



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

MODELO DE TARIFICACIÓN ÓPTIMA PARA LA REGULACIÓN DE LAS PLATAFORMAS RIDESOURCING, APLICADO EN LA CIUDAD DE SANTIAGO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
INDUSTRIAL

IGNACIO SEBASTIÁN GUTIÉRREZ BUSTAMANTE

PROFESOR GUÍA:

ALEJANDRO TIRACHINI HERNÁNDEZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

LUIS ZAVIEZO SHWARTZMAN

ANDRÉS GÓMEZ-LOBO

SANTIAGO DE CHILE

2019

MODELO DE TARIFICACIÓN ÓPTIMA PARA LA REGULACIÓN DE LAS PLATAFORMAS RIDESOURCING, APLICADO EN LA CIUDAD DE SANTIAGO

Los recientes avances tecnológicos se han integrado a la rutina de las personas rápidamente, casi sin tiempo para adaptarse a éstos, cambiando la forma en que perciben la vida de forma permanente. De la misma forma, estos cambios han afectado distintos mercados, transformando la fuerza laboral y las aptitudes necesarias para emplearse en este entorno.

Es en esta línea que aparecen nuevos servicios de transporte que, a través de aplicaciones para el teléfono celular, conectan a los conductores con los pasajeros que buscan distintos viajes, mediante geolocalización. A estos servicios se les puede encontrar en la literatura como servicios de ride-hailing o ride-sourcing que, a priori, entran a competir con el taxi, dada la similitud de lo que ofrecen.

En el caso chileno las aplicaciones que entran, a la fecha en esta descripción son: Uber, Cabify y Beat, mientras que varios taxis se han unido a este avance tecnológico, adhiriéndose a la aplicación Easy Taxi, que ofrece alguna de las ventajas (conocer con anterioridad el nombre del conductor, una estimación de la demanda, la calificación promedio del conductor, entre otras) que poseen las aplicaciones móviles. El problema surge en esta misma competencia antes descrita, un taxista para poder ofrecer su servicio debe incurrir en una serie de costos que el conductor de ridesourcing no paga, tales como la patente de taxi o los cursos para sacar la licencia profesional A1.

En la actualidad el gobierno está intentando regular las aplicaciones ridesourcing en Chile a través de un proyecto de ley en el Congreso, el cual ha sido criticado por la opinión pública, puesto que no logra justificarse debidamente. En este contexto surge la necesidad de estudiar sistemas de regulación de la oferta de ridesourcing.

El presente trabajo se enmarca en este problema, utilizando un modelo económico se estimará la tarifa óptima a cobrar a cada uno de los modos de transporte, en particular la de los servicios de ridesourcing. Se considera los modos ridesourcing, taxi, bus y automóvil particular como modos competidores en el mercado del transporte. Se plantean las condiciones que maximizan el bienestar social, junto con una formulación para la demanda por transporte.

TABLA DE CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
1.1 Irrupción nuevos modos de transporte	- 1 -
1.2 Motivación	- 4 -
1.3 Objetivos	- 5 -
1.3.1 Objetivo General.....	- 5 -
1.3.2 Objetivos Específicos	- 5 -
1.4 Alcances	- 5 -
2.- MARCO TEÓRICO	- 5 -
2.1 Tarificación en transportes	- 6 -
2.1.1 Tarificación de Primer-mejor	- 7 -
2.1.2 Tarificación de Segundo-mejor	- 7 -
2.1.3 El costo de la congestión	- 8 -
2.1.4 Estimación de la demanda	- 8 -
2.2 La regulación de los taxis	- 9 -
3.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	- 10 -
3.1 Ridesourcing en Chile y Uber	- 11 -
3.2 Regulaciones en distintas ciudades en el mundo.....	- 15 -
3.3 Cambios en el comportamiento observados en Estados Unidos	- 17 -
4.- MODELACIÓN: MAXIMIZACIÓN DEL BIENESTAR SOCIAL	- 19 -
4.1 Tarificación de primer mejor	- 20 -
4.2 Tarificación de segundo mejor	- 22 -
5.- APLICACIONES.....	- 26 -
5.1 Calibración de la demanda	- 26 -
5.2 Valores para los demás parámetros	- 30 -
5.3 Resultados.....	- 33 -
5.3.1 Escenario primer mejor	- 34 -
5.3.2 Escenario segundo mejor.....	- 34 -
5.3.2 Análisis y Discusión	- 36 -
6.- CONCLUSIONES	- 37 -
6.1 Sensibilidad del modelo con respecto a los parámetros utilizados.....	- 37 -
6.2 Implicancia para política de transportes	- 38 -
6.3 Líneas de investigación futuras	- 38 -
7.- BIBLIOGRAFÍA	- 39 -

Índice de Tablas

Tabla 1: Condiciones exigidas para legalizar Uber en el mundo (Elaboración propia)	- 16 -
Tabla 2: Motivos para viajar en modos ridesourcing	- 18 -
Tabla 3: Motivos para viajar en taxi, frecuentes vs esporádicos	- 18 -
Tabla 4: Partición Modal, promedio diario en día laboral. Fuente: Encuesta Origen Destino 2012 - 27 -	
Tabla 5: Partición modal ajustada	- 28 -
Tabla 6: Distancia media en kilómetros de viaje por modo y período (EOD, 2012)	- 28 -
Tabla 7: Parámetros σ	- 30 -
Tabla 8: Parámetros BPR por Categoría de Arco Período y Período (Fuente: Fernández y De Cea Ingenieros, 2015)	- 31 -
Tabla 9: Costos operador de taxis y ridesourcing (Bennet y Zahler)	- 31 -
Tabla 10: Costos operador de taxis y ridesourcing ajustados	- 31 -
Tabla 11: Costos operadores de bus, sin combustible ni depreciación (DIPRES)	- 31 -
Tabla 12: Resumen de los valores a utilizar	- 33 -
Tabla 13: Demandas y tarifas óptimas - primer mejor	- 34 -
Tabla 14: Demandas y tarifas óptimas - segundo mejor	- 35 -
Tabla 15: Comparación cantidades y tarifas óptimas 1er y 2do mejor	- 35 -
Tabla 16: Particiones modales	- 35 -

Índice de Figuras

Figura 1: Evolución cantidad de viajes realizados por vehículos taxi en San Francisco, Estados Unidos. (Fuente: San Francisco Municipal Transportation Agency, 2014).....	- 2 -
Figura 2: Evolución del modo de transporte escogido por pasajeros en viajes de negocios	- 3 -
Figura 3: Partición modal NYC. (Fuente: Morgan Stanley Research, 2016).....	- 3 -
Figura 4: Precios licencias de taxi en Santiago (Fuente: Gallego, Montero y Salas, 2013).....	- 10 -
Figura 5: Interfaz plataforma Uber (Capturas pantalla de celular).....	- 11 -
Figura 6: Promedio diario de viajes realizados por cada medio - Abril 2015 vs Abril 2016 (Source: Morgan Stanley Research, 2016).....	- 12 -
Figura 7: Frecuencia de uso vs Ingreso mensual (Fuente: Tirachini y Gómez-Lobo, 2017)	- 13 -
Figura 8: Razones para usar Uber (se podía escoger más de una opción). Fuente: Tirachini y Gómez-Lobo, 2017.....	- 14 -
Figura 9: Distribución de usuarios frecuentes según tramos etarios (Fuente: CNP, 2018).....	- 15 -
Figura 10: Usuarios frecuentes por edad y frecuencia de uso de la plataforma al mes (Fuente: CNP, 2018).....	- 15 -
Figura 11: Sustitución modal con plataformas ridesourcing (Tirachini y Gómez-Lobo, 2018)-	33 -

1.- Introducción

A principios del siglo XXI comenzó a surgir un nuevo modelo de negocios que ha ido tomando fuerza en todo el mundo. Se le ha denominado la economía compartida (*sharing economy*), la cual basada en las tecnologías móviles, permite un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles, conectando personas que desean un bien (o servicio), con aquellos que quieren compartirlos. Dada su reciente irrupción, poco se ha investigado hasta la fecha sobre estos negocios, lo que, sumado a su rápido crecimiento, representa un problema para las autoridades y mercados ya establecidos, situación a la cual, el país no ha estado ajeno.

La principal oportunidad que se observa en este problema es la de ser pionero en el tema, y por lo tanto generar información relevante para trabajos futuros, tanto de las plataformas de *ridesourcing*, como sus símiles en otros rubros (como Airbnb en el arriendo de habitaciones o departamentos).

La regulación es relevante porque permite un mejor funcionamiento de los mercados, incentivando sistemas de transporte más eficientes, sustentables y seguros, además de asegurar una competencia justa entre los participantes de este mercado.

1.1 Irrupción nuevos modos de transporte

La aparición de nuevas plataformas tecnológicas, han transformado la calidad y la forma de entregar ciertos servicios en la sociedad. Entre los factores que han facilitado este fenómeno, se encuentran herramientas tan frecuentes en la actualidad como: las redes sociales, el uso de teléfonos inteligentes (*smartphones*) o aparatos electrónicos con ubicación GPS y la velocidad que brindan estos mismos para conectarse a internet en tiempo real. Esto ha permitido alcanzar nuevos estándares de servicio, dada la rapidez en que se logra coordinar a los usuarios con los proveedores.

Estos nuevos competidores, en muchos casos, entran en mercados que han estado estáticos por mucho tiempo, dado los altos costos de entrada (caso Airbnb-hoteles) o por la imposibilidad de entrar a competir en el mercado de los taxis (mercado cerrado).

Es así como surgen las siguientes alternativas al transporte tradicional:

- Bicicletas compartidas: Servicios que arriendan bicicletas al público por un tiempo determinado y para la cual se exige una membresía, en la que se solicita una tarjeta de crédito o débito para realizar el cobro. Los ejemplos más importantes en Santiago corresponden a Bikesantiago, que es el sistema intercomunal de bicicletas de la capital, en que las bicicletas se dejan en estaciones, o el sistema Mobike que no requiere anclaje a estaciones (*dockless*).
- Car-sharing: Servicio similar al anterior, pero que facilita autos por un tiempo determinado y con menos puntos de retiro que en el caso de las bicicletas. Un ejemplo de éste en Santiago es la compañía Awto.

- Ridesourcing: Este modo apunta al tipo de servicio que han prestado típicamente los taxis, es decir, solicitar un vehículo para un viaje de un punto a otro, con la diferencia que las aplicaciones en la actualidad permiten conocer las ubicaciones tanto del vehículo como del pasajero en tiempo real, facilitando el encuentro y permitiendo fijar tarifas de forma automática y previo al inicio del viaje. Ejemplos: Easy Taxi, Cabify y Uber.

En el desarrollo de este trabajo el foco estará en estudiar el efecto que poseen las aplicaciones que prestan servicios de ridesourcing en Chile que, dado su rápido crecimiento y la competencia desleal con el resto de los competidores del mercado, llaman a realizar una regulación acabada en cuanto a plataformas digitales y/o aplicaciones móviles.

A continuación, se pueden observar distintos ejemplos de cómo ha cambiado la demanda por taxis desde la aparición de Uber en distintos puntos de Estados Unidos.

En la Figura 1 (SFMTA, 2014) [1] se puede observar cómo en San Francisco, la cantidad de viajes realizados por taxis ha ido disminuyendo en el tiempo, desde el arribo de las empresas de ridesourcing.

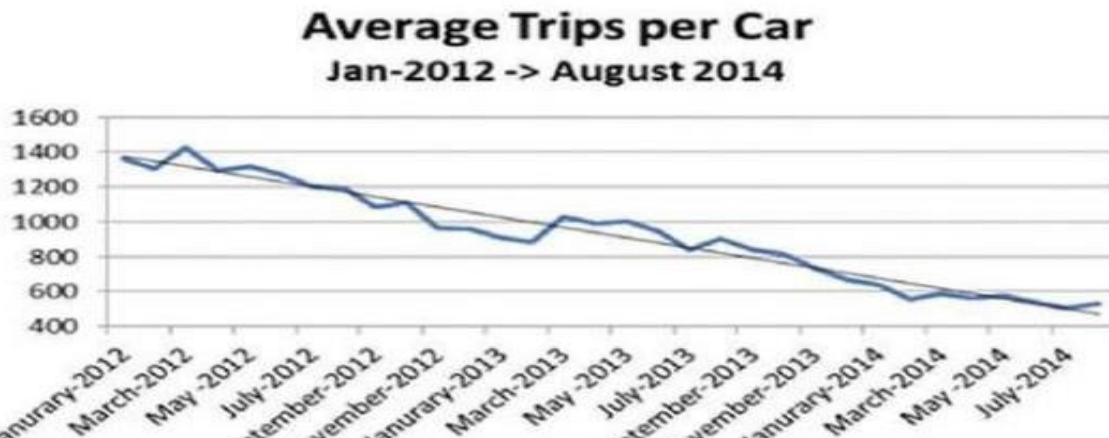


Figura 1: Evolución cantidad de viajes realizados por vehículos taxi en San Francisco, Estados Unidos. (Fuente: San Francisco Municipal Transportation Agency, 2014)

Mientras que en la Figura 2 se observa cómo ha evolucionado el modo de transporte escogido por pasajeros en viajes de negocios, información que fue conseguida gracias a los reembolsos que debían pagar las empresas por concepto de transporte. Resulta notable que las nuevas alternativas de ridesourcing (Uber y Lyft), no solo reemplazaron al taxi, sino que además se adueñaron de un mercado que antes era dominado por las empresas de arriendo de automóviles.

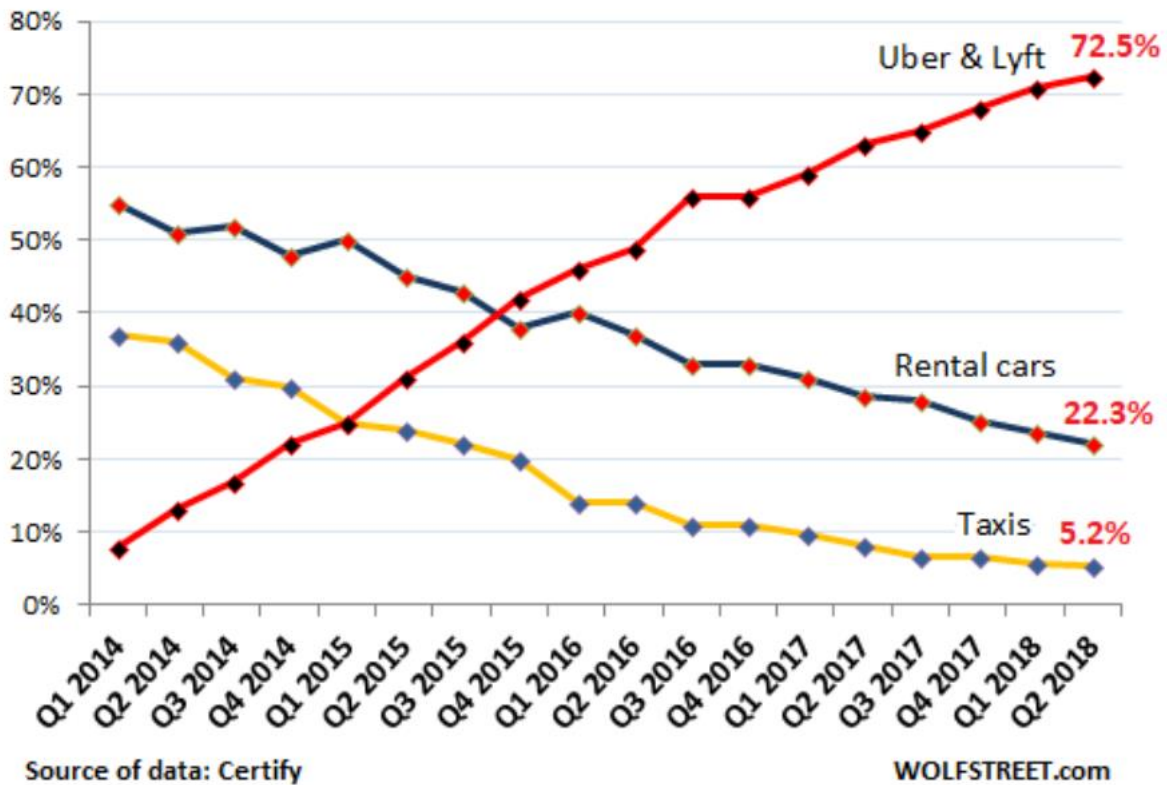


Figura 2: Evolución del modo de transporte escogido por pasajeros en viajes de negocios¹

Finalmente, en la Figura 3, se puede ver cómo cambió el mercado en la ciudad más grande de Estados Unidos, Nueva York, en el transcurso de un año. (M.S. Research, 2016) [2]

Exhibit 2: Share of trips - NYC Yellow Taxi vs. Rideshare App - April 2016 vs. 2015

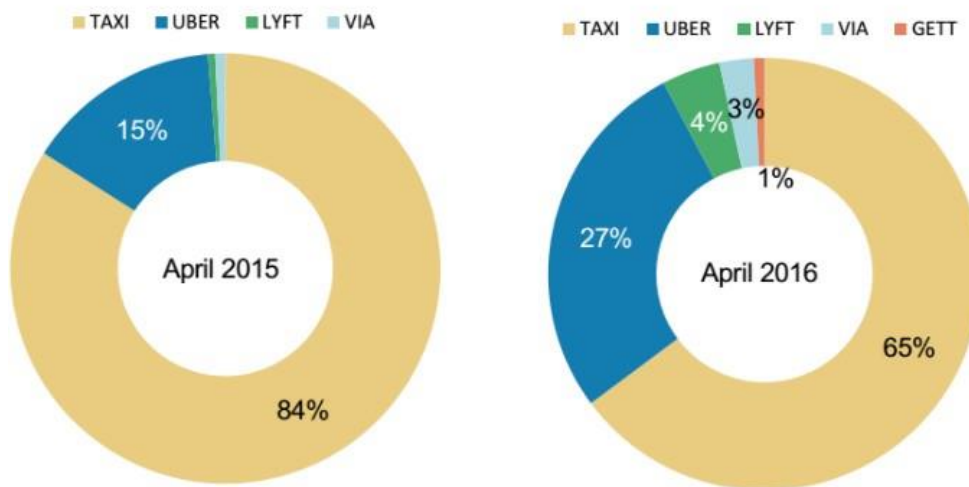


Figura 3: Partición modal NYC. (Fuente: Morgan Stanley Research, 2016)

¹ Fuente: <https://wolfstreet.com/2018/07/29/the-numbers-are-in-uber-lyft-versus-rental-cars-and-taxis-in-the-us-in-q2/>

1.2 Motivación

A medida que estas nuevas tecnologías han comenzado a surgir en todo el mundo, se vuelve de vital importancia entender cómo estas alternativas compiten e interactúan con los medios de transporte más tradicionales (Henao, 2017) [3]. Por medios tradicionales de transporte se incluye los viajes en automóvil particular, siendo conductor o pasajero, bicicleta, caminata, transporte público (como Transantiago).

Más allá de afectar las decisiones de los consumidores, estos nuevos servicios pueden impactar nuestra forma de entender los medios de transporte, la sociedad y, en el largo plazo, el medio ambiente; sin embargo, muy poca información pública se ha recopilado a la fecha, quizás en parte porque no es de conveniencia de estas empresas que se conozca el detalle de su servicio; por lo que se vuelve difícil entender y medir los impactos que estas plataformas puedan generar, tales como:

- La cantidad de kilómetros recorridos por los vehículos (VKT por sus siglas en inglés, *vehicle-kilometres travelled*).
- La tasa de sustitución de ridesourcing con los otros actores del sistema, dado que resulta fundamental reconocer a quien está quitando pasajeros este tipo de servicios con el fin de establecer una política de transportes óptima. (En el Capítulo 4, se verá una demostración teórica de esto)
- La nueva demanda por estacionamientos dado el cambio en el comportamiento de los pasajeros. En la cual se espera un cambio positivo, ya que los viajes en ridesourcing no requieren estacionamientos de larga estadía.
- Cambios en el comportamiento de los consumidores en general, que pueden ser tanto positivos como negativos en cuanto al impacto en externalidades de transporte. Por ejemplo, la existencia de esta opción puede reducir la necesidad de comprar un auto propio (pasajero encontró una mejor alternativa), pero al mismo tiempo, puede facilitar tanto la vida de los pasajeros, que éstos realicen nuevos viajes que no hubieran realizado de otro modo, lo cual puede va a generar más tráfico (pasajero se beneficia del viaje y de la nueva actividad realizada, pero puede afectar en términos de congestión y contaminación).

Por lo anterior, no es posible saber a priori si estos nuevos servicios ayudan a la ciudad a ser un espacio más sustentable y amigable con el medio ambiente, en términos de congestión, eficiencia energética, huella de carbono, entre otros. Es un tema abierto, aun cuando se reemplaza un viaje de un solo pasajero en vehículo (como conductor), existen efectos negativos. Por ejemplo, en términos de VKT, hay una cantidad adicional de kilómetros que debe recorrer el conductor de la aplicación, mientras espera un nuevo pedido, en la ida al punto de encuentro con el pasajero y después de terminada la jornada, de vuelta al destino del conductor.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Estimar las tarifas óptimas para los modos de transporte en Santiago de Chile, en particular de las plataformas ridesourcing (Uber/Cabify), mediante un modelo de tarificación y un estudio exhaustivo de los costos observados, esto con el fin de ayudar a las autoridades pertinentes en la toma de decisiones y como base para investigaciones futuras.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Extender la teoría de tarificación óptima de transporte, derivando un modelo para cuatro modos que incluya ridesourcing, tanto en primer mejor como segundo mejor.
- Calibrar de los parámetros necesarios para la aplicación numérica del modelo planteado.
- Generar recomendaciones para posibles políticas públicas en base al uso que se les brinda a estas alternativas. Si son sustituto o complemento para los medios de transporte convencionales.

1.4 Alcances

Por motivos del tiempo que dura la memoria y dificultad para conseguir esta información, quedará fuera del alcance de la memoria el análisis sobre los conductores de estas plataformas, punto en el cual se podía analizar información valiosa al observar las distancias recorridas con y sin pasajero, pudiendo analizar así, la eficiencia de su trabajo en términos de ganancias por hora y por distancia recorrida.

Mientras que geográficamente, el trabajo se enfocará en el uso que se les da a estas aplicaciones en la ciudad de Santiago, aludiendo a que se trata de un mercado más grande tras la incorporación de estos servicios en Chile.

2.- Marco teórico

En la actualidad, los pasajeros se encuentran con diferencias significativas en los precios ofrecidos por los taxis y los nuevos servicios de ridesourcing para un mismo viaje, aun cuando ambos prestan servicios sustitutos, esto debido en gran medida a la ausencia de una regulación adecuada dado el contexto nacional y a la mayor eficiencia en tiempo de los conductores que utilizan la tecnología de la plataforma. (Bennet y Zahler) [4]

2.1 Tarificación en transportes

La situación anterior puede parecer siempre mejor con respecto a las alternativas originales con las que se enfrentaban los usuarios, dado que son los mismos pasajeros quienes escogen el medio de transporte que utilizarán, maximizando su propio bienestar, pero esto no toma en consideración las pérdidas en mercado que sufren los otros medios, incluidos los taxistas.

Es necesario entonces preguntarse si el estado actual corresponde a un óptimo para la sociedad o, en otras palabras, si el excedente en bienestar obtenido alcanza para justificar las pérdidas sociales que se producen si existe un aumento en el tráfico vehicular.

Una herramienta utilizada frecuentemente en la literatura, para gestionar el problema de la congestión y las externalidades generadas por los medios de transporte, corresponde a la implementación de peajes o tarifaciones por el derecho a circular por las vías de la ciudad.

Con la finalidad de encontrar la tarifa adecuada para cada uno de los modos de transporte, se propondrá un modelo que incorpore las cuatro alternativas motorizadas más representativas del mercado que son: auto particular, servicio de buses (Transantiago), taxis y plataformas digitales tipo Uber o Cabify. No se incluirá en el análisis el impacto que juega el Metro de Santiago, puesto que este modo no utiliza las mismas vías que los otros modos en estudio y uno de los principales costos a analizar es el generado por la congestión en las calles.

En la literatura es posible encontrar modelos similares, por ejemplo Small y Verhoef (2007) [5] realizaron un modelo con 2 modos como alternativa, autos y buses, en el cual se detalla un método para determinar la tarifa óptima definiendo una ecuación para el bienestar social, la cual incorpora funciones de beneficios y costos, asociadas a cada modo. Por otro lado, Tirachini y Hensher (2012) [6] siguiendo la misma línea, plantearon un modelo para 3 modos, esta vez incorporando un modo no motorizado de transporte, que podía ser caminata, bicicleta u otro, a la vez que analizaban el efecto que tenían la frecuencia y la capacidad de los buses en la tarifa óptima a cobrar.

Es importante destacar que, al ser este trabajo basado en un modelo, corresponde a una interpretación simplificada de la realidad, en la cual serán necesarios varios supuestos, los que serán detallados en cada etapa del desarrollo de este trabajo. Uno de los primeros supuestos necesarios corresponde al definir si el modelo se enmarca en una política del primer-mejor precio (en donde todos los precios se igualan con los costos marginales) o en una política de tarificación de segundo-mejor. Bajo el supuesto del primer-mejor, se asume que no existen efectos externos, no hay bienes públicos, las firmas no tienen poder para afectar los precios, no existen impuestos o éstos son óptimos, no hay incertidumbre o asimetría en la información y no hay costos de transacción (Small y Verhoef, 2007). Sin embargo, los sistemas de transporte en la realidad no cumplen con todas estas condiciones, creando un resultado del segundo-mejor, debido a la existencia de restricciones y tarificación subóptima.

Aun así, ambos escenarios serán estudiados, puesto que presentan resultados dignos de discusión e interpretación.

2.1.1 Tarificación de Primer-mejor

Desde un punto de vista económico, las tarifas o precios a cobrar que permiten maximizar el bienestar social debiesen ser iguales a los costos marginales sociales, con tal de que se produzcan, o en este caso, se ejecuten viajes hasta que se igualen tanto beneficios, como costos marginales [5].

En el contexto del transporte es reconocido que, al establecer una función de costos para el estudio de la demanda y el bienestar social, se debe incluir el tiempo de viaje como un factor clave. Es en este punto que es importante declarar los costos generados por congestión por cada uno de los modos, y como interactúa con los otros modos dentro del sistema, lo que muchas veces en la realidad es difícil de medir, puesto que corresponde a una externalidad de los viajes realizados. En el caso del transporte público, un fenómeno que no se puede observar al considerar solo los costos del operador, sin los costos asociados a la espera, es el denominado “efecto Mohring” (Mohring, 1972) [7], que corresponde a la mejora general del sistema cuando se incrementa la frecuencia de los buses al aumentar la demanda por éstos, dado que se observaría una disminución en los costos medios de todos los pasajeros del transporte público, lo que incentivaría a su vez, a un mayor número de pasajeros a cambiarse a este modo, ya que resultaría más atractivo.

La tarifa del primer-mejor, es entonces, aquella que maximiza el bienestar social, que es igual a la suma de los beneficios del usuario, con los del operador. La solución del problema no restringido ha sido estudiado por Small y Verhoef [5], Tirachini y Hensher [6] entre otros y el resultado es conocido, la tarifa óptima por el transporte público es igual al total de los costos marginales sociales, menos el costo medio del usuario.

2.1.2 Tarificación de Segundo-mejor

El principal problema con la aplicación de la tarifa del primer-mejor, es que en general las condiciones ideales que se plantean no son alcanzadas en la realidad. Es por esto por lo que, a pesar de ser muy útil como herramienta de comparación (*benchmark*), los precios alcanzados con los modelos del primer-mejor poseen limitada validez en la práctica (Small y Verhoef, 2007). En particular en el caso de la tarificación por modos de transporte, se observa que los buses a menudo compiten con vehículos particulares sub-tarificados, lo cual hace necesario imponer una nueva restricción para determinar la tarifa óptima para el transporte público, utilizando la tarificación subóptima del automóvil como restricción.

En la literatura clásica de transporte, el argumento apunta a los siguiente: dado el bajo costo por circular en vehículo particular, existe un exceso de viajes en este modo; por lo tanto, una reducción a la tarifa del transporte público debería ser beneficioso para el sistema dado que atraería a una cierta cantidad de usuarios de auto hacia los buses que, dada su mayor eficiencia para transportar personas, reduciría el nivel de congestión y otras externalidades originadas por el tráfico, además de mejorar el sistema por economías de escala (Efecto Mohring). Una política que logra lo anterior,

de la forma más eficiente posible es denominada una política del segundo-mejor precio, originando una base teórica para subsidiar el transporte público [6].

2.1.3 El costo de la congestión

Como ya ha sido evidenciado anteriormente, uno de los costos más importantes al momento de tarifificar los distintos modos de transporte es el valor del tiempo de los usuarios, ponderado por el tiempo que pasan en el vehículo, es por esto por lo que, ante un incremento en el tiempo de viaje debido a la saturación de las vías, los afectados son todos los usuarios del sistema, independiente del modo de transporte que utilicen. El principal problema con la congestión es que en general, cada conductor internaliza los costos asociados a su viaje, mas no considera en los costos que agrega en el resto del sistema en términos de congestión. Dado que todos los conductores son afectados por este costo marginal, los costos marginales sociales, están por sobre los costos medios personales.

En un esfuerzo por monetizar esta externalidad, en la ciudad de Santiago, y en general en todas las ciudades importantes del mundo, se ha utilizado un modelo de transporte urbano, cuya función es entregar el valor por transitar por las distintas vías de la capital. Tal como se describe en el trabajo realizado por Rizzi y de la Mazza (2017) [8], estos modelos son calibrados mediante encuestas realizadas tanto a pasajeros como conductores, en la que el conteo tanto de vehículos como de personas transportadas es actualizada cada 10 años aproximadamente. En el caso particular de Santiago, este modelo utiliza una función BPR que relaciona el tiempo de viaje con el flujo vehicular observado, como en la ecuación 1:

$$t_a = t_a^0 \left(1 + \alpha \left(\frac{f_a}{k_a} \right)^\beta \right) \quad (1)$$

En donde t_a : tiempo de viaje en trayecto a , t_a^0 : tiempo de viaje en trayecto a sin congestión, también denominado tiempo a flujo libre, f_a : flujo vehicular en trayecto a , k_a : capacidad vial en trayecto a , mientras que los parámetros α, β son calibrados dependiendo de las características de cada trayecto. Cabe destacar que, en el caso del flujo vehicular, un auto particular o un vehículo utilizado para el transporte de pasajeros, ya sea taxi o ridesourcing, añade un vehículo a este flujo, mientras que los buses añaden un equivalente entre 2 y 3 de un vehículo particular dado su mayor tamaño.

2.1.4 Estimación de la demanda

Hasta ahora, se han descrito métodos para estimar tanto la tarifa como los costos que asumen los usuarios de transportes motorizados asumiendo una demanda dada, pero con la finalidad de encontrar una solución analítica se hace necesario estimar la demanda por los distintos modos de transporte de alguna forma. Para esto, esta memoria se basará en el trabajo realizado por Ahn

(2009)[9] sobre tarificación óptima bimodal de transporte (automóvil y bus) y se especificó una función de demanda:

$$P^i(q_A, q_B) = \sigma^i - \beta q^j - \gamma^i q^i \quad \text{para } i, j = A, B ; i \neq j \quad (2)$$

Mientras q_A y q_B representan las demandas por autos y buses respectivamente, las letras griegas σ , β y γ son parámetros que moldean como interactúan estas demandas en el mercado, qué tan alta es la sustitución entre los mismos o qué tan atractivas son cada alternativa por sí solas, por ejemplo.

Esta demanda de tipo lineal es alcanzada tras derivar la siguiente función de utilidad:

$$u(q_A, q_B) = \sigma_A q_A + \sigma_B q_B - \beta q_A q_B - \left(\frac{1}{2}\right) (\gamma^A (q^A)^2 + \gamma^B (q^B)^2) \quad (3)$$

Con las herramientas anteriormente descritas, se buscará generalizar el modelo a cuatros modos y estimar las particiones modales óptimas y las tarifas asociadas a ese equilibrio.

2.2 La regulación de los taxis

Para comenzar, es importante entender que hasta fines de los 90, la actividad de los taxistas era de libre entrada, esto quiere decir, que bastaba con comprar un auto, pedir un permiso para operar transportando público y podían comenzar a trabajar. Esta misma libre competencia gatilló la idea de limitar el parque de taxis (regulación que fue aprobada el año 1998), en parte porque beneficiaba a los mismos taxistas; que experimentarían menos amenaza de parte de los entrantes; como a las autoridades, que argumentaban buscar la disminución de la contaminación ambiental, la congestión vehicular y la sobreoferta de los servicios que prestan las distintas modalidades de taxi.

Esta regulación no estuvo exenta de polémicas, dado que se argumentaba que los parlamentarios habían generado una disminución en la competencia, por lo que los taxistas podrían rentar gracias a esta escasez. Desde la regulación, el parque ha permitido solo dos veces la entrada de nuevos taxis básicos (250 cada vez) y una vez para dejar entra 750 taxis ejecutivos. Era previsible entonces que, dado que la demanda es mayor, aquellos que obtuvieron un permiso gratis lo comenzaran a transar a aquellos que querían entrar a este mercado a un precio cada vez mayor.²

Gracias lo anterior, los taxistas se encontraron con un valioso patrimonio en sus manos, el cupo de taxi vigente permitía gozar de una industria cerrada a la entrada de nuevos competidores y a la innovación, por lo que su precio ha crecido aparatosamente con el pasar de los años. Si al año 2005, los permisos se transaban por \$400.000-\$800.000 cada uno, a fines de 2010, este cupo había subido a \$6.5 millones.

² <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=243577>

Estas licencias alcanzaron su máximo el año 2013, momento en el cual se podían encontrar precios de hasta \$13 millones (en parte debido al mal funcionamiento del servicio de transporte público, Transantiago). En la Figura 4, se puede observar el efecto en el precio de las licencias antes y después de la incorporación del nuevo servicio de buses (Gallego, Montero y Salas, 2013) [10].

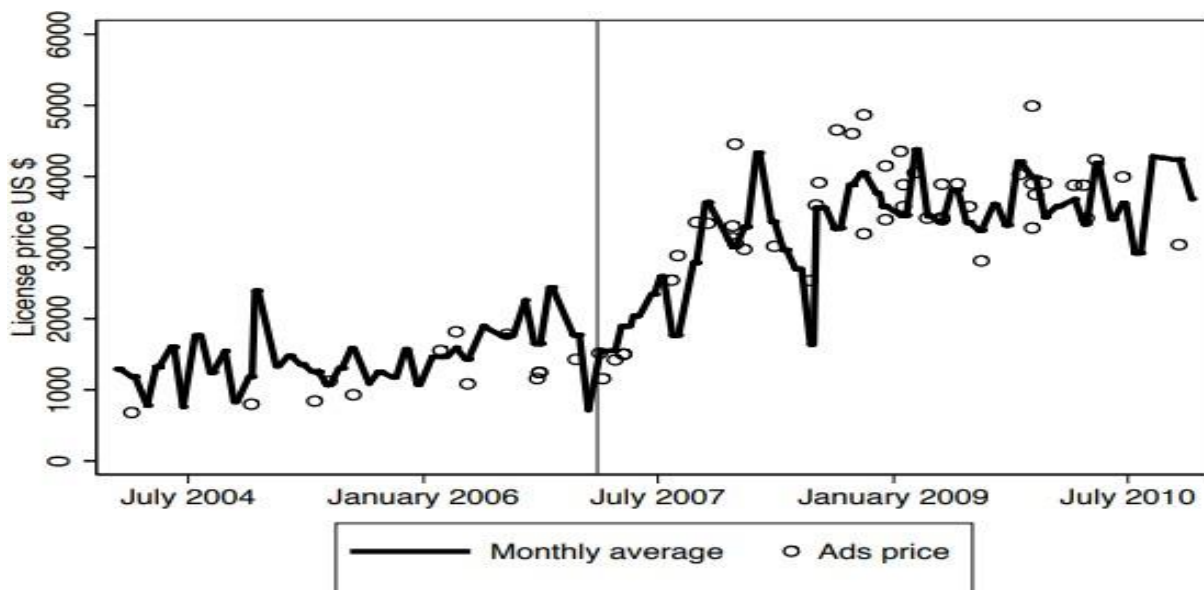


Figura 4: Precios licencias de taxi en Santiago (Fuente: Gallego, Montero y Salas, 2013)

Es de esta forma que el negocio de ser taxi y transar con la licencia se iba volviendo cada vez más atractivo durante estos años, lo que generó que más personas invirtieran en este mercado cerrado que se había generado. Lo que no habían considerado en estas inversiones, es que aparecerían nuevos competidores en este mercado.

La entrada de Uber en el mercado chileno se podría entender como un efecto inverso al de la incorporación del Transantiago, generando una devaluación de las licencias, y posteriormente la molestia de los taxistas que vieron reducido su mercado y depreciado su patrimonio.

3.- Revisión bibliográfica

El rápido crecimiento de las economías compartidas ha generado un aumento en los estudios académicos intentando explicar cómo han evolucionado tanto y también predecir hasta donde pueden llegar. En el caso particular del transporte, aparecen nuevos términos para describir estos servicios a nivel mundial, en donde *ridesharing*, *ride-sourcing* y *ride-hailing* son los más frecuentes en la literatura. La distinción entre ellos es sutil, pero diferencia con claridad a las distintas compañías presentes en el mercado.

El término que más se diferencia de los otros es el *ridesharing*, el cual hace referencia al compartir el vehículo con otros pasajeros y es un tipo de servicio que aún no ha tomado fuerza en el mercado

nacional. En el caso de *ride-sourcing* y *ride-hailing* se utilizan como sinónimos para referirse al servicio de plataformas como Uber y Cabify.

El servicio de *ridesourcing* se describe como el emparejamiento entre pasajeros y conductores vía aplicaciones móviles las cuales, dadas las nuevas opciones que brinda la tecnología, obtienen ventajas competitivas en rapidez de servicio y seguridad, entre otras, con respecto a su competidor más directo que es el taxi. Es también frecuente observar menores tarifas que los taxis, debido a la ausencia de una regulación con respecto a las plataformas digitales y a la ventaja tecnológica de la mayor eficiencia en el uso del tiempo provista por la aplicación que asigna usuarios a los conductores, ahorrándoles el tiempo de búsqueda.

3.1 Ridesourcing en Chile y Uber

La compañía más representativa de este modelo de negocios en gran parte del mundo, y en particular en Chile, es Uber (CNP, 2018) [11]. Uber es una empresa norteamericana enfocada en soluciones tecnológicas fundada el año 2009, quienes crearon una aplicación para los smartphones cuyo fin era conectar a pasajeros con conductores (a quienes denominan socios), con el fin de compartir el vehículo y se encargaba de valorizar y ejecutar el pago por el viaje.

Para usar Uber, el pasajero debe descargar la aplicación en su celular, la cual es gratis y no pide requisitos como el ingreso de tarjeta de crédito (como Cabify), pero sí pide la ubicación del usuario vía GPS. Cuando se está buscando por transporte, el usuario abre la aplicación y observa algo similar a lo que aparece en la Figura 5.

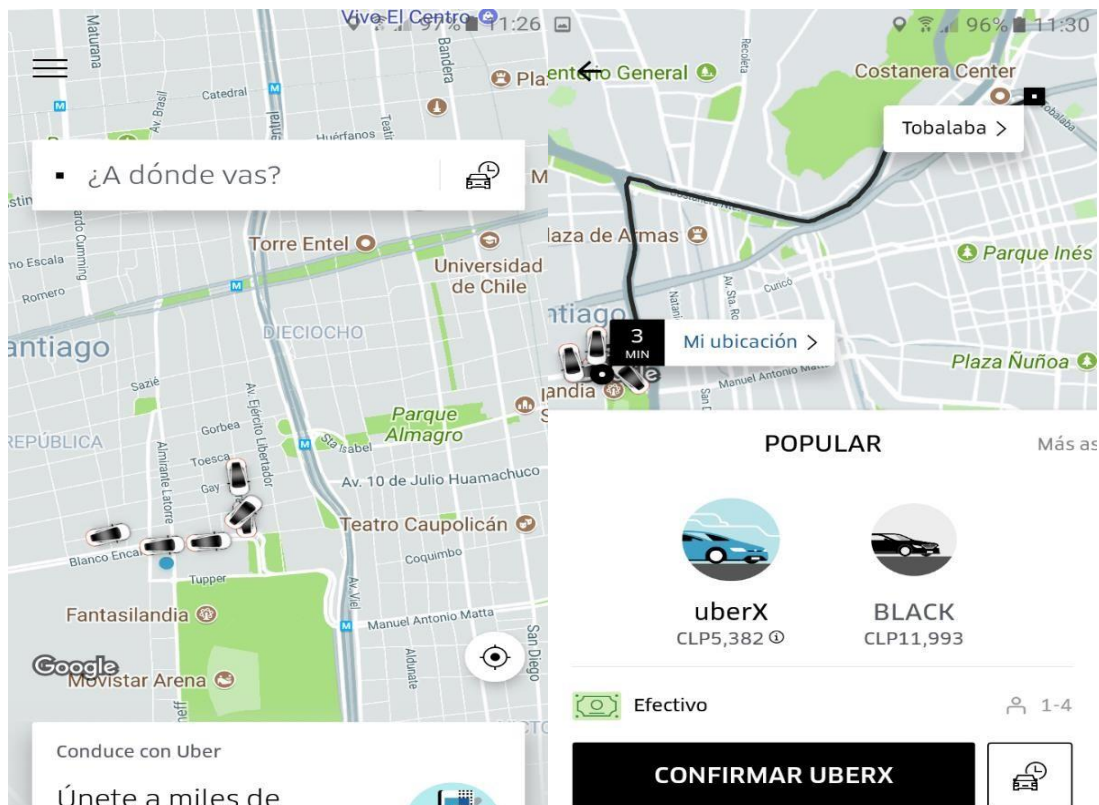


Figura 5: Interfaz plataforma Uber (Capturas pantalla de celular)

Dada la alta demanda alcanzada, Uber ha ido adaptando su servicio a través del tiempo, uno de estos cambios ocurre el año 2015, cuando incorpora el concepto de tarifa dinámica, en la cual el precio del viaje estaba sujeto a la demanda por parte de los usuarios y a la cantidad de conductores disponibles para realizar los trayectos. Es así como, para un viaje particular, un consumidor podía observar desde el precio base (al cual se le denomina precio “1,0x”) hasta un precio 5 veces mayor o superior, dependiendo de las condiciones del mercado local (Cohen y otros, 2016)[12].

Otro de los cambios, sucede tras sus primeros años, al ver los buenos resultados, la compañía decidió diversificar su producto, apuntando a nuevos nichos (originalmente el servicio de Uber apuntaba a ser un taxi de lujo), es así como es posible en la actualidad escoger el tipo de vehículo y servicio que más acomode al cliente. En este sentido, se ofrecen vehículos que ofrezcan mayor confort (UberBLACK), con más asientos (XL, SUV y UberKIDS) o, si así lo prefiere el cliente, el servicio más básico posible, que tiene un precio más bajo (en Chile es UberX).

Gracias, en parte, a estas modificaciones lograron aumentar sus números dramáticamente los últimos años, tanto en volumen como en alcance geográfico. Un ejemplo de lo anterior se puede observar en la Figura 6, en la cual se puede observar cómo aumentó la cantidad de viajes realizados en Uber, en la ciudad de Nueva York, entre los años 2015 y 2016.

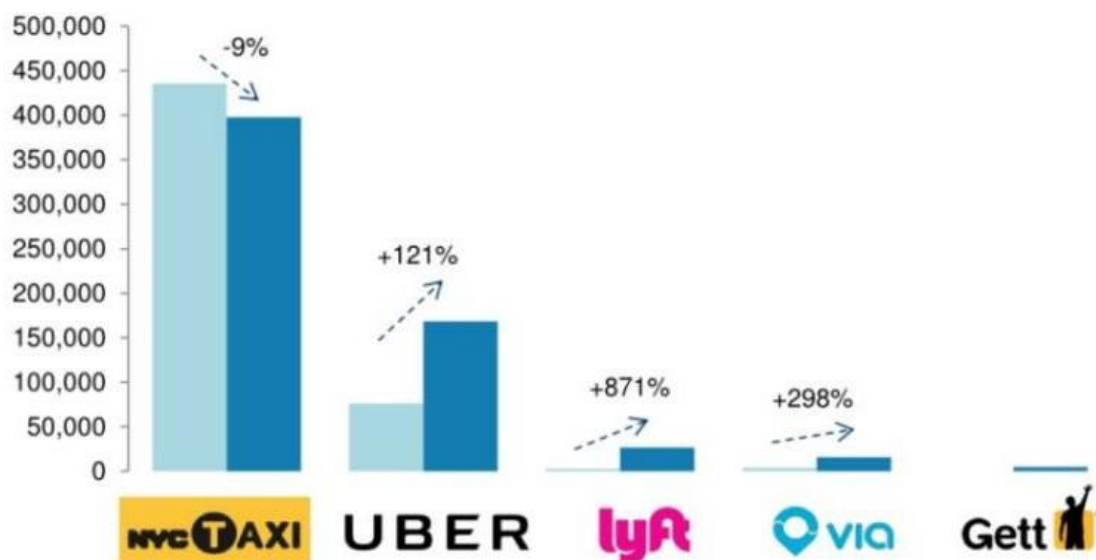


Figura 6: Promedio diario de viajes realizados por cada medio - Abril 2015 vs Abril 2016 (Source: Morgan Stanley Research, 2016)

En el caso de Chile, no se tiene el número exacto de viajes realizados por Uber, pero sí se posee el número de inscritos, cantidad que la misma empresa ha declarado. Teniendo en cuenta que este servicio llega a Chile a principios del 2014, para marzo de 2016 ya habían alcanzado en número a la cantidad de taxistas en Santiago (cabe decir que el parque de taxis se encuentra congelado en Chile y que solo en Santiago, se concentran alrededor de 25 mil taxistas).³ Para mayo de 2017,

³ <https://www.latercera.com/noticia/inscritos-en-uber-ya-superan-numero-de-taxis-de-santiago/>

Uber se extendió al resto del país (al menos 20 ciudades), alcanzando más de 50 mil choferes, mientras que el número de taxistas no superan los 45 mil. (nuevamente la cantidad de conductores Uber es la señalada por la misma empresa)⁴

En un trabajo realizado por Tirachini y Gómez-Lobo (2017) [13], se buscó determinar el efecto que tenía el uso de plataformas digitales en la cantidad total de kilómetros recorridos en la ciudad de Santiago. Para ello, se realizó una encuesta online, realizada entre los días 11 y 20 de enero de 2017, junto con información de otros estudios para plantear un modelo que ayudara a entender los patrones de uso de Uber en Chile. Del total de las 1600 encuestas correctamente completadas, un 91% correspondían a personas que residen en la ciudad de Santiago.

Las personas que respondieron esta encuesta tendían a poseer mayores ingresos que el promedio y a vivir en hogares que poseían al menos un vehículo. Sobre un 70% de los encuestados poseía al menos un vehículo, mientras que menos de un 40% de la población total cumple con esta característica. Dentro de la encuesta se intentó clasificar a los usuarios, en función de cuánto usan estos servicios. Se crearon 3 categorías, frecuencia baja, media y alta. Baja apunta a aquellos que han usado solo unas veces la aplicación, media para quienes la usan un par de veces al mes y alta para aquellos que la utilizan todas las semanas. Haciendo un cruce de estas dos características se puede observar en la Figura 7, cómo aumenta la intensidad del uso de la aplicación, a medida que aumenta el ingreso.

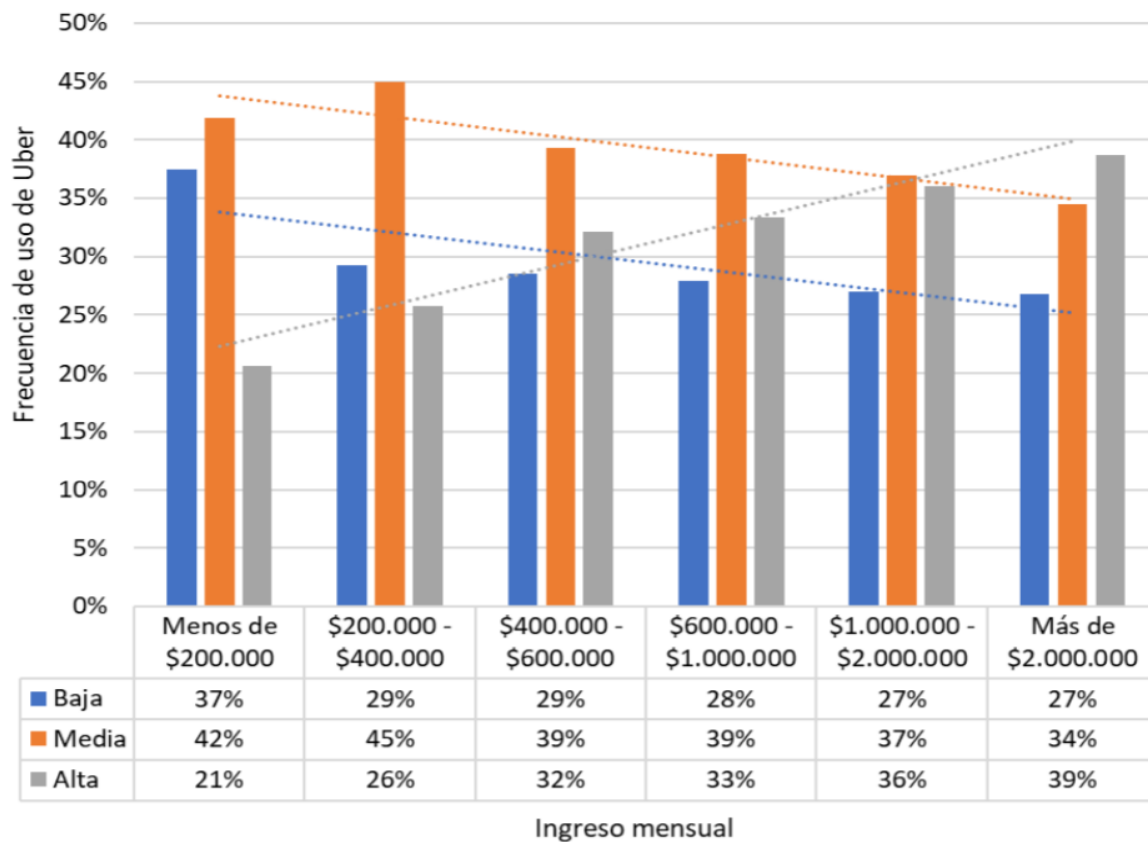


Figura 7: Frecuencia de uso vs Ingreso mensual (Fuente: Tirachini y Gómez-Lobo, 2017)

⁴ <https://www.latercera.com/noticia/conductores-uber-se-duplican-ano-logran-superar-taxistas/>

Sus resultados indicaron que, a menos que las aplicaciones de ridesourcing incrementen sustancialmente el promedio de utilización en los viajes y se convierta en un viaje compartido (carpool), el impacto es un aumento en la cantidad total de kilómetros recorridos.

Por otro lado, se les preguntó por el motivo para usar Uber, por sobre otros medios de transporte, siendo capaces los encuestados de marcar más de una opción. La Figura 8 muestra que las respuestas que más se repitieron fueron: la facilidad de pago, el costo del viaje y la transparencia tanto del monto a cobrar, como de la identidad y desempeño del conductor.

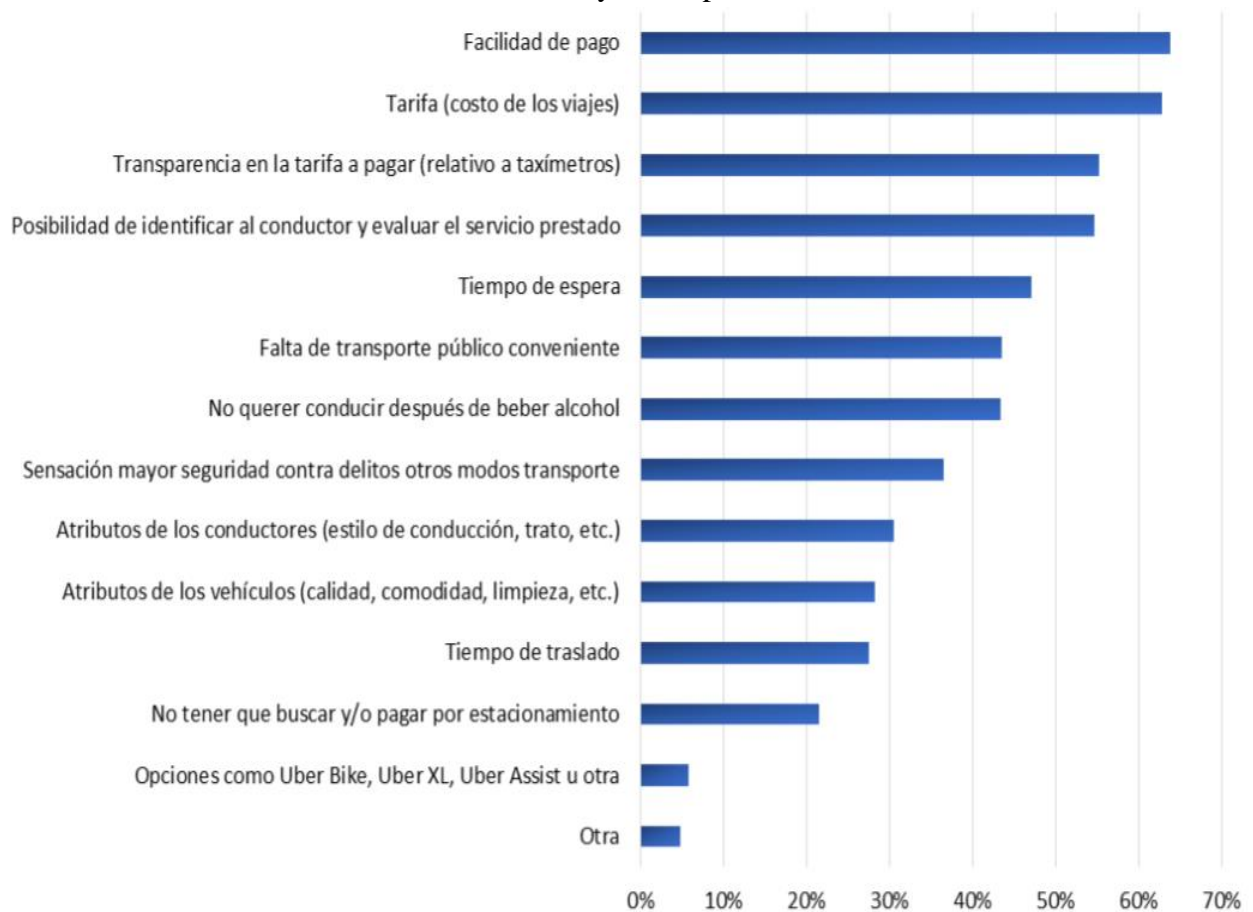


Figura 8: Razones para usar Uber (se podía escoger más de una opción). Fuente: Tirachini y Gómez-Lobo, 2017.

Otro trabajo que intentó esclarecer el panorama nacional fue el realizado por la Comisión Nacional de productividad en conjunto con la Fundación Chile (2018) [11], en este se encuestaron a 1.552 personas y se les preguntó acerca de su conocimiento y uso de las plataformas, además de información socioeconómica que permitió caracterizar a los entrevistados. Mientras que un 39,1% de los usuarios decía conocer o haber escuchado hablar de una plataforma, el 98% se refería a Uber.

Luego de diferenciar a los usuarios en frecuentes y esporádicos, se les caracterizó en función de su edad y la frecuencia con la que utilizaban la aplicación. En la Figura 9 se puede observar que más de la mitad de los usuarios frecuentes se encuentra en los grupos etarios más jóvenes, lo que hace pensar que existe una barrera tecnológica relativa a la edad, o que al menos la adopción en el público joven fue más sencilla. Por otro lado, en la Figura 10 se puede observar con qué frecuencia

utilizan los clientes frecuentes las aplicaciones, mientras las tendencias son similares se puede distinguir una mayor utilización en los clientes menores a 50 años, con respecto a los mayores.

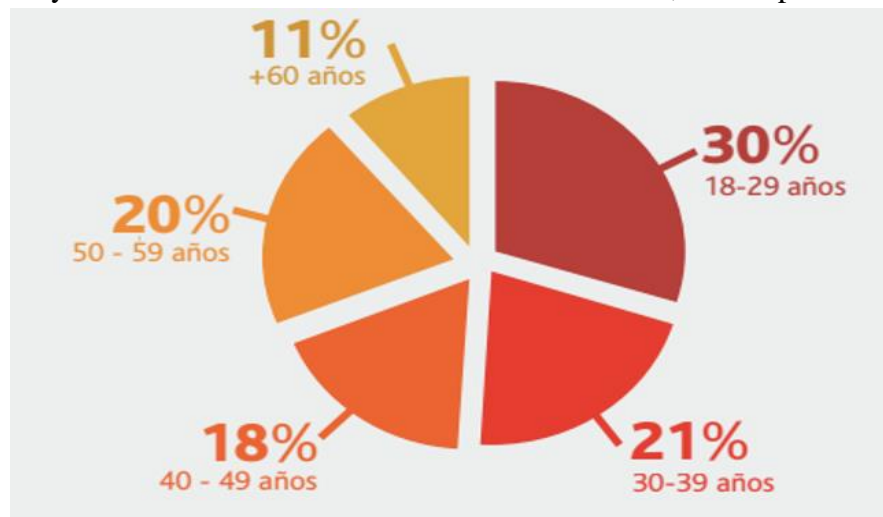


Figura 9: Distribución de usuarios frecuentes según tramos etarios (Fuente: CNP, 2018)

EDAD	2 A 4 VECES	5 A 8 VECES	8 O MÁS VECES
18-19 años	66%	23%	11%
30-39 años	64%	23%	13%
40-49 años	62%	24%	13%
50-59 años	74%	19%	7%
+60 años	75%	20%	5%
Total	68%	22%	10%

Figura 10: Usuarios frecuentes por edad y frecuencia de uso de la plataforma al mes (Fuente: CNP, 2018)

Por último, se consultó por los días de la semana en los que más utilizaban la aplicación los usuarios frecuentes. Del total de las menciones, el 75% correspondían a días de fin de semana, siendo el sábado (35,9%) y el viernes (28,3%) los más mencionados. Esta evidente diferencia en el uso de la aplicación podría señalar que, al menos en los usuarios frecuentes, el uso preferente está más relacionado a hacer vida social sin la obligación de utilizar auto particular o Transantiago, que a la vida laboral.

3.2 Regulaciones en distintas ciudades en el mundo

Variados son los esfuerzos que se han realizado para regular los servicios de ride-sourcing en el mundo. Entre ellos podemos encontrar restricciones al número de vehículos en las calles (Sao Paulo), conductores registrados y sin antecedentes criminales (Toronto y México DF), impuestos

extra por ofrecer sus servicios, entre otros. Además, se han visto distintas políticas respecto a la seguridad que se le debe ofrecer al cliente, por un lado, hay países que obliga a la compañía a poseer un seguro en caso de accidentes, existen otros casos en los cuales se les ha permitido transitar libremente, aludiendo que favorece la libre competencia.

A continuación, en la Tabla 1 se puede observar un resumen de las regulaciones que se han introducido en aquellos países en los cuales se legalizó Uber (y en algunos países, todas las plataformas de ride-sourcing)

Ciudad	Estado	Fecha	Conductores	Restricciones	Impuesto
Mexico DF	Legal	2015	Registrados	Seguro	1,5% ganancias
Londres	Legal/Ilegal	2012/2017	Registrados	Libre	-
Singapur	Legal	2012	Registrados	Libre	-
Sao Paulo	Legal	2015	Curso online	Max: 5000 autos	0,1 reales /km
Río de Janeiro	Legal	2014	-	-	-
Toronto	Legal	2016	Registrados	Seguro	0,3 C\$/viaje
ACT	Legal	2015	Registrados	Seguro	-
New South W	Legal	2015	Registrados	Seguro	-
South Australia	legal		Registrados	Seguro	-
Massachusetts	Legal	2016	-	Seguro	0,2 US\$/viaje

Tabla 1: Condiciones exigidas para legalizar Uber en el mundo (Elaboración propia)

El caso particular de Londres⁵ (el mercado más importante para Uber en Europa) resulta llamativo dado que comenzó siendo legal desde su aparición hasta el año 2017, momento en el cual suspendieron su licencia para operar durante 9 meses, dado que se les acusaba de falta de responsabilidad corporativa. Entre sus faltas destacaban su poco control sobre los antecedentes criminales de los conductores, mala gestión en caso de accidentes y el particular contrato que tenía con los trabajadores (denominarlos socios y no trabajadores para ahorrarse posibles dificultades). Uber recurrió a esta decisión y comprometiéndose a cambiar sus malas prácticas consiguió un permiso para operar durante 15 meses, en los cuales estará bajo estricta revisión de las autoridades.

Mientras que en Sao Paulo se implementó una categoría de tipo taxi, en la cual se incluirían los servicios de Uber, las cuales tendrían un límite de 5000 automóviles⁶ en las calles como máximo, esto causo represalias por parte de la compañía, dado que no consideraban que su servicio fuera el mismo que el del taxi. El problema fue que resultaba difícil medir la efectividad de esta medida, dado lo hermético de la empresa con sus datos y la ausencia de un control estricto con los vehículos inscritos. Por lo mismo, a principios del año 2018 las autoridades de Sao Paulo⁷ decidieron implementar un curso online (CONDUAPP) de 16 horas con contenido similar al necesario para

⁵ https://elpais.com/economia/2018/06/26/actualidad/1530031017_900543.html

⁶ <https://www.reuters.com/article/us-uber-tech-brazil-sao-paulo/sao-paulo-mayor-proposes-regulations-for-uber-avoiding-ban-idUSKCN0S22QG20151008>

⁷ <https://www.zdnet.com/article/sao-paulo-toughens-rules-for-uber-drivers/>

obtener la licencia de taxista, además de un registro oficial de los conductores y de los automóviles a utilizar.

3.3 Cambios en el comportamiento observados en Estados Unidos

En un estudio realizado en 7 de las ciudades más grandes de los Estados Unidos (Boston, Chicago, Nueva York, Seattle, Washington D.C., Los Angeles y San Francisco) realizado por Clewlow y Mishra (2017) [14], entre los años 2014 y 2016, se intentó dilucidar la magnitud de la adopción temprana de ridesourcing y los cambios provocados en el comportamiento de los pasajeros. Entre los efectos más destacados se encuentran:

- 21% de los adultos (18-65 años) han solicitado personalmente un viaje en ridesourcing.
- 9% ha viajado gracias a este servicio, pero no posee la app en su celular.
- 24% de los que han adoptado este medio, declaran utilizarlo con frecuencia en la semana.
- 37% de las personas que poseen auto y utilizan este servicio, consideran el costo/dificultad de estacionarse como el motivo más importante para cambiarse de medio.
- En segundo lugar (con 33%), se encuentra el evitar conducir y tomar alcohol.
- 4% de personas mayores de 65 años declaró haber usado la aplicación, porcentaje que se eleva a un 36% en personas entre los 18-65 años.
- Personas con mayor educación y poder adquisitivo, duplican en uso de estas tecnologías a aquellos con menor educación/ingresos.
- 91% de aquellos que usan estos servicios, aseguran no haber cambiado de idea acerca de obtener un auto o no.
- Los usuarios que utilizan estas apps y que además usan transporte público, muestran más posibilidades de poseer un auto que aquellos que usan solo usan transporte público: 52% vs 46%. En la misma línea, las personas que solo usan TP no poseen auto en su hogar en mayor porcentaje (41%), que aquellos que usan TP y aplicaciones (30%)

Por otro lado, en un estudio realizado por Rayle y otros (2016) [15] en base a encuestas, se estimó que el efecto de utilizar plataformas de ridesourcing no tiene un efecto concluyente sobre la posesión de vehículo personal. Además, estudiaron las diferencias que tenían el uso de las plataformas digitales, con respecto al uso que se le da al taxi, los resultados se presentan a continuación:

Encuesta plataformas ridesourcing		
Propósito del viaje	Respuestas	Porcentaje
Social u Ocio	213	67%
Trabajo	52	16%
Desde/Hacia Aeropuerto	13	4%
Compras	8	3%
Colegio	3	1%
Otros	16	5%
Desde/Hacia tránsito	15	5%
n	320	

Tabla 2: Motivos para viajar en modos ridesourcing

Encuesta Taxi		
Razones más comunes para utilizar taxi	Usa taxi al menos una vez a la semana	Usa taxi menos de una vez a la semana
Salir en la noche	45%	46%
Trabajo	27%	7%
Desde/Hacia Aeropuerto	23%	34%
Compras	14%	15%
Necesidades extras del trabajo	11%	9%
Medicas	6%	4%
Evitar necesidad de estacionamiento	3%	10%
Inconvenientes con el tránsito	2%	10%
Problemas con el vehículo particular	1%	10%
n	94	376

Tabla 3: Motivos para viajar en taxi, frecuentes vs esporádicos

Mientras para ridesourcing el principal uso corresponde al social o por motivos de placer, los usos del taxi se distribuyen entre viajes de noche (sociales), trabajo y viajes desde o hacia el aeropuerto. Estos resultados coinciden en parte con los encontrados para Chile antes descritos de la CNP (2018), dado que el principal uso que se les daba a estas plataformas correspondía a días de fin de semana.

Otro hallazgo de este trabajo que vale la pena mencionar es que se señala que la mayoría de los viajes en ridesourcing hubieran tomado al menos el doble del tiempo de haber sido realizados en transporte público. Debido a esto, creen que es poco concluyente los efectos en congestión que tienen las aplicaciones, puesto que: se crean nuevos viajes, y mientras hay reemplazo de viajes de auto particular a ridesourcing, existen viajes que pudieron haber sido realizado en bus son realizados en modos menos eficientes.

En cuanto a las características socioeconómicas de los usuarios, los hallazgos coinciden entre los distintos trabajos realizados. Estos señalan que el uso de estas aplicaciones aumenta con tanto los

niveles de ingresos (Tirachini y Gómez Lobo (2017), Alemi y otros[16]), como con los años de escolaridad de los usuarios (Rayle y otros (2016), Circella y otros (2018) [17]). Además de tener una mayor utilización entre los grupos etarios más jóvenes.

Una de las mayores ventajas declaradas por los usuarios para elegir ridesourcing por sobre el taxi, corresponde al tiempo de espera asociado, además de poseer una tarifa, en general, más conveniente. Por otro lado, la preferencia por usar su propio vehículo resulto ser el factor más determinante para no adoptar las nuevas tecnologías como medio de transporte, (Circella y otros, 2018)

4.- Modelación: maximización del bienestar social

En este capítulo se presenta el modelo de maximización de bienestar social desarrollado en esta memoria, con el fin de estimar la tarificación óptima de diversos modos de transporte incluyendo ridesourcing. En éste se extiende el modelo utilizado por Small y Verhoef [5] y Tirachini y Hensher [6], se asume una demanda conjunta a partir de las cantidades (q_a, q_b, q_e y q_r), que representan la cantidad de viajes por unidad de tiempo realizados en automóvil particular, transporte público, taxis y servicios ridesourcing, respectivamente y una función de beneficio de la forma: $B(q_a, q_b, q_e, q_r)$, que denota el beneficio obtenido por el consumidor, a partir de su disposición a pagar por esta combinación particular de viajes (q_a, q_b, q_e, q_r).

Una propiedad muy útil de esta función $B(\cdot)$, es que la demanda inversa por cada tipo de modo de transporte viene dada por la derivada parcial correspondiente de la función de beneficio, es decir:

$$d_k(q_a, q_b, q_e, q_r) = \frac{\partial B(q_a, q_b, q_e, q_r)}{\partial q_k}, \quad k = a, b, e, r. \quad (4)$$

Por otro lado, se define C_k y c_k como las funciones de costo total y costo promedio para cada modo i , de forma que $C_k = q_k c_k$.

Considerando que los costos de cada modo de transporte se pueden descomponer en costos para los usuarios $c_{u,i}$ (tiempo de acceso, tiempo de espera y tiempo de viaje) y para los operadores $c_{o,i}$ (costo de proveer el servicio, que varía según el modo de transporte); se obtiene:

$$c_i = c_{u,i} + c_{o,i}, \quad i = b, e, r. \quad (5)$$

Notar que no se incluye el modo auto particular, principalmente porque no hay tiempo de espera o de acceso, pero el principio es el mismo para el tiempo de viaje y su costo asociado.

Para el automóvil particular, el costo del viaje está dado por el tiempo en vehículo más el costo operacional.

En el equilibrio, el beneficio marginal se iguala al precio generalizado de transporte, $c_a + \tau_a$ y $c_{u,i} + \tau_i$ para autos y los distintos proveedores de transporte (bus, taxi, ridesourcing), donde τ_a corresponde al cobro de peaje por uso de las vías y τ_i corresponde a las distintas tarifas de los distintos servicios de transporte:

$$\frac{\partial B}{\partial q_a} = c_a + \tau_a, \quad \frac{\partial B}{\partial q_i} = c_{u,i} + \tau_i \quad (6)$$

Definiendo la función de bienestar social SW como la diferencia entre el beneficio percibido por la cantidad de viajes en cada modo y el costo medio de cada modo por la cantidad de viajes realizados, se obtiene lo siguiente:

$$SW = B(q_a, q_b, q_e, q_r) - q_a c_a(q_a, q_b, q_e, q_r) - q_b c_b(q_a, q_b, q_e, q_r) - q_e c_e(q_a, q_b, q_e, q_r) - q_r c_r(q_a, q_b, q_e, q_r) \quad (7)$$

Con el fin de encontrar las tarifas que permiten maximizar este bienestar social es que se propone el siguiente problema de optimización:

4.1 Tarificación de primer mejor

$$Max SW = B(q_a, q_b, q_e, q_r) - q_a c_a(q_a, q_b, q_e, q_r) - q_b c_b(q_a, q_b, q_e, q_r) - q_e c_e(q_a, q_b, q_e, q_r) - q_r c_r(q_a, q_b, q_e, q_r) \quad (8)$$

$$sujeto a F_r f_r \theta_r \geq q_r \quad (9.a)$$

$$F_e f_e \theta_e \geq q_e \quad (9.b)$$

$$F_b f_b \theta_b \geq q_b \quad (9.c)$$

En donde los parámetros a utilizar son:

θ_i = tasa de ocupación promedio, que corresponde al promedio de pasajeros transportados por cada modo ($i = b, e, r$)

f_i = frecuencia, que corresponde al promedio de vehículos de cada modo por unidad de tiempo.

F_i = factor de ajuste, que incorpora un castigo por tamaño a los buses.

Mientras las restricciones aseguran que se cumplan las restricciones de capacidad, es decir que la oferta debe ser capaz de suplir la demanda, o al menos igualarla, no se puede transportar más personas que la capacidad máxima.

La variable con respecto a la cual se optimizará el bienestar social serán las tarifas que deben pagar los usuarios por los distintos modos de transporte, las cuales serán denominadas τ_a, τ_b, τ_e y τ_r .

Para resolver la maximización propuesta (8), se propone la función de Lagrange L dada por:

$$\begin{aligned}
L = & B(q_a, q_b, q_e, q_r) - q_a c_a(q_a, q_b, q_e, q_r) - q_b c_b(q_a, q_b, q_e, q_r) \\
& - q_e c_e(q_a, q_b, q_e, q_r) - q_r c_r(q_a, q_b, q_e, q_r) + \lambda_b [F_b f_b \theta_b - q_b] \\
& + \lambda_e [F_e f_e \theta_e - q_e] + \lambda_r [F_r f_r \theta_r - q_r]
\end{aligned} \tag{10}$$

Con $\lambda_r, \lambda_e, \lambda_b$ los multiplicadores de Lagrange asociados a las restricciones (9.a, 9.b, 9.c), respectivamente.

Las condiciones de primer orden son las siguientes:

$$\frac{\partial L}{\partial q_a} = \frac{\partial B}{\partial q_a} - c_a - q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_a} - q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_a} - q_e \frac{\partial c_e}{\partial q_a} - q_r \frac{\partial c_r}{\partial q_a} = 0 \tag{11.a}$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_b} = \frac{\partial B}{\partial q_b} - c_b - q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_b} - q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_b} - q_e \frac{\partial c_e}{\partial q_b} - q_r \frac{\partial c_r}{\partial q_b} + \lambda_b = 0 \tag{11.b}$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_e} = \frac{\partial B}{\partial q_e} - c_e - q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_e} - q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_e} - q_e \frac{\partial c_e}{\partial q_e} - q_r \frac{\partial c_r}{\partial q_e} + \lambda_e = 0 \tag{11.c}$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_r} = \frac{\partial B}{\partial q_r} - c_r - q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_r} - q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_r} - q_e \frac{\partial c_e}{\partial q_r} - q_r \frac{\partial c_r}{\partial q_r} + \lambda_r = 0 \tag{11.d}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_b} = F_b f_b \theta_b - q_b = 0 \tag{12.a}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_e} = F_e f_e \theta_e - q_e = 0 \tag{12.b}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_r} = F_r f_r \theta_r - q_r = 0 \tag{12.c}$$

A partir de las igualdades (11d) y (6) se tiene:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial L}{\partial q_r} &= \frac{\partial B}{\partial q_r} - c_r - q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_r} - q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_r} - q_e \frac{\partial c_e}{\partial q_r} - q_r \frac{\partial c_r}{\partial q_r} + \lambda_r = 0 \\
\frac{\partial L}{\partial q_r} &= c_{u,r} + \tau_r - c_{o,r} - c_{u,r} - q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_r} - q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_r} - q_e \frac{\partial c_e}{\partial q_r} - q_r \frac{\partial c_r}{\partial q_r} + \lambda_r = 0
\end{aligned}$$

Es así como se obtiene la tarifa descrita en (13.a) y aprovechando la simetría del problema se obtienen tarifas óptimas de primer mejor para cada uno de los modos.

$$\tau_r = c_{o,r} + q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_r} + q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_r} + q_e \frac{\partial c_e}{\partial q_r} + q_r \frac{\partial c_r}{\partial q_r} \quad (13.a)$$

$$\tau_a = q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_a} + q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_a} + q_e \frac{\partial c_e}{\partial q_a} + q_u \frac{\partial c_u}{\partial q_a} \quad (13.b)$$

$$\tau_b = c_{o,b} + q_b \frac{\partial c_a}{\partial q_b} + q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_b} + q_e \frac{\partial c_e}{\partial q_b} + q_r \frac{\partial c_u}{\partial q_b} \quad (13.c)$$

$$\tau_e = c_{o,e} + q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_e} + q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_e} + q_e \frac{\partial c_e}{\partial q_e} + q_r \frac{\partial c_u}{\partial q_e} \quad (13.d)$$

Las tarifas encontradas corresponden al impuesto pigouviano para cada medio, sumado en este caso a los costos marginales en los otros medios provocados por la demanda del primero, que se pueden interpretar como una internalización de los costos por parte de los operadores de los servicios (0 en el caso del auto particular), sumado a las externalidades generadas por cada modo, en el resto de los modos y en los de su mismo tipo.

Esta tarifa corresponde a la tarifa óptima, en condiciones ideales, sin restricciones de sub-optimalidad. En la práctica, una tarificación óptima de ridesourcing se inserta en un mundo en que el automóvil suele estar subtarificado, característica que debe replicarse matemáticamente de forma que el modelo absorba este fenómeno, esto es posible igualando $\tau_a = \mathbf{0}$ como restricción del problema como se muestra a continuación. Además, las tarifas de taxis y transporte público se estiman con criterios distintos a los de optimalidad enunciado en las ecuaciones (13). Por esto, es necesario resolver un problema de segundo mejor que se haga cargo de las restricciones observadas.

4.2 Tarificación de segundo mejor

Ahora podemos resolver el mismo problema asumiendo que no hay tarificación para los autos, es decir, $\tau_a = \mathbf{0}$ y que las tarifas de buses y taxis son conocidas y con valores $\tilde{\tau}_b$ y $\tilde{\tau}_e$, respectivamente. Para ello se plantea nuevamente la función de Lagrange L dada por:

$$\begin{aligned}
L = & B(q_a, q_b, q_e, q_r) - q_a c_a(q_a, q_b, q_e, q_r) - q_b c_b(q_a, q_b, q_e, q_r) \\
& - q_e c_e(q_a, q_b, q_e, q_r) - q_r c_r(q_a, q_b, q_e, q_r) + \lambda_b [F_b f_b \theta_b - q_b] \\
& + \lambda_e [F_e f_e \theta_e - q_e] + \lambda_r [F_r f_r \theta_r - q_r] + \gamma_a \left(c_a - \frac{\partial B}{\partial q_a} \right) \\
& + \gamma_b \left(c_{u,b} + \widetilde{\tau}_b - \frac{\partial B}{\partial q_b} \right) + \gamma_e \left(c_{u,e} + \widetilde{\tau}_e - \frac{\partial B}{\partial q_e} \right) \\
& + \gamma_r \left(c_{u,r} + \tau_r - \frac{\partial B}{\partial q_r} \right)
\end{aligned} \tag{14}$$

Nuevamente a partir de las condiciones de primer orden será posible determinar la tarifa óptima de segundo mejor de ridesourcing:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial L}{\partial q_a} = & \epsilon_{\#} - \epsilon_{\#} - q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_a} - q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_a} - q_e \frac{\partial c_e}{\partial q_a} - q_r \frac{\partial c_r}{\partial q_a} \\
& + \gamma_a \left(\frac{\partial c_a}{\partial q_a} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_a^2} \right) + \gamma_b \left(\frac{\partial c_{u,b}}{\partial q_a} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_a \partial q_b} \right) \\
& + \gamma_e \left(\frac{\partial c_{u,e}}{\partial q_a} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_a \partial q_e} \right) + \gamma_r \left(\frac{\partial c_{u,r}}{\partial q_a} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_a \partial q_r} \right) = 0
\end{aligned} \tag{15.a}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial L}{\partial q_b} = & \tau_b - q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_b} - q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_b} - c_{o,b} - q_e \frac{\partial c_e}{\partial q_b} - q_r \frac{\partial c_r}{\partial q_b} + \lambda_b \\
& + \gamma_a \left(\frac{\partial c_a}{\partial q_b} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_a \partial q_b} \right) + \gamma_b \left(\frac{\partial c_{u,b}}{\partial q_b} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_b^2} \right) \\
& + \gamma_e \left(\frac{\partial c_{u,e}}{\partial q_b} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_b \partial q_e} \right) + \gamma_r \left(\frac{\partial c_{u,r}}{\partial q_b} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_b \partial q_r} \right) = 0
\end{aligned} \tag{15.b}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial L}{\partial q_e} = & \tau_e - q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_e} - q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_e} - c_{o,e} - q_e \frac{\partial c_e}{\partial q_e} - q_r \frac{\partial c_r}{\partial q_e} + \lambda_e \\
& + \gamma_a \left(\frac{\partial c_a}{\partial q_e} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_a \partial q_e} \right) + \gamma_b \left(\frac{\partial c_{u,b}}{\partial q_e} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_b \partial q_e} \right) \\
& + \gamma_e \left(\frac{\partial c_{u,e}}{\partial q_e} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_e^2} \right) + \gamma_r \left(\frac{\partial c_{u,r}}{\partial q_e} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_e \partial q_r} \right) = 0
\end{aligned} \tag{15.c}$$

$$\tag{15.d}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial q_r} = & \tau_r - q_a \frac{\partial c_a}{\partial q_r} - q_b \frac{\partial c_b}{\partial q_r} - q_e \frac{\partial c_e}{\partial q_r} - q_r \frac{\partial c_r}{\partial q_r} - c_{o,r} + \lambda_r \\ & + \gamma_a \left(\frac{\partial c_a}{\partial q_r} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_a \partial q_r} \right) + \gamma_b \left(\frac{\partial c_{u,b}}{\partial q_r} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_b \partial q_r} \right) \\ & + \gamma_e \left(\frac{\partial c_{u,e}}{\partial q_r} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_e \partial q_r} \right) + \gamma_r \left(\frac{\partial c_{u,r}}{\partial q_r} - \frac{\partial^2 B}{\partial q_r^2} \right) = 0 \end{aligned}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \gamma_a} = c_a - \frac{\partial B}{\partial q_a} = 0 \quad (16.a)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \gamma_b} = c_{u,b} + \tilde{\tau}_b - \frac{\partial B}{\partial q_b} = 0 \quad (16.b)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \gamma_e} = c_{u,e} + \tilde{\tau}_e - \frac{\partial B}{\partial q_e} = 0 \quad (16.c)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \gamma_r} = c_{u,r} + \tau_r - \frac{\partial B}{\partial q_r} = 0 \quad (16.d)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \tau_r} = \gamma_r = 0 \quad (17)$$

Dado lo complicado del álgebra presentada anteriormente se propone la siguiente simplificación de la notación:

$$\frac{\partial^2 B}{\partial q_i \partial q_j} = \frac{\partial^2 B}{\partial q_j \partial q_i} = B_{ij} \quad (18)$$

$$\frac{\partial c_i}{\partial q_j} = c_{ij} \quad (19)$$

$$m c_i = q_a c_{ai} + q_b c_{bi} + q_e c_{ei} + q_r c_{ri} + c_{o,i} \quad c_{o,i} = 0 \text{ si } i = a \quad (20)$$

Utilizando lo anterior, las derivadas quedan:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial q_a} = & -m c_a + \gamma_a [c_{aa} - B_{aa}] + \gamma_b [c_{u,ba} - B_{ab}] + \gamma_e [c_{u,ea} - B_{ae}] \\ & + \gamma_r [c_{u,ra} - B_{ar}] = 0 \end{aligned} \quad (21.a)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial q_b} = & \tilde{\tau}_b - m c_b + \gamma_a [c_{ab} - B_{ab}] + \gamma_b [c_{u,bb} - B_{bb}] + \gamma_e [c_{u,eb} - B_{be}] \\ & + \gamma_r [c_{u,rb} - B_{br}] = 0 \end{aligned} \quad (21.b)$$

$$(21.a)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial q_e} = & \tilde{\tau}_e - mc_e + \gamma_a [c_{ae} - B_{ae}] + \gamma_b [c_{u,be} - B_{be}] + \gamma_e [c_{u,ee} - B_{ee}] \\ & + \gamma_r [c_{u,re} - B_{er}] = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial q_r} = & \tau_r - mc_r + \gamma_a [c_{ar} - B_{ar}] + \gamma_b [c_{u,br} - B_{rb}] + \gamma_e [c_{u,er} - B_{re}] \\ & + \gamma_r [c_{u,rr} - B_{rr}] = 0 \end{aligned} \quad (21.b)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \gamma_a} = c_a - B_a = 0 \quad (22.a)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \gamma_b} = c_{u,b} + \tilde{\tau}_b - B_b = 0 \quad (22.b)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \gamma_e} = c_{u,e} + \tilde{\tau}_e - B_e = 0 \quad (22.c)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \gamma_r} = c_{u,r} + \tau_r - B_r = 0 \quad (22.d)$$

Finalmente, para expresar los valores de las tarifas de forma más concisa e interpretable, se utiliza la tasa de sustitución D_{er} que se define como la razón de sustitución en uso de taxis, debido a la presencia de los servicios de ridesourcing, más en específico sería el porcentaje del total de clientes de ridesourcing, que se cambiaron de taxi a Uber/Cabify. De forma análoga se tienen las tasas de sustitución D_{ar} y D_{br} .

$$D_{ar} = \frac{(C_{ar})[C_{ube}C_{ueb} - C_{ubb}C_{uee}] + (C_{ubr})[C_{uee}C_{ab} - C_{aeb}C_{ae}] + (C_{uer})[C_{ubb}C_{ae} - C_{ube}C_{ab}]}{(C_{aa})[C_{ubb}C_{uee} - C_{ueb}C_{ube}] + (C_{ab})[C_{uea}C_{ube} - C_{uba}C_{uee}] + (C_{ae})[C_{uba}C_{ueb} - C_{uea}C_{ubb}]} \quad (23.a)$$

$$D_{br} = \frac{(C_{ar})[C_{uba}C_{uee} - C_{ube}C_{uea}] + (C_{ubr})[C_{ae}C_{uea} - C_{aa}C_{uee}] + (C_{uer})[C_{ube}C_{aa} - C_{uba}C_{ae}]}{(C_{aa})[C_{ubb}C_{uee} - C_{ueb}C_{ube}] + (C_{ab})[C_{uea}C_{ube} - C_{uba}C_{uee}] + (C_{ae})[C_{uba}C_{ueb} - C_{uea}C_{ubb}]} \quad (23.b)$$

$$D_{er} = \frac{(C_{ar})[C_{ubb}C_{uea} - C_{ueb}C_{uba}] + (C_{ubr})[C_{ueb}C_{aa} - C_{uea}C_{ab}] + (C_{uer})[C_{uba}C_{ab} - C_{ubb} - C_{aa}]}{(C_{aa})[C_{ubb}C_{uee} - C_{ueb}C_{ube}] + (C_{ab})[C_{uea}C_{ube} - C_{uba}C_{uee}] + (C_{ae})[C_{uba}C_{ueb} - C_{uea}C_{ubb}]} \quad (23.c)$$

Finalmente, utilizando lo anterior, se obtiene la tarifa de segundo mejor de ridesourcing:

$$\tau_r^{SB} = \tau_r + [D_{ar} * mc_a] + [D_{br} * (mc_b - \tilde{\tau}_b)] + [D_{er} * (mc_e - \tilde{\tau}_e)] \quad (24)$$

Cabe destacar que la tarifa de segundo mejor encontrada probablemente sea menor que la tarifa de primer mejor, puesto que por construcción las razones de sustitución corresponden a un valor negativo (los modos son sustitutos), por lo que se podría entender esta tarifa como el impuesto pigouviano antes encontrado, ajustado por los costos marginales de los otros modos ponderados por la tasa de sustitución que les corresponda.

5.- Aplicaciones

En esta sección se estudiará el impacto que presenta la tarificación en la demanda por los distintos modos de transporte mediante un análisis numérico, aplicando los principios de primer mejor y segundo mejor desarrollados en el Capítulo 4. Con la finalidad de observar la sensibilidad de estos resultados, se plantearon distintos escenarios.

5.1 Calibración de la demanda

Para realizar esto, será necesario definir una función de demanda por medios de transporte, la que, utilizando lo realizado por Ahn [9] resulta de derivar la función de utilidad por medios de transporte, este resultado se puede ver en la ecuación (2). La diferencia con respecto al resultado obtenido con respecto a Ahn (2009) radica en que se utilizaban solo dos modos y este trabajo incluye cuatro. Las demandas obtenidas se describen a continuación:

$$c_a + \tau_a = \sigma_a - \beta(q_a + q_b + q_e) - \gamma q_a \quad (25.a)$$

$$c_{ub} + \tau_b = \sigma_b - \beta(q_a + q_b + q_e) - \gamma q_b \quad (25.b)$$

$$c_{ue} + \tau_e = \sigma_e - \beta(q_a + q_b + q_e) - \gamma q_e \quad (25.c)$$

$$c_{ur} + \tau_r = \sigma_r - \beta(q_a + q_b + q_e) - \gamma q_r \quad (25.d)$$

Los costos que percibe el usuario se pueden describir como los costos asociados al valor del tiempo que deben incurrir para realizar un viaje. Además de este costo por el valor que las personas asociamos a nuestro tiempo, existen ciertos gastos asociados a los viajes que se realizan en el día a día, por un lado, se tiene que los distintos servicios que ofrecen transporte cobran una tarifa, mientras que los usuarios de auto particular deben pagar todos lo asociado a poseer y moverse en automóvil.

Considerando que las ecuaciones (25), utilizan parámetros definidos para el trabajo de Ahn [9], con las condiciones de la economía de otro país, se hace necesario calibrar estos parámetros en

particular utilizando datos de Santiago. Estos parámetros son $\beta, \gamma, \sigma_a, \sigma_b, \sigma_e$ y σ_r , mientras que para los dos primeros se utilizarán valores que fueron calibrados tomando como referencia los parámetros iniciales indicados por Ahn ($\beta = 0, 2, \gamma = 0, 4$, mientras que Ahn utiliza $\beta = 1, \gamma = 0, 5$) como un primer acercamiento, los parámetros sigma se ajustarán al equilibrio encontrado en Santiago.

Con este fin y dado que estas ecuaciones representan equilibrios de mercado, se utilizará la partición modal obtenida en la encuesta Origen Destino de Santiago del 2012 [18], como punto de partida para este modelo. Como se puede observar en la Tabla 4, se estima que, en un día laboral normal las porciones son las siguientes (importante notar que se tomarán en consideración solo los modos motorizados de transporte):

- 25,7% de los viajes se realiza en automóvil particular
- 17,6% de los viajes se utiliza bus, ya sea intermodal o única (este valor es obtenido quitando el 22% de los viajes totales usando tarjeta Bip!, ya que éstos usaban solo metro)
- Finalmente, en el caso de los taxis se observa que tienen un 2% del mercado
- En otra línea, se observa que el modo más utilizado de transporte corresponde a la caminata, dado que se utiliza para viajes cortos y también como método para completar viajes que hayan incluido otros modos. El viaje promedio en modo caminata tiene una distancia media de medio kilómetro (EOD, 2012).

Modo de transporte	Total día	
	Viajes (miles)	%
Auto	4.748,6	25,7%
Bip!	4.171,3	22,6%
Bip! - Otros Público	301,9	1,6%
Bip! - Otros Privado	148,2	0,8%
Taxi Colectivo	530,4	2,9%
Taxi Básico	315,0	1,7%
Otros	1.135,4	6,2%
Caminata	6.363,3	34,5%
Bicicleta	747,1	4,0%
Total	18.461,1	100,0%

Tabla 4: Partición Modal, promedio diario en día laboral. Fuente: Encuesta Origen Destino 2012

Dado que la encuesta Origen Destino utilizada es del 2012 y que la entrada de las plataformas ridesourcing ocurrió recién en 2014, se tendrá que utilizar un supuesto para incluir la presencia de esta alternativa en el mercado. Lo que se realizó fue otorgarle un 1,5% del mercado tanto a Uber/Cabify como a los taxis, asumiendo que este nicho en particular creció gracias al nuevo competidor (de 2% a 3%) y que comparten equitativamente el mercado.

Considerando que este modelo considera solo taxis, ridesourcing, transporte público y automóvil particular, las particiones modales de la Tabla 4, deben ser re-escaladas para alcanzar un 100%, como se observa en la Tabla 5.

% viajes en auto	55,5
% viajes en bus	38,1
% viajes en taxi	3,2
% viajes en uber	3,2

Tabla 5: Partición modal ajustada

Volviendo al conjunto de ecuaciones (25), es necesario además de determinar las cantidades de mercado, definir el costo que perciben los usuarios por cada viaje, además de su tarifa asociada. Para ello, será necesario definir un viaje estándar o base, del cual se calculará su valor utilizando cada modo. A partir de la Tabla 6, se puede observar el largo del viaje promedio en cada uno de los modos de transporte, ya sea motorizado o no motorizado. Como un primer escenario, se considerará el largo del viaje en taxi como la norma, dado que es el modo que posee más similitudes con los servicios de ridesourcing.

Modo agregado	Distancia Media (km) de viaje por modo
Auto	8,3 km
Bus Transantiago	8,0 km
Taxi	4,2 km

Tabla 6: Distancia media en kilómetros de viaje por modo y período (EOD, 2012)

De esta forma, los costos incurridos para realizar un viaje de 4.2 [km] en los distintos modos son: En el caso del bus, la tarifa adulta para utilizar el Transantiago es de \$680.

Para el taxi, se tiene un costo fijo base o bajada de bandera de \$300, más un costo variable que se paga cada 200 metros o cada 60 segundos (lo que ocurra primero), de \$130. Tomando como referencia la velocidad descrita en la encuesta Origen Destino [18] para viajes en taxi de entre 2-5 [km], correspondiente a 11,2 [km/h], el valor del viaje descrito sería de \$3280. Cabe destacar que, a pesar de ser una velocidad promedio baja, para efectos de este ejercicio el cambio en el valor del viaje con una velocidad mayor es marginal.

Uber presenta un esquema similar al de taxi, con distintos montos. El costo fijo es de \$450, mientras que el variable es de \$220 por kilómetro, más \$80 por minuto. Tomando la misma velocidad antes descrita como referencia, el viaje tendría un valor de \$3140.

El auto presenta más costos que deben tomarse en consideración, para tener una tarifa más precisa, estos son:

- Se considerará una vida útil del vehículo de 300.000 km⁸, además de un valor inicial de 10 millones de pesos por el auto, por lo que el valor por km es de \$33,3.
- Combustible: Asumiendo un costo por gasolina 95 de \$812 el litro (precio 11 de dic 2018) y un rendimiento en ciudad de 11 [km]/[l]), solo en concepto de combustible, un viaje de 4.2 km tiene un costo de \$310.

Dado que los próximos costos están valorados de forma mensual, se hace necesario estimarlos por kilómetro recorrido, para ello se estimó una duración del vehículo de 15 años, con lo cual se obtienen los siguientes resultados (un promedio de aproximadamente 2000 km al mes):

- Seguros e impuestos: ~\$40.000 por mes (~\$100 por kilómetro)
- Estacionamiento: entre \$20.000 y \$80.000 por mes (~\$50-200 por kilómetro)
- Mantenimiento: ~\$200.000 anual, \$16.600 mensual (~\$50 por kilómetro)

Todo lo anterior sumado da el valor descrito en la Tabla 12 que se encuentra entre \$875-\$1090.

Mientras que los costos asociados al valor del tiempo serán estimados a partir de la formulación planteada por Rizzi and De La Maza [8], en la cual se señala un método para calcular el tiempo de viaje, el cual ponderado por un multiplicador asociado al valor del tiempo (\$2200 en el caso de Chile según este mismo estudio) se puede extender a este modelo de la siguiente forma:

$$c_a = VT * t_a = VT * t_a^0 (1 + \alpha_{BPR} \left[\frac{f_a + f_e + f_r + F * f_b}{k} \right]^{\beta_{BPR}}) \quad (26)$$

En donde f_a, f_b, f_e, f_r corresponden a los flujos vehiculares de los distintos modos. Los flujos vehiculares de cada modo conllevan cada uno cantidades distintas de pasajeros asociados al viaje, en un informe realizado por SECTRA (2013) [19] se señala que mientras que los buses llevan en promedio 20 pasajeros en su recorrido, los autos particulares transportan 1,46 personas, los taxis 0,7 personas y se asumirá que las plataformas digitales 0,8 personas, dadas las ventajas en eficiencia que obtienen por el uso de tecnología (se encuentran cantidades menores a 1, dado que estos modos se transportan sin pasajero por momentos). Mientras que F incorpora el factor de equivalencia de los buses dado su mayor tamaño.

$$f_a = \frac{q_a}{K_a}; f_b = F * \frac{q_b}{K_b}; f_e = \frac{q_e}{K_e}; f_r = \frac{q_r}{K_r} \quad (27)$$

Considerando además que, en un trayecto de esta longitud los buses en general realizan varias detenciones en los distintos paraderos, se les asignara un factor de castigo (M) en el tiempo total de viaje.

⁸ <http://www.autoexperto.cl/cual-es-la-duracion-media-de-un-auto/>

$$c_a = VT * t_a = VT * t_a^0 \left(1 + \alpha_{BPR} \left[\frac{q_a}{K_a} + F * \frac{q_b}{K_b} + \frac{q_e}{K_e} + \frac{q_r}{K_r} \right]^{\beta_{BPR}} \right) \quad (28)$$

$$c_b = VT * t_a = VT * (t_a^0 * M) \left(1 + \alpha_{BPR} \left[\frac{q_a}{K_a} + F * \frac{q_b}{K_b} + \frac{q_e}{K_e} + \frac{q_r}{K_r} \right]^{\beta_{BPR}} \right) \quad (29)$$

Gracias a lo anteriormente descrito, fue posible determinar los parámetros sigma que replicaban de mejor forma la realidad de Santiago, estos son descritos en la Tabla 7.

El método utilizado para la calibración de estos parámetros consistió en hallar los valores que permitían resolver los equilibrios planteados en las ecuaciones (25).

Resulta llamativo en estos parámetros, que los valores para taxi y plataformas digitales sean mayores, lo que se podría explicar en que los costos para los usuarios son mayores para estos modos (tarifa + costo del tiempo), por lo que la utilidad intrínseca por utilizar estos modos debe ser mayor que la percibida al utilizar auto o bus. Además de ofrecer la posibilidad de viajar en momentos en que los otros modos son difíciles o no se pueden utilizar, por ejemplo, en caso de necesitar rápidamente llegar a un lugar y no se posee vehículo o si se necesita viajar de noche después de una reunión social y haber consumido alcohol.

σ_a	2242
σ_b	1918
σ_e	4269
σ_r	4209

Tabla 7: Parámetros σ

Es importante notar que con estos parámetros se intenta replicar el contexto nacional para el año 2012, año en el cual se realizó la encuesta Origen Destino.

5.2 Valores para los demás parámetros

En cuanto a las características viales que se utilizarán, se simulará una población de 3000 habitantes, con una capacidad de 2000 vehículos para facilitar los cálculos y la interpretación posterior. Mientras que los atributos viales utilizados para valorar el tiempo descritos en la función BPR [8], fueron obtenidos del informe de Fernández y De Cea Ingenieros (2005) [20], los cuales son detallados en la Tabla 8, vale destacar que en este trabajo se utilizará como base la categoría de arco: Arco Céntrico con transporte Público.

CATEGORÍA DE ARCO	PUNTA MAÑANA		FUERA DE PUNTA	
	ALFA	BETA	ALFA	BETA
Autoría	0,395	3,209	0,514	3,232
Troncal, Camino Interurbano	0,068	6,916	0,068	6,205
Céntrico con transporte Público	1,447	7,644	1,222	7,744
Céntrico sin transporte Público	1,572	2,957	1,204	2,957
Calle Local, Céntrico Normal	1,036	2,807	1,017	2,957

Tabla 8: Parámetros BPR por Categoría de Arco Período y Período (Fuente: Fernández y De Cea Ingenieros, 2015)

Por otro lado, fue necesario estimar los costos asociados a los distintos operadores, costos utilizados en las ecuaciones 10.b, 10.c y 10.d. Para esto se ajustaron los parámetros de la Tabla 9 ya descritos por Bennett y Zahler (2018) [4], que describen los gastos promedios de taxistas y conductores de Uber/Cabify para recorridos de 1 [km] en Chile, los cuales fueron re-escalados para un viaje de 4.2 [km] y que fueron penalizados por su baja eficiencia antes descrita (transportan menos de 1 pasajero promedio mientras transitan), estos valores se pueden observar en la Tabla 10:

$c_{o,e}$	500 \$/km
$c_{o,r}$	410 \$/km

Tabla 9: Costos operador de taxis y ridesourcing (Bennet y Zahler)

$c_{o,e}$	3000 \$/viaje
$c_{o,r}$	2600 \$/viaje

Tabla 10: Costos operador de taxis y ridesourcing ajustados

Y en el caso de los costos de los operadores de los buses, se utilizaron datos publicados en un estudio de la estructura de costos de Transantiago realizado por la dirección de presupuestos (2013) [21], los cuales son detallados en la Tabla 9 a continuación:

	Promedio IVT
(1) Flota Base Total	5.773
(2) Factor de conductores por Bus	2,92
(3) Remuneración por Conductor	\$739.513
(4) Gasto total mensual	\$12.446.654.561
(5) Kilómetros totales mes	39.568.301
(6) = (4)/(5) = \$/km	\$314,57

*Excluye a VULE por presentar demasiada desviación del resto de las empresas

Tabla 11: Costos operadores de bus, sin combustible ni depreciación (DIPRES)

Además, están los costos asociados a mantenimiento, combustible y depreciación del vehículo los cuales dependen del tipo de bus utilizado, que en el caso de Transantiago corresponden a buses del tipo B2 (bus estándar rígido de 12 metros), tecnología de propulsión Diesel y norma de emisión Euro V.

Según la información que se señala en este estudio la vida útil estimada de este tipo de buses es de 12 años, lo que sumado al hecho de que se espera que la cantidad de kilómetros totales recorridos comercialmente por un bus en 12 años sea de 809.856 km y que el costo original de la máquina es de 165.000 USD, entrega una depreciación de \$143/km.

Por otro lado, se señala que el consumo estimado de combustible es de \$250/km y el mantenimiento es de \$50/km para esta categoría de buses.

Finalmente, sumando todos los costos señalados, los costos asociados al operador del servicio de buses de Santiago es de \$758/km.

A continuación, y a modo de resumen en la Tabla 12 se señalan los distintos parámetros a utilizar en el desarrollo de este trabajo:

Valores Base de los parámetros		Unidades
Población de la economía (m)	3000	habitantes
Demanda		
Sigma auto (σ_a)	2242	
Sigma bus (σ_b)	1918	
Sigma taxi (σ_e)	4269	
Sigma ridesourcing (σ_r)	4209	
Beta (β)	0,2	
Gamma (γ)	0,4	
Características viales		
Capacidad Vial (k)	2000	vehículos
Valor del tiempo (v) [CLP]	2200	peso chileno
Tiempo estimado de viaje (t) [hr]	0,2	horas
Alfa BPR (α_{BPR})	1	
Beta BPR (β_{BPR})	7	
Factor de equivalencia Bus por tamaño (F)	2,5	
Factor de castigo Bus por detenciones (M)	1,4	
Costos del usuario, por viaje de 4,2 [km]	(CLP)	
Costos totales automóvil particular (c_a)	900	peso chileno
Tarifa bus (τ_b)	680	peso chileno
Tarifa taxi (τ_e)	3240	peso chileno
Tarifa Uber/Cabify (τ_r)	3180	peso chileno
Costos del operador, por viaje de 4,2 [km]	(CLP)	

Asociados al bus ($C_{o,b}$)	95	peso chileno
Asociados al taxi ($C_{o,e}$)	3000	peso chileno
Asociados al Uber/Cabify ($C_{o,r}$)	2600	peso chileno
Tasa reemplazo con Uber/Cabify	(%)	
c/r Auto ($D_{a,r}$)	15	%
c/r Bus ($D_{b,r}$)	33,75	%
c/r Taxi ($D_{e,r}$)	51,25	%

Tabla 12: Resumen de los valores a utilizar

Las tasas de sustitución señaladas fueron obtenidas del trabajo realizado por Tirachini y Gómez-Lobo [13], en el cual se les preguntó a los usuarios que modo de transporte hubieran utilizado de no estar disponible la alternativa Uber para su último viaje en la ciudad de Santiago, estos resultados pueden ser observados en la Figura 11.

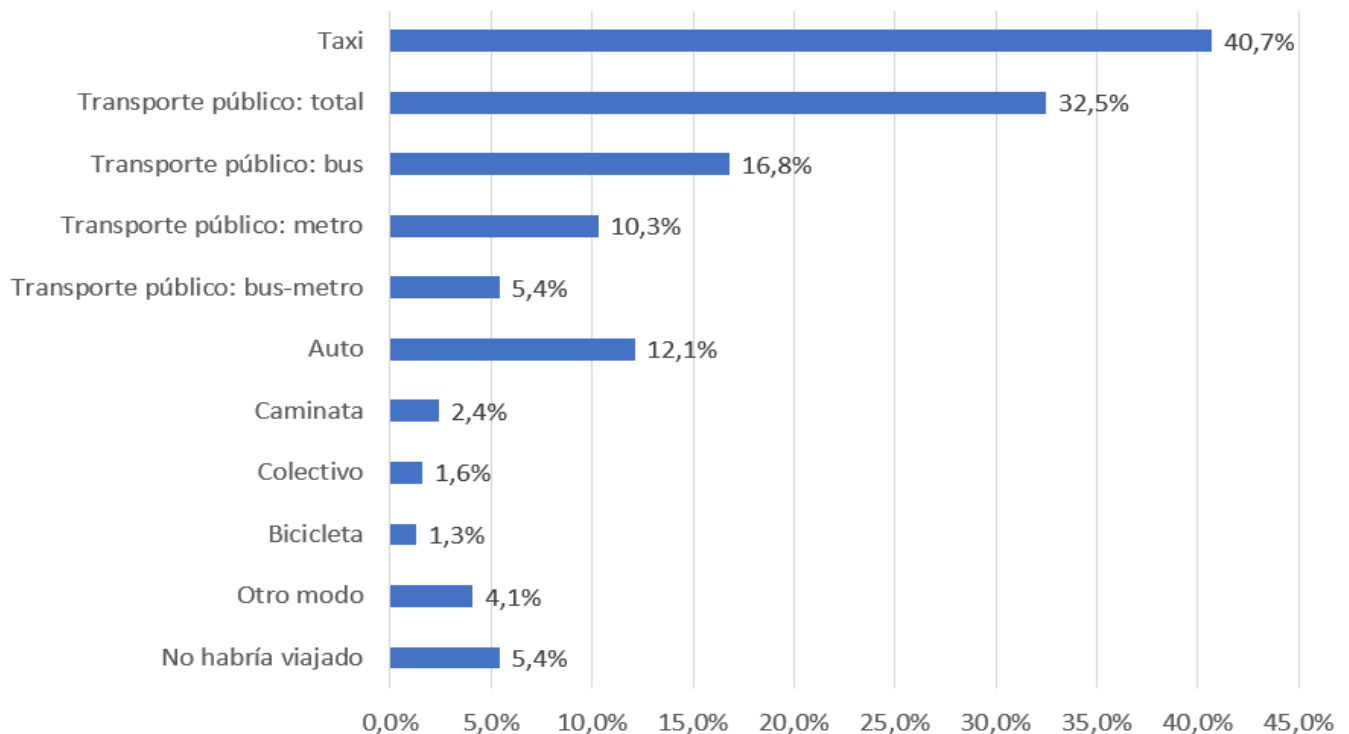


Figura 11: Sustitución modal con plataformas ridesourcing (Tirachini y Gómez-Lobo, 2018)

Cabe destacar que nuevamente se excluyeron los otros modos de transporte dado que no son contemplados en este modelo.

5.3 Resultados

Con los parámetros descritos en la Tabla 12 se realizaron simulaciones con el fin de estimar los valores óptimos de las tarifas de transporte, valores que a su vez determinan la demanda de cada modo bajo distintos supuestos. Estos resultados fueron obtenidos utilizando el software Matlab.

Además, se tomará como caso base o referencia, la cantidad de viajes que habría en una población de 3000 habitantes si estos coincidieran con la partición modal estimada para Santiago (Tabla 5).

5.3.1 Escenario primer mejor

Aprovechando que las ecuaciones (13) indican las tarifas óptimas para cada modo y que las ecuaciones (25) presentan una formulación de la demanda, es posible resolver la maximización del bienestar social encontrando la solución de un sistema de 8 ecuaciones y 8 incógnitas.

Los resultados se pueden observar en la Tabla 13:

	Qa	Qb	Qe	Qr	Tarifa auto	Tarifa bus	Tarifa taxi	Tarifa uber
Observada	1664	1142	97	97	900	680	3240	3180
Primer mejor	1086	1767	84	111	1074	105	3454	2938
1er mejor - real	-578	625	-13	14	174	-575	214	-242

Tabla 13: Demandas y tarifas óptimas - primer mejor

Se observa un claro patrón en estos primeros resultados y estos corresponden a la relación que existe entre la tarifa cobrada por cada modo y la demanda que tendrán en función de esta. Por un lado, se tiene que tanto la tarifa del auto, como la del taxi aumentan significativamente, lo que les repercute negativamente en la cantidad de viajes que se realizan en estos modos dado que su mayor precio las hace alternativas menos atractivas. Mientras que para buses y plataformas digitales se observa el mismo efecto, pero en el otro sentido; la tarifa bajo, lo que conlleva un aumento en la cantidad de viajes realizados.

El cambio en la tarifa más notorio se observa en el caso de los buses y su explicación más probable es que corresponde al modo más eficiente del sistema en cuanto a ocupación del espacio, por lo que al buscar el óptimo para la sociedad, los pasajeros tienden a ese modo. Por último, se podría interpretar la existencia de mercados nichos en el caso del taxi y Uber, dada que la transferencia de clientes encontrada fue prácticamente directa, Uber obtuvo 14 clientes, mientras el taxi pierde 13.

5.3.2 Escenario segundo mejor

Es posible a su vez encontrar la tarifa óptima para las plataformas ridesourcing, incorporando el fenómeno que los autos no están tarifados y la tarifa de bus y taxis está fija. Para ello se impone $\tau_a = 0$ y el costo del automóvil es igual a 900 dado por el costo de operación en que incurre el automovilista. La tarifa para los otros modos, buses y taxis corresponden a las observadas en el viaje modelado en Santiago. Con este fin, al igual que el caso anterior, se utilizan las ecuaciones (25) para la formulación de la demanda, mientras que la tarifa óptima es descrita en la ecuación (24).

Los resultados bajo esta configuración se pueden observar en la Tabla 14:

	Qa	Qb	Qe	Qr	Tarifa auto	Tarifa bus	Tarifa taxi	Tarifa uber
Observada	1664	1142	97	97	900	680	3240	3180
Segundo mejor	1685	1199	99	24	900	680	3240	3656
2do mejor- real	21	57	2	-73	0	0	0	476

Tabla 14: Demandas y tarifas óptimas - segundo mejor

En primer lugar, de estos resultados es posible inferir que el supuesto de que el automóvil particular se encuentra sub-tarificado en el mercado hace sentido, dado que se encuentran demandas muy parecidas a la del escenario base. Se podría concluir también que, las diferencias que se presentan entre escenarios probablemente sean debido al aumento de la tarifa de Uber, lo que generaría una migración de clientes de la aplicación a otros modos. Esta fuga de clientes es conveniente en el sentido de reducir externalidades, puesto que la mayor cantidad de clientes se pasa al bus, mientras que los pasajeros que pasan al taxi, el modo más ineficiente en el contexto modelado es mínimo.

En la Tabla 15 se puede observar una comparación de los resultados bajo cada supuesto:

	Qa	Qb	Qe	Qr	Tarifa auto	Tarifa bus	Tarifa taxi	Tarifa uber
Primer mejor	1086	1767	84	111	1074	105	3454	2938
Segundo mejor	1685	1199	99	24	900	680	3240	3656
2do – 1er mejor	599	-568	15	-87	-174	575	-214	718

Tabla 15: Comparación cantidades y tarifas óptimas 1er y 2do mejor

De estos resultados lo más destacable es la diferencia en la sensibilidad de la demanda con respecto al precio de los distintos modos, por un lado, se tiene el automóvil que, ante un cambio porcentual pequeño, aumenta o disminuye mucho su uso, mientras que la demanda por el bus cambia poco porcentualmente si se compara con la variación que sufre su tarifa.

Para ayudar a entender mejor cada uno de los resultados anteriores, se señalan en la Tabla 16 las particiones modales para cada configuración:

	Observado	1er mejor	2do mejor
% Viajes en Auto	55,1%	35,6%	56,0%
% Viajes en Bus	38,1%	58,0%	39,9%
% Viajes en Taxi	3,2%	2,8%	3,3%
% Viajes en Uber	3,2%	3,6%	0,8%

Tabla 16: Particiones modales

A partir de las particiones encontradas, se reafirma la hipótesis de existencia de un mercado nicho para taxi y Uber, lo que se podría argumentar dado que prestan un servicio muy distinto al que prestan automóviles particulares y buses, y a la vez son muy parecidos entre sí. Mientras que también se observa que la transferencia de clientes es bastante directa entre buses y autos, al pasar de una política de tarificación de primer mejor a una de segundo mejor.

5.3.2 Análisis y Discusión

Una de las principales limitaciones del presente trabajo, es que corresponde a un modelo que simplifica la realidad, en particular asume una demanda lineal por modos de transporte, lo cual no se puede asegurar que sea preciso o no, puesto que no se conoce la curva de demanda real. Por lo mismo, el fin de este trabajo más que entregar la tarificación definitiva por modos de transporte, es esclarecer una situación en particular que ha representado un problema sin solución para las autoridades locales y de ser posible, ser punto de partida para futuras investigaciones.

Otra de las limitaciones de este trabajo es que no se incluyó el efecto Mohring en la formulación del problema, es decir, el efecto de la frecuencia de servicios de transporte público en disminuir los tiempos de espera. Debido a esto, es posible argumentar que los valores obtenidos para la demanda por buses son mejorables, dado que no se incluye que el servicio se hace más eficiente a medida que aumenta la cantidad de usuarios. Una modelación futura debería incluir explícitamente el tiempo de acceso y el tiempo de espera en transporte público.

Otro efecto que se escapa del alcance del presente trabajo es el que tienen los taxis compartiendo las vías exclusivas con los buses, dado que se tiene al modo más ineficiente según el contexto de este trabajo, siendo favorecido, afectando directamente la eficiencia del bus. Incluso se tiene evidencia, gracias a un paro de taxistas el día 12 de mayo de 2016, que los buses incrementaban significativamente su velocidad media en ausencia de los taxistas.⁹

⁹ <https://www.eldinamo.cl/d-ciudad/2016/05/13/efecto-paro-de-taxis-en-la-alameda-transantiago-aumento-su-velocidad-al-triple/>

6.- Conclusiones

6.1 Sensibilidad del modelo con respecto a los parámetros utilizados

En uno de los resultados más destacables, se observó que, en caso de un aumento en la tarifa de Uber la migración de clientes, de ser óptima, pasaría en parte importante al bus, lo que desde el punto de vista de política pública corresponde a un resultado muy interesante dado que se aumentaría la eficiencia del sistema de transporte público, lo que como ha sido señalado previamente en el informe, reduce los costos medios para todos los usuarios de bus.

A partir del estudio de los costos incurridos por los operadores de servicios de ridesourcing y el efecto que estos tienen sobre las tarifas a cobrar, fue posible dilucidar que algunas de las ventajas con las que cuentan los nuevos competidores no tienen su origen en la ausencia de regulación, sino que por la eficiencia que otorga el uso de la tecnología. Esto se puede concluir de los resultados obtenidos para el modelo de primer mejor.

Los resultados sugieren que un subsidio al Transantiago podría llegar a aumentar su demanda de forma significativa. El problema surge en que la magnitud del subsidio asociado debería ser muy alto para un sistema que, de por sí ya se encuentra subsidiado y que desde su inicio ha recibido más de US\$ 6 mil millones en aportes del Estado¹⁰. Un método alternativo para que la tarifa del Transantiago descienda, corresponde a abaratar costos asociados a la operación de los buses, para lo cual un mejor aprovechamiento de la tecnología y una mantención adecuada parecen ser opciones válidas.

En cuanto a los parámetros descritos por Ahn (2009) y utilizados para estimar la demanda en este modelo, se encontró que tanto β , como γ cumplen la función de señalar qué tan alta es la elasticidad de la demanda de un modo con respecto a los otros y consigo mismo. Es decir, parámetros muy altos indican que la presencia de cada auto perjudica negativamente de forma importante el sistema, mientras que parámetros bajos refleja que a los pasajeros les importa menos la saturación de las vías. Por otro lado, los parámetros σ reflejan el nivel de bienestar percibido por los clientes por utilizar estos modos. En este modelo en particular, dada la calibración realizada se encuentran valores muy altos para los taxis y ridesourcing, en parte por que suplen una necesidad más inmediata y específica, por lo mismo son los modos más caros.

Finalmente, en el caso de la capacidad vial se encontró que en ausencia de congestión las tarifas tienden a igualarse a los costos del operador, lo que hace sentido al considerar que se utilizó el valor del tiempo como referencia y al observar las ecuaciones (13). A medida que se va disminuyendo la capacidad vial, los pasajeros se distribuyen en los modos de transporte en función de la tarifa medida.

¹⁰<http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=491679>

6.2 Implicancia para política de transportes

En términos de una tarificación, los resultados apuntan a que la forma más eficiente de aumentar el bienestar social sería tarificar el automóvil particular, dado que corresponde al modo que posee más porcentaje del mercado y se observó que los clientes migrarían principalmente al bus, lo que generaría una mejora sustancial en el bienestar social del sistema.

De no existir esta tarificación, los valores obtenidos señalan que en el óptimo las plataformas de ridesourcing debieran ser tarificadas más, aplicando un impuesto de segundo mejor con respecto a la tarifa observada. Esta tarifa bajo el modelo utilizado generaría una migración de pasajeros desde las plataformas ridesourcing al bus.

6.3 Líneas de investigación futuras

En base a lo mostrado en esta memoria y el modelo utilizado, existen distintos puntos en los que se podría profundizar el análisis e incorporar nuevos efectos.

En primer lugar, se podrían incorporar los costos de acceso y de espera asociado a los buses, taxis y plataformas ridesourcing. Este costo debería aumentar las tarifas asociadas a estos modos, y por lo mismo hacer más atractiva la opción del auto particular.

La externalidad utilizada en este trabajo fue el costo de la congestión, el cual se ve reflejado en el tiempo de viaje. Otras externalidades que se podría incorporar son: ruido, daño a las vías, accidentes o emisión de distintos contaminantes ambientales como el ozono o el dióxido de carbono.

Incorporar los buses eléctricos a los modos disponibles, con la finalidad de observar como cambian los equilibrios encontrados en presencia de un modo aún más eficiente socialmente.

También se pueden incorporar diferentes montos para el valor del tiempo, dado que la comodidad de los usuarios afecta en la valoración de su tiempo, siendo mayor a medida que se encuentran más incómodos, por ejemplo, en los apelotonamientos en los buses en horario punta.

El análisis fue realizado en función de los valores promedio en un día laboral, lo que se podría extender a horarios fuera de punta y zonas distintas de Santiago.

7.- Bibliografía

1. San Francisco Municipal Transportation Agency, Taxis and Accessible Services Division: Status of Taxi Industry. 2014.
2. Research, M.S., Autos & Shared Mobility: NYC Taxi and Ride-share App Monitor. 2016.
3. Henao, A. y Marshall, W., A Framework for Understanding the Impacts of Ridesourcing on Transportation. 2017. p. 197-209.
4. Bennett, H. y Zahler, A., Comparación de los Factores Tecnología y Regulación en los Costos de los Choferes De Taxi y Plataformas Digitales Tipo Uber. Informe para la Comisión Nacional de Productividad, Chile. 2018.
5. Small y Verhoef, The Economics of Urban Transportation. 2007. p. 1-276.
6. Tirachini, A. y Hensher, D.A., Multimodal Transport Pricing: First Best, Second Best and Extensions to Non-motorized Transport, in Transport Reviews. 2012, Routledge. p. 181-202.
7. Mohring, H., Optimization and scale economies in urban bus transportation. American Economic Review, 1972. 62: p. 591-604.
8. Rizzi, L.I. y De La Maza, C., The external costs of private versus public road transport in the Metropolitan Area of Santiago, Chile. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2017. 98(C): p. 123-140.
9. Ahn, K., Road Pricing and Bus Service Policies. Journal of Transport Economics and Policy, 2009. 43(1): p. 25-53.
10. Gallego, F., Montero, J.P., y Salas, C., The effect of transport policies on car use: Evidence from Latin American cities. Journal of Public Economies, 2013. 107: p. 47-62.
11. CNP, Tecnologías Disruptivas: Regulación de Plataformas Digitales. Capítulo 3: Plataformas de Transporte, Comisión Nacional de Productividad, Chile. 2018.
12. Cohen, P., Hahn R., Hall, J., Levitt, S. y Metcalfe, R., Using Big Data to Estimate Consumer Surplus: The Case of Uber. National Bureau of Economic Research, 2016(Working Paper 22627).
13. Tirachini, A. y Gomez-Lobo, A., Does ridesourcing increase or decrease vehicle kilometers traveled (VKT)? A simulation approach for the case of Santiago, Chile. International Journal of Sustainable Transportation, aceptado para publicación. 2017.
14. Clewlow, R. y Mishra, G., Disruptive Transportation: The Adoption, Utilization, and Impacts of Ride-Hailing in the United States. Institute of Transportation Studies, 2017.
15. Rayle L., Dai D., Chan N., Cervero R. y Shaheen S., Just a better taxi? A survey-based comparison of taxis, transit, and ridesourcing services in San Francisco. Transport Policy, 2016.
16. Alemi, F., Circella, G., Handy, S. y Mokhtarian, P., What influences travelers to use Uber? Exploring the factors affecting the adoption of on-demand ride services in California. Vol. 13. 2018. 88-104.
17. Circella, G., Alemi, F., Tiedeman, K., Handy, S. y Mokhtarian, P., The Adoption of Shared Mobility in California and Its Relationship with Other Components of Travel Behavior. 2018.
18. SECTRA, Encuesta de Origen y Destino de Viajes, Santiago. 2014.
19. SECTRA, Mediciones de Aforos de Tráfico y Perfiles de Carga en Servicios Troncales en el Gran Santiago. 2013.
20. Fernandez y De Cea Ingenieros, Análisis y actualización del modelo ESTRAUS, Informe Ejecutivo. Final Report for the Secretaria Interministerial de Planificación de Transporte (SECTRA), Santiago, Chile. 2005.

21. DIPRES, Estudio para la actualización de la estructura de costos y evaluación del equilibrio económico de los contratos de operadores de vías del sistema de transporte público de Santiago mediante buses. 2013.