las personas con discapacidad visual fuera determinante en la variable latente de uso de tecnología, similar al caso estudiado por Cabello (2022). El observatorio de la discapacidad de España estima que la población con discapacidad se encuentra con un 33% de desventaja en el eje económico en relación con la población general (OED, 2022). Por lo que podría existir una correlación entre la variable ingreso económico que no permitiría incluir al mismo tiempo la variable de discapacidad visual.

Los resultados de esta investigación pueden ser utilizados para la evaluación social de proyectos en Santiago, ya que cuantificamos cuánto afecta el tiempo de caminata a las personas con discapacidad visual. Basándonos en los resultados del estudio cualitativo y cuantitativo, se propone la creación de subsidios de transporte en Chile para personas con discapacidad visual, como se hace actualmente en la mayoría de los países desarrollados con diversos grupos de la población, por ejemplo, adultos mayores y personas con discapacidades (Schmöcker et al., 2008).

Finalmente, como estudios a realizar en el futuro, se proponen dos áreas de interés para profundizar en la investigación presentada. En primer lugar, sería interesante estudiar cómo la variabilidad de los tiempos de viaje y espera afecta a las personas con discapacidades, como se mencionó en el análisis cualitativo pero no se exploró en los modelos cuantitativos. Y, por otro lado, sería relevante considerar la aglomeración de vehículos en la estimación de modelos, aspecto que no se tuvo en cuenta en este análisis debido a que no se pudo obtener niveles de servicio confiables para los diferentes modos de viaje.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos aquellos que colaboraron con la difusión de la encuesta y, en especial, a las organizaciones que confiaron en esta investigación: Biblioteca para Ciegos, Lazarillo, Fundación Luz y Corporación para la Inclusión de Personas con Discapacidad Visual y Sordociegas (CIDEVI). Además, agradecer a Elizabeth de la Biblioteca para Ciegos, por todo su apoyo, atención, calidez y profesionalismo. Finalmente, agradecemos a todas aquellas personas que se tomaron el tiempo de responder la encuesta y hacer posible esta investigación, y a los revisores que nos permitieron mejorar el artículo.

REFERENCIAS

- ADN (2022). Presidente de Federación de Sindicatos de Metro por movilización de este miércoles: “Tenemos estaciones prácticamente abandonadas”. ADN Radio. <https://www.adnradio.cl/nacional/2022/01/05/sindicatos-de-metro-denunciaronabandono-de-estaciones.html>
- Ben-Akiva, M., Julian, B., Lauprete, G.J. y Polydoropoulou, A. (1996). Impact of advanced public transportation systems on travel by dial-a ride. *Transportation Research Record* **1557**, 72-79.
- Cabello, N. (2022). Discapacidad Visual en Buses de Santiago: Valorizando Elementos de un Diseño Universal. Tesis de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Daganzo, C.F. y Kusnic, M. (1993). Two properties of the nested logit model. *Transportation Science* **27**, 395-400.
- Díaz, S. (2021). Modelando las Decisiones de Movilidad de Personas con Discapacidad a través de Modelos Híbridos de Elección Discreta. Tesis de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- DTPM (2022). Sistema Integrado de Transporte. Directorio de Transporte Público Metropolitano. <https://www.tarjetabip.cl/tarifas.php>
- Ermagun, A., Hajivosough, S., Samimi, A. y Rashidi, T.H. (2016). A joint model for trip purpose and escorting patterns of the disabled. *Travel Behaviour and Society* **3**, 51-58.
- Furness, K.P. (1965). Time function iteration. *Traffic Engineering and Control* **7**, 458–460.
- Google (2019). Google Forms Accessibility Conformance Report. <https://static.googleusercontent.com/media/www.google.com/es//accessibility/static/pdf/googleforms-vpat.pdf>
- Hallgrimsdottir, B., Wennberg, H., Svensson, H. y Ståhl, A. (2016). Implementation of accessibility policy in municipal transport planning – progression and regression in Sweden between 2004 and 2014. *Transport Policy* **49**, 196-205.
- INE (2022). Censo de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística, Santiago. <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/censo-de-poblacion-y-vivienda>
- Kwon, K. y Akar, G. (2022). People with disabilities and use of public transit: The role of neighborhood walkability. *Journal of Transport Geography*. **100**, 103319 <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103319>

Lafratta, A. (2008). Assessment of Accessibility Standards for Disabled People in Land Based Public Transport Vehicles. *Department for Transport*, London.

Low, W., Cao, M., De Vos, J. y Hickman, R. (2020). The journey experience of visually impaired people on public transport in London. *Transport Policy* **97**, 137-148.

OED (2022). La discapacidad como forma de desigualdad económica. Observatorio Estatal de la Discapacidad, Mérida. <https://www.observatoriodeladiscapacidad.info/informe-breve-la-discapacidad-como-forma-de-desigualdad-economica/>

Ortúzar, J. de D. y Willumsen, L.G. (2024). *Modelling Transport*. 5a edición, John Wiley & Sons, Chichester.

Park, J. y Chowdhury, S. (2018). Investigating the barriers in a typical journey by public transport users with disabilities. *Journal of Transport & Health* **10**, 361-368.

Park, J. y Chowdhury, S. (2022). Investigating the needs of people with disabilities to ride public transport routes involving transfers. *Journal of Public Transportation* **24**, 100010. <https://doi.org/10.1016/j.jpubtr.2022.100010>

Peña, E., Galilea, P. y Raveau, S. (2018). How much do we value improvements on the accessibility to public transport for people with reduced mobility or disability? *Research in Transportation Economics* **69**, 445-452.

Raveau, S., Álvarez-Daziano, R., Yáñez, M. F., Bolduc, D. y Ortúzar, J. de D. (2010). Sequential and simultaneous estimation of hybrid discrete choice models: some new findings. *Transportation Research Record* **2156**, 131–139.

Schmöcker, J.D., Quddus, M.A., Noland, R.B. y Bell, M.G.H. (2005). Estimating trip generation of elderly and disabled people: analysis of London data. *Transportation Research Record*. 9-18. <https://doi.org/10.3141/1924-02>

Schmoker, J., Quddus, M., Noland, R. y Bell, M. (2008). Mode choice of older and disabled people: a case study of shopping trips in London. *Journal of Transport Geography* **16**, 257-267.

Soltani, S., Sham, M., Awang, M. y Yaman, R. (2012). Accessibility for disabled in public transportation terminal. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* **35**, 89-96.

Stern, S. (1993). A disaggregate discrete choice model of transportation demand by elderly and disabled people in rural Virginia. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **27**, 315-327.