

EVALUACIÓN DE UNA RED DE CAR-POOLING MEDIANTE EXPERIMENTOS DE SELECCIÓN

De Zabaleta, Zenón^{(1)*}; Giménez Losano, Ignacio^{(1)*}; Ing. Dieguez, Ignacio⁽³⁾;
Mag. Ing. Bonoli Escobar, Mariano⁽²⁾; Dr. Ing. Picasso, Emilio^(2,3)

*Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.
Dirección postal: C1127AAR. Correo electrónico: igimenezlosano@gmail.com*

RESUMEN

Como toda gran metrópolis, la ciudad de Buenos Aires sufre a diario la congestión de sus principales vías de acceso y la saturación de sus medios de transporte, con el consecuente deterioro ambiental. El incesante aumento del número de vehículos particulares, junto con la fuerte tendencia de las personas a mudarse lejos de los centros urbanos y laborales ha contribuido con este fenómeno. Ante esta problemática, surge una posible solución que busca ser complemento del transporte público añadiendo la flexibilidad y el confort característicos del vehículo particular: el car-pooling, la posibilidad de compartir el viaje con otra persona que haga un recorrido similar.

En el presente estudio se evalúa un potencial sistema de car-pooling para la ciudad de Buenos Aires basado en una red social, materializada mediante una plataforma online que permite a oferentes y demandantes de cada trayecto particular encontrarse y ponerse de acuerdo sobre las condiciones económicas del viaje. El sistema no supone la existencia de un organizador con fines de lucro ni de conductores profesionales. Como incentivo se plantea la implementación de un carril preferencial exclusivo para vehículos adheridos al sistema de car-pooling en las principales vías de acceso a la ciudad. La validación empírica se realiza mediante un experimento de selección, en el que se presenta el sistema de car-pooling frente a las alternativas de transporte existentes. Se proponen diferentes escenarios variando el tiempo de viaje y el costo para cada medio y se lo distribuye a través de un instrumento online a una muestra representativa de personas de múltiples localidades del Gran Buenos Aires que viajan a la ciudad en horarios de alta congestión. Los datos del experimento se estudian mediante modelos de selección discreta, para determinar las curvas de oferta y demanda del sistema, a fin de evaluar la viabilidad económica y operativa del sistema.

Palabras Claves: Car-pooling, Transporte urbano, Experimento de selección, Modelo de selección discreta.

¹ Alumno de Ingeniería Industrial, Universidad de Buenos Aires.

² Profesor de Estadística Aplicada, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.

³ Profesor de Estadística Aplicada, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Argentina.

ABSTRACT

The city of Buenos Aires, as any other big metropolis, struggles daily with traffic along its main access routes and highways; as well as suffering the saturation of its means of transport and the consequent environmental deterioration. The non-stop increase in the number of motor vehicles, in addition to the steady tendency of people to settle away from the urban centers has contributed to this issue. A possible solution for this problem arises and tries to be a complement of Transit but adding the flexibility and comfort of a motor vehicle: car-pooling, the possibility to share a ride with another person that makes a similar route.

The main goal of this paper is to evaluate a car-pooling system for the city of Buenos Aires based on a social network, materialized through an online platform that allows suppliers and claimants that share similar routes to meet and to get to an agreement about the economic aspects of the trip. Neither professional drivers nor development of a commercial enterprise are taken into consideration for the system. As an incentive for vehicles subscribed to the car-pooling system, a high occupancy vehicle lane in the main arteries of the city is proposed. The empirical validation has been carried out through a discrete choice model experiment in which the car-pooling alternative is compared with already existing means of transport. Variation in travel time and cost for each alternative are proposed through different scenarios which are distributed via an on-line instrument to a representative sample of people living in multiple suburban neighborhoods in the metropolitan area of Buenos Aires. Discrete Choice models are used to analyze the data gathered in the experiment in order to calculate the supply and demand curves and evaluate the economic and operative viability of the system.

Keywords: Car-pooling, Urban transportation, Choice experiment, Discrete choice model.

1. INTRODUCCION

Como toda gran metrópolis, la ciudad de Buenos Aires sufre a diario la congestión de sus principales vías de acceso y la saturación de sus medios de transporte, con el consecuente deterioro ambiental. El incesante aumento del número de vehículos particulares, junto con la tendencia de las personas a mudarse lejos de los centros urbanos y laborales ha contribuido con este fenómeno. Según datos oficiales en la Argentina actualmente se encuentran en circulación 14.849.553 automóviles, de los cuales 1.492.301 automóviles se encuentran registrados en la Ciudad de Buenos Aires, representando 10% del parque automotor del país. La magnitud y el incesante incremento de estos guarismos motivan la realización del presente trabajo.

La gente que habita en el Gran Buenos Aires que debe viajar con frecuencia a la Capital Federal utiliza en gran medida el transporte público en común: tren o colectivo, conectando en algunos casos con el subte. Esta alta demanda unida a una política de tarifas subsidiadas que lleva más de 10 años, ha producido la saturación de estos medios y un fuerte deterioro de la calidad de servicio. Las inversiones necesarias son tan elevadas que no se avizora la reversión de tal deterioro antes de un horizonte similar; sobre todo en vista de la política gradual que sigue el gobierno actual, que ha mantenido hasta el momento una importante componente de subsidio en las tarifas. Este mismo deterioro ha motivado a las clases más pudientes a utilizar el automóvil, presionando sobre la capacidad de las vías de circulación disponibles. El acostumbramiento a la flexibilidad y el confort del automóvil particular se erige como una barrera al cambio. Todo hace prever que el uso del automóvil seguirá creciendo como lo ha hecho en los últimos años.

Ante esta problemática, surge una posible solución que, complementando el desarrollo del transporte público en común, preserva la flexibilidad y el confort característicos del vehículo particular: el car-pooling: compartir el viaje en auto con otra persona que haga un recorrido similar.

Este sistema de transporte se utiliza en otros lugares del mundo desde hace varias décadas. En Estados Unidos (Chan & Shaheen, 2011) los primeros registros de programas de promoción del car-pooling se remontan a la década de 1940, en respuesta a los apremios económicos derivados de la segunda guerra mundial. El sistema de transporte presenta un pico hacia la década de 1970, provocado por la crisis del petróleo, alcanzando el 20% de los viajes al trabajo. Luego el car-pooling declinó hasta alcanzar 11% de los viajes al trabajo para 2008. La mayor caída se registra en la década de 1980, simultáneamente con la caída del precio de la nafta y la mejora en la eficiencia de los motores. Desde 2004, la aparición de la tecnología para encontrar la coincidencia de trayectos (technology-enabled ridematching) dio un nuevo impulso al sistema de car-pooling en Estados Unidos. Surgieron varias centenas de programas de car-pooling en distintos puntos del país; sin embargo, las cifras no han aumentado drásticamente. Las redes sociales dieron la posibilidad de buscar las coincidencias de trayecto entre conocidos. Esta tecnología es utilizada por las siguientes compañías en Estados Unidos: GoLoco, Gtrot, PickupPal, y Zimride. Más recientemente, la disponibilidad de smart-phones con GPS permite encontrar las coincidencias de viaje en tiempo real. Esta tecnología es utilizada en Estados Unidos por las compañías: Avego y Carticipate.

El sistema de car-pooling depende de la disponibilidad de oferentes y demandantes en una zona suficientemente densa para que se den las coincidencias de trayecto. En un estudio sobre la plataforma "Let's Carpool" realizado en Nueva Zelanda (Abrahamse & Keall, 2012), se encontró que la mayoría de los usuarios que se registraron (61%) no utilizan actualmente la plataforma y la principal razón es por la falta de flexibilidad y la dificultad de conseguir coincidencias de viaje que satisfagan sus necesidades. Es por esta razón que los autores hacen especial énfasis en la importancia de una campaña masiva para aumentar la cantidad de usuarios ya que argumentan que al aumentar la población dentro de la plataforma este inconveniente se debería reducir. El análisis muestra como principales motivaciones para el uso del car-pooling el ahorro de dinero en relación al auto particular y confiabilidad y sociabilidad en relación con el transporte público. En cambio, las principales desventajas fueron: depender de otras personas, falta de flexibilidad, no tener el auto en momento de emergencia, y momentos incómodos al definir el costo del viaje.

Estos hallazgos coinciden con estudios anteriores (Gärling and Schuitema, 2007; Wachs, 1990) que indicaban que la principal motivación para hacer car-pooling es el dinero y la conveniencia, y que es difícil que el usuario del automóvil se interese.

En otro trabajo en la ciudad de Lugano (Borriello, Scagnolari & Maggi, 2015), Suiza, enfocado principalmente en gente joven, se ve una preferencia por el uso del auto particular y el car-pooling toma un lugar marginal de magnitud similar al del uso de la bicicleta. Cabe destacar que la muestra fue realizada en el ambiente estudiantil universitario de alto nivel socio-económico, por lo cual los resultados podrían cambiar si la representatividad fuese ampliada.

Wang (2011) habla de la experiencia con el car-pooling en China. La población manifiesta gran aceptación, según varias encuestas realizadas en diferentes diarios de las principales ciudades del país. Por otro lado, las autoridades no ven bien el sistema, porque temen que el sistema de car-pooling promueva la proliferación de taxis no registrados. Desde un punto de vista analítico, China parece un gran candidato para este tipo de plataformas, principalmente por su rápido crecimiento del parque automotor, la alta densidad poblacional de las ciudades (tres a diez veces mayor que una típica ciudad occidental), y el alto ahorro relativo (nueve veces mayor que sus pares en Estados Unidos). Pero hay que tener en cuenta que a pesar que el autor recomienda que las autoridades dejen de lado las políticas de prohibición del car-pooling, hace especial hincapié en no dedicar recursos del estado para promover este medio. En particular se manifiesta contra los carriles exclusivos para vehículos de alta ocupación, por sus consecuencias no deseadas como el incremento del uso del automóvil y la congestión. Esto se debe a que el grueso de los usuarios de car-pooling en China, a diferencia de Estados Unidos, provendría del grupo que actualmente utiliza transporte público en común, y que no acceden al automóvil por razones económicas.

En el área metropolitana de Buenos Aires el sistema de car-pooling está poco desarrollado. No existen programas públicos ni plataformas privadas ampliamente conocidas, fuera de algunos sistemas cerrados para empleados, como por ejemplo el que funciona en la compañía Mercedes Benz. La densidad poblacional no parece ser un obstáculo, considerando que es relativamente alta en comparación a las áreas urbanas de Estados Unidos donde operan exitosamente sistemas de car-pooling. Tampoco sería una barrera la disponibilidad de tecnología o la utilización de redes sociales. El costo del transporte en automóvil es relativamente alto, debido al alto nivel de impuestos que tradicionalmente pesan sobre los autos y la nafta, y los peajes. En consecuencia, el potencial de ahorro es alto en relación al ingreso. En cambio, dadas las altas tasas de delito, es probable que la gente tenga reparos en utilizar el sistema por este motivo; y la cuestión de la negociación del costo puede ser otro obstáculo cultural.

En el presente trabajo realizamos una evaluación de un potencial sistema de car-pooling basado en una red social online. La plataforma incluye un registro de la reputación de los usuarios, con el objeto de neutralizar el miedo a la inseguridad, y prevé una solución de mercado para distribuir el costo del viaje para eludir barreras en la negociación. Además, se supone la disposición de un carril exclusivo para vehículos de alta ocupación en los accesos a la ciudad. El sistema se presenta a una muestra representativa de potenciales usuarios en un experimento de selección. Se expone a cada individuo a una serie de escenarios de viaje hipotéticos en los que debe seleccionar el medio de transporte según sus tiempos y costos. El car-pooling es una de las alternativas, ya sea como oferente o como demandante dependiendo de la disponibilidad de automóvil del individuo. La información del experimento se trata mediante modelos de selección discreta para estudiar la oferta y la demanda del sistema. En la siguiente sección se detalla el diseño del experimento y la metodología de análisis. La sección 3 presenta los resultados y el análisis de los factores que influyen en la demanda de car-pooling, y finalmente la sección 4 concluye.

2. METODOLOGIA

2.1. Experimento de selección

Consideramos como población objetivo de usuarios potenciales de la red de car-pooling y eventuales carriles exclusivos para vehículos de alta ocupación, la que utiliza frecuentemente los accesos a la Capital Federal, es decir la de los residentes en el Gran Buenos Aires que viaja al menos una vez por semana a la Capital durante los horarios de alta congestión (entrada de 6 a 10 hs, salida de 17 a 20 hs). Los individuos fueron divididos en dos grupos. Los que viajan en automóvil propio y manifestaron cierta reticencia a cambiar de hábito fueron asignados al grupo de oferta. Los que no tienen automóvil propio, o lo tienen pero están abiertos al cambio, fueron asignados al grupo de demanda.

Se realizó la validación empírica mediante un experimento de selección múltiple, en el cual se presentó el sistema de car-pooling (como oferta o demanda según el grupo) frente a las alternativas de transporte existentes: automóvil propio, chárter (van) y transporte público en común (englobando el colectivo/ ómnibus y el tren). Estas alternativas fueron colocadas en una plataforma en la cual el encuestado debía afrontar una serie de diferentes escenarios en donde se variaban los tiempos de viaje y los costos para cada uno de los medios. El encuestado debía optar por el medio de transporte que, de acuerdo a su percepción de las alternativas y de los valores mostrados en cada una de las variables, hubiese utilizado en la realidad.

Los valores de tiempo y costo de viaje para cada alternativa se asignaron mediante un diseño experimental óptimo¹ fluctuando alrededor de los valores base de cada alternativa para cada individuo. Estos valores base corresponden al viaje más frecuente de cada individuo. El hecho de que el experimento pivotea en el viaje real del individuo, si bien es de implementación compleja, le da un gran realismo al experimento, porque el individuo puede utilizar el contexto del viaje real en las decisiones sobre los escenarios del experimento. La implementación requiere relevar una serie de datos sobre el viaje más frecuente del individuo, y parametrizarlo para obtener los valores base de tiempos y costos en los diferentes medios de transporte para ese viaje. El instrumento de recolección de datos fue programado para hacer esto en tiempo real, y generar los escenarios de viaje relevantes para el individuo en función de las características del viaje. La información relevada para tal fin es: el origen y destino del viaje, el horario de ida y vuelta, y los tiempos de traslado hasta la parada de salida del tren, colectivo o chárter, desde la parada de llegada hasta el destino, tiempos de espera, tiempo de búsqueda de lugar para estacionar, etc.

Las distintas localidades del Gran Buenos Aires fueron agrupadas en sectores circulares concéntricos, con similar distancia al centro de la ciudad. De este modo se redujo la complejidad de 197 localidades a 44 zonas de origen. Los destinos en la Capital fueron tipificados en 5 zonas geográficas: este, sur, centro, oeste y norte. De este modo se construyó una matriz O-D para los valores base de las distintas variables del experimento: tiempo de viaje en automóvil, tiempo de viaje en car-pooling (considerando la disponibilidad de un carril exclusivo para vehículos de alta ocupación), tiempo de viaje en chárter, y en transporte público en común (tren u ómnibus según la disponibilidad y conveniencia para cada par O-D), costo de viaje en automóvil, en chárter y en transporte público en común. El valor base del tiempo de viaje en automóvil se obtuvo mediante Google Maps, confiando en su algoritmo de optimización, el tiempo mínimo y máximo para cada par O-D en hora pico, y se tomó el promedio. El costo base para el automóvil considera: mantenimiento, combustible, costo del estacionamiento y peaje. Los dos primeros se obtuvieron del Consejo Profesional del Agro, Agroalimentos y Agroindustria (Abr.2015): 2,4 Ar\$ aug2015/ km, valor que el software de recolección de datos multiplica por la distancia del par O-D del individuo. El software también contaba con la matriz O-D de peajes. El costo de estacionamiento es una pregunta previa en el cuestionario para quienes usan el automóvil, y una estimación en función de la comuna de destino para los demás. Los valores base para la alternativa car-pooling fueron obtenidos a partir de los del automóvil, teniendo en cuenta la ventaja de tiempo derivada de la utilización del carril exclusivo (estimada en un máximo de 15 minutos). El costo base para car-pooling fue establecido

¹ En el sentido de la teoría de diseño de experimentos estadísticos, utilizando los algoritmos de Federov y Cook & Nachtsheim.

en la mitad del costo del automóvil (excluyendo estacionamiento). Es decir, se ensayaron en el experimento distintas formas de repartir el costo fluctuando alrededor de 50% cada uno. En cuanto al transporte público, en primer lugar, se englobó dentro del mismo a cualquier combinación de tren con ómnibus (colectivo) o subte que llevara a la persona desde su origen en el GBA hasta su destino en la Capital. Se obtuvieron los tiempos y costos utilizando el algoritmo de Google Maps para un horario de alto nivel de congestión en las vías de acceso. Con respecto al chárter, el tiempo base de viaje se estimó a partir del tiempo en automóvil, con ajustes debido a las paradas y también debido a la utilización del carril rápido de la autopista 25 de Mayo para los trayectos correspondientes; y el costo base se obtuvo de sitios de las tarifas de las compañías. En todos los casos se adicionaron los tiempos fuera del vehículo previos y posteriores para completar el trayecto de puerta a puerta, así como el tiempo de búsqueda de espacio de estacionamiento en el caso del automóvil propio.

Una vez calculados el tiempo y costo base para cada alternativa, según el viaje más frecuente del individuo, el software de recolección de datos procedió a generar 15 escenarios de viaje variando los tiempos y costos según un diseño experimental óptimo. Los tiempos se hicieron variar en un rango $\pm 30\%$ en 5 puntos. Los costos del automóvil y del chárter también. El costo del car-pooling para el demandante se hizo variar en un rango entre 0 y el costo total del viaje en automóvil (excluyendo el estacionamiento). Resulta interesante evaluar la reacción de la gente a obtener un viaje gratis mediante car-pooling. El costo del car-pooling para el oferente resulta de deducir del costo del viaje en automóvil la compensación del pasajero según el criterio anterior. El costo del transporte público se hizo variar entre la tarifa actual (sustancialmente subsidiada) y el costo real del servicio (estimado en 3 veces la tarifa). En la Figura 1 se muestra un escenario típico presentado por el software de recolección al individuo, frente al cual debía seleccionar el medio de transporte.

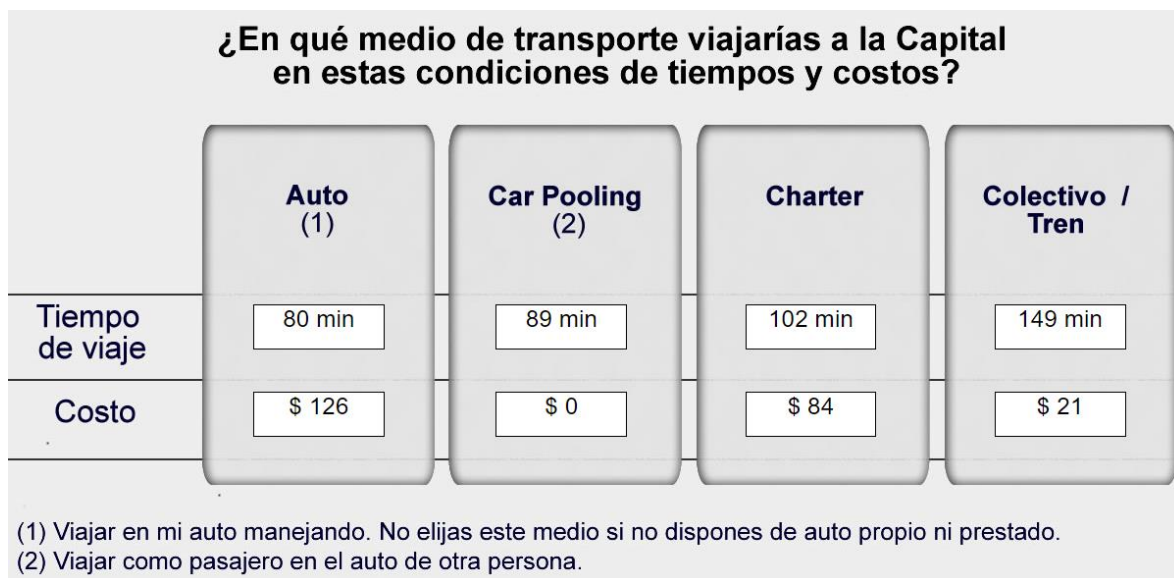


Figura 1 – Escenario de viaje típico del experimento de selección.

Como dijimos anteriormente, los tiempos y costos de viaje en los distintos medios fueron calculados específicamente para cada individuo según las características de su viaje más frecuente, de modo de lograr un experimento altamente relevante para el individuo y maximizar el compromiso y realismo de sus selecciones.

Además del experimento de selección, el instrumento online utilizado contiene una encuesta. En primer lugar se realizaron preguntas para asegurar que el individuo pertenece a la población objetivo. En segundo lugar, para caracterizar el viaje que se tomó para el experimento. Luego se evaluaron los hábitos de traslado, la disponibilidad de automóvil y la disposición a cambiar el medio de transporte; datos que se utilizaron para asignar el individuo al grupo de evaluación de demanda o de

oferta de car-pooling. El concepto de car-pooling fue debidamente explicado a los participantes antes del experimento, incluyendo el funcionamiento del carril exclusivo para vehículos de alta ocupación. Luego se realizó el experimento de selección, con 10 a 15 escenarios diferentes, ya sea de demanda o de oferta según el individuo; y finalmente se midieron actitudes y percepciones del individuo relevantes para el experimento, así como las características demográficas.

El instrumento, conteniendo el experimento y las preguntas fue distribuido online mediante un panel de internet provisto por la compañía especializada Oh-Panel, a una muestra representativa de personas residentes en el Gran Buenos Aires que viajan a la ciudad con frecuencia, en horarios de alta congestión. El tamaño de muestra de la parte de demanda, que es la que analizamos en este artículo, es de 236 casos, que incluyen 3100 decisiones, porque cada individuo realizó entre 10 y 15 decisiones. La distribución por género esta levemente inclinada hacia las mujeres (63%). La edad recorre un rango amplio con 30% de la muestra entre 18 y 24 años, 27% entre 25 y 34, 20% entre 35 y 44, 12% entre 45 y 54, y 11% de 55 años o más. La menor cantidad de gente mayor con respecto a la población responde a que viajan menos a la Capital Federal. La distribución por educación es: 57% con educación terciaria o universitaria completa, 17% terciaria o universitaria incompleta, y 27% con secundaria completa o menos.

2.2. Modelo de Selección Discreta

Las preferencias de los consumidores expresadas en el experimento de selección se representan mediante un modelo de selección discreta logit multinomial. Este modelo se basa en la teoría de la utilidad aleatoria (Thurstone, 1927). A cada medio de transporte corresponde una función de utilidad (Ecuación 1), que depende del tiempo y del costo de viaje del medio de transporte en el escenario presentado, así como de las características propias del medio de transporte. La utilidad parcial de cada medio de transporte (β_{CP} , β_{Ch} , β_{Tr}) mide la preferencia de la población independientemente del tiempo y el costo del viaje. Al automóvil no se le ha asignado utilidad parcial porque se establece como referencia². Las utilidades parciales del tiempo (β_t) y del costo (β_c) miden la sensibilidad del individuo a esas variables, y se asumen independientes del medio de transporte.

$$\begin{cases} \tilde{U}_{Car,it} = \beta_t t_{Car,it} + \beta_c c_{Car,it} + \tilde{\varepsilon}_{Car,it} \\ \tilde{U}_{CPool,it} = \beta_{CP} + \beta_t t_{CP,it} + \beta_c c_{CP,it} + \tilde{\varepsilon}_{CP,it} \\ \tilde{U}_{Ch,it} = \beta_{Ch} + \beta_t t_{Ch,it} + \beta_c c_{Ch,it} + \tilde{\varepsilon}_{Ch,it} \\ \tilde{U}_{Tr,it} = \beta_{Tr} + \beta_t t_{Tr,it} + \beta_c c_{Tr,it} + \tilde{\varepsilon}_{Tr,it} \end{cases} \quad (1)$$

Donde el subíndice i representa al individuo, y el t al escenario presentado.

Finalmente, el modelo asigna una componente aleatoria a cada función de utilidad, que da cuenta del conjunto de aspectos relativos al viaje de cada individuo que no están representados por la parte determinista antes descripta.

Adoptando la notación vectorial el modelo queda:

$$\tilde{U}_{jit} = \beta_j x_{jit} + \tilde{\varepsilon}_{jit} \quad (1')$$

Donde j representa la alternativa (medio de transporte).

La probabilidad de selección de cada medio de transporte es (Train, 2009):

² No es posible identificar una utilidad parcial para todos los medios de transporte porque el cero de la utilidad no está definido.

$$P_{jit} = \frac{\exp(\beta_{jit})}{\sum_{l=1}^J \exp(\beta_{lit})} \quad (2)$$

Esto permite formular la función de verosimilitud y proceder a la estimación de los parámetros por maximización.

$$\ln \mathcal{L} = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J y_{jit} \ln P_{jit} \quad (3)$$

Donde y_{jit} indica si el individuo i selecciono el medio de transporte j en el escenario t .

3. RESULTADOS

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la calibración del modelo de selección discreta logit multinomial.

Tabla 2

Variable		Parámetro	p-value
Car Pooling	β_{CP}	-0.064	0.45
Charter	β_{Ch}	-0.832	< 0.01
Transit	β_{Tr}	-0.274	< 0.01
Time	β_t	-0.0178	< 0.01
Cost	β_c	-0.0210	< 0.01
n (tasks)		3100	
Log Likelihood		-2907.3	
Mc Fadden R ²		0.17	
AIC		5824.6	

El modelo alcanza un nivel de verosimilitud logarítmica de -2907.3, que representa una importante mejora con respecto al modelo trivial (que incluye solo los medios de transporte, pero no tiempo ni costo como variables): -3499. El indicador de Mc Fadden muestra que el grado de ajuste del modelo es suficientemente bueno para los de su clase (Train, 2009).

El modelo tiene un parámetro para cada medio de transporte alternativo propuesto en el experimento de selección, salvo el auto que se toma como referencia, un parámetro para el tiempo de viaje y uno para el costo. Estos parámetros representan utilidades parciales. Las dos últimas corresponden a las des-utilidades propias de tener que disponer de un tiempo y un dinero para realizar el viaje. Los tres primeros representan la utilidad o atractivo que cada medio de transporte tiene, más allá de tiempo y costo, por sus características propias. La utilidad del chárter y del transporte público en común son negativas y estadísticamente significativas. Esto significa que son percibidos como inferiores al auto en términos de medio de transporte. En cambio, la utilidad parcial del sistema de car pooling, si bien es negativa, presenta una diferencia no estadísticamente significativa con respecto a la del auto. Es decir, la gente del perfil demandante de car pooling no considera que utilizar este servicio provisto por otro conductor sea inferior al automóvil como medio de transporte en sí, independientemente del tiempo y costo.

Las utilidades parciales del tiempo y el costo son negativas como predice la teoría económica. El cociente de ambas permite estimar el valor que la gente le asigna al tiempo para este tipo de viajes. El resultado es 0.84 \$/min, que equivale a 8100 \$/mes, lo cual está en el orden de magnitud de un salario medio de la población. Este valor subjetivo permite medir el interés que la población tendría por la instalación de carriles exclusivos para vehículos de alta ocupación, tal como se planteó en el

experimento. Para ello habría que simular la dinámica de los accesos a la ciudad con tal carril y, de acuerdo a la demanda de car pooling determinada en este estudio, obtener el ahorro de tiempo de los usuarios de car pooling y eventualmente la pérdida de tiempo de los demás, y valorizarlos. Este análisis se realizará en una segunda fase del proyecto.

Con el objeto de explorar el interés de diferentes grupos demográficos por el sistema de car pooling se muestra en la tabla 3 el resultado de la calibración de un modelo específico para tal propósito.

Tabla 3

Variable		Parámetro	p-value
Car Pooling	β_{CP}	-0.590	< 0.01
Charter	β_{Ch}	-0.838	< 0.01
Transit	β_{Tr}	-0.295	< 0.01
Time	β_t	-0.0177	< 0.01
Cost	β_c	-0.0213	< 0.01
CPool : sex		-0.391	< 0.01
CPool : young		-0.099	0.28
CPool : educ		0.145	< 0.01
n (tasks)		3100	
Log Likelihood		-2874	
Mc Fadden R ²		0.18	
AIC		5764	

Este modelo alcanza un nivel de ajuste levemente superior al anterior, como muestran la mayor verosimilitud logarítmica y el indicador de Mc Fadden.

Las variables demográficas no pueden introducirse en el modelo de manera directa porque no varían con la alternativa de medio de transporte y serían constantes añadidas a las cuatro funciones de utilidad que no implicarían cambio alguno en la decisión y por lo tanto los parámetros correspondientes no serían identificables. En cambio, las variables demográficas ingresan al modelo en forma de interacciones con la constante de car pooling.

En el caso del sexo, se utiliza una variable indicadora que vale 1 para las mujeres y 0 para los hombres. La interacción entre la constante de car pooling y el sexo añade el parámetro correspondiente cuando el individuo es mujer, pero no lo hace cuando es hombre. De este modo el parámetro representa la utilidad adicional que las mujeres asignan al car pooling como medio de transporte. Se observa que esta utilidad es negativa y estadísticamente significativa, por lo cual se deduce que el sistema de car pooling es menos atractivo para las mujeres que para los hombres.

De modo similar la variable “young” indica individuos hasta 27 años de edad. En este caso la influencia no estadísticamente concluyente ($p=0.28$), por lo cual no se puede afirmar que los jóvenes tengan mayor ni menor interés que los mayores por el sistema de car pooling, al menos con el corte de 27 años utilizado.

Finalmente medimos la influencia del nivel de educación en el interés por el sistema de car pooling mediante una variable que toma valores crecientes desde 0 para los individuos sin estudios hasta 8 para los que alcanzan nivel de postgrado universitario. El parámetro correspondiente es positivo y estadísticamente significativo, lo cual muestra que la educación influye positivamente en el interés por el sistema de car pooling.

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo hemos analizado la demanda por un sistema de car pooling basado en una red social online en la población de los alrededores de la Ciudad de Buenos Aires. Se relevó información empírica sobre las preferencias de una muestra representativa de esa población mediante un experimento de selección discreta, en el que se presentaron cuatro alternativas de medio de transporte para el viaje hacia la ciudad: auto, car pooling, chárter y transporte público en común, y los individuos eligieron según distintos escenarios de tiempos y costos de cada medio. La utilidad de cada uno de los medios de transporte, así como la del tiempo y el costo de viaje, se estimaron mediante un modelo logit multinomial.

Como resultado, se ha determinado que la población valora el sistema de car pooling tanto como el auto propio como medio de transporte. Considerando que el costo se divide entre dos o más pasajeros, se deduce que el sistema tiene un alto potencial de demanda, aun sin la provisión de carriles exclusivos para vehículos con alta ocupación.

Adicionalmente se halló que las mujeres tienen significativamente menor interés por demandar el servicio de car pooling, mientras que la educación favorece el interés, y en cambio la edad no parece tener influencia alguna.

El análisis desarrollado en este trabajo enfoca en la demanda del sistema de car pooling. En el otro extremo se podría medir la disposición de propietarios de automóvil a ofrecerlo al sistema. Se realizó un experimento en paralelo al descrito en este trabajo que permitirá establecer las preferencias de la oferta. Esto abre el campo para futuros análisis de este otro aspecto del sistema y de la vinculación con la demanda. La determinación del punto de equilibrio entre la oferta y la demanda permitirá determinar el nivel de actividad potencial y la conveniencia de proveer un carril exclusivo para este grupo de usuarios. Esto se realizará en etapas futuras del presente proyecto de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Abrahamse W, Keall M (2012). Effectiveness of a web-based intervention to encourage carpooling to work: A case study of Wellington, New Zealand *Transport Policy* 21: 45-51.
- [2] Borriello A, Scagnolari S, Maggi R (2015). Are commuters in Lugano ready to leave the car? Evaluating conventional and innovative solutions to facilitate the switch. *Conference Paper STRC 2015 (Swiss Transport Research Conference)*
- [4] Chan ND, Shaheen AS (2012). Ridesharing in North America: past, present and future. *Transport Reviews* 32.1: 93-112.
- [5] Thurstone LL (1927). A law of comparative judgment. *Psychological Review*, 34, 273-286.
- [6] Train K (2009). *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge University Press.
- [7] Wang R (2011). Shaping carpool policies under rapid motorization: the case of chinese cities. *Transport Policy* 18: 631-635.