

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante: Patricio Álvarez Mendoza MSc.PhD.



ESTADO DE LA PRÁCTICA DE MECANISMOS
DE COSTO COMPARTIDO PARA LA GESTIÓN
DE SISTEMAS DE TRANSPORTE

Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Civil

VALENTINA CECILIA SÁEZ LÓPEZ

Concepción, enero del 2015

A mi familia por el apoyo incondicional entregado en todos estos años de estudios y en toda mi vida, por educarme y enseñarme a ser una buena persona.

AGRADECIMIENTOS.

Primero que todo, quisiera agradecer a Dios por permitirme llegar a este momento y por todas las bendiciones recibidas.

A mi padre Carlos Sáez C. y a mi madre Cecilia López A. por el apoyo incondicional, por todos los esfuerzos y sacrificios hechos para poder estudiar y llegar a donde estoy en este momento, por el amor y todo los valores entregados durante mi vida y poder ser lo que soy el día de hoy. A mi hermano Carlos Sáez L. por el apoyo y amor, pero por sobre todo por lograr algo que pocas personas pueden, salir adelante y conocer realmente a Dios.

A mis abuelos Ida Aguilera A. y Ramón López L. por el amor que me dan, por la crianza que me entregaron y por estar conmigo en todo momento. A mi amor Felipe Herrera C. por todo el apoyo que me ha dado, por su paciencia y consejos en estos años de universidad, por sostenerme en los momentos difíciles y por todo su amor.

A mis compañeros de universidad y amigas que hicieron de estos años inolvidables, por los buenos momentos, sonrisas y por todo el apoyo.

Finalmente, a todos los docentes y funcionarios pertenecientes al Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, por toda la ayuda y el conocimiento entregados.

NOMENCLATURA.

MCC : Mecanismos de costo compartido.

AVL : Automatic vehicle location.

GPS : Global position system.

CAD : Computer-Aided design.

TIC : Tecnologías de la información y la comunicación.

RYDE : Reach your destination easily.

NNTC : Northern Nevada transit coalition.

DAS : Division of aging services.

DRT : Demand responsive transport.

FTS : Flexible transport system.

VKT : Vehicle kilometers traveled.

PM10 : Pequeñas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen dispersas en la atmósfera y que son emitidas por los vehículos al circular, cuyo diámetro es menor que 10 μm (Particulate matter).

ÍNDICE GENERAL.

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 1.1 Justificación del Proyecto | 4 |
| 1.2 Objetivos | 4 |
| <i>1.2.1 Objetivo General</i> | <i>4</i> |
| <i>1.2.2 Objetivos Específicos</i> | <i>4</i> |
| 2. MARCO TEÓRICO | 5 |
| 2.1 Costos en los Sistemas de Transporte | 5 |
| <i>2.1.1 Otros Costos Asociados al Transporte</i> | <i>5</i> |
| 2.2 Concepto de Costo Compartido | 6 |
| 2.3 Posibles Tecnologías que Permiten Implementar MCC | 6 |
| <i>2.3.1 Localización Automática de Vehículos (AVL)</i> | <i>7</i> |
| <i>2.3.2 Sistemas de Despacho Asistidos por Computador (CAD)</i> | <i>8</i> |
| <i>2.3.3 Sistemas de Pago Electrónico</i> | <i>8</i> |
| <i>2.3.4 Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC)</i> | <i>9</i> |
| <i>2.3.5 Casos de Éxito Usando Sistemas AVL, CAD y Sistemas de Pago Electrónico</i> | <i>9</i> |
| 3. APLICACIONES DE MECANISMOS DE COSTO COMPARTIDO | 11 |
| 3.1 Carsharing | 12 |
| <i>3.1.1 Beneficios del Carsharing</i> | <i>13</i> |
| <i>3.1.2 Clasificación del Carsharing</i> | <i>13</i> |
| 3.2 Carpooling | 14 |
| <i>3.2.1 Beneficios del Carpooling</i> | <i>14</i> |
| <i>3.2.2 Clasificación del Carpooling</i> | <i>15</i> |
| 3.3 Vanpooling | 15 |
| <i>3.3.1 Tipos de Programas para el Vanpooling</i> | <i>15</i> |
| <i>3.3.2 Beneficios del Vanpooling</i> | <i>16</i> |
| 3.4 Taxipooling | 17 |
| <i>3.4.1 Beneficios del Taxipooling</i> | <i>17</i> |

| | |
|--|-----------|
| 3.5 Sistemas DRT | 17 |
| <i>3.5.1 Beneficios e Impactos de los Sistemas DRT</i> | <i>18</i> |
| <i>3.5.2 Clasificación de los Sistemas DRT</i> | <i>19</i> |
| 4. LA DEMANDA EN EL TRANSPORTE | 20 |
| 4.1 La Estimación de la Demanda en MCC | 21 |
| <i>4.1.1 Método de Elección Discreta</i> | <i>21</i> |
| <i>4.1.2 Ejemplo de Estimación de la Demanda: Carsharing</i> | <i>23</i> |
| 4.2 Otros Casos de Estimación de la Demanda en MCC | 25 |
| 5. BENEFICIOS EN LOS MECANISMOS DE COSTO COMPARTIDO | 26 |
| 5.1 Estimación de los Beneficios en MCC | 27 |
| <i>5.1.1 Cálculo de la Reducción de Emisiones</i> | <i>27</i> |
| <i>5.1.2 Cálculo del Ahorro de Energía (Combustible)</i> | <i>29</i> |
| 6. PROPUESTA DE MECANISMO A SER IMPLEMENTADO | 29 |
| 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 30 |
| REFERENCIAS | 32 |
| ANEXOS | 38 |
| ANEXO A: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE TECNOLOGÍAS AVL | 38 |
| ANEXO B: DATOS ESTADÍSTICOS DE LOS MCC | 38 |
| ANEXO C: EJEMPLOS DE LOS MCC | 44 |
| ANEXO D: MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA | 47 |

ESTADO DE LA PRÁCTICA DE MECANISMOS DE COSTO COMPARTIDO PARA LA GESTIÓN DE SISTEMAS DE TRANSPORTE.

Valentina Sáez López

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío
valen.slz@gmail.com

Patricio Álvarez Mendoza MSc.PhD.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío
palvarez@ubiobio.cl

RESUMEN.

Existen costos asociados a los sistemas de transporte, tanto en su implementación como en su operación, en ocasiones, estos costos pueden ser elevados. Además, el crecimiento del parque vehicular provoca una variedad de problemas tales como la congestión, contaminación, aumento en los tiempos de viaje, entre otros. Debido a lo anterior, surgen como alternativa los mecanismos de costo compartido, los cuales disminuyen los costos percibidos por los usuario del transporte (público o privado), la cantidad de vehículos circulando en las calles y la contaminación. El presente trabajo resume las características de diversas aplicaciones de costo compartido en transporte, identificando su campo de aplicación, métodos para estimar la demanda y los principales beneficios asociados. Finalmente se propone una aplicación con potencial de ser aplicada al caso nacional.

Palabras claves: mecanismos de costo compartido, costos, demanda, beneficios.

9.245 Palabras Texto + 0 Figuras/Tablas×250 + 0 Figuras/Tablas×300 = 9.245 Palabras Totales

STATE OF THE PRACTICE OF COST SHARING MECHANISMS IN TRANSPORT SYSTEMS MANAGEMENT.

Valentina Sáez López

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Bío-Bío
valen.slz@gmail.com

Patricio Álvarez Mendoza MSc.PhD.

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Bío-Bío
palvarez@ubiobio.cl

ABSTRACT.

There are costs associated with transportation systems, as much in its implementation as its operation, sometimes these costs can be high. In addition, the growth in vehicular park causes a variety of problems such as congestion, pollution, increased travel times, among others. Because of this, appear as an alternative the cost-sharing mechanisms, which decrease the costs perceived by the user of transport (public or private), the number of vehicles on the streets and pollution. This paper summarizes the characteristics of various applications of cost sharing in transport, identifying its field of application, demand estimation methods and associated benefits. Finally an application potential to be applied to the national case is proposed.

Keywords: cost sharing mechanisms, costs, demand, benefits.

1. INTRODUCCIÓN.

Actualmente, existe un considerable aumento en la cantidad de usuarios y vehículos en los sistemas. Del mismo modo, el aumento de la población ha provocado que exista una mayor demanda por parte de los usuarios de los diferentes modos de transporte. El aumento de la cantidad de usuarios, vehículos y de la demanda del transporte ha traído como consecuencia un incremento en la congestión, aumentos en los tiempos de viajes (demoras), contaminación, colapso en los estacionamientos, mayor cantidad de accidentes, entre otros. Todo esto no sólo afecta a los conductores de vehículos particulares, sino que también al transporte público y a sus usuarios debido a que los precios de los pasajes (tarifas) tienden a aumentar. De los problemas antes mencionados, sin duda uno de los más importantes es la congestión. Entre los factores que la provocan se deben diferenciar los de corto y largo plazo (Thomson, 2002). Los factores de corto plazo corresponden al rápido crecimiento poblacional, uso más intensivo de los vehículos, construcción deficiente de la infraestructura vial y la poca percepción, por parte de los conductores, de todos los costos que generan; mientras que los de largo plazo, corresponden a la concentración de los viajes de trabajo en el tiempo (la mayoría de las empresas empiezan y terminan la jornada laboral a la misma hora), el deseo de escoger dónde vivir y trabajar y de viajar en vehículos particulares.

Por todo lo anterior es que se han buscado alternativas para disminuir los problemas asociados a los sistemas de transporte y aumentar los beneficios para los propietarios y usuarios de estos sistemas. Como principal alternativa han surgido los mecanismos de costo compartido (MCC), los cuales, tal como lo dice su nombre, permite compartir los costos del transporte entre los usuarios y permite compartir el uso de los vehículos, ya sean particulares o pertenecientes a alguna empresa o compañía que entregue servicios de movilización a las personas. Las principales aplicaciones de mecanismos de costo compartidos corresponden al Carsharing, Carpooling, Vanpooling, Taxipooling y a los sistemas DRT. En este trabajo se resumen las principales características de estas aplicaciones y sus principales beneficios.

En la consideración de los MCC en transporte importante poder estimar la demanda para tener una estimación de cuántos usuarios usan o desean utilizar los servicios de transportes y así

evaluar la forma de mejorar los servicios, generando más beneficios. Una vez obtenidos los beneficios, también es necesario estimarlos, ya que de esta forma se puede ver el potencial de los mecanismos y así motivar su uso en los usuarios.

1.1 Justificación del Proyecto.

Actualmente, existen muchas alternativas para gestionar los sistemas de transporte de tal forma que minimizan los costos percibidos por el usuario, al mismo tiempo que se preservan algunas características típicas de modos de transporte privado. Estos sistemas al mismo tiempo generan beneficios para la sociedad puesto que se transforman en alternativas competitivas al vehículo particular y por ende tienen el potencial de mejorar la operación de la infraestructura por la vía de desincentivar el uso del vehículo particular, lo que se deriva en una descongestión de las vías y aporte al medio ambiente mediante la disminución de la contaminación.

Además, al ser mecanismos poco conocidos en nuestro país, este trabajo se transforma en un medio por el cual se logran dar a conocer las distintas aplicaciones alrededor del mundo y cómo es su funcionamiento.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General.

- Sintetizar el estado de la práctica de mecanismos de costo compartido (MCC) y su aplicabilidad en el caso nacional.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Describir operacionalmente las principales aplicaciones de costo compartido en sistemas de transporte.
- Sintetizar los métodos para la estimación de la demanda de sistemas de transporte con costo compartido.
- Sintetizar los métodos para la estimación de los beneficios de la implementación de sistemas de transporte con costo compartido.
- Proponer alternativas factibles de ser implementadas considerando el estado de la práctica a nivel nacional.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 Costos en los Sistemas de Transporte.

Frecuentemente, las empresas e individuos deben tomar decisiones acerca de cómo transportar a los pasajeros o cargas a través de los sistemas de transporte. No es raro que los costos de esta operación representen el 10% del total del costo de un producto, o que en los hogares se gaste cerca del 10% de los ingresos por hogar en este ítem. En el caso de Chile, el gasto corresponde a un 16,38% (Palacios, 2013). Por esta razón surge la necesidad de la reducir los costos en los sistemas de transporte.

Los costos de los sistemas de transporte no sólo se refieren al dinero, sino que también al tiempo. También pueden tener costos asociados a posibles ineficiencias, incomodidades o retrasos inesperados. Los costos en los sistemas de transporte, así como las tarifas, dependen principalmente de (Rodrigue y Notterboom, 2013):

- Geografía: principalmente la distancia y accesibilidad.
- Tipo de producto: productos comerciales o pasajeros.
- Energía: el transporte es un gran consumidor de energía, principalmente el petróleo. Cerca del 60% del consumo mundial se atribuye a las actividades de transporte. Aquellos medios de transporte que utilizan mayor energía son susceptibles a los cambios de precio.
- Infraestructura: la eficiencia y la capacidad del transporte tienen un impacto directo sobre los costos. Infraestructuras pobres implican mayores costos y retrasos (tiempo).
- Modos de transporte.

Así, la elección e implementación de un mecanismo de costo compartido se vuelve importante y depende de varios factores como los tipos de infraestructuras disponibles, las tecnologías, orígenes y destinos, el tipo de personas que requieran del servicio, distancias, entre otros.

2.1.1 Otros Costos Asociados al Transporte.

Los costos del transporte están fuertemente relacionados al kilometraje recorrido y el consumo de combustible.

También existen otros tipos de costo asociados a los sistemas de transporte (Rodríguez y Notterboom, 2013).

- Costos de los terminales: costos relacionados a la carga, trasbordo, descarga y estacionamientos.
- Costos linehaul: costos en función de la distancia recorrida al transportar una unidad de carga o pasajeros. Incluye la mano de obra y combustible y comúnmente excluye los costos de transbordo.
- Costos de capital: costos de aplicación a los activos físicos de transporte, principalmente infraestructuras y vehículos.

2.2 Concepto de Costo Compartido.

El costo compartido hace referencia a un proceso en donde dos o más entidades (empresas o personas) trabajan en conjunto para conseguir una disminución en los gastos. Este proceso puede utilizarse para tener acceso a la tecnología, reducir los gastos y costos, tener más acceso al mercado, etc.

En transporte, el costo se determina mediante un proceso racional y luego se distribuyen esos costos entre dos o más benefactores, transformándose en un costo compartido. El objetivo principal de compartir los costos es lograr un uso más eficiente de los recursos y tener la posibilidad de utilizar los ahorros obtenidos para satisfacer necesidades que aún se encuentren pendientes.

2.3 Posibles Tecnologías que Permiten Implementar MCC.

Un factor importante en la implementación de los MCC es la tecnología. La tecnología ayuda a mejorar la accesibilidad y calidad de los sistemas de transporte, en otras palabras, agilizan la programación, reservas de viajes, despachos y procesos de pagos. Algunos ejemplos de tecnologías utilizadas corresponden a la localización automática de vehículos (AVL: Automatic Vehicle Location), los sistemas de despacho asistido por computador (CAD: Computer-Aided Design) y los sistemas de pago electrónico.

2.3.1 Localización Automática de Vehículos (AVL).

Es un sistema de rastreo computarizado de vehículos, el cual determina la posición en tiempo real de cada vehículo para luego ser enviada a un centro de control. Este sistema permite la realización de despachos y control de los vehículos a través del conocimiento de sus ubicaciones geográficas.

Algunas de las ventajas de utilizar sistemas AVL, son:

- Mejor control en las operaciones de despacho y entrega.
- Mejor respuesta a situaciones en la red, por ejemplo, fallas en los vehículos o congestiones inesperadas.
- Más confiabilidad en las variables del servicio.

Además, existen algunos elementos que ayudan en su funcionamiento, cuyas ventajas y desventajas se muestran en el anexo A. Algunos de estos elementos son:

- Sistema de posicionamiento global (GPS: Global Positioning System): sistema de navegación basado en satélites que transmiten señales a la Tierra. Un receptor en cada vehículo lee la señal y determina la localización mediante un método de triangulación.
- Postes por señal e interpolación por odómetro pasivo: son postes de señal localizados en puntos específicos a lo largo de una ruta en donde cada poste transmite una señal única. El vehículo lee la señal para determinar su localización y luego envía los datos de localización al despachador.
- Postes por señal e interpolación por odómetro activo: cada vehículo transmite una señal única a varios postes localizados en puntos específicos a lo largo de una ruta (el poste lee la señal del vehículo) y luego envía la información de los vehículos al despachador.
- Dead reckoning: el vehículo usa su propio odómetro y mide su nueva posición en base a la antigua (posición conocida). El cálculo es suplementado con un mapa digital por medio del cual se compara este valor y se ajusta si es que, de acuerdo al mapa, se encuentra fuera del camino.

2.3.2 *Sistemas de Despacho Asistidos por Computador (CAD).*

Son sistemas que utilizan programas informáticos (software) para gestionar sistemas de transporte con rutas fijas. Se utiliza para planificar las operaciones y prestar un buen servicio a los usuarios, en otras palabras, organizan las rutas de tránsito, horarios, solicitudes de viaje y la asignación de los vehículos.

Esta tecnología tiene muchas ventajas, dentro de las cuales destacan las siguientes:

- Mejor respuesta antes situaciones en la red de transporte.
- Aumento en la cantidad de usuarios que utilizan el transporte público.
- Aumento en la seguridad y confiabilidad de los pasajeros y operadores.
- Mejora la eficiencia.

2.3.3 *Sistemas de Pago Electrónico.*

Estos sistemas permiten el pago de pasajes a través de un medio de pago electrónico (tarjetas magnéticas) en reemplazo del dinero en efectivo.

Existen muchas formas de pago, desde el uso de máquinas expendedoras de tickets o pasajes obtenidos insertando billetes o monedas hasta la utilización de tarjetas inteligentes.

Las ventajas de utilizar estos sistemas de pago son:

- Aumenta la seguridad y comodidad de los usuarios al no utilizar dinero en efectivo.
- Disminución de los fraudes y de los costos por administración del dinero, por ejemplo, depósitos o giros.
- Aumenta la flexibilidad para definir las tarifas, es decir, dependiendo del estado en que se encuentre el sistema (por ejemplo, si el sistema se encuentra congestionado tendrá otro precio).

2.3.4 Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC).

Por otro lado, existe un elemento que ayuda en la implementación de los MCC. Este elemento corresponde a las tecnologías de la información y de la comunicación.

Las TIC son el conjunto de medios de comunicación y aplicaciones de la información que permiten la captura, producción, almacenamiento, tratamiento y presentación de información en forma de voz, imágenes y datos obtenidos en señales de naturaleza acústica, óptica o electromagnética. Incluyen la electrónica como tecnología base.

Un elemento importante dentro de esta categoría es el Internet, las redes sociales y la utilización de smartphones y sus respectivas aplicaciones, ya que mediante estos elementos es posible integrar a los usuarios y facilitar, en este caso, el uso los MCC.

Es importante mencionar que durante los últimos años, Latinoamérica lidera el crecimiento de penetración de las TIC. Argentina, Chile y Uruguay son los primeros países en la lista. Sin embargo, Chile es el líder en el ranking de cantidad de usuarios de Internet y Facebook (Valcárcel, 2014). Chile también lidera en la cantidad de conexiones desde teléfonos móviles (Ballarino, 2013).

Debido a lo anterior es que Chile es un país con potencial para la implementación de algún mecanismo de costo compartido, debido a la aplicación de estas tecnologías y su uso constante en la actualidad.

2.3.5 Casos de Éxito Usando Sistemas AVL, CAD y Sistemas de Pago Electrónico.

A modo de ejemplo, de acuerdo al programa United We Ride (2005), en diversas localidades de Estados Unidos se han implementado algunas de las tecnologías mencionadas en los puntos anteriores, las cuales han sido exitosas y beneficiosas. A continuación se mencionarán ejemplos de estos casos.

a. Departamento de Transporte de Oregon.

El estado de Oregon ha trabajado mano a mano con diversos organismos incluyendo al Departamento de Salud y el Departamento de Servicios para Ancianos para ayudar a reducir los

costos del transporte y aumentar la calidad del servicio. En este caso las tecnologías aplicadas corresponden a software de asignación de costos y centros de llamados coordinados. Los beneficios se pueden resumir en la obtención de una reducción significativa del costo de viaje de los usuarios y un aumento en el volumen de pasajeros.

b. Departamento de Transporte de Washington y Oregon.

En este caso las tecnologías aplicadas fueron principalmente software de asignación de costos y páginas webs con información para los usuarios. Los departamentos de ambos estados trabajan en conjunto para ayudar a los usuarios con los horarios de sus viajes, en donde el concepto principal fue entregarles una amplia gama de opciones de transporte. En resumen, se proveyó de un sistema de información en donde los pasajeros no sólo verían las opciones disponibles, sino que también podrían hacer citas reales a través de los distintos organismos participantes y proveedores de servicios. El principal beneficio es la reducción de costos para los proveedores de servicios.

c. Programa RYDE en Nebraska.

Aquí las tecnologías usadas son software de asignación de costos, un sistema asistido por un ordenador central y las tecnologías aplicadas a los vehículos (localización automática, posicionamiento satelital y comunicación por radio). La agencia de tránsito local se ha asociado con el estado, varios condados y numerosas organizaciones locales y regionales para ayudar a proporcionar servicios de transporte y así también ayudar a quienes necesiten de transporte especializado. RYDE asegura la coordinación con los proveedores para que los vehículos sean utilizados tan eficientemente como sea posible. Como resultado se obtuvo un aumento en el número de pasajeros, el incremento del área geográfica y redujo la tasa de rechazo de viajes.

d. Coalición de Tránsito del Norte de Nevada (NNTC).

En este caso se usa el pago electrónico. La División de Servicios de Envejecimiento (DAS) ha estado trabajando con la Coalición de Tránsito de Nevada del Norte para implementar un programa de tarjetas electrónicas con bandas magnéticas que sirvan de mejor forma a sus clientes. El principal objetivo es que los pasajeros no firmen un registro para determinar la asignación de los costos del viaje, sino que simplemente pasen la tarjeta y quede un registro de

donde subió, donde bajó y luego, el lector de ese vehículo, se descarga en una base de datos principal y el software asigna los costos automáticamente a cada viaje.

3. APLICACIONES DE MECANISMOS DE COSTO COMPARTIDO.

Para poder distribuir y asignar los costos de mejor manera y además darle un uso más eficiente a los servicios de transporte se han creado distintas aplicaciones de MCC. Es importante mencionar y entender en qué áreas del transporte se pueden desarrollar estos mecanismos. Pueden ser en transporte público o transporte de movilidad para la comunidad (Labello, 2012):

- Transporte público: se define principalmente como un servicio de viajes compartidos que involucra el transporte de pasajeros por medio del ferrocarril, metro, autobuses u otros medios de transporte masivo del público. El financiamiento suele estar asociado a dinero local y estatal sustentando a la tarifa que paga el pasajero.
- Movilidad de la comunidad: es el uso de los recursos de la infraestructura de todos los organismos de servicio público, privado y humano dentro de una comunidad o región que tienen como misión en común, trasladar personas de un lugar a otro. Los fondos o financiamientos derivan de los socios cuyos clientes están haciendo uso de los servicios.

Es importante destacar que existe una alternativa que mejora la utilización de los MCC, la cual corresponde a las pistas para vehículos de alta ocupación (HOV Lanes). Estas pistas están reservadas exclusivamente (a veces sólo en ciertos horarios) para el uso de autobuses y vehículos con dos o más ocupantes (a veces tres o más). Las principales funciones son alentar a las personas a que compartan su vehículo para realizar sus viajes, facilitar el transporte público, reducir la congestión vehicular y disminuir la contaminación (Chan, 2012). Si las personas no cumplen con la cantidad mínima de personas al interior del vehículo, existen multas.

El fin principal de estas pistas es mover más personas en lugar de vehículos, aumentando el rendimiento de ocupación. En algunos casos, por estas pistas transitan casi la mitad de las personas que se encuentran en toda la autopista.

Los MCC poseen una gran cantidad de beneficios, los cuales entregan valores estadísticos, mostrados en el anexo B. Además de los datos estadísticos, existen numerosos ejemplos de aplicaciones y/o páginas web en las cuales se aplican estos mecanismos. Si bien en los países más desarrollados este tipo de mecanismo es común, en los países en vías de desarrollo, dentro de los cuales se encuentra Chile, aún no es un tema potente. Sin embargo, en el último tiempo es un tema que ha crecido en Chile, al igual que en países como Argentina, Brasil o Colombia, por nombrar algunos. En el anexo C se presentan algunos ejemplos de aplicaciones para esos países.

3.1 Carsharing.

Es un sistema en el que se utiliza un vehículo de forma privada, donde múltiples usuarios hacen uso de una flota colectiva de vehículos en manera individual.

Es un servicio ofrecido por alguna empresa, permitiendo a los usuarios arrendar un vehículo y utilizarlo sólo el tiempo que lo necesiten. Los vehículos se encuentran en puntos estratégicos de las ciudades, con el propósito de que los usuarios puedan disponer de ellos a poca distancia del lugar en donde se encuentren (Herrero-Beaumont, 2012).

Los pagos se efectúan por hora, distancia recorrida y, en algunos casos, mensualmente o anualmente a través una suscripción. Este mecanismo permite a los usuarios despreocuparse de los costos asociados al uso de un vehículo particular, como la bencina, seguros, mantención, reparaciones, entre otros.

La forma en que el Carsharing funciona es muy simple, primero el usuario necesita descubrir que operador de Carsharing existe donde vive si es que lo hay (mientras más grande la ciudad mayores posibilidades se tendrá de encontrarlo, no así en un área rural). Luego es necesario revisar las condiciones de la membresía de la empresa encontrada y seleccionada, una vez sabiendo las condiciones se debe llenar un formulario de inscripción y tomar algún plan (de ser necesario). Una vez dentro del servicio, lo único que se necesita es conocer donde están estacionados los vehículos y cómo reservarlos. En ciertos servicios, a los usuarios hasta se les permite elegir el tipo de vehículo que deseen dentro de las opciones disponibles. Cuando el usuario obtiene el vehículo, debe desbloquearlo con una tarjeta de suscripción y se puede utilizar

el tiempo que el usuario requiera siempre y cuando vuelva al lugar en donde comenzó (Richard, 2012).

3.1.1 Beneficios del Carsharing.

En la mayoría de los casos, el uso de Carsharing es mucho más ecológico que el uso del vehículo particular. Además, dependiendo de la ubicación del servicio, cada vehículo compartido puede reemplazar de 6 a 20 vehículos particulares. Otro beneficio que tiene el uso de este mecanismo es la disminución de los costos para el usuario (Richard, 2012).

Los beneficios son muchos, los más relevantes son los siguientes (Litman, 1999; TSRC, 2014; Community CarShare, 2014):

- Provee vehículos a personas que no pueden poseer uno propio.
- Puede incrementar la productividad económica, permitiendo utilizar un vehículo a quienes buscan empleo y no pueden poseer un vehículo personal.
- Proporciona equidad, es decir, proporciona movilidad a las personas que tienen desventajas en el transporte.
- Disminuyen los gastos para los usuarios como en seguros, combustible y mantención del vehículo.
- Ahorros en estacionamientos y disminución de su demanda.
- Ofrecen la posibilidad de la elección del tipo de vehículo, los usuarios pueden elegir el tipo de vehículo que más se adecúe a sus necesidades para un viaje en particular.
- Puede ayudar a introducir y probar nuevas tecnologías.
- Ayuda a disminuir la congestión vehicular y contaminación.

3.1.2 Clasificación del Carsharing.

De acuerdo a Friends of the Earth: Amigos de la Tierra (2013), este mecanismo se puede clasificar en 3 tipos:

- Carsharing informal: entre amigos, familia y colegas.
- Clubes: los miembros alquilan vehículos que se encuentren estacionados cerca por cortos períodos sin la necesidad de papeleos.

- Carsharing de par a par (peer-to-peer): las personas arriendan sus propios vehículos para ponerlo al servicio de los demás.

3.2 Carpooling.

En este mecanismo se comparte un vehículo particular el cual es conducido por un chofer no profesional y con al menos dos pasajeros en el vehículo (con horarios y rutas coincidentes). Puede funcionar de dos formas, la primera es utilizando un solo vehículo y los pasajeros comparten el gasto y la segunda es alternando los conductores y los vehículos, compartiendo los gastos de una forma distinta sin intercambiar dinero directamente.

En algunos países se han implementado pistas, mencionadas anteriormente, para vehículos con alta ocupación (HOV) las cuales sólo pueden ser utilizadas por los automóviles que realizan Carpooling. Con esto se pueden disminuir significativamente los tiempos de viaje, evitando la congestión vehicular en horas punta.

3.2.1 Beneficios del Carpooling.

Además de poder compartir los costos y ayudar en la economía de cada usuario, el Carpooling tiene muchos otros beneficios, dentro de los más importantes se encuentran:

- Disminución del uso de estacionamientos.
- Disminución de la emisión de gases contaminantes y mitigación de la contaminación acústica.
- Ahorros en los tiempos de viaje (en zonas que cuenten con vías exclusivas).
- Disminución de la congestión vehicular.
- Menor consumo a nivel mundial de combustible.

Existe una tendencia a los beneficios ambientales y económicos, pero es importante destacar que esta aplicación también tiene beneficios sociales y personales, ya que las personas pueden conocer gente nueva y tener más tiempo para sus actividades (leer, dormir, escuchar música, relajarse, etc.) mientras otra persona se encarga de la conducción (Arce, 2012).

3.2.2 Clasificación del Carpooling.

El carpooling se puede clasificar en tres grupos diferentes (García, 2012):

- Acquaintance-based (basado en una relación cercana): el viaje es compartido entre amigos, familiares o compañeros de trabajo.
- Organization-based (basado en una organización): cuando los usuarios se unen al servicio por medio de una afiliación formal o a través de una página web perteneciente a alguna organización.
- Ad-hoc (a medida): los usuarios son personas que no tienen ningún tipo de relación.

3.3 Vanpooling.

En este MCC se comparte el viaje a una mayor escala que el Carpooling y el Carsharing (Chan, 2012) y se realiza en una van o furgón. Generalmente el número de pasajeros que viajan son 5 a 15 personas. En este caso, los participantes comparten los costos de operación. A menudo, el Vanpooling es parcialmente subvencionado por los empleadores o agencias públicas, disminuyendo aún más los costos de transporte.

Al igual que los usuarios del Carpooling, aquellos que utilicen el Vanpooling también pueden hacer uso de las pistas de alta ocupación (en caso de existir) logrando reducir los tiempos de viaje y evitando el tráfico excesivo en ciertos lugares y en las horas punta.

3.3.1 Tipos de Programas para el Vanpooling.

Existen cuatro tipos principales de programas de Vanpooling, en otras palabras, las formas en cómo se puede utilizar este tipo de mecanismo, las cuales son:

- Los operadores/propietarios compran o arriendan un vehículo. Los usuarios generalmente se reúnen en una ubicación central y le pagan al propietario una tarifa mensual establecida. Un seguro económico y una cobertura adecuada son el gran conflicto de este programa.
- Los empleadores pueden comprar vehículos para el uso de sus empleados. Un empleador organiza a los pasajeros y se encarga de los seguros y mantenciones de los vehículos. El empleador puede cobrar un cargo extra para poder usar la van y/o subsidiar el servicio.

- Los empleadores arriendan vehículos para que lo utilicen sus empleados.
- Una tercera parte de los proveedores de Vanpooling son organizaciones privadas que operan servicios para personas, empresas y agencias gubernamentales. Se arrienda el vehículo por una tarifa mensual que incluye los costos de operación, seguros y mantenimiento del vehículo.

3.3.2 Beneficios del Vanpooling.

El Vanpooling posee muchos beneficios (Best Workplaces for Commuters, 2005) asociados a su uso los cuales están enfocados principalmente a los empleadores y empleados.

a) Beneficios para el empleador.

Los empleadores pueden alentar la moral, satisfacción de sus trabajadores y la apreciación que tienen sobre él. Además ayuda a disminuir los costos del negocio y la demanda de los estacionamientos. También se puede reducir el ausentismo de los trabajadores, apoyando la incorporación y retención de los mismos.

b) Beneficios para el empleado.

Existe una variedad de beneficios para quienes trabajan en empresas que ponen en práctica este MCC, algunos de los principales beneficios son:

- Mayor confort.
- Reducción de estrés.
- Reducción en los tiempos de viaje y en los costos de transporte.

c) Beneficios generales.

Si bien existen muchos beneficios asociados tanto para quienes proporcionan el servicio como para quienes lo utilizan, también existen beneficios asociados a una comunidad en general y al medio ambiente. Algunos de estos beneficios son:

- Reducir la congestión en las calles y carreteras.
- Disminuir el consumo de energía.

- Crear un efecto positivo en el medio ambiente, disminuyendo la contaminación acústica y del aire.

3.4 Taxipooling.

Los servicios de taxis o colectivos son una parte muy importante del transporte urbano, pero lamentablemente también es un aporte a la congestión del tráfico y la contaminación. Compartir los taxis proporciona una forma de reducir el impacto negativo que tienen sobre las ciudades, aunque esto puede afectar a ciertos pasajeros en términos de tiempos de viaje.

Las personas buscan a otras (en un mismo punto de origen) que cumplan con sus requisitos de ruta para compartir el viaje en taxi. Esta búsqueda se puede facilitar mediante el uso de aplicaciones y/o tecnologías (si es que existen). La idea es que el taxi no se detenga por más pasajeros, sino que todos se suban en un mismo lugar y al mismo tiempo.

3.4.1 Beneficios del Taxipooling.

Algunos de los beneficios más significativos del uso son:

- Disminución del número de taxis en las calles.
- Reducción de los costos para los usuarios.
- Disminución de la congestión y contaminación.

Un ejemplo claro de estos beneficios se ve reflejado en el caso de Singapur (Kawamoto et al., 2012), en donde en el año 2012 habían aproximadamente unos 15.000 taxis. Se requería hacer de los taxis un modo de transporte sustentable, pero manteniendo su utilidad, fue por eso que se logró una reducción de los 15.000 taxis a sólo 3.000, logrando mitigar la contaminación, la congestión y además resultó beneficioso para los pasajeros, conductores y compañías de taxis.

3.5 Sistemas DRT.

Estos sistemas de transporte están destinados a atender la demanda de los distintos usuarios y principalmente a promover su accesibilidad en zonas donde el transporte público convencional puede ser financieramente insostenible. Logan (2007), referenciando a Rajé et al. (2003), lo define como una forma de transporte intermedio (entre el bus y el taxi) que cubre una amplia

gama de servicios de transporte alcanzando un transporte menos formal a la comunidad a través de redes amplias de área. También se puede definir como cualquier forma de transporte donde la prestación de servicios diarias está influenciada por la demanda de los usuarios (CFIT, 2008). Son muchas las definiciones existentes, pero todas centradas en la satisfacción de la demanda de los usuarios.

En estos sistemas se suelen utilizar autobuses más pequeños, minibuses, furgones, taxis y automóviles que sirven a las necesidades de movilidad de las personas, ya sean en horarios de baja demanda (zonas de baja población) o en donde los usuarios se encuentran dispersos. Actúan a nivel muy local y por lo tanto son para el público en general o para grupos específicos, por ejemplo, ancianos y/o personas con algún grado de discapacidad (Ambrosino et al., 2004).

Los sistemas DRT se asocian a los Servicios de Transporte Flexible (FTS), el cual entrega servicios flexibles en términos de rutas, asignación de vehículos, formas de pago y categoría del pasajero. La flexibilidad de cada uno de estos elementos puede variar dependiendo de la sensibilidad de la demanda, desde servicios en donde todas las variables se fijan con un tiempo considerable antes de la operación (por ejemplo, una ruta de un bus de transporte público convencional) hasta servicios cuyas variables se determinan cerca del momento de operación (Brake et al., 2006). Así, se puede decir que los sistemas DRT prestan servicios de transporte flexible, o sea, un servicio en el cual los pasajeros pueden solicitar transporte “puerta a puerta” con un modo de viaje compartido, el cual no tiene horarios ni rutas fijas. El principal problema es la manera en que los costos operativos del sistema deben ser compartidos entre los pasajeros, teniendo en cuenta esto, se deben proporcionar cotizaciones de tarifa en forma instantánea y sin el conocimiento de futuras solicitudes (Furuhata et al., 2014). Existen servicios de enlace o trasbordadores, los cuales ayudan a estos sistemas trasladando a los pasajeros de un punto a otro para poder continuar con su viaje de acuerdo a su solicitud.

3.5.1 Beneficios e Impactos de los Sistemas DRT.

De acuerdo a las experiencias y aplicaciones de los sistemas DRT en Europa (Ambrosino et al., 2004) y que, en general, se pueden asociar a los otros países que implementan este tipo de mecanismo de costo compartido, se han establecido algunos beneficios e impactos, nombrados a continuación:

- Los servicios de rutas flexibles permiten el acceso a lo largo de un área de cobertura más amplia.
- Mejoras en los accesos de los servicios locales.
- Provoca una condición de igualdad, ya que mejora la movilidad y accesibilidad para las personas con discapacidad y las personas mayores de edad.
- Mejor movilidad y acceso en los servicios pueden ayudar a conservar la población, especialmente las personas jóvenes y familias, en áreas donde la población está decreciendo.
- La relación costo/eficacia de los servicios alienta el aumento en la prestación del nivel de servicio y en el uso.
- Para los lugares turísticos, las mejoras en el transporte público flexible fomentará el turismo.
- Al provocar mejoras en la movilidad, incrementará el nivel de la actividad económica en la localidad.

3.5.2 Clasificación de los Sistemas DRT.

De acuerdo a estudios anteriores se han propuesto categorías para poder clasificar los sistemas DRT. George et al. (1992) los define usando tipos de uso, características de área y características de viaje. Por otra parte, Niitani (1993) los clasifica por el número de pasajeros, tipos de uso y tecnologías y Takeuchi (2003) según el proveedor de servicio, servicio, forma de viaje o ruta, longitud del viaje, área/densidad de la demanda, usuarios y técnicas de operación avanzada.

También se pueden clasificar de acuerdo a la forma de viaje o ruta (DfT, 2002), correspondientes a las 3 modalidades siguientes:

- Muchos a uno (many to one): implica un vehículo que recoge pasajeros individuales de los lugares que ellos especifican y los lleva a un solo destino.
- Uno a muchos (one to many): los pasajeros son recogidos desde un punto fijo y llevados a diferentes destinos, de acuerdo a sus solicitudes.
- Muchos a muchos (many to many): permite un servicio en donde se recogen pasajeros en distintos lugares de acuerdo a lo que soliciten y son llevados a diferentes lugares, pero dentro de un área de operación definida.

4. LA DEMANDA EN EL TRANSPORTE.

La demanda se entiende como la cantidad y la calidad de los bienes y/o servicios que pueden ser adquiridos a diferentes precios (del mercado) por un consumidor o por un conjunto de ellos. En otras palabras, la demanda representa el deseo de los consumidores o usuarios para comprar el producto a precios alternos (Islas et al., 2002).

En transporte, la demanda se puede definir como la disposición a pagar que tienen los consumidores por hacer uso de una determinada infraestructura o servicio. En el caso del transporte público, la demanda muestra el número de pasajeros que desean utilizar el servicio a diferentes precios o tarifas entre un sitio de origen y uno de destino (Mendieta, 2010).

Existen factores o variables, diferentes del precio y los ingresos, relevantes en la determinación de la demanda del transporte. Estos factores son:

- Características físicas: la selección del modo de transporte dependerá mayormente de las características de los productos a mover. Por ejemplo, los productos de alto valor y bajo volumen son trasladados mediante transporte aéreo, mientras que los de bajo valor y alto volumen por transporte terrestre o marítimo.
- El precio: está inversamente relacionado con la cantidad demandada de viajes, es decir, a menor precio, mayor será la cantidad demandada por los usuarios y viceversa.
- Ingresos de los usuarios: si el ingreso aumenta de manera evidente, la demanda del transporte también aumenta, puesto que al tener más ingresos existen más posibilidades de comprar vehículos o realizar más viajes en el transporte público.
- Velocidad del servicio: los usuarios prefieren servicios de transporte que consuman menos tiempo.
- Calidad del servicio: algunos de los elementos importantes son la frecuencia (tiempos de despacho y llegada esperados por el usuario), el estándar (normas fijadas de desempeño), la comodidad (el confort para los usuarios y el diseño de las rutas e instalaciones), la confiabilidad y la seguridad.

4.1 La Estimación de la Demanda en MCC.

Existen muchos métodos que ayudan a crear modelos para la estimación de la demanda, algunos de esos métodos se nombran en el anexo C. Sin embargo existe un método relevante en la estimación de la demanda de los MCC, ya que en estos mecanismos generalmente existe una situación en donde los usuarios deben decidir entre dos o más opciones (por ejemplo, vehículo particular o transporte público). Debido a esto es que hay interés en la forma en que los usuarios eligen una opción entre las distintas alternativas. El método corresponde al de elección discreta.

4.1.1 Método de Elección Discreta.

La idea principal es averiguar qué factores influyen en las decisiones de los usuarios, por lo tanto es necesario identificar las opciones y luego los atributos que las caracterizan y así tener una idea clara de las decisiones a las cuales se enfrentan los usuarios.

Existen dos tipos de datos que ayudan a analizar el comportamiento de las personas, y por lo tanto, ayudan a definir los modelos y estimación de la demanda (Moreno, 2011). Estos datos corresponden a:

- **Preferencias reveladas:** son datos basados en la observación de las decisiones que toman los usuarios (reacciones a los cambios de tarifas, frecuencias de viaje, tiempo de viaje del recorrido, etc.), los cuales tratan de explicar los atributos de los servicios que afectan las decisiones de las personas. Con esto se obtienen medidas agregadas del comportamiento de los usuarios (matrices origen-destino, viajes promedio por persona a la semana, cuotas porcentuales de participación en los distintos modos de transporte, etc.).
- **Preferencia declaradas:** se basa principalmente en las respuestas que los usuarios dan a planteamientos de cómo actuarían ante diversas opciones ofrecidas por el sistema de transporte, en donde cada opción se presenta como un conjunto de atributos del viaje (tarifa, tiempo de viaje, seguridad, comodidad, etc.).

Se realizan entrevistas en donde se plantean situaciones hipotéticas para estimar cada atributo. La construcción de la encuesta consta de tres pasos: primero, identificar las opciones de viajes que estén disponibles y que sean conocidas por el usuario que tomará la decisión; segundo, identificar las variables que influyan en la decisión y los niveles socioeconómicos que caracterizan a los distintos tipos de usuarios y tercero, un modelo

matemático que represente la elección de los usuarios en función de las variables que afectan su decisión.

Para poder modelar es necesario saber que el flujo de pasajeros en el sistema de transporte es el resultado de las elecciones que hacen los usuarios. Estas elecciones se hacen buscando maximizar la utilidad proporcionada por el viaje.

Un punto muy importante es que para poder estimar la demanda se requieren los resultados del comportamiento de grupos agregados en un sistema de transporte, o sea, evaluar las preferencias de los individuos y sumar sus contribuciones en los grupos que sean de interés para la modelación.

El modelo principal corresponde al Logit, el cual supone que los individuos, cuyas elecciones se modelan, pertenecen a una población homogénea, actúan de forma racional y tienen la información necesaria para poder tomar una decisión, además de estar guiados por el principio de maximizar las utilidades.

a) Modelo Logit binomial.

Este modelo presenta solo dos opciones para poder tomar una decisión. Si se consideran las componentes sistemáticas de la utilidad para las dos opciones como V_1 y V_2 respectivamente, el modelo más general para que la opción 1 sea elegida es:

$$P(1) = \frac{1}{1 + e^{-\beta(V_1 - V_2)}}$$

En donde β es un parámetro de calibración.

Cuando la diferencia entre V_1 y V_2 es 0, existe un 50% de probabilidades de que el individuo elija la opción 1. A medida que esta diferencia vaya tomando valores positivos, la opción 1 tiene mayores utilidades y la probabilidad de elegir esta opción aumenta, por el contrario cuando la diferencia va tomando valores negativos, la opción 2 tiene mayor utilidad y la probabilidad de elegir la opción 1 disminuye, aumentando la probabilidad de elegir la opción 2.

b) Modelo Logit multinomial.

Este modelo es una extensión del Logit binomial, ya que el usuario puede considerar más de dos opciones entre las cuales elegir. Se considera que existen N opciones con utilidades V_1, V_2, \dots, V_N . El modelo para calcular la probabilidad de elegir la opción “j” es:

$$P(j) = \frac{1}{1 + e^{(V_j - V_1)} + e^{(V_j - V_2)} + \dots + e^{V_N}}$$

La probabilidad de elegir la opción “j” aumenta si es mayor la utilidad V_j ; por el contrario, la probabilidad se reduce si alguna de las opciones $k \neq j$ aumenta su utilidad, pues aumenta el denominador.

4.1.2 Ejemplo de Estimación de la Demanda: Carsharing.

En una investigación en la ciudad de Palermo, Italia, en el año 2008 se utilizó la técnica de preferencias declaradas y un modelo de demanda de transporte para analizar el comportamiento de elección entre distintos modos de transporte utilizados para ir al trabajo o a los lugares de estudio en la zona urbana (Catalano et al., 2008). Se realizó una encuesta a una muestra aleatoria de empleados, estudiantes universitarios y trabajadores autónomos moviéndose diariamente a través del centro de la ciudad. El principal objetivo fue la construcción de una herramienta de modelación para predecir la elección entre modos de transportes tradicionales e innovadores y así poder identificar la estrategia óptima para el desarrollo del vehículo compartido.

Se confeccionó un cuestionario compuesto de tres secciones. La primera sección (fase de preferencias declaradas) consistió en la definición de las características socioeconómicas de los hogares que toman las decisiones (composición, sexo y edad de los miembros, número de vehículos y motocicletas disponibles, ingresos, etc.), además de la presentación de preguntas con respecto a un solo encuestado (modo usualmente usado, tiempo gastado, origen y distancia del trayecto al trabajo o lugar de estudio). La segunda, describieron las opciones de vehículo compartido y se le preguntó al encuestado su opinión acerca de esta alternativa. Y por último, la tercera sección consistió en los juegos de elección requeridos en la toma de decisiones para optar a una de cuatro alternativas entregadas (vehículo particular, Carpooling, Carsharing o transporte público).

Para poder caracterizar lo anterior, en la investigación se seleccionaron los siguientes atributos: el costo del transporte por hora (€/h) para el Carsharing; el costo del transporte por kilómetro (€/km) para el vehículo particular, Carpooling y Carsharing; costo del transporte por viaje con sentido único (€/viaje) para el transporte público; el costo de estacionamiento por viaje con sentido único (€/viaje) para el vehículo particular, Carpooling y Carsharing; el tiempo gastado en moverse desde la zona de origen a la de destino (min) para todas las alternativas; el tiempo de estacionamiento (min) para el vehículo particular, Carpooling y Carsharing; el tiempo de acceso (min), o sea, el tiempo requerido para trasladarse desde la casa al punto de comienzo del viaje, para todas las opciones.

Los niveles de los atributos anteriormente nombrados se determinaron tomando en cuenta la necesidad de limitar el número de ejercicios de elección para los encuestados y la necesidad de construir una base de datos adecuada para el análisis del rol que puede tener el vehículo compartido en la ciudad de Palermo.

Luego de la realización de la encuesta, se obtuvieron datos estadísticos. Con estos datos se dieron a conocer las características de los encuestados y de su grupo familiar especialmente en comportamientos de viaje. Los resultados de las encuestas fueron los siguientes:

- Composición del grupo familiar: un 8% se compone de 1 persona, un 19% de 2 personas, un 24% de 3 personas, un 38% de 4 personas, un 10% de 5 personas y finalmente solo un 1% se compone de 6 personas.
- Número de automóviles y motocicletas disponibles en cada grupo familiar: en cuanto a la disponibilidad de automóviles, aproximadamente un 44% solo posee 1, un 41% disponen de 2 automóviles, un 12% tienen 3 automóviles y un 3% más de 3. Con respecto a la disponibilidad de motocicletas, aproximadamente un 74% posee 1 motocicleta, un 18% tienen 2, un 7% dispone de 3 motocicletas y un 1% más de 3.
- Kilómetros recorridos por auto en un año: aproximadamente el 83% de los encuestados recorren menos de 10.000 km al año, contra un 17% que recorren más de 10.000 km, lo que a su vez hace del vehículo compartido una opción altamente competitiva contra el vehículo particular.

- Distancia del típico viaje al trabajo o lugar de estudio de un solo sentido: un alto porcentaje de los encuestados viajan diariamente por lo menos 7 km para alcanzar su destino, o sea, un 56,3%, mientras que el 43,7% menos de 7 km.
- Modos de transporte utilizados para el típico viaje al trabajo o lugar de estudio de un solo sentido: un 46% de los encuestados utiliza el auto (viajando solos), un 18% usa la motocicleta, un 16% comparte vehículo, otro 16% viaja en bus y un 4% utiliza otro modo de transporte.

Se utilizó un modelo Logit multinomial para simular el comportamiento de elección del modo de transporte para los viajes realizados a diario, ya sea hacia el trabajo o lugares de estudio. Para estimar los parámetros del modelo se adoptó el software Nlogit 4.0 y se procesaron 3.080 observaciones de elección.

El potencial de la demanda para los vehículos compartidos se estimó mediante la aplicación del modelo Logit multinomial calibrado a un futuro escenario caracterizado por las siguientes acciones de política de transporte: un incremento en los precios de estacionamientos, la implementación de zonas cerradas al tráfico para vehículos de altas emisiones y la difusión de estacionamientos reservados para usuarios que comparten vehículos.

4.2 Otros Casos de Estimación de la Demanda en MCC.

Stillwater et al. (2008) comparó el uso del Carsharing por un período de 16 meses en un entorno construido y con factores demográficos para un operador urbano de los Estados Unidos. Ellos usaron un análisis de regresión para explicar el uso promedio mensual de Carsharing y lograron concluir que las variables más significativas eran el ancho de la calle, el suministro de servicios de trenes, el porcentaje de personas que conducen y viajan solas diariamente al trabajo y el porcentaje de hogares con un solo vehículo. El porcentaje de personas que conducen solas, ancho de las calles y la disponibilidad de trenes convencionales estaban relacionados de forma negativa al Carsharing, es decir, mientras más altos son estos factores, más baja es la demanda, por el contrario, el porcentaje de hogares con un solo vehículo y la disponibilidad solo de trenes ligeros estaban relacionados de forma positiva, o sea, mientras más altos estos factores la demanda también es más alta.

En el 2009, en la Universidad de Wisconsin-Madison se estudió el potencial del Carsharing realizando una encuesta de preferencias declaradas sobre los hábitos del transporte y preferencias del Carsharing, específicamente hábitos de viaje, actitudes sobre el transporte y el medio ambiente, y la familiaridad con el Carsharing en la comunidad de la universidad. Se concluyó que la posición social en la universidad y la actitud de las personas tienen un gran impacto en la aceptación del Carsharing y que los estudiantes están más dispuestos, que otros miembros de la universidad, a usar el Carsharing (Zheng et al., 2009).

Lorimier y El-Geneidy (2011) estudiaron los factores que afectaban el uso del vehículo y la disponibilidad en las estaciones de Carsharing en la compañía de Montreal, Communauto inc. Ellos desarrollaron un modelo de regresión lineal para explicar el uso del vehículo y un modelo de regresión logístico para explicar la disponibilidad de los vehículos. Con estos modelos se obtuvo que el tamaño de la estación de Carsharing tiene un gran impacto en ambas variables, es decir, que las estaciones más grandes ofrecen más opciones de vehículos y cubren más área que las estaciones más pequeñas.

En el año 2012 se realizó un enfoque de dos etapas para estudiar el comportamiento de los usuarios del Carsharing. En la primera etapa, se estudió la probabilidad de cada miembro activo en un mes usando un modelo binario probit y en la segunda, se determinó la probabilidad de un miembro activo, usando el servicio múltiples veces por mes, con un modelo aleatorio basado en la utilidad. Los modelos fueron estimados usando datos de 40 meses de operación de Communauto inc. Se concluyó que la actividad de los miembros en los 4 meses previos influye en su comportamiento en el mes actual, es decir, el número de veces que los usuarios usen el servicio en los 4 meses previos es directamente proporcional a la cantidad de veces que ellos lo usan en el mes actual. Además, algunos atributos de los usuarios como la edad y el género, tienen un impacto en su comportamiento (Morency et al., 2012).

5. BENEFICIOS EN LOS MECANISMOS DE COSTO COMPARTIDO.

El uso del transporte se ha masificado en el último tiempo, provocando un aumento en la congestión vehicular y en la contaminación. Sin embargo, los MCC proporcionan muchos beneficios para la sociedad. Los principales beneficios que aportan estos mecanismos son la

reducción de costos para los usuarios, el ahorro de energía (combustible) y la reducción de emisiones (gases contaminantes).

5.1 Estimación de los Beneficios en MCC.

Es importante estimar los beneficios, ya que esto genera incentivos para las personas, por lo tanto, se logra un aumento en la utilización de este tipo de mecanismos.

5.1.1 Cálculo de la Reducción de Emisiones.

Uno de los beneficios principales de los MCC corresponde a la disminución de emisiones de gases contaminantes provenientes de los vehículos. Esto se logra mediante la disminución de los vehículos circulando por las calles, debido a que los usuarios comparten viajes y vehículos.

El concepto básico es estimar la reducción de kilómetros recorridos por vehículo (VKT) y combinarlo con la emisión de gases por kilómetro de cada vehículo, con el fin de obtener una estimación de la reducción de emisiones totales (EPA, 2008).

La estimación se realiza mediante dos pasos. El primer paso consiste en calcular la reducción de distancia total recorrida por los vehículos. Este valor corresponde al producto del número de personas que ya no viajan solas en sus propios vehículos y la distancia promedio en kilómetros que esas personas normalmente recorren. Por ejemplo, se asumirá que el viaje promedio diario (ida y vuelta) es de 30 km y hay un total de 1.000 personas que actualmente viajan solas en sus vehículos, pero luego en cada vehículo habrá dos ocupantes (comparten vehículo).

Entonces, si las personas no comparten el vehículo, la distancia total que viaja este grupo cada día es 30.000.

$$1.000 \text{ personas} \times \left(1 \frac{\text{vehículo}}{\text{persona}} \right) = 1.000 \text{ vehículos}$$

$$1.000 \text{ vehículos} \times \left(30 \frac{\text{kilómetros}}{\text{vehículo}} \right) = 30.000 \text{ kilómetros}$$

Una vez que las personas deciden compartir el viaje (dos ocupantes por vehículo), la distancia total que viaja el grupo se reduce a 15.000 cada día.

$$1.000 \text{ personas} \times \left(\frac{1 \text{ vehículo}}{2 \text{ personas}} \right) = 500 \text{ vehículos}$$

$$500 \text{ vehículos} \times \left(30 \frac{\text{kilómetros}}{\text{vehículo}} \right) = 15.000 \text{ kilómetros}$$

Siguiendo el caso anterior, por ejemplo si se estima que el promedio de ocupación del vehículo aumentará a 2,5 personas (equivalente a dos vehículos en uso cada 5 personas), entonces:

$$1.000 \text{ personas} \times \left(\frac{1 \text{ vehículo}}{2,5 \text{ personas}} \right) = 400 \text{ vehículos}$$

$$400 \text{ vehículos} \times \left(30 \frac{\text{kilómetros}}{\text{vehículo}} \right) = 12.000 \text{ kilómetros}$$

Para calcular la reducción de kilómetros recorridos por vehículo al compartir vehículos, se debe realizar la siguiente operación:

$$(VKT \text{ antes del compartir}) - (VKT \text{ después de compartir}) = (\text{reducción VKT})$$

$$30.000 \text{ km} - 15.000 \text{ km} = 15.000 \text{ km}$$

$$30.000 \text{ km} - 12.000 \text{ km} = 18.000 \text{ km}$$

Esto quiere decir, que a medida que la ocupación por vehículo aumenta, la reducción de distancia recorrida también aumenta.

El segundo paso es combinar la reducción de VKT con los factores de emisión de gases (en gramos por kilómetro) y el consumo de gasolina. Los factores de emisión dependerán del tipo de combustible, eficiencia del motor, cantidad de combustible consumido, etc. Por ejemplo, asumiendo que el factor de emisión del PM10 es de 0,019 g/km (CONAMA, 2009), entonces:

$$0,019 \frac{\text{g}}{\text{km}} \times 15.000 \text{ km} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0,282 \text{ kg PM10}$$

Por lo tanto con una reducción de 15.000 kilómetros habrá una disminución de 0,282 kg de partículas PM10.

5.1.2 Cálculo del Ahorro de Energía (Combustible).

El ahorro energético es parte de los grandes beneficios que tienen los MCC. Este cálculo requiere de la observación del ahorro de combustible al compartir los viajes y los vehículos.

Para calcular el ahorro de combustible, primero se deben estimar los kilómetros recorridos (ida y vuelta), registrando el kilometraje inicial y final en el odómetro del vehículos; segundo, determinar el rendimiento del vehículo (cuántos kilómetros rinde por litro de gasolina); tercero, calcular la distancia total recorrida (multiplicar distancia recorrida por el número de días que se viaja en el mes) y por último calcular el ahorro (Parrish, s.f.). Por ejemplo, si la distancia recorrida es de 10 kilómetros y se viajan 21 días al mes, entonces el total es de 210 kilómetros. Si el vehículo rinde 10 kilómetros por litro, entonces se utilizan 21 litros de combustible al mes, o en otras palabras, se gastan \$16.800 si el combustible está a \$800/litro. Entonces si se comparte el vehículo con una persona, los ahorros de energía serían 10,5 litros de gasolina o \$8.400 al mes por persona, ya que se dividen los costos entre ambos.

Para realizar estos cálculos rápidamente, existen varios programas en la web para realizarlos. Además, si se comparten viajes al menos una vez a la semana, se pueden reducir el consumo de combustible aproximadamente en un 20%. (King Country, s.a.).

6. PROPUESTA DE MECANISMO A SER IMPLEMENTADO.

Si bien el Carpooling es el mecanismo más utilizado hasta el momento en nuestro país y el que a simple vista resulta más fácil de implementar, también existe otra alternativa potencial, el Taxipooling (taxi compartido).

Los taxis corresponden a un tipo de transporte público presente a lo largo de todo el país. Esta característica permite ahorrar problemas institucionales (legales), por ejemplo en las inscripciones de los vehículos o en sus seguros, lo que a su vez permite un ahorro de tiempo para comenzar la implementación de este servicio. Por otro lado, el taxi funcionará de forma similar al vehículo particular, ya que entrega seguridad y comodidad a los pasajeros. Además disminuye el estrés que provoca la conducción en horas punta y permite ahorrar dinero (combustible).

La propuesta consiste en utilizar este modo de transporte en horarios en donde la demanda de los taxis es baja, por ejemplo, en las horas punta de la mañana. Los usuarios podrán utilizar un taxi en esos horarios, evitando el uso del vehículo particular, ahorrando dinero y disminuyendo la contaminación. El taxista sabrá el horario y lugar en dónde recoger a los pasajeros, para luego continuar con el ritmo normal de su trabajo diario.

Este servicio se apoya en la tecnología, específicamente, en aplicaciones para smartphones, tablets, computadores o mediante páginas web. La aplicación debe tener opciones en las cuales se puedan observar la disponibilidad de los taxis que ofrecen el servicio y las rutas que realizan las personas que desean compartir el taxi, pudiendo elegir y seleccionar a aquellos usuarios que se encuentren cerca y contactarlos para compartirlo. También existe la posibilidad de crear perfiles para cada persona (pasajero) y taxista. Con estos perfiles se podrá tener una imagen de cómo es el usuario, teniendo la posibilidad de decidir si compartir el taxi o no.

Existen factores, como por ejemplo el precio, que afectan la demanda. Aunque los taxis tienen tarifas que el transporte público general, tener la posibilidad de que más personas se trasladen al mismo tiempo (compartir el servicio) hace que el precio del servicio disminuya considerablemente, debido a que los costos se podrán dividir entre los usuarios que compartan el taxi y a su vez causará que la demanda del servicio aumente. Mientras más personas compartan el taxi, los precios serán más bajos.

Los beneficios se podrán calcular con los métodos mencionados en los puntos 5.1.1 y 5.2.2 ya que con esta alternativa se reducirían considerablemente los gastos en combustible para cada usuario y la disminución de la emisión de gases, ya que estarían dejando de circular vehículos por las calles.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Con respecto al modo de funcionamiento, es decir, los registros, búsquedas, tarifas y formas de pago, el Carsharing actúa de forma similar al Vanpooling, mientras que por otro lado, el Carpooling al Taxipooling. Sin embargo, el Carpooling funciona como un servicio particular, no

así el Taxipooling, el cual corresponde a un servicio de transporte público, el cual debe estar registrado en una base de datos para poder funcionar legalmente y sin ningún problema.

Los países desarrollados son los que lideran la utilización de este tipo de mecanismos, sin embargo, en este último tiempo, los países en vías de desarrollo han tenido un crecimiento importante en lo que respecta a la utilización e implementación de estos mecanismos. Los mecanismos más comunes hasta el momento en países en vías de desarrollo son el Carpooling y el Taxipooling (por ejemplo, países como Chile, Argentina, México y Brasil). Por otro lado, en los países desarrollados se puede observar el Carpooling, Taxipooling y mecanismos más avanzados como el Carsharing y los sistemas DRT.

Los sistemas DRT deben tener algún tipo de subsidio de parte del gobierno o de las autoridades regionales o comunales para poder operar, debido a que es un mecanismo principalmente dirigido a las personas con discapacidades o ancianos, lo que implica un menor uso en comparación con las otras aplicaciones y un servicio más especializado (máquinas especiales y seguridad).

Los métodos más utilizados para estimar la demanda en los MCC corresponden a los de elección discreta, específicamente utilizando Logit ya que los usuarios deben elegir entre dos o más alternativas de modos de transporte. La recolección de datos se realiza mediante encuestas a posibles los usuarios y finalmente se confecciona un modelo de estimación.

El Taxipooling o taxi compartido es una potencial aplicación a ser implementada en el caso nacional, debido a la confianza que genera en los usuarios frente a otros tipos de mecanismos. También por tener un apoyo importante por parte de las TIC, debido a que Chile es uno de los países Latinoamericanos con más usuarios en internet y redes sociales y el país con más conexiones desde teléfonos móviles.

Finalmente, se recomienda realizar más estudios referentes a la estimación de la demanda para los mecanismos de costo compartido.

REFERENCIAS.

Ambrosino, G., Nelson, J. & Romanazzo M. (2004). Demand Responsive Transport Services: towards the flexible mobility agency, ENEA Rome.

Arce Ojeda, C. I. (2012). *Estudio de Mercado Carpooling FEN*. (Tesis para obtener el título de Ingeniero Comercial, mención Administración). Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Ballarino, F. (2013). “Latinoamericanos se conectan 9,2 horas promedio a redes sociales al mes”, *FayerWayer*, 3 de noviembre, <http://www.fayerwayer.com/2013/11/latinoamericanos-se-conectan-92-horas-promedio-a-redes-sociales-al-mes/>. Acceso el 14 de diciembre del 2014.

Best Workplaces for Commuters (2005). *Vanpool Benefits: Implementing Commuter Benefits as One of the Nation's Best Workplaces for Commuters*, Environmental Protection Agency, United States.

Brake, J., Mulley, C. & Nelson, J. (2006). Good Practice for Demand Responsive Transport Services Using Telematics. University of New Castle, Transport Operations Research Group, Department for Transport, UK.

Cañigüeral, A. (2012). “Explosión de Consumo Colaborativo en América Latina”, *Ciudadano Responsable*, 27 de septiembre, <http://www.ciudadanoresponsable.cl/contenidos/explosion-de-consumo-colaborativo-en-america-latina/>. Acceso el 14 de diciembre del 2014.

Cañigüeral, A. (2012). De Conduzco.es a Carpooling.es, entrevista a Juan Pérez (Country Manager), *Consumo Colaborativo*, 8 de febrero, <http://www.consumocolaborativo.com/2012/02/06/entrevista-carpooling-es/>. Acceso el 3 de septiembre de 2014.

Catalano, M., Lo Casto, B. & Migliore, M. (2008). Car sharing demand estimation and urban transport demand modelling using stated preference techniques. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 13(3), 201-220.

CfIT, Commission for Integrated Transport (2008). *A New Approach to Rural Public Transport, 2008*. London, UK.

Chan, N. & Shaheen, S. (2012). Ridesharing in North America: Past, Present, and Future. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary*, 32(1), 93-112.

Clavel, R., Castex, E & Josselin, D. (2011). The Role of Intelligent Transport Systems for Demand Responsive Transport. In D. Hoomweg, *Cities and climate change*. Washington DC: World Bank.

Cnn Expansión (2011). “El “Aventón” trae ahorro a las empresas”, 17 de junio, <http://www.cnnexpansion.com/expansion/2011/06/17/una-forma-de-fomentar-la-cohesion>. Acceso el 7 de Septiembre del 2014.

Community CarShare (2014). *Benefits of Carsharing*, <http://communitycarshare.ca/benefits-of-carsharing/>. Acceso el 27 de octubre del 2014.

Commuter Solutions & Green Living (2014). Carpool Statistics, *Statistic Brain*, <http://www.statisticbrain.com/carpool-statistics/>. Acceso el 4 de Septiembre del 2014.

CONAMA, Comisión Nacional del Medio Ambiente (2009). Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, Chile.

DfT, Department for Transport (2002). *The Flexible Future: a consultative paper on changes to local bus service registration and bus service operators grant requirements to allow more flexibility routed services*. UK.

EPA, Environmental Protection Agency (2008). Sample Calculation of Emission Reductions and Fuel Savings from a Carpool Program, United States.

Furuhata, M., Cohen, L., Koenig, S., Dessouky, M. & Ordonez, F. (2014). Characterizing online cost-sharing mechanisms for demand responsive transport systems. In A. Bazzan, M. Huhns, A. Lomuscio & P. Scerri, *Proceedings of the 2014 International Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems* (pp. 1491-1492). Paris, France: AAMAS'14.

García Fernández, A. (2012). *El Potencial de Éxito del Carpooling en España*. (Tesis). Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Pontificia Comillas ICAI-ICADE. Madrid, España.

Herrero-Beaumont, G. (2012). “Carsharing y Carpooling, diferencias y similitudes”, *Bluemove*, Blog, 7 de agosto, <https://bluemove.es/es/blog/carsharing-y-carpooling-diferencias-y-similitudes#.VEmOrTJ5O6M>. Acceso el 23 de octubre del 2014.

Islas, V., Rivera, C. y Torres, G. (2002). *Estudio de la Demanda del Transporte*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 213. Sanfandila, Qro, México.

Kawamoto, K., Lin, W. & Akitomi, T. (2012). *Taxi Pool*, Team Hitachi R&D, Singapore, <http://es.slideshare.net/upsingapore/taxipool>. Acceso el 29 de octubre del 2014.

King Country, Department of Natural Resources and Parks, Washington: Green Team Carpool Project – Calculate Your Savings from Carpooling. Washington, United States.

Labello, M. (2012). *The Case for Cost Sharing*. New York State Department of Transportation, United States.

Litman, T. (1999). *Evaluating Carsharing Benefits*. Victoria Transport Policy Institute, Canada.

Logan, P. (2007). Best Practice Demand-Responsive Transport (DRT) Policy. *ARRB Road & Transport Research: Journal of Australian and New Zealand Research and Practice*, 16(2), 50-59.

Lorimier, A. & El-Geneidy, A. (2011). Understanding the Factors Affecting Vehicle Usage and Availability in Carsharing Network: A Case Study of Communauto Carsharing Systems From Montréal, Canada. *International Journal of Sustainable Transportation*, 7(1), 35-51.

Mendieta, J. (2010). *La Teoría de la Demanda de Transporte Urbano*. Apuntes de clase – Introducción a la Economía del Transporte, Facultad de Economía, Universidad de los Andes, Colombia.

Morency, C., Habbib, K., Grasset, V. & Islam, M. (2012). Understanding members' Carsharing (activity) persistency by using econometric model. *Journal of advanced Transportation*, 46, 26-38.

Moreno, E. (2011). Métodos de Elección Discreta en la Estimación de la Demanda del Transporte. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Publicación Técnica No. 335. Instituto Mexicano del Transporte.

Munguía, G. y Téllez, J. (2012). “El autosardina, opción para ahorrar y no contaminar”, *Publimetro*, 9 de mayo, <http://www.publimetro.com.mx/noticias/el-autosardina-opcion-para-ahorrar-y-no-contaminar/pleh!xxEyNobX11JsVTLewgdkRQ/>. Acceso el 6 de Septiembre del 2014.

Murphy, C. (2012). Green Transport Week tip 1: Catch a ride, 9 de mayo, <http://www.etatrust.org.uk/2012/05/theres-more-to-liftshare-that-catching-a-ride/>. Acceso el 7 de diciembre del 2014.

Palacios, J. (2013). Gasto promedio mensual de los hogares chilenos es de \$807.409 según encuesta del INE, *La Tercera*, 27 de septiembre, <http://www.latercera.com/noticia/negocios/2013/09/655-544451-9-ine-gasto-promedio-mensual-de-los-hogares-chilenos-llega-a-807409.shtml>. Acceso el 23 de diciembre del 2014.

Parrish, R. (s.f.). How to Calculate Energy Savings of Carpooling, *SFGate*, <http://homeguides.sfgate.com/calculate-energy-savings-carpooling-79536.html>. Acceso el 24 de noviembre del 2014.

Rajé, F., Grieco, M., Hine, J. & Preston, J. (2004). “Transport, Demand Management and Social Inclusion: the need for ethnic perspectives”, Aldershot, UK, Ashgate.

Richard, M. (2012). “What is Car Sharing and How Does it Work?”, *Treehugger*, 20 de septiembre, <http://www.treehugger.com/cars/what-is-car-sharing-and-how-does-it-work.html>. Acceso el 23 de octubre del 2014.

Rodrigue, J. & Notteboom, T. (2013). Transportation, Economy and Society. In J. Rodrigue, C. Comtois & B. Slack, *The Geography of Transport Systems, Third Edition* (pp. 226-254). New York: Routledge.

Shaheen, S. & Cohen, A. (2007). Growth in Worldwide Carsharing: An International Comparison. *Transportation Research Record*, 81-89.

Stillwater, T., Mokhtarian, P. and Shaheen, S. (2008). Carsharing and the Built Environment: A GIS-Based Study of One U.S. *Transportation Research Record*, 2110, 27-34.

Thomson, I. & Bull, A. (2002). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. *Revista CEPAL*, 76, 109-121.

TSRC: Transportation Sustainability Research Center (2014). Carsharing. University of California, Berkeley, <http://tsrc.berkeley.edu/carsharing>. Acceso el 20 de octubre del 2014.

United We Ride, Coordinating Human Service Transportation (2005). *Using Technologies to Support Cost Allocation among Human Services and Transportation Agencies, 2005*. Washington, DC: U.S Department of Transportation.

Valcárcel, M. (2014). “Ranking Tecnologías de la Información y Comunicación – Penetración TIC en Latam: Argentina, Chile y Uruguay en cabeza, Nicaragua en la cola”, *Infolatam*, 8 de mayo, <http://www.infolatam.com/2014/05/09/penetracion-tic-en-latam-argentina-chile-y-uruguay-en-cabeza-nicaragua-en-la-cola/>. Acceso el 14 de diciembre del 2014.

Washington State Department of Transportation, Public Transportation (2013). Vanpool Program, <http://www.wsdot.wa.gov/Transit/Rideshare/Vanpool.htm>. Acceso 15 de Septiembre del 2014.

Zheng, J., Scott, M., Rodriguez, M., Sierzchula, D., Guo, J. & Adams, T. (2009). Carsharing in a University Community – Assessing Potential Demand and Distinct Market Characteristics. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2110, 18-26.

ANEXOS.

ANEXO A: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE TECNOLOGÍAS DE AVL.

En la Tabla A1 se resumen las ventajas y desventajas de las cuatro principales tecnologías utilizadas en los sistemas AVL.

Tabla A1. Ventajas y Desventajas de las Tecnologías Utilizadas en AVL

| Tecnología | Ventajas | Desventajas |
|------------------------------------|---|--|
| GPS | - Puede ser operado en cualquier parte donde se reciba la señal - No requiere comprar, instalar o mantener equipos al lado de la vía | Las señales pueden ser bloqueadas |
| Postes por señal y odómetro pasivo | - Aprobada y bien establecida - Se reduce el número de frecuencias de radio requeridas | - Se requieren postes y la localización se obtiene sólo cuando vehículo pasa por el poste - No efectivo para vehículos con rutas no fijas |
| Postes por señal y odómetro activo | Aprobada y bien establecida | - Se requieren postes - No efectivo para vehículos con rutas no fijas |
| Dead reckoning | Bajo nivel de compras, instalaciones y mantenciones de equipos a un lado de la vía (si se usan postes como complemento) | Baja precisión en comparación con las demás tecnologías |

Nota: se utilizó como fuente de referencia la revista chilena Sectra.

ANEXO B: DATOS ESTADÍSTICOS DE LOS MCC.

A continuación se muestra la recopilación de datos estadísticos de algunos de los MCC.

a) Carsharing.

El uso del Carsharing ha aumentado en los últimos años. Sólo en América del Norte (Estados Unidos, Canadá y México), en enero del 2014 habían aproximadamente 1.458.730 miembros de

diferentes agencias de Carsharing, compartiendo unos 21.403 vehículos. Mientras que en Brasil a la misma fecha existían unos 3.326 miembros compartiendo aproximadamente 56 vehículos (TSRC, 2014).

Además, Shaheen y Cohen (2007) entregan algunos datos de Europa y Norteamérica, los cuales se resumen en la Tabla B1.

Tabla B1. Estadísticas de Europa y Norteamérica

| | Europa | Norteamérica |
|---|---------------|--|
| Número de vehículos reemplazados por realizar Carsharing | 4 a 10 | 6 a 23 |
| % de participantes que vendieron su vehículo después de unirse a un servicios de Carsharing | 15,6 a 34% | 11 a 29% |
| % de participantes que pospusieron o evitaron la compra de un vehículo debido al Carsharing | 23 a 26,2% | 12 a 68% |
| % de reducción de kilómetros recorridos por vehículo debido al Carsharing | 28 a 45% | 7,6 a 80% (promedio de 44% entre estudios) |

Cecilia Bromley-Martin (Murphy, 2012), encargada de comunicaciones de Liftshare, explica que han sido muchos los valores obtenidos al usar este tipo de mecanismo. Estos valores se encuentran en la Tabla B2.

Tabla B2. Estadísticas Liftshare

| | |
|---|-------------------|
| Ahorro de dinero anual de quienes diariamente utilizan el mecanismo de Carsharing | £987 |
| Reducción de CO ₂ | 110.000 toneladas |

b) Carpooling.

LAN Chile (Arce, 2012) es la primera empresa Sudamericana en implementar el sistema de Carpooling corporativo. En un período de 5 meses (15 de mayo del 2012 al 29 de octubre del 2012) se han logrado recopilar los datos mostrados en la Tabla B3.

Tabla B3. Estadísticas LAN Chile al Año 2012

| | |
|--|----------------|
| Emisiones de CO ₂ evitadas | 9.124 kg |
| Cantidad de dinero ahorrado en combustible | \$ 3.849.897 |
| Cantidad de dinero ahorrado en uso de taxi | \$ 440.720 |
| Porcentaje de descongestión de las plazas de estacionamientos | 20% |
| Porcentaje de ahorro en combustible y peajes de autopistas concesionadas | 30% - 40% |
| Pretensión de disminución anual de emisiones de CO ₂ | Más de 200 ton |

En Chile existen varias páginas web que permiten el uso del Carpooling (a-dedo.cl, nosfuimos.cl, carpooling.cl, aventonces.cl, etc.). La Tabla B4 muestra alguno de los beneficios.

Tabla B4. Estadísticas Página Web A-dedo al Año 2014

| | |
|--|-----------|
| Reducción en los tiempos de viaje | 20% |
| Reducción en los costos de viaje | 60% |
| Reducción en los costos de estacionamiento | 30% |
| Ahorros en taxis | Hasta 10% |

En México, también se utiliza la plataforma Aventones (Munguía, 2012; CNN Expansión, 2012), así como en Perú y Colombia. La Tabla B5 muestra algunos de los beneficios generados por el Carpooling en México.

Tabla B5. Estadísticas Página Web Aventones al Año 2014

| | |
|---|-----------------|
| Ahorros en emisiones de carbono | 972 ton |
| *Reducción de vehículos en circulación | 1.000 vehículos |
| Número de viajes compartidos realizados hasta el 2011 | 40.000 |
| Cantidad de gasolina ahorrada | 520.000 litros |
| Cantidad de kilómetros no recorrida | 6.76 millones |
| Cantidad de horas de convivencia generada | 114.000 horas |
| Número de empresas utilizando el servicio | 70 aprox. |

*Nota: *Cantidad entregada por la empresa Costco en 2011.*

Por otro lado, en Europa, existe la plataforma del sitio web carpooling.com, la cual corresponde a la mayor red de vehículos compartidos en Europa con importantes beneficios mostrados en la Tabla B6 y con más de 3,5 millones de usuarios registrados en más de 40 países (por ejemplo,

Reino Unido, Alemania, Francia, Italia, Polonia, Grecia, España, entre otros). En una entrevista a Juan Pérez (Cañigual, 2012), el manager del sitio web, se obtuvieron algunos datos.

Tabla B6. Estadísticas a Nivel General al Año 2010

| | |
|--|---|
| Ahorro en emisiones de CO ₂ | Más de 725.000 ton |
| Litros ahorrado en gasolina | 375 millones |
| *Millas menos de tráfico | 56.000 (90.999 km) |
| *Cantidad de dinero ahorrado por pasajeros y conductores | 750 millones de Euros (\$1.100.000.000) |
| *Ahorro mínimo en viajes de más de 125 millas (200 km) | 20 Euros |

Nota: *Valores obtenidos en los últimos 10 años de la página web.

En Bilbao (España) a través de la página web Amovens se entregan valores estadísticos del Carpooling para el año 2013. Un dato importante es que la mayor parte de las personas que comparten vehículos tienen edades de 25 a 34 años, que el género que predominante es el masculino y que el fin por el cual más se usa es ir al trabajo o universidad y vacaciones, además, según esta página las personas utilizan este método principalmente para reducir sus gastos (79,2%). En cuanto a los principales beneficios se resumen en la Tabla B7.

Tabla B7. Estadísticas de Amovens al Año 2013

| | |
|---|-----------------------|
| Número de plazas de estacionamiento ofrecidas | 2.015.300 plazas |
| Dinero ahorrado | 5,7 millones de Euros |
| Total de emisiones ahorradas | 5,4 ton |

Es así como existen muchas más páginas web, las cuales ayudan a fomentar el uso de este mecanismo y también a organizar a los usuarios. Es el caso de carpoolworld.com, página que se encarga de realizar este tipo de viajes en Estados Unidos, Canadá e incluso México. Sus beneficios se resumen en la Tabla B8.

Tabla B8. Estadísticas a Nivel General al Año 2012

| | |
|--|---------------------|
| Cantidad de vehículos que han dejado de circular en las carreteras | 90.710 vehículos |
| Ahorro en emisiones de CO ₂ | 462.808.000.000 ton |
| Ahorro en gasolina | 197.418.980 litros |
| Cantidad de kilómetros menos en recorridos | 1.388.694.203 km |

Si bien las estadísticas corresponden a años anteriores, interesa tener valores más actuales, es por eso que desde la página web Statistic Brain se extrajeron resultados en relación al Carpooling, con fecha 1 de Febrero del 2014 (Fuente: Commuter Solutions; Green Living). La Tabla B9 resume esos resultados.

Tabla B9. Estadísticas de Estados Unidos al Año 2014

| | |
|--|--|
| Porcentaje total de personas que comparten vehículo con un miembro de su familia | 51% |
| Porcentaje de personas que comparten vehículo con alguien con quien viven | 40% |
| Porcentaje de Americanos que comparten vehículos | 10% |
| Porcentaje de personas que comparten vehículo con solo 1 otra personas | 77,3% |
| Porcentaje de Americanos que conducen solos al trabajo | 78% |
| Porcentaje de disminución de tráfico si todos compartieran vehículo una vez por semana | 20% |
| Cantidad total de gasolina ahorrada anualmente por compartir vehículos | 85 millones de galones (321 millones de litros aprox.) |
| Cantidad total de millas de tráfico evitado cada año por compartir vehículo | 56.000 millas (90.123 kilómetros aprox.) |
| Cantidad total dinero ahorrado por compartir vehículo cada año | \$1,1 billones |

c) Vanpooling.

En muchos países existe la implementación de este mecanismo, es así que la página web carpoolworld.com nos entrega los siguientes datos que han logrado recopilar a la fecha y se muestran en la Tabla B10.

Tabla B10. Valores Recopilados por Carpoolworld

| | |
|--|-----------------------------------|
| Eficiencia de los beneficios | 86% - 90% |
| Frecuencia | 0,8% - 1,6% |
| Ahorro en emisiones de CO ₂ | Aproximadamente 3000 lb (1361 kg) |
| Cantidad de millas reducidas | Aproximadamente 3821 lb (1733 kg) |

Por otro lado el programa de Vanpooling del Departamento de Transporte del Estado de Washington (Vanpool Program, 2013) nos entrega los siguientes datos estadísticos mostrados en la Tabla B11.

Tabla B11. Valores Estadísticos en Washington a Noviembre del 2013

| | |
|--|----------------------|
| Vanpools en servicio a nivel estatal | Más de 2.850 |
| Promedio de personas en una van | 8 |
| Número de agencias de tránsito con flotas de Vanpool operativas | 20 |
| Reducción de viajes de vehículos por el Vanpooling cada día de trabajo | Más de 19.009 viajes |

d) Taxipooling.

La Tabla B12 resume algunos valores estadísticos de este mecanismo.

Tabla B12. Estadísticas Para el Ejemplo de Singapur

| | | |
|-----------------------------|---|-------------------------------|
| Sociedad | Disminución de la congestión de tráfico Ahorro en las emisiones de CO ₂ | 12 km de taxis 298 ton/año |
| Pasajeros | Disminución de la tarifa (\$/viaje) | 65% |
| Conductores de taxis | Aumentos en los ingresos (\$/mes) | 100% |
| Operadores de taxis | Aumentos en los beneficios | 50% |

e) Sistemas DRT.

El número de proveedores de este sistema tuvo un incremento desde los 1.085 a los 1.180 en un período de 3 años, es decir, se produjo un aumento del 9% (Rural National Transit Database, 2007 – 2010).

En Doubs Central y Toulouse, Francia, un promedio de 650 pasajeros al día eran transportados en el año 2009 con más de 1000 pasajeros durante eventos particulares. En ese mismo año se realizaron aproximadamente 295.000 viajes, un 95% más que en el año 2006. También los sistemas DRT consumen menos energía que el transporte público regular, aproximadamente un 60%, en áreas con bajo potencial de movilidad (Clavel et al., 2011).

ANEXO C: EJEMPLOS DE LOS MCC.

En este anexo se dan a conocer algunas empresas y/o páginas web dedicadas a la implementación de los MCC.

Para el caso de países en vías de desarrollo y de acuerdo a la página Ciudadano Responsable (Cañigüeral, 2012), en Argentina la competencia es fuerte y existen varios ejemplos dentro de los cuales los más representativos se presentan en la Tabla C1, al igual que ejemplos para Brasil y Chile.

Tabla C1. Ejemplos para Países en Desarrollo

| País | Nombre | Mecanismo | Página Web |
|-----------|----------------|---------------------------|---|
| Argentina | Vayamos juntos | Carpooling | http://vayamosjuntos.com.ar/ |
| | SincroPool | Carpooling Taxipooling | http://www.sincropool.com/ |
| | En camello | Carpooling | https://www.facebook.com/EnCamello.carpooling |
| | Comparto coche | Carpooling | http://www.compartocoche.com/ |
| | Coviajero | Carpooling | http://www.coviajero.com.ar/ |
| Brasil | Caronetas | Carpooling Taxipooling | http://www.caronetas.com.br/ |
| | Safertaxi | Taxipooling | http://safertaxi.com/ |
| | Joycar | Carsharing | http://joycar.com.br/ |
| | Zazcar | Carsharing | http://zazcar.com.br/ |
| Chile | Viaja conmigo | Carpooling | http://viajaconmigo.cl/ |
| | Arriendas | Carsharing | http://www.arriendas.cl |
| | Carpooling | Carpooling | http://www.carpooling.cl |
| | Nos fuimos | Carpooling | http://www.nosfuimos.cl |
| | A dedo | Carpooling | http://empresas.a-dedo.cl |

A continuación se muestran algunas tablas con nombres y lugares en donde predominan los países desarrollados.

a) Carsharing.

Tabla C2. Ejemplos para Carsharing

| Nombre | Origen | Página Web |
|----------------|-------------------|---|
| Avancar | Barcelona, España | http://www.avancar.es |
| Bluemove | España | http://www.bluemove.es |
| Respiro Madrid | Madrid, España | http://www.respiromadrid.es |
| Zipcar | Estados Unidos | http://www.zipcar.com |

b) Carpooling.

Tabla C3. Ejemplos para Carpooling

| Nombre | Origen | Página Web |
|-----------------|----------------|---|
| Instant carpool | Norteamérica | http://www.instantcarpool.com |
| Carpool world | Estados Unidos | http://www.carpoolworld.com |
| Carpooling | Reino Unido | http://www.carpooling.co.uk |

c) Vanpooling.

Tabla C4. Ejemplos para Vanpooling

| Nombre | Origen | Página Web |
|----------------------|-------------------------|---|
| King county | Seattle, Estados Unidos | http://metro.kingcounty.gov |
| Pierce transit | Estados Unidos | www.piercetransit.org |
| Connecting commuters | Vermont, Estados Unidos | http://www.connectingcommuters.org/ |
| Triangle transit | Estados Unidos | http://www.triangletransit.org/ |
| PART | Estados Unidos | http://www.partnc.org/ |

d) Taxipooling.

Tabla C5. Ejemplos para Taxipooling

| Nombre | Origen | Página Web |
|-----------------|---------------------|---|
| Carpling | Estados Unidos | http://www.carpling.com |
| My ride buddy | Singapur | http://www.myridebuddy.com/ |
| Smart mumbaikar | Bombay, India | http://smartmumbaikar.com/ |
| Maaxi | Londres, Inglaterra | https://maaxitaxi.com/ |
| Join Up | España | http://www.joinuptaxi.com/ |

e) Sistemas DRT.

Tabla C6. Ejemplos para Sistemas DRT

| Nombre | Origen | Página Web |
|-------------------|-----------------------|---|
| Pinellas Suncoast | Estados Unidos | http://www.psta.net/ |
| Leicestershire | Reino Unido | http://www.leics.gov.uk/ |
| Waco-Texas | Texas, Estados Unidos | http://www.waco-texas.com/transit/demand-van.asp |
| Kutsuplus | Helsinki, Finlandia | https://kutsuplus.fi/home |

ANEXO D: MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA.

A continuación se presentan algunos de los métodos utilizados en la estimación de la demanda para los sistemas de transporte.

Antes de presentar algunos de los modelos, es necesario explicar los diferentes tipos que existen.

a) Modelos estadísticos y explicativos.

Los modelos estadísticos se basan en una relación estadística definidas previamente y cuyos coeficientes se determinan con ajustes a los datos observados, describiendo la movilidad actual (conocida mediante encuestas). Mientras que los modelos explicativos se basan en un análisis detallado de los datos.

b) Modelos agregados y desagregados.

Los modelos también se pueden clasificar según la forma en que los agentes económicos hacen su elección, estos pueden ser agregados o desagregados. Los agregados están ligados a modelos macro-económicos y se estudia la elección del modo de transporte a través de volúmenes de tráfico observados. Por el contrario, los desagregados están ligados a modelos micro-económicos y hacen referencia a los comportamientos individuales.

c) Modelos secuenciales y directos.

Según la manera en que la elección es efectuada existen dos modelos: secuenciales y directos. Los modelos secuenciales suponen que las diferentes elecciones se hacen sucesivamente por cada individuo y cada aspecto de la cadena de decisiones se estudia por separado para una formulación apropiada. Mientras que los modelos directos consideran que la decisión es un todo, buscan integrar en una sola ecuación todo el proceso de elección.

Con la clasificación anterior se puede llegar finalmente a cuatro tipos principales de modelos de demanda:

- Modelos agregados secuenciales: describen y predicen los flujos de tráfico global entre dos zonas geográficas.
- Modelos agregados directos: se determinan en una sola ecuación, los análisis de generación-distribución y la repartición modal.
- Modelos desagregados secuenciales: mejoran los procesos de elección individual y por otro lado, las técnicas de desagregación parecen más aptas para predecir los fenómenos de comportamiento.
- Modelos desagregados directos: este modelo supone que un usuario no toma su decisión en una secuencia, sino que la toma simultáneamente.

Ahora se nombrarán y describirán brevemente algunos de los modelos utilizados en la estimación de la demanda.

i) Modelo gravitacional.

Supone que la cantidad de viajes que se realizan entre dos zonas, es directamente proporcional a las poblaciones de las zonas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa a esas zonas.

$$t_{ij} = k \frac{P_i P_j}{d_{ij}^2}$$

En donde:

t_{ij} : tráfico entre i y j .

P_i, P_j : poblaciones respectivas de las zonas i y j .

d_{ij}^2 : distancia entre i y j .

k : coeficiente.

ii) Modelo de Mc Lynn.

Se basa en que todos los modos de transporte son concurrentes entre ellos sobre una base de sus características. En términos de elasticidad es: las elasticidades directas de la demanda de cada uno de los modos deben ser negativas y las elasticidades cruzadas deben ser positivas, esto quiere decir que si hay un cambio en una de las características y las demás permanecen constantes y la demanda de un modo aumenta, la demanda de los otros modos no puede aumentar.

iii) Modelo dinámico de Alain Bieber.

Este modelo se enfoca en la idea de que la elección del modo de transporte es el resultado de un proceso evolutivo. Hace referencia a la teoría del aprendizaje, la cual considera que el individuo busca mejorar su bienestar por adaptaciones sucesivas a su entorno, así el individuo tiene la posibilidad de escoger distintos modos, pero que se modifica para conseguir un proceso de aprendizaje.

iv) Modelo de la SARC.

Este modelo se enfoca en la repartición entre los modos y no en el volumen de tráfico. Trata de evaluar el número de viajes ida y vuelta por cada modo de transporte entre zonas. Se distingue el efecto de los factores socioeconómicos y de los factores de transporte, haciendo posible una estimación del efecto sobre un viaje de un modo de transporte, de un cambio en el ambiente, el precio o la duración del modo de transporte. Tiene en cuenta la concurrencia entre los distintos modos de transporte, predice que un cambio en las características de un modo influirá en la demanda de los otros modos.

v) Método del factor uniforme.

Supone que todas las áreas de la zona en estudio crecen de la misma manera y que para proyectar los viajes, multiplica los viajes del año base por un factor de crecimiento esperado

$$t_{ij} = Ft_{ij}^0$$

En donde:

t_{ij} : viajes proyectados.

t_{ij}^0 : viajes al año base.

F : factor de crecimiento.

vi) Método del factor promedio.

Corresponde a una versión mejorada del método del factor uniforme y lo que hace es considerar factores de crecimiento distintos para la generación y atracción de viajes y promediar ambos para proyectar los viajes.

vii) Modelo Fratar.

Es similar al método del factor promedio, con la diferencia que este modelo requiere una menor cantidad de iteraciones para que el modelo converja.

viii) Análisis por categorías.

Los hogares se clasifican de acuerdo a un conjunto de variables que se encuentran fuertemente correlacionadas con la generación de viajes, desagregadas usualmente en no más de tres o cuatro categorías cada una. Las tasas de generación de viajes para cada tipo de hogar se estiman estadísticamente, y la hipótesis del método es que estas tasas no varían o permanecen constantes en el tiempo. En el caso de la metodología de análisis de transporte en ciudades de tamaño medio las variables usadas son típicamente nivel de ingreso, dividido a su vez en alto, medio y bajo, y posesión de automóvil por hogar, dividido en 0, 1 y 2 o más .

ix) Análisis de clasificación múltiple.

Corresponde a una variación del modelo de análisis por categorías y que se ha mostrado teórica y prácticamente muy útil para calcular las tasas de generación de viajes. Además permite superar casi todas las falencias del análisis por categorías tradicional.

x) Análisis de regresión lineal múltiple.

Estos modelos se ocupan básicamente para estimar el número de viajes atraídos por una zona, suponiendo una relación lineal de esta variable con las características de la zona. En general, estas características se refieren al equipamiento existente en una zona, en términos de las actividades relevantes según el propósito de viaje.

Como se puede ver existe una gran cantidad de modelos, métodos y formas de analizar la demanda para poder lograr una estimación de ella.