

Propuesta metodológica para medir la disposición a esperar por un asiento de bus usando datos de preferencias reveladas: Validación e ilustración en un paradero específico de Transantiago

METHODOLOGICAL PROPOSAL TO MEASURE THE WILLINGNESS TO WAIT FOR A BUS SEAT USING REVEALED PREFERENCES DATA: VALIDATION AND ILLUSTRATION ON A SPECIFIC TRANSANTIAGO BUS STOP

Gabriela Castillo Valladares y C. Angelo Guevara

Universidad de Chile, Chile

* Autor para correspondencia:
crguevar@ing.uchile.cl

RESUMEN

Proponemos una metodología, basada en preferencias reveladas, para medir la valoración por un asiento que tienen los usuarios del paradero PC37 del Transantiago, ubicado en la comuna de Providencia, Chile. Para esto se utiliza el comportamiento natural de los viajeros de dicho paradero, quienes hacen dos filas: una para quienes están dispuestos a esperar más con el fin de asegurar un asiento en el viaje hacia su destino, y otra para los que prefieren viajar de pie en el primer bus que llegue. La propuesta metodológica es validada recolectando datos y estimando un modelo preliminar que indica que el tiempo de viaje de pie es percibido como un 31% más negativo que el tiempo de viaje sentado. El valor obtenido sugiere que sería socialmente conveniente aumentar la capacidad de asientos en el sistema de transporte público del país.

Palabras clave: valoración por un asiento, preferencias reveladas, factor de comodidad

ABSTRACT

We propose a methodology, based on revealed preferences, to measure the valuation for a bus seat of the users of bus stop PC37 of Transantiago, located in the commune of Providencia, Chile. For that we use the natural behavior of the travelers at that bus stop, who choose between two queues: one for those who are willing to wait longer in order to secure a seat on their journey to their destination, and another queue for those who prefer to travel standing in the first bus that arrives. The methodological proposal is validated by collecting data and estimating a preliminary model that indicates that the travel time standing is perceived as 31% more negative than travel time seated. The value obtained suggests that it would be socially convenient to increase the number of seats in the public transport system of the country.

Keywords: Valuation of a seat, Revealed preferences, Comfort factor

1. INTRODUCCIÓN

El transporte público es un aspecto importante en la calidad de vida de las personas, por lo que existen diversas investigaciones que modelan y evalúan las decisiones de elección de los viajeros. En un principio, los atributos más estudiados, y que influyen en la decisión de un pasajero, eran el costo monetario y el tiempo de viaje (Douglas y Karpouzis, 2005; Whelan y Crockett,

2009). Más recientemente se ha estudiado la incorporación de otros factores, tales como la comodidad, la disponibilidad de asientos, las percepciones del nivel de hacinamiento, entre otros, debido a que se ha comprobado que éstos tienen un impacto significativo en el comportamiento de los usuarios (Batarce et al., 2015 Tirachini et al., 2013, Wardam y Whelan, 2011, Tirachini et al., 2017). No obstante, en su mayoría, son investigaciones que usan datos de Preferencias Declaradas (PD, de ahora en adelante), los cuales presentan varios tipos de sesgos (Bradley y Kroes, 1990). Este tipo de técnica es aquella que se basa en declaraciones de individuos acerca de cuáles son sus preferencias cuando se les presentan opciones que describen una serie de escenarios hipotéticos construidos por el investigador en un diseño experimental (González et al., 2012).

En el caso de Santiago de Chile, el modelo de diseño del transporte público integrado, conocido como Transantiago, no consideró factores de calidad de servicio. Al contrario, solamente procuró minimizar los costos de los usuarios y del operador, ignorando aspectos cualitativos que las personas valoran en la experiencia de un viaje. Por ejemplo, la función de costos implementada asigna el mismo peso a un minuto viajando con cinco pasajeros por metro cuadrado que un minuto viajando con un pasajero por metro cuadrado (Tirachini et al., 2016).

Los factores anteriormente mencionados no son considerados en la práctica debido a que su estimación en un sistema de transporte público congestionado representa un gran desafío metodológico, debido a dos razones. La primera, se debe a que el comportamiento de elección bajo condiciones de congestión no necesita ser el mismo que el observado en escenarios normales. La segunda, recae en la dificultad de recoger datos de Preferencias Reveladas (PR, de ahora en adelante) en dichas circunstancias. Esta técnica está basada en la observación del comportamiento real de las personas. En general, los datos obtenidos mediante encuestas de PR tratan de medir los valores de los atributos, tanto de la alternativa elegida como de las no elegidas para cada individuo (González et al., 2012).

Asimismo, contar con un estudio en Santiago que incorpora datos de PR, es decir, en donde se observa el comportamiento real de los usuarios, entrega resultados más representativos de las elecciones efectuadas por ellos mismos. Por lo anterior, es razonable suponer que aquellos factores adicionales mencionados anteriormente serán considerados con mayor relevancia en futuras políticas de transporte, debido al crecimiento continuo del contexto urbano (Tirachini et al., 2016). Tal es el caso de la posible incorporación de nuevos buses de dos pisos en el Transantiago, la cual aumenta la probabilidad de los pasajeros en ir sentados a un 60% contra el 36% que presentan los buses de hoy en día (Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, 2016).

En cuanto a los estudios previos realizados en la literatura, se observa una menor cantidad de investigaciones acerca de la valoración por un asiento en comparación con aquellas que miden el impacto del hacinamiento en el transporte público. Asimismo, los resultados obtenidos del primer tipo de investigación arrojan un multiplicador de pie promedio igual a 1,15 para condiciones de baja congestión y mayor a 1,5 para alta congestión (Tirachini et al., 2016). En cambio, los multiplicadores de pie promedio observados en la literatura de hacinamiento arrojan un valor mayor en condiciones de alta congestión equivalente a 2,3 y 1,19 en baja congestión (Tirachini et al., 2016). Dichos multiplicadores de pie o sentado son los que se pueden interpretar como el factor de comodidad, que se deriva de la disposición a esperar por un asiento por parte de los viajeros de un modo de transporte público, que se presenta en este trabajo.

El objetivo general de este estudio fue proponer y validar una metodología que permita medir un factor de comodidad, el cual es la razón entre la desutilidad de viajar de pie y la desutilidad de viajar sentado, desde el inicio del viaje de los usuarios del Transantiago del paradero PC37 utilizando datos de PR.

La metodología de investigación utilizada en este trabajo consta de tres etapas. La primera es la fase de diseño, en la cual se realiza una visita exploratoria al paradero PC37 y una consulta a expertos, previa revisión bibliográfica. Lo anterior, con el fin de obtener el diseño del experimento de recolección de datos, incluyendo la preparación del formulario de encuestas. Existen tres métodos para llevar a cabo la recolección de datos, uno de ellos es mediante el uso de datos de PD, otro de PR y uno mixto (PR y PD). Como en nuestro caso de estudio existe un comportamiento de las personas distinto a lo esperado, las elecciones de PR es el enfoque más adecuado para medirlo, siendo más representativa que las de PD. Asimismo, los datos obtenidos no podrían ser medidos por PD sin que existiera algún tipo de sesgo (Ben-Akiva et al., 1994).

En la fase experimental, se aplica el experimento propuesto en el paradero PC37 en horario punta de la tarde en los meses de septiembre, octubre y noviembre del año 2016 respectivamente, obteniendo una muestra total de 334 observaciones.

Finalmente, en la última fase de validación del experimento propuesto, se procesan los datos e imputan los atributos de la alternativa no elegida por el viajero. Luego, se estima el Factor de Comodidad (FC, de ahora en adelante) utilizando un modelo Logit y se analizan los resultados obtenidos. Todos los datos observados son estimados utilizando el software R.

El resto del trabajo se organiza como sigue. La sección 2 muestra el diseño del experimento propuesto, donde se detalla tanto la metodología de diseño como el experimento definido. En cuanto a la aplicación del experimento en el paradero PC37, en la sección 3 se describe el conjunto de datos obtenidos y los experimentos realizados. La sección 4 especifica la imputación de los atributos de la alternativa no elegida por el usuario y el modelamiento para estimar el FC y atributos como: edad, género, licencia de conducir e ingreso de cada viajero. Los resultados son comparados con estudios previos realizados en la literatura. Por último, la sección 5 entrega un resumen con las conclusiones principales de la investigación y las posibles extensiones futuras a desarrollarse.

2. DISEÑO EXPERIMENTO PROPUESTO

En esta etapa se estudia el fenómeno a medir para obtener una propuesta metodológica acorde al objetivo de esta investigación. En otras palabras, se estudia el comportamiento natural de los pasajeros del paradero PC37 quienes, por preferir viajar sentados, desde el inicio de su viaje, esperan un tiempo adicional por embarcarse en un bus con asientos vacíos. Conducta que al ser observada y estudiada permite definir una metodología que mida el FC de los usuarios, mediante el uso de PR.

La ventaja de este paradero es que la intervención de los encuestadores no altera el comportamiento natural y real de las personas. Existe espacio suficiente, así como la aprobación de agentes externos (fiscalizadores, vendedores ambulantes y artistas callejeros) para realizar el estudio. Por último, y siendo lo más relevante, se genera un fenómeno natural por parte de los usuarios de este recorrido, quienes escogen una fila, según sus preferencias. Una fila para aquellos que quieren viajar sentados u otra para los que desean viajar parados, tal como se muestra en la Figura 1.

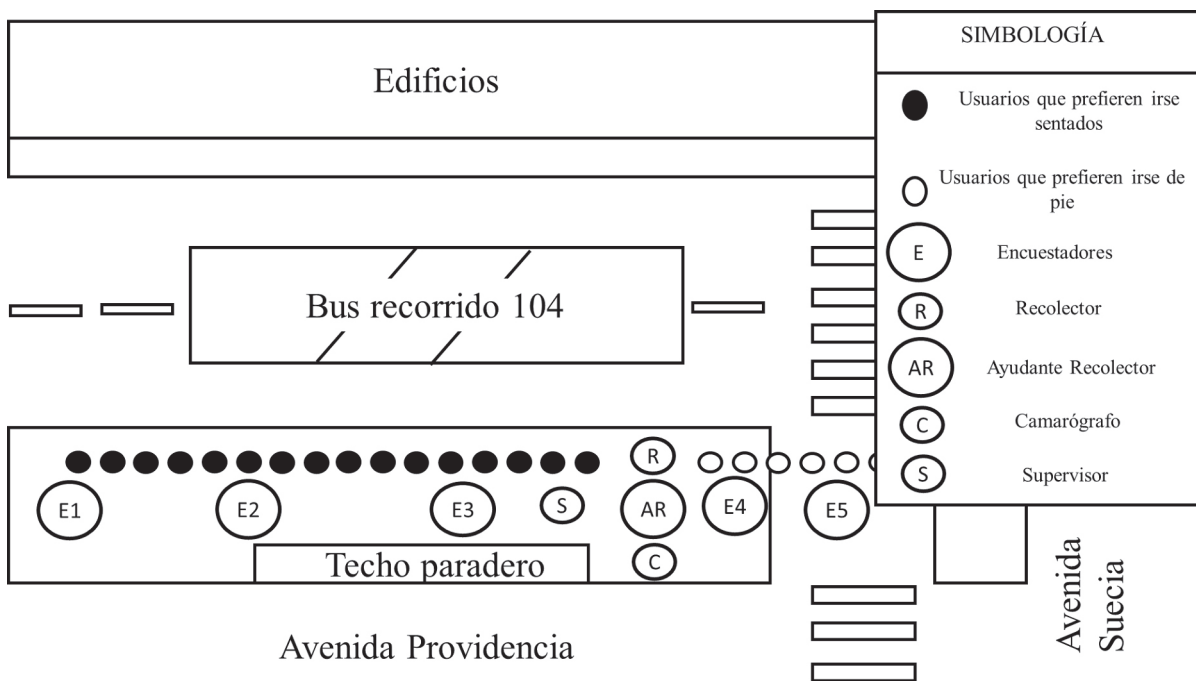


Figura 1. Diseño del paradero PC37 del recorrido 104 y distribución de usuarios y staff en el paradero.

Para el diseño de las encuestas, se desarrolló una consulta a académicos, compuesta por: Alejandro Tirachini, Rodrigo Fernández y Ángel Guevara. De esta consulta se obtienen como variables relevantes el tiempo de viaje o destino, el propósito del viaje, la disponibilidad de auto, la motivación por viajar sentado o parado, variables socioeconómicas (edad, género e ingreso del hogar) y preguntas de actitudes (frecuencia de uso, ya sea del Transantiago, como del recorrido 104). Cabe mencionar que se agrega en el atributo ingreso la opción: "No sabe o No responde", al ser una categoría sensible para los encuestados, tal como se aconseja en la literatura (Ortúzar y Willumsen. 2011).

Se realizaron distintos diseños de encuestas, que fueron modificadas según los resultados de una encuesta piloto realizada en mayo del 2016 en horario punta, desde las 19:00 horas a las 21:00 horas en el paradero PC37. Las encuestas definitivas, una para los usuarios que prefieren viajar sentados y otra para quienes viajan de pie, se muestran en la Tabla 1 y Tabla 2 respectivamente. En total se miden 16 atributos para quienes hacen la fila de sentados y 15 para los de pie, en este último no se mide el largo de la fila por no presentar variabilidad durante la medición. También, difieren en la respuesta respecto a la motivación por viajar sentado o parado, puesto que para quienes viajan de pie esta respuesta es abierta. En cambio, para quienes viajan sentados, se les solicita que declare una o más motivaciones (de la más importante a la menos), categorizando la respuesta en: Salud, Seguridad o Comodidad, las cuales están subcategorizadas en seguridad por Accidente, Robo o Acoso y la comodidad por Cansancio, Alerta, Carga o Sofocamiento. Cada encuesta dura aproximadamente tres minutos.

Tabla 1
Encuesta de usuarios que prefieren viajar sentados

Fecha:		Paradero:		Encuestador:													
ID	Hr. Inc Fila	Largo de Fila	Folio Tarjeta	Género	Edad	Destino	Tiempo aproximado de viaje en el bus	Propósito Viaje	Motivación por irse sentado	¿Cuántas personas hay en su hogar?	¿Cuántos autos tiene en su hogar?	¿Tiene licencia de conducir?	Rango Ing. Hogar	Pregunta A	Pregunta B	Pregunta C	Nº Tarjeta BIP
1	:							<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:	Salud C.Cansancio C. Alerta C. Carga C. Sofocamiento	<input type="checkbox"/> S. Accidente <input type="checkbox"/> S. Robo <input type="checkbox"/> S. Acoso <input type="checkbox"/> Otros:.....							
2	:							<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:	Salud C.Cansancio C. Alerta C. Carga C. Sofocamiento	<input type="checkbox"/> S. Accidente <input type="checkbox"/> S. Robo <input type="checkbox"/> S. Acoso <input type="checkbox"/> Otros:.....							
3	:							<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:	Salud C.Cansancio C. Alerta C. Carga C. Sofocamiento	<input type="checkbox"/> S. Accidente <input type="checkbox"/> S. Robo <input type="checkbox"/> S. Acoso <input type="checkbox"/> Otros:.....							
4	:							<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:	Salud C.Cansancio C. Alerta C. Carga C. Sofocamiento	<input type="checkbox"/> S. Accidente <input type="checkbox"/> S. Robo <input type="checkbox"/> S. Acoso <input type="checkbox"/> Otros:.....							
5	:							<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:	Salud C.Cansancio C. Alerta C. Carga C. Sofocamiento	<input type="checkbox"/> S. Accidente <input type="checkbox"/> S. Robo <input type="checkbox"/> S. Acoso <input type="checkbox"/> Otros:.....							

Tabla 2
Encuesta de usuarios que prefieren viajar de pie

Fecha:		Paradero:		Encuestador:													
ID	Hr. Inc Fila	Folio Tarjeta	Género	Edad	Destino	Tiempo aprox. de viaje en el bus	Propósito Viaje	Motivación por irse de pie	¿Cuántas personas hay en su hogar?	¿Cuántos autos tiene en su hogar?	¿Tiene licencia de conducir?	Rango Ing. Hogar	Pregunta A	Pregunta B	Pregunta C	Nº Tarjeta BIP	
1	:						<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:										
2	:						<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:										
3	:						<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:										
4	:						<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:										
5	:						<input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Trabajo <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros:										

El resultado de la fase de diseño es la propuesta del experimento de PR, el cual consta de varios ciclos, los cuales se repiten cada vez que existe la cantidad suficiente de personas para alcanzar a realizar la encuesta antes de que se suba al bus.

Un ciclo comienza cuando un usuario ingresa al paradero, escoge una fila y se incorpora en el último lugar de ésta. En ese momento, un encuestador (E_1, E_2, E_3, E_4, E_5 , según nomenclatura de la Figura) le consulta si desea contestar una encuesta, si la respuesta es afirmativa, procede a iniciarla. En cambio, si es negativa debe dejar pasar a una persona y consultar al usuario siguiente que se haya incorporado recién a la fila y consultarle si desea contestar una encuesta, y así sucesivamente hasta obtener una respuesta afirmativa. Una vez comenzada la encuesta, se le hace entrega de la tarjeta foliada al encuestado, quien deberá entregársela al receptor (R, según nomenclatura de la Figura 1) en el instante previo a subirse al bus.

Luego, en el instante en que los usuarios encuestados comienzan a subir al bus, el recolector (R), en una primera instancia, recibe las tarjetas foliadas de quienes viajan sentados. Se las entrega al ayudante recolector (AR, según nomenclatura de la Ilustración 1), quien registra la hora de subida al bus en cada tarjeta y las agrupa, enrollándolas con un elástico, para guardarlas en el cesto de sentados.

En el momento en que la fila de sentados se detiene, el recolector (R) reúne las tarjetas de quienes se arrepienten de viajar sentados y suben al bus aun cuando ya no hay asientos disponibles. Agrupa dichas tarjetas con las de quienes hicieron la fila para viajar de pie y se las pasa al ayudante recolector (AR), quien anota la hora de subida al bus en cada tarjeta y las reúne con un elástico, guardándolas en el cesto de parados. Cabe mencionar que la manera en que se clasifican los arrepentidos es mediante la observación de que cuando la fila de sentados se detiene y, por ende, existen personas dispuestas a esperar el próximo bus para asegurar un asiento al inicio de su viaje, ellos optan por subir al bus con una alta probabilidad de no encontrar asiento. En efecto, al observar los videos, la moda del pasajero que se detiene para esperar el próximo bus es el número 26, lo cual se aproxima a la cantidad de asientos que existen en los buses del Transantiago

Finalmente, el camarógrafo (C, según nomenclatura de la Figura) graba desde el comienzo hasta el final del experimento, sin importar si hay o no ciclos. Asimismo, el supervisor (S, según nomenclatura de la Figura 1) debe estar observando que todo está en orden durante todo el experimento.

El flujo de un ciclo se desarrolla mediante el programa Bizagi, tal como se muestra en la Figura 2.

Esta propuesta debe medir el FC de los usuarios que esperan un tiempo adicional por asegurar un asiento al inicio de su viaje que es lo que se conoce como “la disposición a esperar por un asiento”. Dicha medición se lleva a cabo con el uso de tarjetas foliadas y la participación de cinco encuestadores, un receptor de tarjeta, un ayudante de receptor de tarjetas, un camarógrafo y un supervisor, tal como se especifica anteriormente.

A partir de esta propuesta, se pretende establecer un marco de referencia no excluyente y suficientemente amplio para realizar, en un futuro, estudios comparativos en otros paraderos “gemelos” del Transantiago. No obstante, la metodología propuesta debe ser enriquecida en cada caso para adaptarla a las condiciones de los diferentes lugares en donde será aplicada.

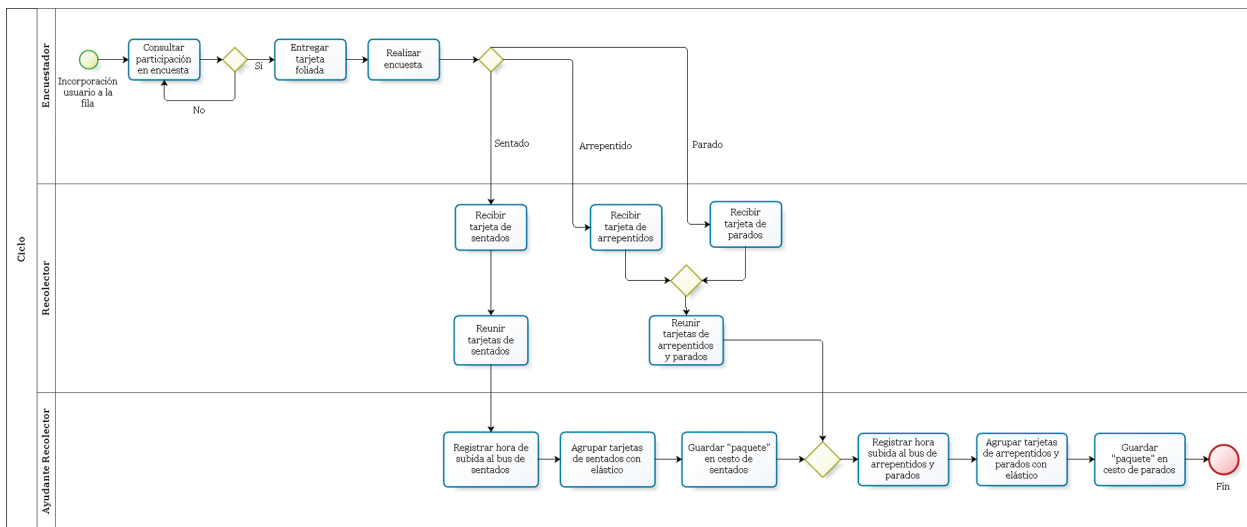


Figura 2. Diagrama del experimento propuesto.

3. APLICACIÓN DEL EXPERIMENTO AL PARADERO PC37

En un principio se considera que la realización de un solo experimento basta para medir el FC de los usuarios del paradero PC37. Sin embargo, la muestra conseguida en una primera instancia (147 observaciones) no es suficiente para obtener resultados concluyentes. Por lo anterior, se decide realizar dos experimentos más, obteniendo un total de 345 observaciones. Los resultados agregados de la aplicación de cada experimento se detallan a continuación:

- I. En el experimento N°1 se obtienen 147 observaciones, de las cuales 79 (54%) fueron de usuarios que prefieren viajar sentados, 67 (46%) que escogen viajar de pie y una persona que modifica el modo de transporte. Se realiza en un día laboral, jueves 8 de septiembre de 2016, y en horario punta de la tarde, entre las 17:00 horas a las 21:00 horas.
- II. En el experimento N°2 se logran 92 observaciones, de las cuales 41 (45%) son usuarios que optan por viajar sentados, 46 (50%) que escogen viajar de pie y el resto (5%) desertan, seleccionando otro modo de transporte. Se desarrolla en un día laboral, miércoles 5 de octubre de 2016, y en horario punta de la tarde, a partir de las 18:30 horas hasta las 20:30 horas. Cabe destacar que hay una condición distinta ese día. Un bus tiene un accidente en la ruta y los fiscalizadores advierten a las personas que no van a llegar más buses al paradero. Se puede suponer que el alto número de pasajeros de pie y que desertan se debe a esa condición que potencialmente sesga la muestra.
- III. En el experimento N°3 se alcanzan a registrar 106 observaciones, de las cuales 43 (41%) usuarios prefieren viajar sentados, 58 (55%) eligen viajar parados y el resto (4%) abandona el paradero. Se efectúa en un día laboral, miércoles 30 de noviembre de 2016, y en horario punta de la tarde, a contar de las 18:30 horas a las 20:30 horas. Cabe mencionar que ese día se juega un partido de fútbol de la semifinal del campeonato nacional, pudiendo sesgar la muestra. Nuevamente, se puede inferir que el alto número de pasajeros que desertan o escogen viajar de pie se debe a este acontecimiento. De hecho, observaciones reportadas por los mismos encuestadores detallan que algunos usuarios declaran que para alcanzar a ver el partido de fútbol escogen la fila de parados.

Los resultados obtenidos de cada experimento son especificados, de manera agregada, en esta sección. Se desarrolla un análisis descriptivo de las variables: edad, género e ingreso per cápita mensual, las cuales son comparadas con los resultados de la Encuesta de Movilidad 2012 (EM, de ahora en adelante), perteneciente al Programa de Vialidad y Transporte Urbano y los datos proyectados del Instituto Nacional de Estadísticas (INE, de ahora en adelante). La EM fue realizado por la Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA), entre julio de 2012 a noviembre de 2013, a 18.000 hogares de la Región Metropolitana, equivalente a 60.000 encuestados de las 45 comunas de la región.

Se observa que las mujeres encuestadas son casi el doble de los hombres, esta sobreestimación con respecto a los datos proyectados por el INE en las comunas correspondientes, se puede justificar por la mayor disposición del género femenino a contestar la encuesta. Los encuestadores reportan que la mayoría de las veces las personas que rechazan participar en la medición son de sexo masculino. Sin embargo, se sigue escogiendo aleatoriamente a los usuarios para no generar un sesgo en la medición.

Respecto a los rangos etarios, se obtiene que la edad mediana es de 35 años y la edad promedio es de 37,8 años. Asimismo, se evidencia una predominancia entre los grupos de 25 a 35 años y los de 36 a 50 años, tanto en los datos medidos como en los obtenidos en la EM y en el INE.

Cabe destacar que, según el INE, el sector de 15-59 años que se ha concentrado en un 65% de la población total nacional, comenzará a disminuir, debido a la mayor proyección de vida de las personas. En cambio, el grupo de adultos mayores tendrá un continuo aumento de su aporte porcentual, proyectado para el 2015 en más de un 20% de la población chilena, lo que constituye el envejecimiento demográfico poblacional. Asimismo, se evidencia una disminución en la tasa de natalidad, lo cual incide en la disminución del rango etario menor a 15 años. Estas referencias se pueden observar en los datos medidos, debido a que, seguido del grupo de 25 a 50 años, el grupo que predomina es el que corresponde al rango etario mayor de 50 años. Por todo lo anterior, se observa una similitud entre los datos obtenidos en los experimentos, la EM y los datos otorgados por el INE.

Finalmente, en cuanto al ingreso per cápita mensual, los datos medidos muestran una clara tendencia hacia el segundo rango, entre \$150.001 a \$400.000. Éste concuerda con el resultado entregado por el INE, en la ESI realizada el año 2015, que considera toda la Región Metropolitana. Cabe mencionar que no se encuentra el ingreso per cápita mensual por comuna, lo cual podría entregar una mejor aproximación de los resultados obtenidos. Cabe mencionar que esta última categoría no

es consultada directamente en la encuesta, por lo que se calcula de dos atributos que si son medidos. Es decir, se divide el ingreso por hogar mensual con la cantidad de personas que viven en el hogar que son declaradas por el encuestado.

El análisis del tiempo de espera en el paradero de ambas elecciones se muestra en la Figura 3. Se observa que la mayoría de las personas que hacen la fila de parados (55% de los encuestados) esperan en el paradero entre 0 a 4 minutos y luego disminuye el número de personas a medida que aumenta el tiempo de espera en el paradero. Sin embargo, para quienes viajan sentados, la moda del tiempo de espera en el paradero se encuentra entre los 4 a 8 minutos (35% de los encuestados), declinando el número de personas paulatinamente a medida que aumenta el tiempo de espera en el paradero.

Los resultados obtenidos son acordes a lo que se espera intuitivamente, debido a que los usuarios que hacen la fila de sentados están dispuestos a esperar más en el paradero por asegurar un asiento disponible. Su tiempo de espera promedio en el paradero es de 10 minutos con una desviación estándar de 5,9 minutos. En cambio, el tiempo promedio de espera en el paradero de los viajeros que viajan de pie es de 5,5 minutos con una desviación estándar de 4,1 minutos. Por lo tanto, los “usuarios sentados” esperan casi el doble de tiempo en el paradero PC37 que los “usuarios parados”.

Con respecto a la distancia de viaje o tiempo de viaje, éstas se encuentran correlacionadas. Ambas se calculan usando el programa GoogleMaps, en el cual se ingresa la intersección de las calles donde el encuestado declara bajarse del bus y el programa estima un tiempo de viaje y una distancia de viaje. Por temas de análisis se prefiere estudiar la distancia de viaje.

Tal como se muestra en la Figura 4, quienes hacen la fila para viajar de pie, en su gran mayoría (83% de los encuestados), recorren una distancia corta en el bus, entre 0 a 6 kilómetros. En cambio, los usuarios que viajan sentados, tienen una notoria tendencia a recorrer distancias de viaje en el rango entre 3 a 6 kilómetros y, luego, disminuye paulatinamente a medida que aumenta la distancia de viaje. Sin embargo, de ahí en adelante, la pendiente de la distancia de viaje de los “usuarios sentados” se encuentra siempre por sobre la pendiente de la distancia de viaje de los “usuarios parados”, lo que es intuitivamente correcto. Es decir, a mayor distancia de viaje, existen mayor cantidad de usuarios que hacen la fila de sentados que la de parados.

Se observa que la cantidad de encuestados que viajan sentados no aumenta de manera constante a medida que aumenta la distancia de viaje, que es lo que se espera intuitivamente. Este comportamiento contra intuitivo se puede deber al nivel de carga al interior del bus una vez que éste inicia su viaje hasta el último paradero. Por lo anterior, se realiza un viaje desde el inicio del recorrido 104, paradero PC37, ubicado en la comuna de Providencia hasta el último paradero PF4, ubicado en la comuna de Puente Alto, en un día laboral, miércoles 29 de marzo de 2017, en horario punta a las 19:00 horas. En este viaje se identifica, de una muestra de 12 usuarios que hacen la fila para viajar sentados, que el 75% de ellos se bajan antes de llegar a la comuna de Macul, es decir, antes de los 6 kilómetros de viaje del recorrido 104. Este comportamiento puede incidir en la decisión de quienes hacen la fila de parados, puesto que saben que después de 6 kilómetros de viaje podrán tener un asiento disponible.

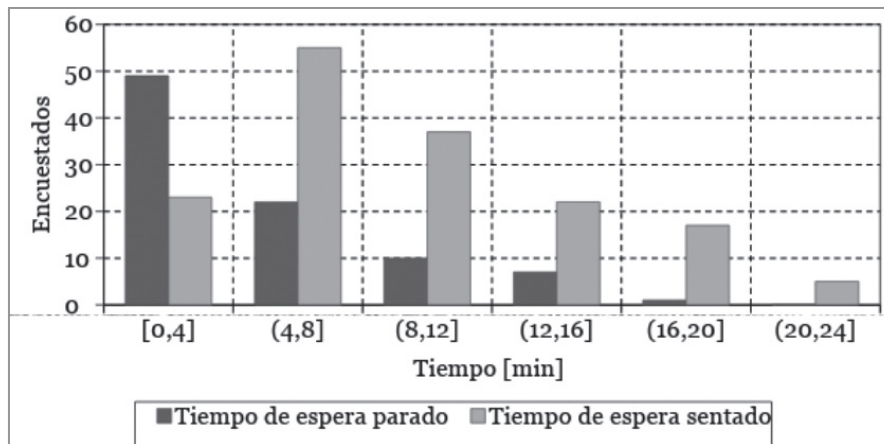


Figura 3.

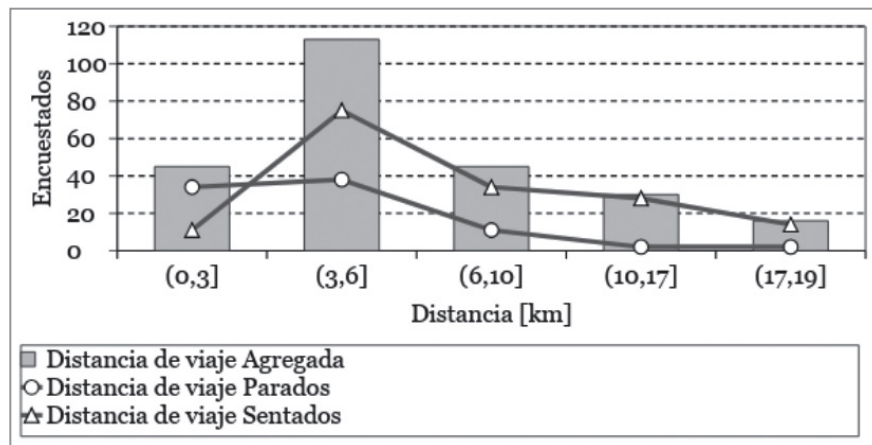


Figura 4. Cantidad de encuestados según distancia de viaje. Cada rango pertenece a una comuna: Providencia, Ñuñoa, Macul, La Florida y Puente Alto (de izquierda a derecha).

Otra posible justificación a lo anterior, es que las distancias de viaje entre 0 a 6 kilómetros corresponden a las comunas de Providencia y Ñuñoa, donde sus habitantes pertenecen a un nivel socioeconómico alto y, por ende, la comodidad es un factor relevante para ellos (Tirachini et al., 2016). Por lo anterior, se puede inferir que, a pesar de recorrer distancias de viajes corta, estos usuarios prefieren viajar sentados de todas maneras.

Por otra parte, en el viaje de inicio a fin del recorrido 104, también se registra el nivel de carga del bus, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 3. Se observa que en el paradero PC37 se comienza con un nivel 5 hasta Los Leones con Av. Bustos, comuna de Providencia. Luego, disminuye a un nivel 3 desde la intersección de Los Leones con Alonso de Ercilla, perteneciente a la comuna de Ñuñoa, hasta Av. Macul con Juan XXIII, comuna de Macul. Luego, se observa un nivel de carga igual a 2 desde la intersección de Av. Macul con Las Codornices, comuna de Macul, hasta el paradero 23 de Av. La Florida, comuna de La Florida. De ahí en adelante, se llega a un nivel de carga equivalente a 1 hasta el último paradero PF4 ubicado en Av. Camilo Henríquez esquina Gabriela Oriente, perteneciente a la comuna de Puente Alto.

Tabla 3
Descripción niveles de carga

Nivel de Carga	Descripción
1	Menos de la mitad de los asientos ocupados. Nadie está de pie.
2	Más de la mitad de los asientos ocupados. Nadie está de pie.
3	Todos los asientos ocupados. Pocas personas de pie, no hay dificultad para moverse.
4	Todos los asientos ocupados. Personas de pie, dificultad menor para moverse.
5	Todos los asientos ocupados. Muchas personas de pie, es difícil moverse.
6	Todos los asientos ocupados. Número máximo de personas de pie, dificultad máxima para moverse.

Para el análisis del FC, que se deriva de la disposición a esperar por un asiento, se debe tener claro el concepto de ésta última, la cual se define como el tiempo adicional que espera un usuario por asegurar un asiento al inicio de su viaje. En otras palabras, es la diferencia entre el tiempo de espera si hace la fila de sentado y el tiempo de espera si hace la fila de parados.

En la Figura 5 se observa que los valores máximos de la disposición de esperar por un asiento tienen una tendencia al alza, por ejemplo, existen usuarios que esperan, aproximadamente, 25 minutos adicionales por realizar un viaje de 35 minutos, es decir, 71% más de su tiempo de viaje. Este comportamiento describe la presencia de un fenómeno en el cual las personas podrían esperar un tiempo adicional por asegurar un asiento al inicio del viaje. Si bien este es un análisis cualitativo, en la sección 4 se modelan los datos en un modelo logit binario para poder efectuar un análisis cuantitativo.

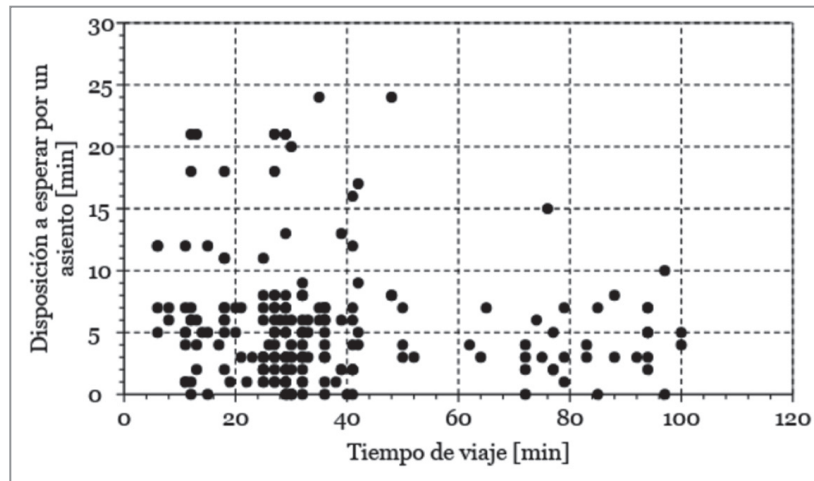


Figura 5. Variación de la disposición de esperar por un asiento con respecto al tiempo de viaje de cada usuario.

Por último, en cuanto a la caracterización de los usuarios de ambas filas. El 74% de aquellos que hacen la fila para viajar sentados declara que su principal motivación por viajar sentado recae en estar cansado. Asimismo, el 94% de ellos declara ir a su casa como propósito de viaje y el 52% pertenece al rango de ingreso alto por hogar mensual. En cambio, para quienes viajan de pie, el 83% se dirige a la casa como propósito de viaje y el 57% se encuentra en el ingreso del hogar mensual alto. Este último porcentaje, es contra intuitivo pudiendo ser una razón la existencia de endogeneidad. Según la literatura (Tirachini et al., 2016) a mayor ingreso se esperaría una mayor preferencia por un viaje más cómodo. Sin embargo, el recorrido 104 comienza en la comuna de Providencia y finaliza en la comuna de Puente Alto, por lo que quienes recorren distancias cortas de viaje y, por ende, son quienes se esperaría que hicieran la fila para viajar parados, son, al mismo tiempo, quienes tienen mayor ingreso mensual por hogar.

4. ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE COMODIDAD DE USUARIOS DEL PARADERO PC37

A continuación de haber efectuado el levantamiento de datos, se da comienzo a la estimación del modelo Logit. Previo a eso, se determinan los criterios de aceptación de observaciones y se preparan los atributos para poder ser modelados y analizados.

Una vez filtrados los datos, se procede a imputar los tiempos de espera de la alternativa no observada o no escogida. Por ejemplo, si un viajero hace la fila para viajar parado, entonces se le debe imputar el tiempo de espera que este habría experimentado en el caso de haber escogido viajar sentado cuando se incorporó a la fila de parados y viceversa. Por lo tanto, el método para imputar la alternativa no observada varía según la fila escogida por el usuario.

En el caso de que un pasajero decide incorporarse a la fila de sentado, su imputación es sencillamente saber la hora del bus más próximo a su llegada al paradero, puesto que los usuarios que viajan de pie no esperan un tiempo adicional y se suben al primer bus que llega al paradero. En cambio, para quienes escogen viajar de pie su imputación requiere de un pronóstico más elaborado, puesto que quienes hacen la fila de sentados esperan un tiempo adicional para asegurar un asiento y no se suben, en la mayoría de los casos, al primer bus que llega al paradero PC37. Cabe mencionar que los usuarios arrepentidos no son considerados dentro del modelo, debido a la complejidad de modelar su preferencia escogida.

La imputación del tiempo de espera parado (te_p) de un viajero j que eligió viajar sentado y que su hora de incorporación a la fila es t_s , se realiza de la siguiente manera:

- I. Seleccionar la hora de salida del bus más próximo (ts_b) a la hora de incorporación a la fila (t_s).
- II. Calcular el tiempo de espera del viajero j (te_p) = $ts_b - t_s$.

Por otra parte, para imputar el tiempo de espera sentado (te_s) del viajero i que eligió viajar parado y que se incorpora a la fila en el instante t_p , se efectúa mediante el análisis de medias móviles de la fila de sentados:

- I. Seleccionar los tiempos de espera de usuarios que eligen viajar sentados, en donde su hora de incorporación a la fila de sentados (t_s) pertenece al intervalo

$$[t_p - 10 \text{ minutos}, t_p + 10 \text{ minutos}]$$

- II. Promediar dichos tiempos de espera y la media obtenida se aproxima al entero mayor, obteniendo el tiempo de espera en el paradero si hubiese hecho al fila de sentados (tme_s). En caso de dar exacto el promedio, no aproximar.
- III. Sumar la media aproximada (tme_s) a la hora de incorporación de la fila del viajero $i(t_p)$. Es decir, se obtiene una nueva hora $tn_p = tme_s + t_p$.
- IV. Seleccionar la hora de salida del bus más próximo (ts_b) a la hora anterior (tn_p) y asignar dicha hora (ts_b) como la hora en que el viajero i se subiría al bus si hubiese escogido viajar sentado.
- V. Calcular el tiempo de espera del viajero $i(te_s) = ts_b - t_p$

El modelamiento presentado a continuación cumple con el objetivo de validar la metodología propuesta para medir el FC en el paradero PC37. Es decir, es un modelo preliminar que no pretende acotar el área de investigación.

En una primera instancia se realiza un modelo Logit sencillo, en donde la utilidad de escoger la fila para viajar parado sólo tiene como variables explicativas el tiempo de espera, tiempo de viaje, edad y género, tal como se muestra en la Ecuación 1:

$$V_{parado} = \beta_0 + \beta_{parado} * (te_p + tv) * (1 - I_s) - \beta_{sentado} * (te_s + tv) * I_s + \beta_{edad} * edad + \beta \quad (1)$$

En donde las variables del modelo son:

- I. I_s = Dummy Sentado que toma el valor 1 si el usuario elige la fila sentado y cero en caso contrario.
- II. te_p = Tiempo de espera parado que toma el valor observado, si el pasajero prefiere viajar de pie o el valor imputado en caso contrario.
- III. te_s = Tiempo de espera sentado que toma el valor observado, si el pasajero eligió la fila de sentado o el valor imputado en caso contrario.
- IV. tv = Tiempo de viaje, el cual se calcula a través de la aplicación Google Maps, la cual entrega un proxy del tiempo de viaje, desde el paradero PC37 al lugar de bajada del pasajero, según la hora en que éste se incorpora a la fila.
- V. $edad$ = Edad del pasajero
- VI. $género$ = Género del pasajero que toma valor 0 si es mujer y 1 si es hombre.

El FC buscado se calcula como se muestra en la Ecuación 2, el cual se interpreta como la razón entre la desutilidad de viajar de pie y la desutilidad de viajar sentado al inicio del viaje:

$$FC = \frac{\beta_{parado}}{\beta_{sentado}} \quad (2)$$

Luego, se define la probabilidad de escoger viajar parado tal como se define en la Ecuación 3:

$$P_{parado} = \frac{\exp(V_{parado})}{\exp(V_{parado}) + 1} \quad (3)$$

La muestra estimada incluye 204 observaciones y los resultados se resumen en la Tabla 4. Los resultados indican que los parámetros estimados del tiempo de espera parado β_{parado} y sentado $\beta_{sentado}$ son estadísticamente significativos en un 100%. Asimismo, el FC es igual a 1,31 lo que indica que la utilidad de viajar de pie es 31% más negativa que la utilidad de viajar sentado. El valor obtenido está acorde a los entregados en estudios previos, en donde los multiplicadores de hacinamiento oscilan entre 1,0 y 1,55 en condiciones de baja y alta congestión respectivamente. En cuanto a los parámetros estimados de las variables edad y género, éstos no son estadísticamente significativos.

Tabla 4
Resumen resultados modelo logit considerando variables de edad y género.
LL=108,4 y $\rho^2=0,2$

Variables	β^{\wedge}	t-test
Intercepto	0,26427	0,155
β_{parado}	-0,19349	4,699
$\beta_{sentado}$	-0,14738	3,698
Edad	0,05441	0,119
Género	0,08694	0,250

Luego, se incorporan otros atributos medidos, tales como licencia de conducir e ingreso de las personas, quedando el modelo como se define en la Ecuación 4:

$$V_{parado} = \beta_0 + \beta_{parado} * (te_p + tv) - \beta_{sentado} * (te_s + tv) + \beta_{edad} * edad + \beta_{género} * género \quad (4)$$

En donde las nuevas variables se definen de la siguiente manera:

- I. *licencia de conducir* = Dummy que toma valor 1 si el usuario posee licencia de conducir y 0 en caso contrario.
- II. *ingreso medio* = Dummy que indica si pertenece al segmento de ingreso medio definido en la sección 5.3, tomando valor 1 y 0 en caso contrario.
- III. *ingreso alto* = Dummy que toma valor 1 si pertenece al segmento de ingreso alto definido en la sección 5.3 y 0 en caso contrario.

Asimismo, se agrega un factor de escala a la probabilidad de escoger viajar parado tal como se muestra en la Ecuación 5:

$$P_{parado} = \frac{\exp(mu * V_{parado})}{\exp(mu * V_{parado}) + 1} \quad (5)$$

En donde mu es un vector que indica si el factor de escala pertenece al experimento uno, dos o tres, lo que da cuenta de un posible efecto producido por llevar a cabo distintos experimentos en distintas fechas (Batarce et al., 2015). Cabe destacar que no se deben modelar los tres mu , puesto que al omitir uno, éste forma parte del intercepto del modelo no identificable.

La muestra estimada incluye 178 observaciones. La Tabla 5 resume los resultados de la estimación de los tres experimentos de PR realizados. Los resultados indican que los parámetros estimados β_{parado} y $\beta_{sentado}$ son estadísticamente significativos en un 100% y 99,9% respectivamente, así como ambos factores de escala en un 95%. Las otras variables explicativas no son estadísticamente significativas.

Tabla 5
Resumen resultados modelo logit, experimento de Preferencias Reveladas, incorporando las variables ingreso, licencia de conducir y los factores de escala.
 $LL = 93,31$ y $\rho^2 = 0,16$

Variables	β^a	t-test
Intercepto	1,3242	0,682
β_{parado}	-0,18878	3,324
β_{sentado}	-0,13278	2,879
Edad	-0,14821	0,278
Género	0,02826	0,077
Licencia de Conducir	0,36922	0,904
Ingreso medio	-0,64184	0,994
Ingreso alto	0,09537	0,243
Factor de escala [exp2]	1,53592	1,788
Factor de escala [exp3]	0,53619	1,672

Se mide el FC, tal como se define en la Ecuación 5, obteniendo un factor igual a 1,42. Es decir, el hecho de preferir viajar de pie genera una utilidad 42% más negativa que viajar sentado. El resultado obtenido coincide con la literatura, puesto que ésta reporta multiplicadores de hacinamiento entre 1,0 a 1,55 en baja y alta congestión respectivamente.

5. CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio fue desarrollar una propuesta metodológica estándar en el paradero PC37 con el objetivo de medir un factor de comodidad (FC) por parte de los usuarios del paradero PC37 del recorrido 104 del Transantiago, usando datos de Preferencias Reveladas (PR). Los datos de PR se obtienen mediante el uso de tarjetas foliadas, las cuales registran la hora en que la persona se sube al bus. Asimismo, ese folio está registrado en la encuesta del pasajero, en donde se observa la hora de incorporación a la fila del usuario, por lo que se tiene el tiempo de espera en el paradero PC37 de cada encuestado.

Se utilizan encuestas como instrumento para recolectar datos sociodemográficos de los usuarios, tales como: edad, género, ingreso, licencia de conducir, entre otros. Asimismo, la grabación constante del comportamiento de los usuarios en el paradero PC37 permite observar externalidades, comentarios y/o sucesos que enriquecen el análisis de la muestra.

Para tener una muestra representativa, se llevan a cabo tres experimentos piloto en el paradero PC37, en los meses septiembre, octubre y noviembre del 2016 respectivamente, alcanzando un total de 345 observaciones, pero sólo 204 son modeladas, debido a los criterios de aceptación de datos definidos. El análisis descriptivo realizado a los distintos atributos medidos, permite evidenciar la existencia de endogeneidad en dos de ellos. El primero, hace referencia al tiempo o distancia de viaje y la preferencia escogida por los usuarios y, el segundo con el ingreso del hogar mensual y, nuevamente, la preferencia elegida. Por lo anterior, se podría concluir que los resultados obtenidos del modelamiento no tienen significancia estadística debido a la presencia de dicho fenómeno. No obstante, se logra el objetivo de la investigación pues se valida la metodología propuesta estimando el FC a valores cercanos a los presentados en estudios previos.

El factor de comodidad es igual a 1,31, el cual está dentro de los rangos determinados por otros estudios a nivel internacional. Es decir, la utilidad para un usuario que viaja de pie es 31% más negativa que la de viajar sentado. Este resultado se encuentra dentro de los rangos estipulados por otros estudios realizados. Tal es el caso de Tirachini et al., 2016, quienes determinan que la utilidad del tiempo de viaje de pie es, en promedio, 24% más negativo que la utilidad del tiempo de viaje sentado para pasajeros del metro de Singapur. La importancia de obtener factores similares con dicha investigación es que ésta utiliza preferencias reveladas para la medición de variables al igual que este estudio. Una limitación de ambos estudios es que, debido al movimiento interno en el bus, no se sabe con certeza si el pasajero realmente viaja sentado o parado desde el inicio de su viaje.

Con el FC definido, se puede concluir cuantitativamente que la comodidad es un aspecto importante en la utilidad de los pasajeros al momento de elegir un modo de transporte público. Es un indicador efectivo para ser utilizado en la evaluación del beneficio social de aumentar la capacidad de asientos en el sistema de transporte público del país y, por ende, es un atributo a ser considerado en las futuras políticas públicas y/o licitaciones del Transantiago.

Una posible extensión del estudio es incorporar el factor de carga o densidad de pasajeros al estudio para entender mejor el comportamiento de los usuarios ante ciertas condiciones de hacinamiento. Además, en esta área existen más investigaciones que sirven como respaldo y, al mismo tiempo, una buena guía para estudios futuros sobre la evaluación social de proyectos de transporte público.

Asimismo, se podría incorporar datos de Preferencias Declaradas (PD) que puedan complementar los resultados obtenidos. Una de las ventajas de unir ambos enfoques es poder medir mayor cantidad de atributos relacionados con la comodidad (Batarce et al., 2015) y entregar a los resultados una base en la vida real, a través del uso de PR, mientras se explotan las eficiencias del enfoque PD (Wardman y Whelan, 2011).

Cabe mencionar que se requiere más investigación acerca de factores psicológicos y sociales que influyen en la toma de decisión de un usuario de un sistema de transporte público, tales como el aumento de ansiedad, estrés o inseguridad personal ante escenarios de hacinamiento (Cheng, 2010, Mohd Mahudin et al., 2011, Wardman y Whelan, 2011, entre otros). Al no poder modelar ni medir dichos factores, los resultados obtenidos presentan sesgos que no pueden ser manejados. Ya no es novedad que se han diseñado y planificado políticas públicas de transporte que sobre-estiman demandas (Tirachini et al., 2013), sub-estiman la valoración del ahorro del tiempo de viaje (Tirachini et al., 2016), entre otros. Debe existir una integración con las ciencias sociales para lograr una comprensión más completa de los efectos de las externalidades del hacinamiento o de la valoración por un asiento sobre el comportamiento de las personas.

La limitación de la propuesta metodológica recae en que el comportamiento natural de los usuarios descrito no se observa en todos los paraderos del Transantiago y, por ende, su aplicación se acota a sólo los paraderos que presenten dicha conducta.

Por otra parte, uno de los problemas encontrados es la falta de verificación al interior del bus sobre si efectivamente un usuario viajó sentado o no desde el inicio de su viaje. Sin embargo, esto se soluciona con la incorporación de un observador al interior del bus. Un segundo problema es que al tener preferencia para subir al bus las personas que hacen la fila de sentados sobre quienes viajan parados, es que puede existir un sesgo en la elección de la fila y que una persona que siempre quiso viajar de pie, de todas maneras, haga la fila de sentados para subir primero al bus que su fila de preferencia.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación fue financiada parcialmente por CONICICYT, FONDECYT 1150590 y el Instituto Sistemas de Complejos de Ingeniería ISCI [CONICYT FBO816]. Ambos autores agradecen los valiosos comentarios de Alejandro Tirachini y Rodrigo Fernández a una versión preliminar del experimento de toma de datos.

REFERENCIAS

Batarce, M., Muñoz, J. C. y Ortúzar, J. de D. (2017). Valuing crowding in public transport: Implications for cost-benefit analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 91, 358-378.

Batarce, M., Muñoz, J. C., de Dios Ortúzar, J., Raveau, S., Mojica, C. y Ríos, R. A. (2015). Use of mixed stated and revealed preference data for crowding valuation on public transport in Santiago, Chile. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2535), 73-78.

Batarce, M., Muñoz, J. C., Ortúzar, J. D. D., Raveau, S., Mojica, C. y Ríos Flores, R. A. (2015). Evaluation of Passenger Comfort in Bus Rapid Transit Systems. Inter-American Development Bank.

Ben-Akiva, M., Bradley, M., Morikawa, T., Benjamin, J., Novak, T., Oppewal, H. y Rao, V. (1994). Combining revealed and stated preferences data. *Marketing Letters*, 5(4), 335-349.

Bizagi, Time to Digital (2016). The Digital Business Platform. < <https://www.bizagi.com/es>>.

- Bradley, M. A. y Kroes, E. P. (1990). Forecasting Issues in Stated Preference Survey Research in Selected Readings in Transport Survey Methodology, ES Ampt, AJ Richardson and AH Meyburg, eds.
- Cheng, Y. H. (2010). Exploring passenger anxiety associated with train travel. *Transportation*, 37(6), 875-896.
- Douglas, N., Karpouzis, G. (2005). Estimating the cost to passengers of station crowding. 28th Australasian Transport Research Forum (ATRF), Sydney, September 2005.
- González, R. M., Martínez, E. y Esquivel, A. (2012). Contraste de las preferencias declaradas con preferencias reveladas. El caso de los alumnos de la Universidad de La Laguna ante implantación del tranvía. *Metodología de Encuestas*, 14, 65-80.
- Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. Certificación Características Funcionales y Dimensionales Buses Estándar Transantiago [en línea]. <<http://www.mtt.gob.cl>>. [Consulta: 29 de mayo de 2016].
- Ortúzar, J. y Willumsen, L. G. (2011). *Modelling transport*. John Wiley & Sons.
- Tirachini, A., Hensher, D. A. y Rose, J. M. (2013). Crowding in public transport systems: effects on users, operation and implications for the estimation of demand. *Transportation research part A: policy and practice*, 53, 36-52.
- Tirachini, A., Sun, L., Erath, A. y Chakirov, A. (2016). Valuation of sitting and standing in metro trains using revealed preferences. *Transport Policy*, 47, 94-104.
- Tirachini, A., Hurtubia, R., Dekker, T. y Daziano, R. A. (2017) Estimation of crowding discomfort in public transport: results from Santiago de Chile. *Transport Reviews Part A*, 103, 311–326.
- Wardman, M. y Whelan, G. (2011). Twenty years of rail crowding valuation studies: evidence and lessons from British experience. *Transport Reviews*, 31(3), 379-398.
- Whelan, G., Crockett, J., 2009. An Investigation of the Willingness to Pay to Reduce Rail Overcrowding. International Conference on Choice Modelling, Harrogate, England, April.
- Yáñez, M. F., Mansilla, P. y de Dios Ortúzar, J. (2010). The Santiago Panel: measuring the effects of implementing Transantiago. *Transportation*, 37(1), 125-149.