

# POSTULACIÓN PREMIO SOCHITRAN 2015

## Proyecto de Mejora Operacional Eje Santa Rosa

### DTPM - CEDEUS

#### **Autores**

Alejandro Schmidt<sup>a\*</sup>, Juan Carlos Muñoz<sup>b</sup>, Christopher Bucknell<sup>a</sup>, Matías Navarro<sup>a</sup> y Carolina Simonetti<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Centro de Desarrollo Urbano Sustentable, Pontificia Universidad Católica de Chile. Ingenieros de proyectos, coordinación del proyecto desde su diseño hasta su implementación.

<sup>b</sup> Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile. Jefe de Departamento, Subdirector CEDEUS, Líder de equipo CEDEUS que llevó a cabo la implementación del proyecto.

<sup>c</sup> Gerencia de Desarrollo, Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM). Gerente de Desarrollo DTPM, Coordinadora del proyecto "Asesoría para Mejoras Operativas al Sistema de Transporte Público Metropolitano".

\* Información de contacto: +56982505701, asg@ing.puc.cl

#### **Palabras clave:**

Velocidad comercial, prioridad para buses, tiempo de viaje, Eje Santa Rosa, Transantiago, transporte público

#### **Resumen**

La velocidad comercial de los buses es de gran importancia tanto para los usuarios de transporte público como para el sistema y las empresas operadoras. Los crecientes niveles de congestión han tenido un impacto directo sobre el nivel de servicio que el sistema de transporte público puede ofrecer. Este proyecto presenta los resultados de un caso de estudio en que se implementaron medidas para mejorar la velocidad comercial del flujo de buses en uno de los principales ejes de transporte público de la ciudad de Santiago. Mediante las distintas medidas operacionales implementadas la velocidad comercial de los buses aumentó en más de un 60%. Mediante esta experiencia se muestra que, dependiendo de las condiciones físicas y operacionales de un eje, es posible aumentar de manera significativa la velocidad comercial del transporte público mediante medidas de corto plazo y bajo costo. Uno de los puntos más relevantes de esta experiencia es que es fácilmente replicable en otros ejes de la ciudad.

Esta intervención se enmarcó en el proyecto "Asesoría para Mejoras Operativas al Sistema de Transporte Público Metropolitano", contratado por DTPM a CEDEUS, y contó con el apoyo de otras reparticiones del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (Unidad Operativa de Control de Tránsito, Secretaría Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones de la Región Metropolitana y el Programa Nacional de Fiscalización) a quienes extendemos nuestros agradecimientos.

## **1 Introducción**

Actualmente, del total de viajes motorizados que se realizan en Santiago durante un día laboral un 40,7% utiliza transporte público mayor (SECTRA, 2012), lo que representa un total de 4.600.000 viajes diarios. Del total de usuarios del sistema de transporte público, cerca de un 80% utiliza buses en alguna etapa de su viaje. Se puede desprender de lo anterior la importancia que tiene el nivel de servicio que ofrece el sistema de transporte público en superficie a los usuarios de la ciudad.

Vuchic (2005) plantea que es posible clasificar el nivel de segregación del transporte público en tres categorías. En la primera categoría (A) el transporte público está completamente separado de todo el resto del tráfico tanto longitudinalmente como transversalmente (e.g., Metro). Por su parte, en la segunda categoría (B) el transporte público cuenta con una segregación física longitudinal del resto del tráfico, pero con cruces a nivel con el resto de los flujos en las intersecciones (e.g., BRT). Finalmente, en la última categoría (C) el transporte público circula en tráfico mixto, compartiendo el espacio vial con el resto de los vehículos. Puede existir señalética y demarcación pero no una segregación física que separe los flujos. La provisión de transporte público bajo esta categoría es la de menor costo y la que cuenta con la menor capacidad de transporte (al existir alta interacción con otros flujos).

En Santiago se puede encontrar transporte público mayor en cada una de las tres categorías planteadas: en la categoría A se encuentra una red de 103 km de Metro; en la categoría B se

encuentran 67,7 km de corredores segregados (DTPM, 2014), como los corredores de Santa Rosa, Pajaritos y Vicuña Mackenna (entre otros); y en la categoría C se encuentran buses circulando en tráfico mixto, en pistas sólo bus (119 km) y en vías exclusivas (31 km), que permiten la circulación tanto de buses como de taxis básicos, taxis colectivos, furgones escolares, y vehículos de emergencia.

Vuchic (2005) plantea también que los niveles de capacidad, confiabilidad, velocidad y otros indicadores de rendimiento del transporte público para las categorías C y en menor medida B dependen de las condiciones generales de tráfico. Por esta razón en Santiago el flujo de buses se ve afectado por el aumento en los niveles de congestión y la baja en las velocidades de circulación por las calles.

Esa baja en la velocidad ha tenido un impacto directo sobre el nivel de servicio que los buses en superficie pueden ofrecer. Primero, por un aumento en el tiempo de viaje de los usuarios y, segundo, porque tiene un impacto sobre los tiempos de ciclo y los requerimientos de flota de los distintos servicios de transporte público. Adicionalmente, la congestión genera problemas asociados a la confiabilidad de los servicios de transporte público (Elliason, 2006; Peer et al., 2012), afectando la frecuencia observada y la regularidad. Esto implica un impacto directo sobre la atractividad del sistema de transporte público.

Hay una gran variedad de medidas que pueden ser implementadas para mejorar la velocidad y confiabilidad del transporte público de superficie. Éstas pueden ser categorizadas (Stewart y Wong, 2013) en: (i) medidas regulatorias, (ii) prioridad con semáforos y (iii) medidas físicas. En el primer conjunto se puede considerar medidas como restricción de estacionamientos, restricciones en el uso de vías, pistas reservadas para transporte público en períodos definidos del día, entre otras medidas. El segundo grupo considera medidas como manejo de ciclos semafóricos y semáforos actuados por buses. Estos dos primeros conjuntos pueden ser considerados como medidas con bajos tiempos de implementación que generan un impacto menor sobre el espacio vial y que, adicionalmente, cuentan con bajos costos de implementación. Por su parte, en el tercer grupo se consideran medidas que requieren modificaciones físicas a la vialidad, tales como pistas de buses centrales, pistas para saltar cola y pistas de buses a contraflujo, entre otras. Estas medidas cuentan tanto con costos como con plazos de implementación mayores.

El principal objetivo que buscaba este trabajo era mostrar que se puede obtener mejoras significativas en la velocidad de tramos críticos de un sistema de transporte altamente congestionado como es el caso de Santiago mediante la implementación de un conjunto de medidas de bajo costo y rápida implementación. Para esto tomamos como caso de estudio el eje Santa Rosa de la ciudad de Santiago, el que cuenta con transporte público tanto en la categoría B como en la C descritas anteriormente. El tramo crítico del eje fue intervenido con medidas de gestión de corto plazo y bajo costo con las que se logró mejorar sustancialmente la velocidad y, a su vez, se obtuvo aprendizajes con respecto a algunas dificultades en la implementación de estas medidas.

## **2 El eje Santa Rosa**

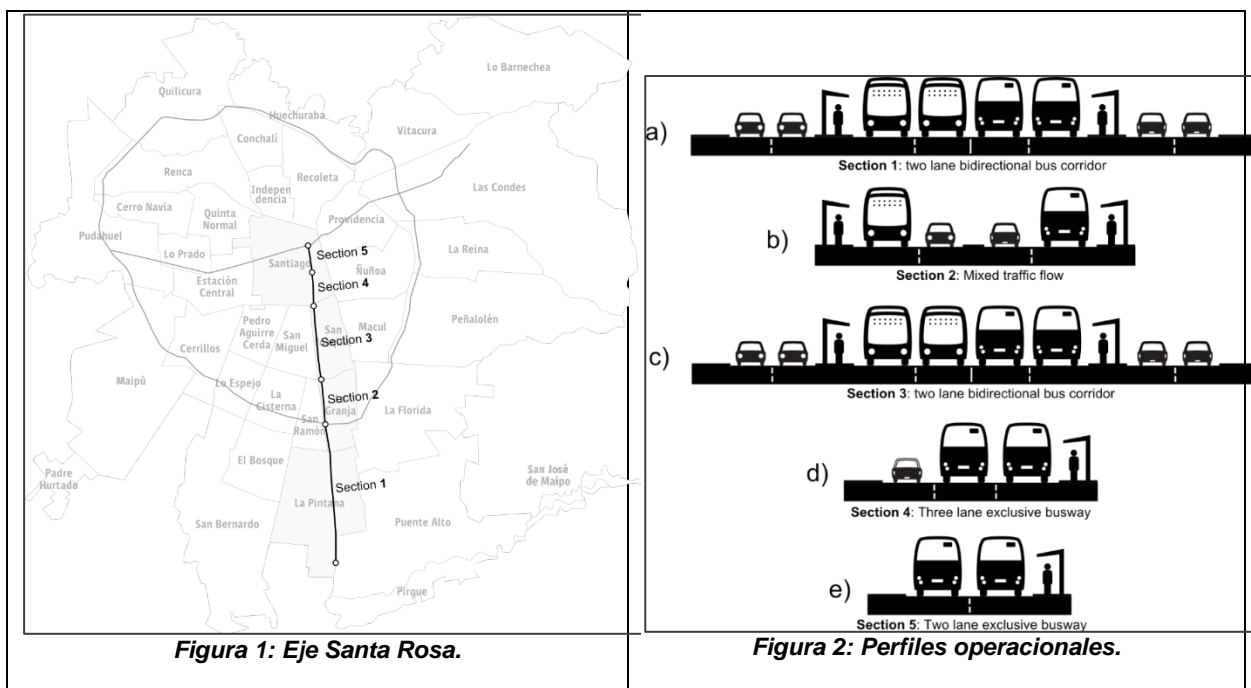
La avenida Santa Rosa recorre la ciudad de Santiago de Sur a Norte, siendo uno de los principales ejes de movilidad de la ciudad. Conecta importantes comunas principalmente residenciales como Puente Alto, La Pintana y La Granja con el principal centro de actividad económica de la ciudad – la comuna de Santiago – generando una conexión atractiva para un sector de la ciudad que cuenta con una población superior a los 600.000 habitantes. Adicionalmente, en el eje hay importantes centros atractores de viajes como hospitales y colegios.

El flujo de buses a lo largo de prácticamente todo el eje es de 130 buses/hr, alcanzando los 200 buses/hr en el tramo de máxima frecuencia. Por el eje operan principalmente servicios con buses de alta capacidad, que en su conjunto logran ofrecer una capacidad de transporte superior a los 17.000 pax/hr en gran parte de su extensión.

En términos de la operación de los buses, en el eje circulan tanto servicios normales y servicios expresos que no se detienen en todas las paradas, buscando entregar velocidades de desplazamiento más atractivas a los usuarios que recorren largas distancias.

En términos de su perfil de infraestructura vial, el eje Santa Rosa puede ser dividido en cinco tramos. De sur a norte:

- Tramo 1 Eyzaguirre – Vespucio: tiene una extensión de 8,5 Km y cuenta con un corredor segregado de buses (similar a un BRT) en que los buses circulan por el centro de la faja vial. El corredor cuenta con dos pistas por sentido (como se muestra en la Figura 2-a).
- Tramo 2 Vespucio – Lo Ovalle: tiene una extensión de 2,7 Km y no cuenta con una medida de prioridad para el transporte público (buses circulan en flujo mixto). En la Figura 2-b se muestra el esquema de operación.
- Tramo 3 Lo Ovalle – Isabel Riquelme: tiene una extensión de 4,6 Km y cuenta con un corredor segregado de buses (similar a un BRT) en que los buses circulan por el centro de la faja vial. El corredor cuenta con dos pistas por sentido (como se muestra en la Figura 2-c).
- Tramo 4 Isabel Riquelme – Av. Matta: tiene una extensión de 2,1 Km y en un 88% de su extensión opera como una vía exclusiva de transporte público. En este tramo el perfil de la calle es de 3 pistas (como se muestra en la Figura 2-d).
- Tramo 5 Av. Matta – Alameda: tiene una extensión de 1,7 Km y opera como una vía exclusiva de transporte público. En gran parte del tramo el perfil del eje es de 2 pistas (como se muestra en la Figura 2-e).



En la Tabla 1 se puede apreciar, para cada tramo definido anteriormente, la velocidad, distancia y tiempo promedio en ser recorrido. Se considera las velocidades para la media hora entre 8:30 y 9:00, que es el período crítico en términos de la velocidad comercial en el eje.

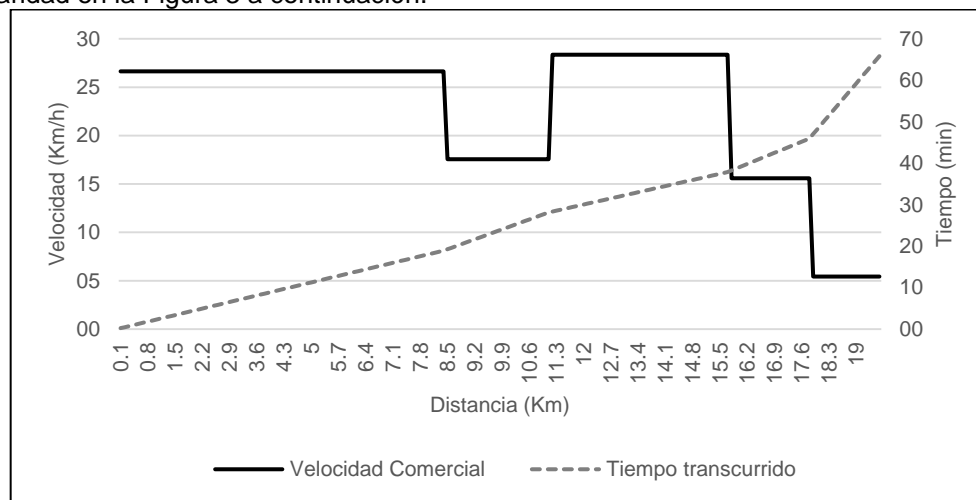
**Tabla 1. Velocidades servicio 230 a lo largo del eje. Abril 2013.**

Tramo	Velocidad (Km/h)	Distancia (m)	Tiempo (min)
1 Eyzaguirre – Vespucio	26,6	8.500	19,1
2 Vespucio – Lo Ovalle	17,6	2.700	9,2
3 Lo Ovalle – Isabel Riquelme	28,4	4.600	9,7
4 Isabel Riquelme – Av. Matta	15,6	2.100	8,1
5 Av. Matta – Alameda	5,4	1.700	18,8
TOTAL	18,1	19.600	64,9

Fuente: DTPM

Se puede notar claramente que la velocidad en el tramo 5 es muy baja, similar a la velocidad de caminata. El tiempo consumido en el tramo final representa un 28,9% del tiempo total aun cuando en

distancia este tramo corresponde a menos del 10% del total del eje. Esto puede ser observado con mayor claridad en la Figura 3 a continuación.



**Figura 3: Velocidad y tiempo transcurrido del servicio 230 a lo largo del eje, Abril 2013.**  
**Fuente: Elaboración propia a partir de Munizaga y Palma (2012).**

Al analizar viajes (Munizaga y Palma, 2012) que se inician en el tramo 1 y que cuentan con su destino en el centro de Santiago se puede observar que aquellos usuarios que continúan viajando por el eje Santa Rosa demoran en promedio 11 minutos más en llegar a su destino que aquellos que realizan combinación a Metro o circulan por otro eje de la ciudad, aun cuando la distancia que recorren es, en promedio, un 28% mayor. Esto genera un costo muy relevante para el sistema de transporte en su conjunto ya que usuarios que podrían circular en buses por superficie utilizan Metro circulando por los tramos con mayor congestión de la red.

### 3 Proyecto de intervención en el tramo final

Este trabajo consiste en la intervención progresiva que se hizo del tramo final del eje Santa Rosa (entre Av. Matta y Alameda, comuna de Santiago) entre principios del año 2014 y 2015. La intervención buscaba aumentar la velocidad comercial de los buses, de manera tal de hacer más atractiva la circulación por el eje. La intervención se desarrolla en cuatro etapas que son descritas a continuación: (i) fiscalización automatizada, (ii) ciclos cortos, (iii) piloto de segregación y (iv) cambio en el esquema de operación.

#### 3.1 Fiscalización automatizada

Al momento de iniciar la intervención en el tramo, la fiscalización de la vía exclusiva era realizada por funcionarios del Programa Nacional de Fiscalización de Transportes<sup>1</sup> que tenían que estar en terreno realizando la inspección. Esto tiene algunas limitantes: (i) la cantidad de fiscalizadores es limitada e insuficiente para fiscalizar todos los ejes, (ii) los fiscalizadores no tienen capacidad para fiscalizar a todos los autos que invaden la vía exclusiva y (iii) los fiscalizadores deben cumplir también otras tareas relevantes para el sistema de transporte público como fiscalizar la evasión. Con las complejidades que presentaba el esquema de fiscalización existente, el nivel de respeto de la vía exclusiva era muy bajo, con un alto nivel de invasión de vehículos particulares.

La medida consistió en la implementación de fiscalización automatizada en el tramo, para lo cual se instalaron seis cámaras repartidas en toda su extensión. Éstas cuentan con un sistema automático de detección de vehículos que utilizan el eje cruzando por más de dos cámaras, a través de identificación de patentes. Una vez que un vehículo ha sido detectado por el sistema los datos de su patente son enviados a un juzgado de policía local donde se cursa la infracción al automovilista y se envía como parte empadronado.

Como resultado de esta medida **se logró aumentar la velocidad comercial de los buses por el tramo a 7 Km/h**, lo que representa un aumento de un 30%. A pesar del alza considerable en la velocidad, ésta sigue siendo negativa para el sistema de transporte público. Lamentablemente, las cámaras no logran disuadir a un gran número de automovilistas de no infringir la restricción de vía exclusiva. Esto se puede observar en que luego de implementar esta medida cerca de 3.000 partes se cursan cada día, siendo la vía exclusiva con la mayor cantidad de infracciones en la ciudad.

<sup>1</sup> Del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

### 3.2 Reducción de los ciclos de semáforos

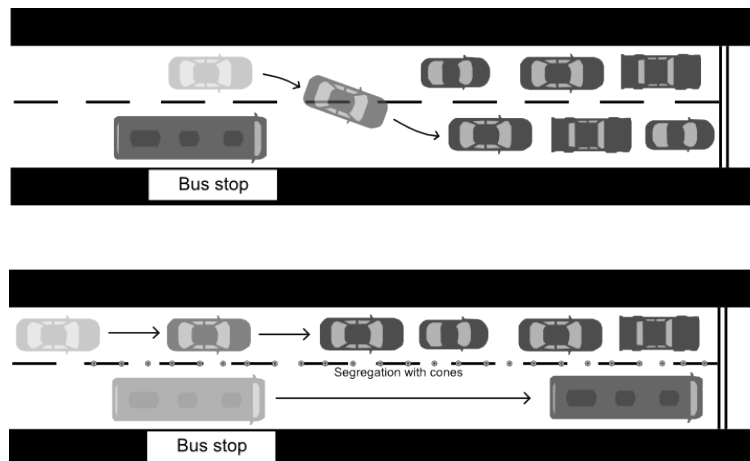
Existe evidencia de que en ejes con corredores de transporte público el contar con ciclos de semáforo bajos permite aumentar la velocidad comercial de los buses (Fernández y Peñailillo, 2000; Valencia, 2007). Esto basándose en que en arcos con paraderos la teoría de dispersión de vehículos no aplica para buses, ya que estos se detienen en los paraderos. Al ocurrir la detención el flujo de buses deja de comportarse como pelotón y su llegada a los cruces semaforizados se comporta de manera aleatoria. Bajo ese contexto, debiese haber un beneficio en la velocidad comercial de los buses al tener ciclos de semáforo más cortos, porque aumenta la cantidad de veces en que buses se enfrentan a la luz verde. De acuerdo a lo reportado, experiencias de este tipo han generado aumentos en la velocidad comercial en hasta un 7,5% (Valencia, 2007).

A partir de lo anterior, la segunda acción para mejorar las velocidades del tramo fue la reducción de los tiempos de ciclo de los semáforos. Esta medida fue implementada en coordinación la Unidad Operativa de Control de Tránsito (UOCT) que es la entidad que se encarga de la programación y operación de la red de semáforos de la ciudad y se implementó en todas las intersecciones semaforizadas del tramo intervenido. Tuvo un impacto claramente positivo sobre la operación de los buses, con **un aumento en su velocidad comercial promedio de 12% por sobre la velocidad obtenida con la fiscalización automatizada**, lo que permite reducir los tiempos de viaje de los usuarios en el tramo en cerca de 2 minutos. Esta medida tiene un costo de implementación marginal y no generó impactos significativos sobre los ejes transversales.

### 3.3 Segregación con Conos

La tercera medida que implementamos fue un piloto de segregación –utilizando conos– en que se impide la invasión de vehículos a la primera pista entre la detención de los buses en los paraderos y la intersección siguiente.

Se decidió implementar el piloto de segregación porque en terreno se observó que existía una pérdida de capacidad de los buses generada porque al detenerse en las paradas (en algunos casos encuentran ubicadas a más de 100m de la intersección). Esto ocurre porque al momento de la detención de los buses hay vehículos particulares que ocupan el espacio entre la parada y la intersección con lo que la descarga se ve disminuida. Muchas veces los buses no alcanzaban a pasar en el tiempo de verde asignado por el semáforo. En la Figura 4 se presenta lo anterior.



**Figura 4: Dibujo conceptual del problema a abordar.**

El piloto se implementó durante una semana en tres intersecciones a lo largo del tramo. Sólo se segregó aquellos arcos que cumplieran las siguientes condiciones: (i) presencia de paraderos y (ii) en que no se puede virar a la derecha (pista en la cual circulan principalmente los buses). En la Figura 5 se puede observar la operación del piloto en la intersección de Santa Rosa con Curicó.



**Figura 5: Operación del piloto.**

En términos operacionales se pudo observar que el piloto cumplió su objetivo en términos de segregar el flujo vehicular, teniendo un efecto considerable sobre el comportamiento de conductores de vehículos particulares.

A pesar de lo anterior, **el efecto que se obtuvo sobre la velocidad de buses fue negativo**, la que experimentó una disminución de un 5% pasando de 7,9 a 7,6 Km/h al ser comparada con la velocidad que se alcanzó con la implementación de Ciclos Dobles. Una posible explicación para el fracaso de esta medida es que con la segregación los buses no pueden adelantarse y quedan confinados a circular sólo por la pista de la derecha, lo que es especialmente relevante para los servicios que cuentan con operación expresa.

### **3.4 Nuevo esquema operacional, prohibición de virajes y extensión horaria**

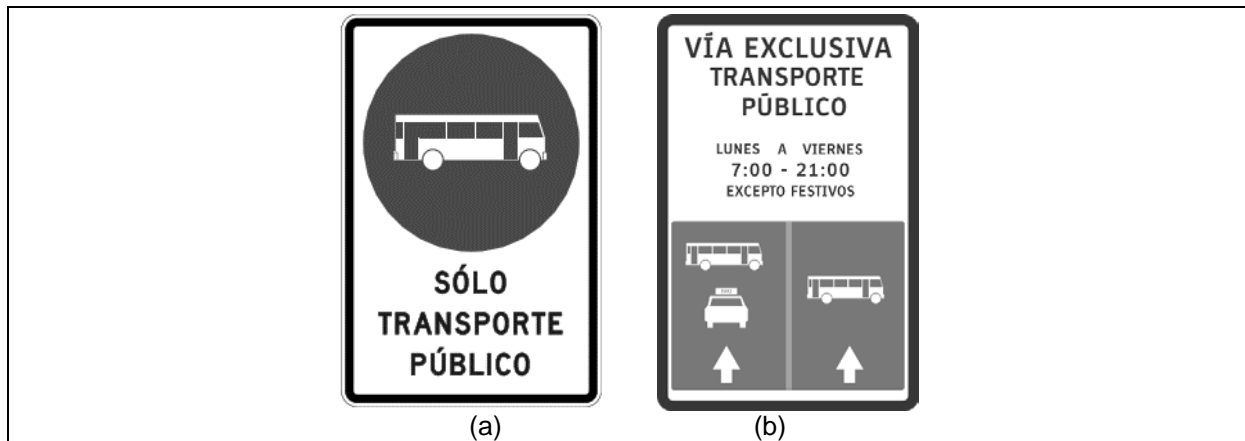
La última etapa de intervención del tramo consiste en un conjunto de medidas que se implementaron de manera simultánea en el eje en que se cambió el esquema de operación. Las medidas adoptadas son las siguientes: (i) definición de un nuevo esquema operacional, (ii) prohibición de virajes, (iii) extensión horaria y (iv) campaña de comunicación masiva.

El nuevo esquema operacional se desarrolló para abordar el impacto que generaba el alto flujo de taxis sobre la velocidad comercial de los buses. Se decidió generar una pista para exclusiva circulación de buses, confinando a todos los demás vehículos en el resto espacio vial (donde el perfil del eje es de dos pistas queda una disponible). De esta manera se buscó eliminar en gran medida la interacción existente entre el flujo de taxis y buses, en que el primero genera un entorpecimiento de la circulación del segundo. Esta medida es complementada con la instalación de señales de no estacionamiento ni detención de taxis por la pista derecha.

En conjunto con lo anterior, y buscando eliminar puntos en los que se generaba gran invasión y congestión en la vía exclusiva, es que se decidió eliminar todos los virajes a la derecha desde el eje Santa Rosa hacia vías transversales. Lo anterior genera que los vehículos particulares se tengan que someter a re-ruteos para alcanzar sus destinos, teniendo en ocasiones que recorrer hasta 1.000 m adicionales. Considerando el beneficio generado, estos re-ruteos parecen razonables.

Adicionalmente se decidió extender el horario de operación de la vía exclusiva – ahora en su nuevo esquema operacional – entre las 7:00 y las 21:00. Esto porque el eje cuenta con un flujo relevante de buses (cercano a los 80 buses/hora) también durante las horas valle y la velocidad del tramo es baja durante todo el día. De manera complementaria, al implementar extender el período de operación se buscó darle mayor estabilidad a la medida, ya que la operación de manera intermitente puede llevar a que restricciones de este tipo cuenten con un bajo nivel de respeto.

Las medidas anteriores requirieron el diseño e instalación de nuevas señales a lo largo de todo el tramo. La señal más relevante para el correcto funcionamiento de la medida es la que determina las condiciones de operación en el eje. Inicialmente el tramo operaba como una vía exclusiva de transporte público (con la señal (a) de la Figura 6) en que no existe un ordenamiento del flujo vehicular, luego del cambio se genera un nuevo perfil de operación en que la pista derecha es de uso exclusivo de buses y la de la izquierda de uso compartido por parte de todos los modos de transporte público (incluidos buses para adelantamiento). La señal (b) de la Figura 6 busca reflejar la nueva condición operacional del tramo.



**Figura 6: Señales de tránsito utilizadas para señalar el esquema operacional del eje antes y después de la intervención.**

Finalmente, es relevante mencionar que se realizó una campaña de información que tuvo un importante nivel de cobertura mediática, apareciendo en medios de comunicación masivos como periódico y televisión.

**En su conjunto, la implementación de estas cuatro medidas permitió aumentar la velocidad comercial de los buses – en la media hora más crítica del día – en un 60%, pasando de 7,9 Km/h obtenidos mediante la implementación de ciclos cortos a 12,7 Km/h. Con esto, el tiempo que utilizan los buses en recorrer el tramo (1.700m) pasó de 18,8 a 8,1 minutos.**

### 3.5 Protestas de los vecinos

Luego de la puesta en marcha del nuevo esquema operacional se inició un movimiento organizado por parte de los residentes y negocios que funcionan en el tramo. El principal argumento en contra del proyecto tuvo relación con las dificultades existentes para acceder y salir de sus propiedades y negocios, principalmente debido a la extensión horaria de la operación de la vía exclusiva.

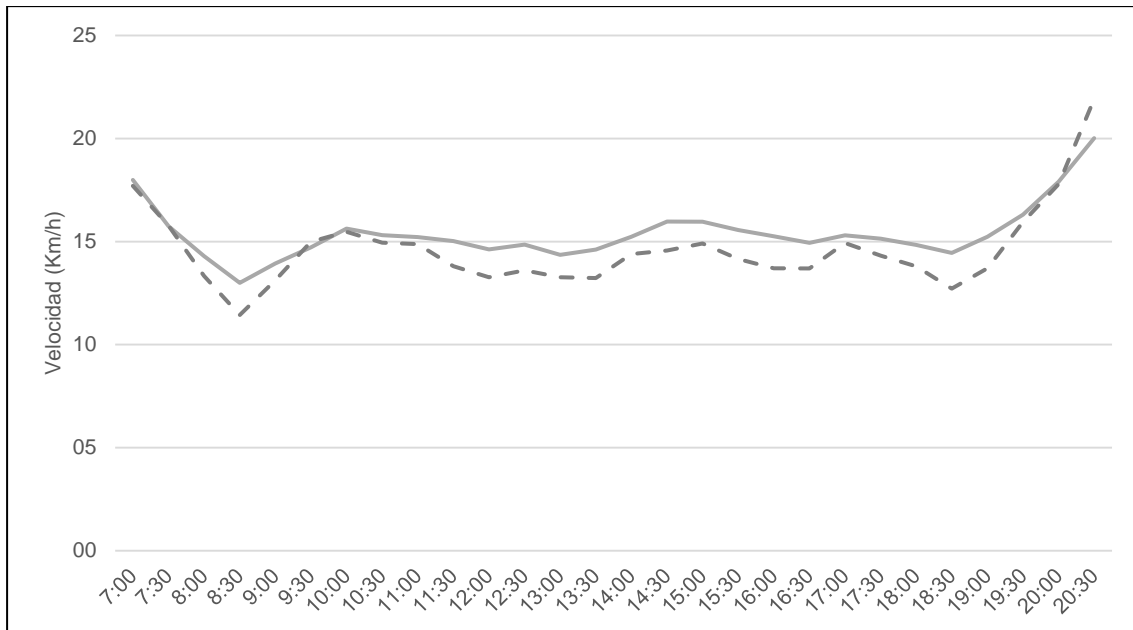


**Figura 7: Reclamos por parte de los vecinos. Fuente: Twitter.**

Por ejemplo, en el afiche que se muestra en la Figura 7, se pide volver a la restricción sólo en las puntas – lo que deja entrever que los usuarios no tienen un problema con el esquema operacional más allá que con el horario – se pide que “no maten nuestra fuente laboral y el fácil desplazamiento de los vecinos”.

Este problema generó finalmente que la extensión horaria a todo el día volviese a ser una restricción sólo en horarios punta. Lo que permitió que tanto residentes como locatarios pudiesen circular de manera más expedita.

En la Figura 8 se presenta la velocidad comercial de los buses en los distintos horarios del día. Se diferencia cuando la medida consideraba el período fuera de punta (línea continua) de cuando no (línea segmentada). Se observa un claro impacto negativo sobre la velocidad de los buses para todos los horarios del día. Los períodos peak (en que la medida no se eliminó) son los horarios donde se observan las mayores disminuciones en la velocidad de hasta un 12%. Esto confirma la hipótesis que se tenía al momento de considerar la extensión horaria de que, a pesar de que la extensión sea para horarios fuera de punta hay un efecto considerable sobre el respeto de la medida en horas punta.



**Figura 8: Velocidades de operación con y sin horario extendido.**

#### 4 Conclusiones

La velocidad de circulación de buses en tráfico mixto (categoría C) se ve afectada por el constante aumento de la congestión. La sección 5 de la avenida Santa Rosa, en el centro de la ciudad de Santiago, era uno de los puntos más relevantes y con peor velocidad para el sistema de transporte público. A través de la implementación de medidas de bajo costo y rápida implementación se logró aumentar la velocidad comercial de los buses desde 5,4 a 12,7 Km/h lo que representa una mejora sustantiva tanto en términos del tiempo de viaje de los usuarios como de las condiciones que enfrentan los operadores de transporte público. A partir de esta experiencia, concluimos que es posible generar mejoras significativas en los tiempos de viaje en bus en sectores críticos en términos de la congestión.

Se pudo observar que la fiscalización automatizada permite aumentar la capacidad de fiscalización existente, pero sin procesos administrativos expeditos se hace difícil mantener los desincentivos al automovilista. De hecho, se comprobó que este tipo de medidas son efectivas en el corto plazo incluso sin presencia de sanciones. Por otro lado, en el mediano y largo plazo su eficacia depende de las multas que finalmente reciben los infractores.

En ejes con un gran número de paraderos, como es el caso del tramo final de Santa Rosa, es posible aumentar de manera importante la velocidad comercial de la operación de buses producto de la reducción de ciclos semafóricos. Por su parte, la segregación puede jugar un rol relevante en la operación, permitiendo eliminar interacciones entre flujos como el de vehículos particulares y buses. En ambos casos, es relevante tener en consideración la presencia de servicios expresos en los ejes ya que estos podrían verse perjudicados, ya sea por la disminución del verde efectivo –ya que no utilizan todas las paradas– o por la imposibilidad de adelantamiento que tiene en algunos casos la segregación.

El flujo de taxis y especialmente su forma de operación tiene un impacto negativo sobre la velocidad de circulación de buses. Darle un espacio diferenciado a taxis puede tener un impacto positivo y relevante en la velocidad comercial que pueden ofrecer los buses.

A partir de la experiencia obtenida en el tramo final del eje Santa Rosa se puede concluir que es necesario diseñar las intervenciones en conjunto con las personas que se pueden ver afectadas, de manera tal de darle mayor estabilidad a las medidas. La implementación de este tipo de medidas requiere de altos niveles de coordinación entre distintas entidades, por lo que es recomendable contar con un liderazgo potente.

Se propone como posible investigación futura, analizar en profundidad el posible impacto que tienen los paraderos sobre la velocidad comercial de los buses. En esta línea parece relevante estudiar la ubicación de los paraderos en el eje y su relación con la geometría del mismo (e.g: longitud de arcos, cercanía a intersecciones semaforizadas). Parece también relevante estudiar la correcta asignación de los distintos servicios a las paradas teniendo en consideración, por una parte, las características operacionales de los mismos (regular vs expreso) y los destinos comunes y, por otra, el nivel de interacción del flujo de buses y su posible impacto sobre la velocidad.



## Referencias

- DTPM. (2014). Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM). Informe de Gestión 2013. Santiago: Gobierno de Chile.
- Elliason, J. (2006). Forecasting travel time variability. European Transport Conference.
- Fernández, R. & Peñailillo, R. (2000). Un modelo microscópico de interacción entre paraderos de buses urbanos. Actas del XI Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte, 235-248, Gramado.
- Munizaga, M., & Palma, C. (2012). Estimation of a disaggregate multimodal public transport origin–destination matrix from passive smartcard data from Santiago, Chile. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 24, 9-18.
- Peer, S., Koopmans, C., Verhoef, E.T. (2012). Predicting travel time variability for cost-benefit analysis. *Transportation Research A*, 46(1), 79–90
- SECTRA. (2012). Programa de Vialidad y Transporte Urbano (SECTRA). Encuesta de origen y destino de viajes del Gran Santiago 2006: Principales resultados. Santiago: Gobierno de Chile.
- Stewart, R. & Wong, R. (2013). Guidelines for Planning and Implementation of Transit Priority Measures (TPM) in Urban Areas. Paper prepared for presentation at the Best Practices in Transportation Planning Session of the 2013 Conference of the Transportation Association of Canada
- Valencia, A. (2007). Modelo para planificación, operación y diseño físico de corredores de transporte público de superficie. MSc Thesis. Universidad de Chile.
- Vuchic, V.R. (2005). *Urban Transit Operations, Planning and Economics*. John Wiley & Sons. ISBN 978-0471632658.