



Modelación de la satisfacción en transporte público utilizando datos reportados y datos medidos

Public transportation satisfaction modeling using reported and measured data

Javier Orellana Troncoso¹, alumno de 4° año.
Sebastián Raveau Feliú¹, profesor asistente.

¹Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.

*Autor para correspondencia: sraveau@ing.puc.cl

Javier Orellana Troncoso¹, alumno de 4° año.
Sebastián Raveau Feliú¹, profesor asistente.

¹Department of Transportation and Logistics Engineering, School of Engineering, Pontificia Universidad Católica de Chile.

*Corresponding author: sraveau@ing.puc.cl

RESUMEN

La **PERCEPCIÓN** de los usuarios respecto a atributos de nivel de servicio no es usualmente contemplada en la **MODELACIÓN** de transporte, por lo que se podría no captar todos los impactos del fenómeno en estudio. El objetivo de esta investigación es determinar si la percepción del hacinamiento o los **DATOS MEDIDOS** sobre densidad de pasajeros en vagones de Metro explican mejor la satisfacción experimentada en un viaje, representada por una nota que los usuarios otorgan al servicio. Para lograr esto se comparan dos modelos de tipo **LOGIT ORDINAL**, uno utilizando los datos reportados por el usuario y el otro los datos medidos por Metro. Se obtiene como principal resultado que las diferencias en términos de ajuste entre ambos modelos no son significativas. Por lo tanto, utilizar solo datos medidos, que no consideran la percepción, no constituye una medida que genere sesgo significativo en la evaluación de la satisfacción que experimentan los usuarios en un viaje en Metro.

Palabras clave: percepción, hacinamiento, satisfacción, logit ordinal, transporte público.

ABSTRACT

User **PERCEPTION** regarding attribute levels of a service is not often considered in transportation systems **MODELLING**, because omission of key aspects of the phenomenon under study is likely. The aim of this research is to determine whether subway car crowding perception or **MEASURED DATA** by Metro are better descriptors of experienced journey satisfaction, represented by user score given to the service. To achieve this, two **ORDINAL LOGIT** models were compared, one is based on user reported data and the other on data measured by Metro. The main result was that there are no significant differences on goodness of fit between both models. Therefore, using only measure data, which do not incorporate perception, does not significantly bias the measurement of user-experienced satisfaction on Metro journeys.

Key words: perception, crowding, satisfaction, ordinal logit, public transportation.

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de la calidad de los sistemas de transporte está directamente relacionada con la operación y percepción de los usuarios respecto al funcionamiento del servicio. Por esta razón, entender el impacto de variables subjetivas en la satisfacción asociada al uso del servicio es relevante para mejorar la planificación, gestión y calidad del sistema.

En el caso de Chile, existen mediciones de percepción de niveles de servicios o experiencias de viaje a través de encuestas presenciales o en línea (Directorio de Transporte Público Metropolitano, 2014). Estas cuentan con una escala de evaluación de 1 a 7 para distintos ítems (por ejemplo: ¿con qué nota evalúa al servicio entregado por este recorrido?), además de recopilar información socio-económica del encuestado. No obstante, en la modelación tradicional de sistemas de transporte la información relacionada con la percepción de los usuarios no es utilizada con frecuencia (principalmente porque, en general, no se cuenta con dicha información). En cambio, se utilizan variables medibles u observables, como tiempo de viaje, de espera y costo entre otras (Ortúzar y Willumsen, 2011). Esto podría causar que los modelos utilizados no cuenten con todas las variables relevantes e información disponible, generando sesgos en la estimación que pueden impactar directamente en la toma de decisiones respecto a la intervención del sistema.

1. INTRODUCTION

Quality evaluation of transportation systems is directly related to the operation and user perception on service performance. Thus, the understanding of subjective variables in the satisfaction associated to service usage is relevant to improve planning, management and overall system quality.

In Chile, there are measurements of service level perception or travel experience through in-person or on-line surveys (Metropolitan Public Transportation Directory, 2014). These are based on a 1 to 7 score scale for different items (for example, with what score do you grade the overall service by this route?), and collect socio-economic information of the respondent. However, traditional modelling of transportation systems satisfaction perception data reported by the users is not frequently used (mainly because, generally, such information is not available). Instead, measurable and observable variables are used, such as travel time, waiting time, and cost, among others (Ortúzar y Willumsen, 2011). This could imply that the used models do not include all the relevant variables and available information, introducing biases that could directly affect decision-making policies regarding system interventions.

No obstante, si bien no es la norma en la planificación de transporte en Chile, existen diversos estudios que han buscado modelar variables subjetivas (Ortúzar y Hutt, 1984; Yáñez et al., 2010) y, particularmente en el área de satisfacción con el transporte público, considerar percepciones resulta fundamental (Tyrinopoulos y Antoniou, 2008; Mouwen, 2015).

En esta investigación se busca determinar si existen diferencias significativas entre dos modelos Logit Ordinal que intentan cuantificar la satisfacción experimentada en el último viaje en la Línea 1 de Metro. El primero utiliza datos sobre la percepción de hacinamiento de los usuarios y el segundo sigue un enfoque tradicional, utilizando datos de operación del sistema; en este caso, la densidad medida en pasajeros por metro cuadrado.

2. METODOLOGÍA Y EXPERIMENTACIÓN

2.1 Metodología

La metodología utilizada para modelar el fenómeno estudiado es el modelo Logit Ordinal (McKelvey y Zavoina, 1975) que es idóneo para analizar encuestas donde se utiliza una **ESCALA SEMÁNTICA** para evaluar algún ítem (Williams, 2006). Este modelo busca predecir la respuesta de los usuarios respecto a su grado de satisfacción según la escala semántica (variable endógena) a partir de la respuesta a otras preguntas y su información socio-económica (variables exógenas). El modelo estima coeficientes para cada variable exógena, que representan el impacto de esa variable en el resultado de la variable endógena.

En este caso, la variable endógena que se intenta explicar es la nota (de 1,0 a 7,0) que los usuarios del Metro asignan al servicio en la encuesta realizada. Algunas variables exógenas que buscan explicar la nota otorgada al servicio son: la ocupación experimentada por los usuarios (reportada y medida por Metro), los trenes dejados pasar e información socio-económica como edad, sexo y comuna de residencia del individuo.

2.2 Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas en el estudio son dos. La primera es una encuesta realizada por Jaime Soza-Parra (estudiante de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile) entre el lunes 17 y el jueves 20 de Julio de 2017 en la Línea 1 del Metro de Santiago, en las salidas de cuatro estaciones de esta línea (República, Universidad de Chile, Pedro de Valdivia y Manquehue), entre las 7:00 y 12:00 horas del día. En esta se solicitó a los encuestados que evaluarán con una nota (de 1,0 a 7,0) el viaje experimentado en la Línea 1. También se preguntó por el nivel de **OCUPACIÓN** máximo experimentado en el viaje (i.e. señalando que ilustración de la **Figura 1A** representaba mejor la situación), el lugar dentro del vagón en que se encontraba cuándo el vagón

Although not the norm in Chilean transportation planning, several studies have sought to model subjective variables (Ortúzar y Hutt, 1984; Yáñez et al., 2010); and, in the assessment of public transportation satisfaction, considering user perception is essential (Tyrinopoulos y Antoniou, 2008; Mouwen, 2015).

This research seeks to determine if there are significant differences between two Ordinal Logic models that attempt to quantify the experienced satisfaction of the latest journey on the Line 1 of Metro. The first model uses crowding user perception data, while the second follows a traditional approach by using operational data of the system, which, in this case, corresponds to density measured in passengers by square meter.

2. METHODOLOGY AND EXPERIMENTATION

2.1 Methodology

The used methodology to model the phenomenon under study was the Ordinal Logit model (McKelvey y Zavoina, 1975), which is optimal to analyze surveys that rely on a **SEMANTIC SCALE** to evaluate variables (Williams, 2006). This model seeks to predict user response about their degree of satisfaction according to a semantic scale (endogenous variable) from their answers to other questions and their socio-economic information (exogenous variables). The model estimates coefficients for each exogenous variable that represent the impact of said variables on the result of the endogenous variable. In this case, the endogenous variable to be explained is the score (from 1.0 to 7.0, being 7.0 the highest positive score) that the users assign to the Metro service in the surveyed area. Some exogenous variables that seek to explain said score to the service are, user-experienced train occupation (reported by users and assessed by Metro), trains left go by, and socio-economical information such as age, sex and commune of residence of the individuals.

2.2 Information sources

The information sources used in this study were two. Firstly, a survey performed by Jaime Soza-Parra (graduate student from the Doctorate in Engineering Sciences from Pontificia Universidad Católica de Chile) between Monday, July 17, and Thursday, July 20, 2017, at the exits of four stations of Line 1 of Metro de Santiago (República, Universidad de Chile, Pedro de Valdivia and Manquehue), between 7:00 am and 12:00 pm. In this survey, participants were asked to grade (with a score from 1.0 to 7.0) the experienced journey on Line 1. They were also asked for the highest **OCCUPATION** level experienced in this journey (i.e. by pointing which illustration on **Figure 1A** better represented the situation), their position in the train car at its fullest (by using **Figure 1B**), the number of trains

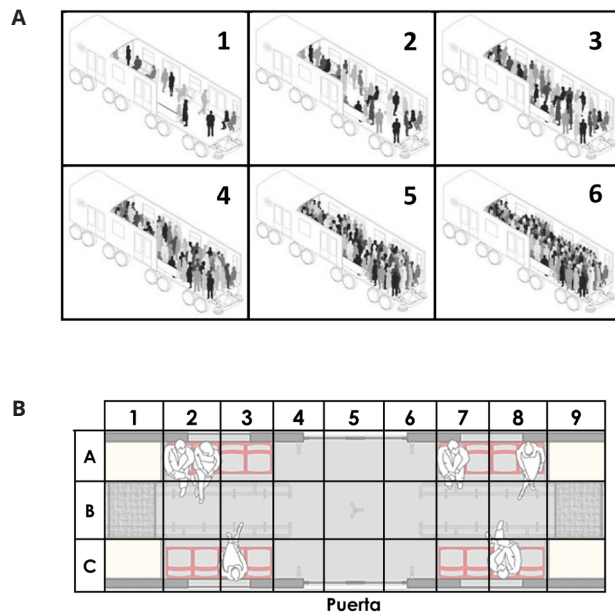


Figura 1. Encuesta de ocupación experimentada (A) y ubicación (B) dentro del vagón de Metro. Los pasajeros debían indicar que número de la figura superior representaba mejor el estado del vagón y el lugar donde se encontraban indicando las coordenadas en la figura inferior.

Figure 1. Experienced occupation (A) and location (B) inside the Metro train car. Passengers were asked to point which number in A better represented the state of the car and the coordinates in B that described their position.

estaba más lleno (también a través de la **Figura 1B**), la cantidad de trenes dejados pasar, e información socio-económica como sexo, edad y comuna de residencia.

La segunda fuente corresponde a datos proporcionados directamente por Metro para efectos de esta investigación, respecto a la operación de la Línea 1 en los días en que se realizó la encuesta. Entre estos datos se encuentra la carga, frecuencia y densidad de pasajeros dentro de los trenes (también llamada ocupación), en intervalos de 15 min para las distintas estaciones.

Para realizar una comparación equivalente entre la ocupación reportada por el usuario a través de la imagen mostrada en la **Figura 1** y los datos de Metro, se realizó una transformación de la imagen escogida por el usuario a nivel de ocupación de manera uniforme entre 0 y 6 pasajeros/m².

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis previo

En primer lugar, se realizó un análisis de **CORRELACIÓN** entre la ocupación reportada por el usuario y la entregada por Metro. El valor obtenido fue 0,33, lo que es bastante bajo y constituye un indicio que la ocupación percibida difiere significativamente de la ocupación real experimentada. En la **Figura 2** se presenta un diagrama de dispersión entre la ocupación dada por Metro y la reportada por el usuario. Es posible apreciar que los datos de densidad no presentan una tendencia clara. Existen personas que reportaron un nivel de ocupación bajo, aunque Metro reportaba una alta ocupación para ese mismo día y hora, y viceversa. Esto corrobora la baja correlación obtenida.

let pass by, and socio-economical information such as age, sex and commune of residence of the individuals.

The second source of data, regarding the operation of Line 1 during the surveyed days, was directly provided by Metro. Among the data was the load, frequency and passenger density (also termed occupation) of the trains at 15-minute intervals for the different stations.

In order to perform an equivalent comparison between user-reported occupation, by means of **Figure 1**, and the data provided by Metro, the images of occupation level chosen by the users were transformed in a uniform fashion to a scale from 0-6 passengers/m².

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Previous analysis

Firstly, a **CORRELATION** analysis between occupation reported by users and delivered by Metro was performed. The result obtained was 0.33, which is rather low and indicates that perceived occupation significantly differs from actual experienced occupation. **Figure 2** shows a dispersion diagram between occupation reported by Metro and the users. It is possible to appreciate that the density data do not show any clear tendency. There were users that reported low occupation while Metro reported high occupation for the same date and time, and vice versa. Thus, confirming the low correlation obtained.

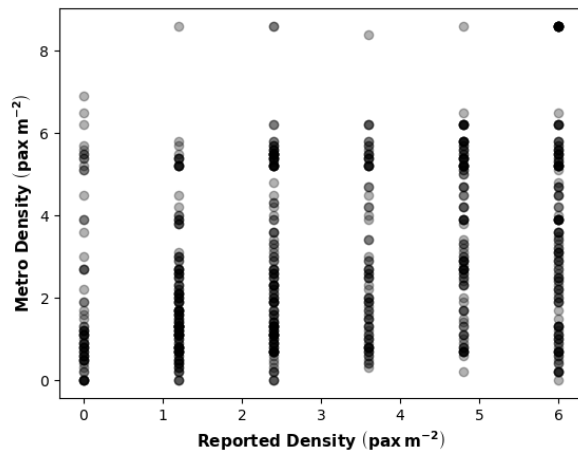


Figura 1. Relación entre la densidad medida por metro y la densidad reportada por el usuario.

Figure 1. Relation between densities measured by Metro and reported by the users.

Se estimó un primer modelo Logit Ordinal que incorporaba tanto la densidad reportada por el usuario como la dada por Metro, en conjunto con **VARIABLES DICOTÓMICAS** para el sexo y la cantidad de trenes dejados pasar. Este simple modelo entregó como resultado que la densidad medida por Metro no resultaba significativa, mientras que la densidad reportada sí lo era al 95% de confianza. Este primer modelo sugiere que los datos reportados por el usuario respecto a la satisfacción experimentada en el viaje son más relevantes que los datos medidos, y por lo tanto no deben ser considerados simultáneamente en un mismo modelo.

Se decidió seguir modelando la situación de manera separada, para así obtener una especificación utilizando la ocupación medida por Metro y otra utilizando la ocupación reportada, para después comparar resultados. Dicha comparación permite ilustrar la potencial ventaja de usar un tipo de dato u otro en el análisis de sistemas de transporte público.

3.2 Análisis de modelos finales

3.2.1 Modelo para ocupación reportada por el usuario

Utilizando la variable densidad reportada por el usuario, la mejor especificación encontrada para explicar la calificación con respecto al viaje en Metro contiene las siguientes variables:

- Densidad Reportada (DENS_REP) como una variable lineal.
- El sexo (SEXO) como una variable dicotómica que vale uno cuando la persona es mujer y cero cuando es hombre.
- La cantidad de trenes, modelada como dos variables dicotómicas. La primera (TREN_1) toma el valor uno

An initial ordinal logit model was estimated, which incorporated densities reported by Metro and the users, along with a set of **DICHOTOMIC VARIABLES** for sex and the number of trains let pass by. This simple model indicates that the density measured by Metro was not significant, while the user reported density was with 95% confidence. This first model suggests that user reported data are more relevant for experienced journey satisfaction than measured data; therefore, they should not be simultaneously considered within the same model.

It was decided to continue modeling the situation in separate way, in order to obtain one analysis for the occupation measured by Metro and a different one for the user reported occupation, and then compare these results. Such comparison allows illustrating the potential advantage of using these types of data in the analysis of public transportation.

3.2 Analysis of final models

3.2.1 User reported occupation model

Using the user reported density variable, the better specification to explain the score for their journeys in Metro contains the following variables:

- Reported Density (DENS_REP) as a lineal variable.
- Sex (SEXO) as a dichotomic variable with values of one for women and zero for men.
- The number of trains left pass by, modeled as two dichotomic variables. The first one (TREN_1), has a value of one when the person lets one train go by or zero for other

cuando la persona deja pasar un tren y valor cero en otro caso; la segunda (TREN_2), toma el valor uno cuando la persona deja pasar dos o más trenes.

- El rango de edad entre 18 a 35 años (EDAD_12) también como variable dicotómica, que vale uno cuando la persona está en ese rango de edad y cero en otro caso.
- Una interacción (P_DENS) entre la variable DENS_REP y una variable dicotómica que vale uno cuando la persona reporta que iba en la zona cercana a la puerta del vagón durante el viaje.

La **Tabla 1** muestra los valores de los coeficientes asociados a las variables anteriores.

cases; the second variable (TREN_2), has a value of one when the person lets two or more trains pass by.

- Age range between 18 and 35 years old (EDAD_12), also as a dichotomic variable with value one if the person is within the range and zero otherwise.
- An interaction (P_DENS) between the variable DENS_REP and a dichotomic variable with value of one when the person reports being in the area next to the train car entrance during the trip.

Table 1 shows the values of the coefficients associated to the aforementioned variables.

Variables	Value	t Test
DENS_REP	-0.32	-7.51
EDAD_12	-0.56	-4.00
SEXO	0.28	2.06
Tren_1	-0.60	-3.25
Tren_2	-1.16	-5.73
P_DENS	-0.08	-230

Observations	699
Log-likelihood	-1,064.07
Index ρ^2	0.218

Tabla 1. Modelo con ocupación reportada por el usuario. Valores de los coeficientes asociados a la especificación del modelo.

Table 1. User reported occupation model. Coefficient values associated to model specification.

El signo negativo de la ocupación reportada (DENS_REP) implica que mientras mayor sea esta, menor será la nota otorgada al viaje efectuado, lo cual es un resultado esperado.

La variable EDAD_12 indica que las personas entre 18 y 35 años evalúan de forma más negativa el viaje que el resto de los rangos etarios. Este grupo lo conforman estudiantes y adultos jóvenes, quienes podrían tener una opinión general más negativa del sistema.

The negative sign for reported density (DENS_REP) implies that the higher this value, the lower the score given to the accomplished journey, which is to be expected.

The variable EDAD_12 indicates that users between 18 and 35 years old evaluate the journeys more negatively than the rest of the age ranges. Students and young adults, who might have a more negative overall opinion on the system, comprise this group.

The variable SEXO indicate that women evaluate better

La variable SEXO indica que las mujeres evalúan de mejor forma el viaje en comparación con los hombres. Quizás, esto se debe a que ellas normalmente intentan subir a vagones más vacíos para evitar el hacinamiento.

Con relación a los trenes dejados pasar, estos se modelaron con dos variables dicotómicas para probar si el efecto de dejar pasar un tren era distinto al de dejar pasar dos o más trenes; esto se vio confirmado por las diferencias relativas de los parámetros obtenidos. Además, TREN_2 impacta más negativamente en la nota que TREN_1, lo cual es esperable.

Finalmente, la variable P_DENS implica que mientras mayor sea la densidad dentro del vagón la calificación dada al viaje es menor cuando el usuario se encuentra en el sector de la puerta, en comparación con cualquier otro lugar del vagón. Este resultado es coherente, ya que a mayor densidad en el vagón quienes van en la puerta están sometidos a la fricción de la subida y bajada de pasajeros.

3.2.2 Modelo para ocupación entregada por Metro

Utilizando la densidad entregada por Metro, la mejor especificación encontrada para explicar la satisfacción del viaje contiene las siguientes variables:

- La densidad real medida (DENS_REAL) como variable lineal.
- EDAD_DENS_1 es uno si la persona tiene entre 35 a 60 años, y EDAD_DENS_2 que es igual a uno si la persona es mayor de 60. Ambas variables ingresan interactuando con la densidad.
- El sexo (SEXO) que nuevamente toma el valor uno cuando la persona es mujer.
- Ir sentado (SENTADO), que es una variable dicotómica que vale uno cuando la persona realizó su viaje sentada.
- La cantidad de trenes dejados pasar, que se ingresó nuevamente como dos variables dicotómicas.
- La interacción (P_DENS) entre la densidad (DENS_REAL) y una variable dicotómica que vale uno si la persona iba en la zona de la puerta del vagón, igual que antes.
- Dos interacciones entre los trenes dejados pasar y el rango de edad. La primera, T_EDAD_1 vale uno si la persona deja pasar un tren y tiene entre 35 a 60 años, mientras que T_EDAD_2 vale uno si la persona deja pasar dos o más trenes y tiene entre 35 a 60 años.

Respecto a la interpretación para DENS_REAL, P_DENS, SEXO, TREN_1 y TREN_2, esta es igual a la realizada para el modelo con la ocupación reportada por el usuario.

El signo positivo de la variable SENTADO implica que ir

their trips in comparison to men. This might be due to the fact the female users tend to board more empty trains to avoid crowding.

In relation to the amount of trains let pass by, this was modeled with two dichotomic variables in order to test if the effect of letting one train pass by is different of letting two or more trains go by. This was confirmed by the relative differences between the obtained parameters. Furthermore, TREN_2 has a stronger negative impact on the score than TREN_1, which is to be expected.

Finally, the variable P_DENS implies that for higher densities inside the train car, the final score for the trip will be lower if the users were nearby the door as compared to any other place inside the wagon. This result is coherent, because at higher densities, the passengers that are located nearby the doors experience friction associated to the boarding of other users.

3.2.2 Metro reported occupation model

Using density data delivered by Metro, the better specification found to explain journey satisfaction has the following variables:

- Real density (DENS_REAL) measured as a lineal variable.
- EDAD_DENS_1 equal to one if the person is between 35 and 60 years old; and EDAD_DENS_2 equal to one if the person is older than 60. Both variable are included interacting with density.
- Sex (SEXO), also considered as one if the person is female.
- To be seated (SENTADO), which is a dichotomic variable with value one if the person experienced the journey sited.
- The amount of trains let pass by, which was again included as two dichotomic variables.
- The interaction (P_DENS) between density (DENS_REAL) and a dichotomic variable with value one if the user was located near the door, as before.
- Two interactions between the trains let pass by and the age range. Firstly, T_EDAD_1 with value one if the person lets one train pass by and is between 35-60 years old; and, secondly, T_EDAD_2 with value one if the person letting one or more trains go by is 35-60 years old.

In relation to the interpretations for DENS_REAL, P_DENS, SEXO, TREN_1 y TREN_2, these are comparable to the ones realized for the model of user reported occupation.

Variables	Value	t Test
DENS_REAL	-0,13	-2,99
EDAD_DENS_1	0.15	3.06
EDAD_DENS_1	0.17	2.32
P_DENS	-0.13	-3.23
SENTADO	0.41	2.24
SEXO	0.23	1.65
TREN_1	-0.57	-2.40
TREN_2	-1.34	-5.05
T_EDAD_1	-0.55	-1.61
T_EDAD_2	-0.65	-1.77
Observations	699	
Log-likelihood	-1,099.73	
Index ρ^2	0.191	

Tabla 2. Modelo con ocupación real de Metro. Valores de los coeficientes asociados a la especificación del modelo.

Table 2. Model of real Metro occupation. Coefficient values associated to model specification.

sentado durante el viaje mejora la calificación dada al viaje, lo que es esperable.

Los valores de las interacciones T_EDAD_1 y T_EDAD_2 sugieren que a las personas entre 35 a 60 años les impacta más negativamente dejar pasar trenes, en comparación con los demás rangos etarios. Este resultado es esperable, ya que este grupo está conformado por personas adultas que deben llegar a su trabajo a tiempo.

Por último, las interacciones EDAD_DENS_1 y EDAD_DENS_2 sugieren que las personas entre 35 a 60 y mayores de 60 años, califican de mejor forma el viaje en comparación a las personas menores de 35 años a medida que experimentan más ocupación. Este resultado no era esperable, pues a mayor ocupación se esperaba una peor evaluación del sistema. Sin embargo, analizando los datos, el rango etario de 35 a mayores a 60 conforma el 51% de las personas que van sentadas durante su viaje. Por lo tanto, este resultado puede estar explicado porque las personas en ese rango de edad no experimentan tanto los efectos de la ocupación dado que van en su mayoría sentados.

3.3 Comparación de modelos

Utilizando una base de validación de 200 datos no utilizados en la modelación, se calculó el índice **FPR**

The positive sign of the variable SENTADO implies that being sited during the trip improves the score given, which is to be expected.

The values of the interactions T_EDAD_1 and T_EDAD_2 suggest that for people between 35 and 60 years old, letting trains pass by has a greater negative impact than for the rest of the age groups. This result is expected, since this group is comprised of adults that need to get on time their work places.

Lastly, the interactions EDAD_DENS_1 and EDAD_DENS_2 suggest that, upon higher occupation, people between ages 35 and 60 and over 60 years old give a better score for their trips than users below age 35. This result is surprising, because at higher occupation a lower evaluation of the system was expected. However, after data analysis, the age range from 35 to 60 corresponds to the 51% of the passengers that are seated during their trips. Thus, this result might be explained because the people within this age range do not experience much of the effects of high occupation, since most of them are seated.

3.3 Model comparison

Using a validation database of 200 data points not included in the modeling, a **FPR** (first preference recovery) index,

(first preference recovery) o porcentaje correctamente predicho, que corresponde a una medida agregada que entrega la proporción de individuos que efectivamente escoge la opción que recibía máxima utilidad de acuerdo al modelo (Ortúzar y Willumsen, 2011). Ese índice puede ser comparado con un modelo base que entrega a todas las alternativas la misma probabilidad de elección (esto es, una recuperación al azar de las notas entregadas por los encuestados), a fin de determinar si el modelo analizado es informativo.

El índice FPR para el modelo utilizando los datos reportados por los usuarios obtuvo un valor de 0,34, mientras que para el modelo con los datos de ocupación entregados por Metro el valor fue 0,32. Un modelo equiprobable posee una recuperación al azar de 0,14. Ambos modelos estimados son informativos.

Para evaluar la capacidad predictiva de los modelos con mayor profundidad, en las **Tablas 3 y 4** se presentan las notas predichas por ambos modelos para la misma base de validación de 200 observaciones. Ambos modelos predicen totales similares a los observados. Al aplicar un test Chi-Cuadrado para comparar los totales observados y predichos, el modelo con ocupaciones medidas por metro obtiene un valor de 2,61 y el modelo con ocupaciones reportadas por los usuarios obtiene un valor de 2,48. Ambos valores son menores que el valor de tabla de 12,59 al 95% de confianza, por lo que se rechaza ampliamente la hipótesis que las notas predichas y modeladas son distintas.

Ambos análisis permiten concluir que el modelo con densidad reportada es similar al modelo con datos medidos. Por lo tanto, las diferencias entre ambos modelos no representan una medida que genere un sesgo significativo en la evaluación que los usuarios tienen del sistema de Metro y, para este caso, utilizar datos que incorporen la subjetividad de los usuarios no genera un beneficio en la estimación.

4. CONCLUSIONES

En esta investigación se estudió el impacto de la ocupación en la satisfacción reportada por usuarios de la Línea 1 de Metro. En particular, se analizó si existen diferencias significativas entre modelos que consideran la percepción de ocupación reportada por los usuarios y la densidad medida por Metro. Para esto se utilizaron datos provenientes de una encuesta de satisfacción (medida mediante una nota de 1,0 a 7,0) e información operacional proporcionada por Metro de Santiago.

Los dos modelos reportados poseen un buen ajuste estadístico y se comportan similarmente al momento de predecir. A partir de los resultados presentados se concluye que no hay diferencias significativas en términos de ajuste entre los dos modelos presentados. Esto a pesar de que la ocupación reportada y medida por Metro tienen una

o correctamente predicho porcentaje, was calculated. This corresponds to an aggregated measurement that gives the proportion of individuals effectively choosing the option with highest utility according to the model (Ortúzar y Willumsen, 2011). In order to determine if the used model is informative, this index can be compared to a base model that gives all the alternatives the same choice probability (thus, a random score recovery from the surveyed users).

The FPR index for the model with user reported data was 0.32, while the model with Metro provided data had a score of 0.32. An equiprobable model has a random recovery of 0.14. Therefore, both estimated models are informative.

To further evaluate the predictive capacity of the models, **Tables 3 and 4** present the scores projected by both models for the same validation database of 200 observations. Both models predicted similar total scores to the observed ones. Total observed and calculated values were compared by means of a Chi-squared test; the model with occupation measured by Metro had a value of 2.61, while the model with user reported occupation had a value of 2.48. Both values were lower than the table value of 12.59 at 95% confidence, which strongly rejects the hypothesis that predicted and modeled scores were different.

Both analyses support the conclusion that the model with reported densities is similar to the model with measured data. Thus, differences between both models do not represent a significant bias in the user evaluation of the Metro system, and, for this case, using data that incorporates user subjectivity does not benefit the estimation.

4. CONCLUSIONS

In the research herein, the impact of occupation on the reported satisfaction by users of Line 1 of Metro was studied. Particularly, the existence of significant differences between models that consider user perception of occupation and real density measured by Metro was analyzed. In order to do this, data from a satisfaction survey (measured by scores from 1.0 to 7.0) and Metro de Santiago operational information were used.

Both reported models showed good statistical fitness and show similar predictive capacity. From the results herein, it was concluded that there are no significant difference in terms of goodness of fit between models. Although reported occupation and measured occupation by Metro had a low correlation, the highest reported value is more significant when both variables are included in the same model.

		Model predicted score							
Observed score		1	2	3	4	5	6	6	Total
	1	0.50	0.33	0.30	1.70	1.48	1.37	1.31	7
	2	0.18	0.13	0.12	0.74	0.70	0.63	0.50	3
	3	0.46	0.28	0.24	1.27	1.19	1.27	1.30	6
	4	1.85	1.36	1.31	9.09	9.63	9.59	9.17	42
	5	1.29	0.98	0.98	7.58	9.50	10.70	10.98	42
	6	1.29	0.99	0.99	7.99	10.62	12.54	13.57	48
	7	1.27	0.96	0.96	7.78	10.91	13.89	16.23	52
	Total	6.84	5.04	4.89	36.15	44.02	49.99	53.07	200

Tabla 3. Capacidad predictiva del modelo con ocupación real de Metro.

Table 3. Real Metro occupation model predictive capacity.

		Model predicted score							
Observed score		1	2	3	4	5	6	6	Total
	1	0.50	0.33	0.30	1.70	1.48	1.37	1.31	7
	2	0.18	0.13	0.12	0.74	0.70	0.63	0.50	3
	3	0.46	0.28	0.24	1.27	1.19	1.27	1.30	6
	4	1.85	1.36	1.31	9.09	9.63	9.59	9.17	42
	5	1.29	0.98	0.98	7.58	9.50	10.70	10.98	42
	6	1.29	0.99	0.99	7.99	10.62	12.54	13.57	48
	7	1.27	0.96	0.96	7.78	10.91	13.89	16.23	52
	Total	6.84	5.04	4.89	36.15	44.02	49.99	53.07	200

Tabla 4. Capacidad predictiva del modelo con ocupación reportada por el usuario.

Table 4. User reported occupation model predictive capacity.

correlación baja y que el valor reportado es más significativo cuando ambas variables se incluyen en un mismo modelo. Por lo tanto, el modelo que no utiliza datos relacionados a la percepción estaría de igual forma captando los efectos más relevantes para explicar el fenómeno.

Actualmente, una limitación de la modelación en transporte es que se utilizan datos medidos que no consideran la percepción del usuario. Sin embargo, a través de esta investigación podemos afirmar que esto no es un enfoque del todo equivocado debido a que las diferencias entre ambas formas de modelar entregan resultados similares.

De todas formas, una limitación del estudio realizado es que no se consideró otras variables subjetivas para modelar

Therefore, the model that does not include perception-related data would still capture the more relevant effects to explain the phenomenon.

Currently, a limitation of transportation modeling is that it typically uses measured data without considering user perception. However, through the research presented here, we can assert that this approach is appropriate, since both methodologies give similar results.

In spite of this, one limitation of this study is the lack of consideration of other subjective variables to model satisfaction, such as safety. Therefore, in a different context, such as the modeling of bus ride satisfaction, there could be other relevant variables related to perception. Thus,

la satisfacción, por ejemplo, la seguridad. Por lo que en un contexto distinto como modelar la satisfacción en buses podría haber más variables ligadas a la percepción que sean relevantes. Por lo tanto, la modelación en transporte debería comenzar a incorporar cada día más datos relacionados con la percepción de los usuarios. Este tipo de datos entregan información que no es posible captar con datos medidos y que, por lo tanto, podrían ayudar a entender mejor los fenómenos en estudio.

Agradecimientos

Agradecimiento a Jaime Soza-Parra, Estudiante de Doctorado del Departamento de Ingeniería en Transporte y Logística, porque a través de su encuesta para su tesis de doctoral y los datos que él consiguió con Metro de Santiago se hizo posible esta investigación.

transportation modeling should start considering more data related to user perception. These type of data provide information that is not possible to capture with measured data; and, as such, they could help better understand the study phenomena.

Acknowledgments

Thanks to Jaime Soza-Parra, PhD student from the Department of Transportation and Logistics Engineering, because through the survey for his doctoral thesis and the data he obtained from Metro de Santiago, this research was possible.

GLOSARIO

CORRELACIÓN: En matemáticas, el concepto hace referencia a la relación lineal y proporcional entre dos variables. Si el valor de estas cambia sistemáticamente al variar los valores de la otra, entonces se puede afirmar que existe un grado de correlación entre estas.

DATOS MEDIDOS: En este caso, nos referimos a datos que no incorporan la subjetividad de los usuarios. Por lo tanto, los datos medidos son, por ejemplo, datos de la operación de un sistema tales como: ocupación, velocidad, frecuencia, etc.

ESCALA SEMÁNTICA: Escala utilizada para valorar un ítem a través de niveles definidos con palabras, como, por ejemplo, una escala que va de “Muy en desacuerdo” a “Muy de acuerdo”.

INTERACCIÓN: Resultado de considerar el efecto conjunto de dos variables dentro de un modelo.

FPR: Proporción correctamente predicha que corresponde a una medida agregada que representa la proporción de individuos que efectivamente eligen la alternativa de máxima utilidad de acuerdo con el modelo. La ventaja que tiene es que es fácil de entender y calcular, permitiendo entender la capacidad de predicción del modelo.

LOGIT ORDINAL: Modelo que intenta predecir la respuesta de los individuos a través de la respuesta a otras preguntas apoyándose también en información socio-económica de los individuos (en caso de que esté disponible). Es especial para trabajar con encuestas en base a escalas semánticas.

MODELACIÓN: Construir una representación abstracta de la realidad que tome en cuenta las variables más relevantes del fenómeno que se desea representar con el objetivo de analizarlo, describirlo, predecirlo y simularlo de acuerdo con el tipo de modelo usado.

GLOSSARY

CORRELATION: in mathematics, this concept refers to the lineal and proportional relation between two variables. If the value of one changes systematically when varying the other, then it can be claimed that a degree of correlation exists between these variables.

MEASURED DATA: for the purpose of this study, referred to data that do not include user subjectivity. Thus, examples of measured data are the operation information of a system such as, occupation, velocity, frequency, etc.

SEMANTIC SCALE: scale used to value an item through levels defined with words, such as a scale that goes from “Strongly disagree” to “Strongly agree”.

INTERACTION: the result of considering the combined effect of two variable within a model.

FPR: first preference recovery. Proportion correctly predicted that corresponds to an aggregated measurement of individuals that effectively choose the alternative of maximum utility according to a certain model. It has the benefit of being easy to interpret and to calculate, allowing the understanding of the predictive capacity of the model.

ORDINAL LOGIT: model that attempts to predict the response of individuals through their answer to other questions, relying also on socio-economical information of the individuals (if available). This is particularly useful to work with surveys based on semantic scales.

MODELING: to build an abstract representation of reality that takes into account the more relevant variables of the phenomenon under study with the aims of analysis, description, prediction and simulation according to the used model.

OCUPACIÓN: Cantidad de pasajeros por metro cuadrado.
PERCEPCIÓN: Proceso mental que procesa los estímulos externos generando una reacción de rechazo u aceptación, según el esquema mental construido por la persona. Posee carácter subjetivo debido a que varía de una persona a otra y es influenciada por la experiencia del individuo.
VARIABLES DICOTÓMICAS: Variables que sólo pueden tomar dos valores posibles. Se utilizan para generar categorías dentro de los modelos. Por ejemplo, una variable dicotómica para el sexo que representa a una mujer cuando toma el valor uno y a un hombre cuando es cero.

OCUPATION: amount of passengers per square meter.
PERCEPTION: mental process that takes external stimuli and generates a reaction of acceptance or rejection, according to the person's schema. It is of subjective nature because it varies from person to person and it is influenced by the individual's experience.
DICHOTOMIC VARIABLES: variables that can only have two possible values. They are used to generate categories within models. For example, a dichotomic variable for sex represents a woman by 1 and a man by 0.

PRINCIPIO CIENTÍFICO

El principio científico utilizado se basa en la teoría de utilidad aleatoria que postula que la utilidad se deriva de los atributos y/o características de las alternativas. Los supuestos de modelación de esta teoría indican que los individuos maximizan su nivel de utilidad, son racionales, poseen información perfecta de las alternativas, actúan de forma determinística y poseen un conjunto de alternativas.

Para cada alternativa existe una función de utilidad asociada al individuo (U_{iq}), la cual posee dos componentes. La primera es una componente de utilidad representativa (V_{iq}) que depende directamente de los atributos asociados a la alternativa, mientras que la segunda es una componente de error aleatorio (ε_{iq}) que representa los gustos particulares del individuo y todo lo que el modelador omite en la especificación (Ortuzar, 2000).

SCIENTIFIC PRINCIPLE

The scientific principle behind this study is based on the random utility theory that postulates that the utility derives from the attributes and/or characteristics of the alternatives. The model assumptions of this theory suggest that the individuals maximize their level of utility, they are rational, they possess perfect information of the alternatives, they act in a deterministic way and have a given set of alternatives.

For each alternative there is a utility function associated to the individual (U_{iq}), which has two components. The first is a representative utility (V_{iq}) that directly depends of the attributes associated to the alternative, while the second is a random error component (ε_{iq}) that represents individual particular preference and everything that the model omits in its specifications (Ortuzar, 2000).

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

En el caso de que la componente de error aleatorio distribuya Gumbel independiente e idénticamente distribuida se obtiene la forma funcional que da origen a los modelos Logit utilizados como base del estudio realizado.

In the case that the random error component is a sequence of independent and identically distributed Gumbel distribution, the functional form that gives rise to the Logit models is:

$$P_{iq} = \frac{e^{V_{iq}}}{\sum_{j \in A(q)} e^{V_{jq}}} \quad (2)$$

Donde:

P_{iq} : Probabilidad de que el individuo q elija la alternativa i
 V_{iq} : Utilidad reportada por la alternativa i al individuo q
 $A(q)$: Conjunto de alternativas disponibles para el individuo q .

Where:

P_{iq} : Probability of individual q choosing alternative i .
 V_{iq} : Reported utility of choice i to the individual q .
 $A(q)$: Set of alternatives available to individual q .

REFERENCES

- Directorio de Transporte Público Metropolitano, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2014). Evaluación de los Usuarios al Sistema de Transporte Público Metropolitano. Recuperado de http://www.transantiago.cl/files/estaticas/Evaluacion%20de%20Usuarios%20del%20Sistema%20de%20DTPM_DEF.pdf
- McFadden, D. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour. En Zarembka, P. (ed.), *Frontiers of Econometrics*. Academic Press, New York, 105-142.
- McKelvey, R. D. y Zavoina, W. (1975). A statistical model for the analysis of ordinal level dependent variables. *The Journal of Mathematical Sociology*, 4(1), 103-120.
- Mouwen, A. (2015). Drivers of customer satisfaction with public transport services. *Transportation Research Part A*, 78, 1-20.
- Ortúzar, J. de D. y Hutt, G.A. (1984). La influencia de elementos subjetivos en funciones desagregadas de elección discreta. *Ingeniería de Sistemas*, 4, 37-54.
- Ortúzar, J. de D. (2000) Modelos Económicos de Elección Discreta. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Ortúzar, J. de D. y Willumsen, L.G. (2011). *Modelling Transport*. John Wiley and Sons, Chichester.
- Tyrinopoulos, Y. y Antoniou, C. (2008). Public transit user satisfaction: variability and policy implications. *Transport Policy*, 15(4), 260-272.
- Williams, R. (2006). Generalized ordered Logit/partial proportional odds models for ordinal dependent variables. *Stata Journal*, 6(1), 58.
- Yáñez, M.F., Raveau, S. y Ortúzar, J. de D. (2010). Inclusion of latent variables in Mixed Logit Models: modelling and forecasting. *Transportation Research Part A*, 44, 744-753.

EQUIPO DE INVESTIGADORES / RESEARCH TEAM



Javier
Orellana



Sebastián
Raveau