



LA IMPORTANCIA DE LA OLVIDADA CONFIABILIDAD EN EL TRANSPORTE PÚBLICO

DOCUMENTO PARA
POLÍTICA PÚBLICA



Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable

LA IMPORTANCIA DE LA OLVIDADA CONFIABILIDAD EN EL TRANSPORTE PÚBLICO

© Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable
CEDEUS

Autores

Jaime Soza Parra
Juan Carlos Muñoz
Sebastián Raveau

Cómo citar este documento:

**Soza-Parra, J., Muñoz, J. C.,
Raveau, S., (2020). *La importancia
de la olvidada confiabilidad en el
transporte público*. Documento
para Política Pública N°15. Centro
de Desarrollo Urbano Sustentable,
Santiago. [https://doi.org/10.7764/
cedeus.dpp.15](https://doi.org/10.7764/cedeus.dpp.15)**



Atribución-NoComercial 4.0
Internacional (CC BY-NC 4.0)
Primera edición corregida
Noviembre 2020 / N°15

LA IMPORTANCIA DE LA OLVIDADA CONFIABILIDAD EN EL TRANSPORTE PÚBLICO

DOCUMENTO PARA
POLÍTICA PÚBLICA



CEDEUS

Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable



PUNTOS CENTRALES

- La (des)confiabilidad percibida por los usuarios de una alternativa de transporte público es usualmente olvidada en los modelos de comportamiento y planificación, especialmente en regiones emergentes donde existe una falta de estudios en esta materia.
- Desconocer las causas de la carencia de confiabilidad, así como los impactos en los usuarios, impide generar modelos predictivos que reflejen de mejor forma las decisiones de viaje en la ciudad, así como incorporar en la evaluación de proyectos el impacto en la confiabilidad del servicio y su efecto en las preferencias y satisfacción de los usuarios.

INTRODUCCIÓN

El comportamiento de los usuarios y usuarias en un sistema de transporte público suele modelarse a través de un conjunto de variables tradicionales, entre las que se encuentran el costo monetario, el tiempo promedio de viaje y el tiempo promedio de espera¹. Si bien la confiabilidad del nivel de servicio ha mostrado ser un elemento relevante en las preferencias y en la satisfacción de los usuarios, es usualmente ignorado en la toma de decisiones, tanto a nivel operacional como a nivel de planificación central.

Entendemos la **confiabilidad del servicio como el grado de certeza que las personas tienen respecto a su tiempo de viaje, momento de llegada a destino, o el nivel de comodidad que experimentarán dentro del vehículo** (van Oort, 2011). La primera evidencia empírica de su relevancia fue obtenida por Prashker (1979) al identificar el nivel de importancia que las personas le asignan a distintos atributos, tales como tiempo de viaje o tiempo de espera.

Los sistemas de transporte público son susceptibles a múltiples fuentes de variabilidad en su operación que impactan su confiabilidad, y que pueden generarse debido a incidentes, cambios en los patrones de demanda o cambios en las condi-

ciones de operación. Sin embargo, es importante distinguir aquellas fuentes de incertidumbre de baja ocurrencia, como marchas que bloqueen el paso a servicios de buses o accidentes en la vía pública, de las fuentes sistemáticas de incertidumbre, relacionadas con la operación, tales como la variabilidad en los tiempos de detención o tiempos de viaje entre paradas consecutivas. A diferencia de los incidentes particulares, este último tipo de variabilidad es parte de la operación normal de un sistema de transporte y afecta la operación diariamente (Bates, 2009).

La confiabilidad de un servicio responde a la variabilidad existente en cualquier aspecto del nivel de servicio experimentado por sus usuarios luego de realizar múltiples veces un mismo viaje. Dado su directo impacto en la confiabilidad de un servicio, entenderemos como regularidad a la variabilidad existente en el tiempo que ocurre entre llegadas sucesivas (i.e. intervalos) de vehículos de transporte público de un mismo servicio. De esta forma, **un servicio que opera con intervalos idénticos será regular, mientras que uno que lo hace aleatoriamente, será irregular.**

¹ <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/evaluacion-iniciativas-de-inversion/evaluacion-ex-ante/metodologias-y-pre-cios-sociales-nuevos-sectores/>

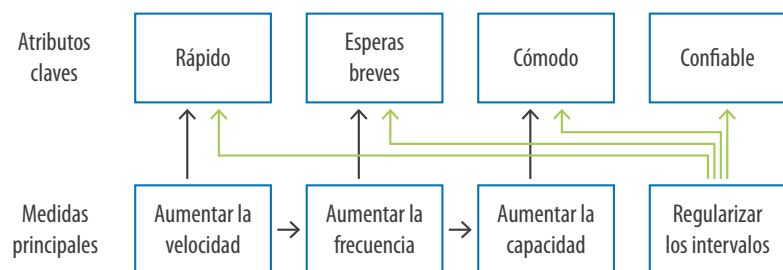


Figura 1. Impactos de la regularidad de intervalos en atributos claves de transporte público.

ANTECEDENTES

La irregularidad se torna especialmente importante para servicios cuya operación se programa acorde a frecuencias, es decir, sin horarios de llegada en cada parada. En estos casos, incluso en escenarios de perfecta regularidad de intervalos, los usuarios no tienen certeza de cuándo llegará el próximo servicio. Al no poder anticipar la llegada del bus, existe la posibilidad de llegar a la parada en el momento exacto que llega con espera nula o llegar a la parada cuando el bus deja la parada generando una espera equivalente a un intervalo completo. Así, la espera toma una duración muy incierta y tiene un alto impacto en el nivel de servicio pues los **usuarios dan mayor importancia al tiempo de espera que al tiempo de viaje en vehículo, es decir, es un tiempo que se penaliza más en la decisión del usuario.**

Esta incertidumbre aumenta su relevancia para pasajeros que necesitan realizar transbordos para llegar a su destino, pues en ausencia de sincronización de servicios ellos experimentan dicha incertidumbre tantas veces como etapas tenga su viaje. Lamentablemente, en muchos sistemas de transporte público, y específicamente en Santiago y en las regiones de Chile, los intervalos están muy lejos de ser regulares.

En líneas generales, los servicios tipo metro tienden a ofrecer la mejor calidad de nivel de servicio en una

red multimodal de transporte público. Esto se debe a que, en comparación a la operación de otros modos, el usuario suele viajar más rápido y espera poco. Metro suele, además, ofrecer un viaje cómodo (con la excepción de algunos sectores de su red durante periodos punta) y un servicio confiable. Por esto, y otros factores, los usuarios tienen una imagen positiva de Metro, lo que genera una tendencia a escoger dicho modo aun cuando haya alternativas que aparentemente ofrezcan un nivel de servicio similar en sus atributos, como tarifa y tiempo de viaje.

Por lo tanto, un servicio de transporte público de superficie como buses o tranvías debería focalizarse en estos cuatro atributos críticos: **viajes rápidos, esperas breves, comodidad y confiabilidad** para mejorar su nivel de servicio. En una primera mirada, cada uno de estos cuatro factores mejora aumentando la velocidad, frecuencia, capacidad y regularidad de los intervalos, respectivamente.

En las últimas décadas, el foco ha estado principalmente en aumentar la velocidad de operación, pues con ello no solo se viaja más rápido. También, se reduce el tiempo de ciclo, lo que permite aumentar la frecuencia y la capacidad ofrecida. Los sistemas tipo *Bus Rapid Transit BRT* (Muñoz y Paget-Seekins, 2016) con un explícito énfasis en la rapidez, son un claro ejemplo de este esfuerzo. Sin embargo, Muñoz et al. (2020), muestran, a través

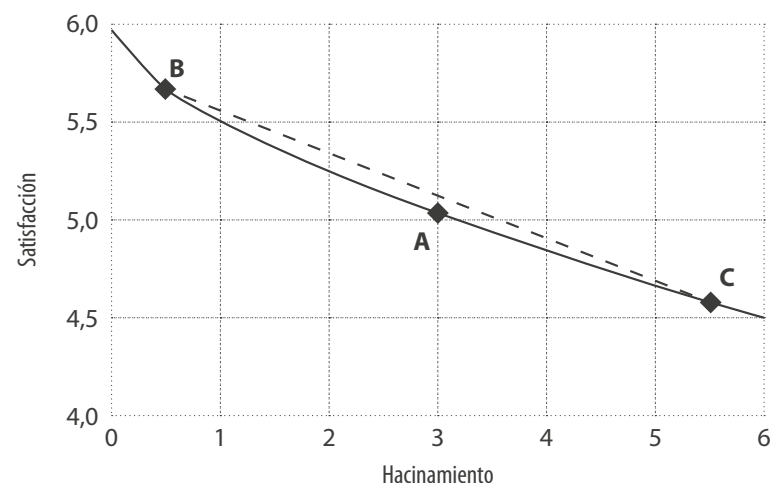


Figura 2. Disminución de la satisfacción por irregularidad de intervalos.

de una revisión de todo el espectro de los impactos de la regularidad, que ésta no solo mejora la confiabilidad del nivel de servicio, sino también afecta positivamente la comodidad, los tiempos de viaje, las esperas, los costos de operación e incluso los requerimientos de infraestructura urbana. La **Figura 1** resume la relación entre velocidad y regularidad en cada uno de los cuatro atributos críticos del nivel de servicio. Este análisis muestra que el foco de las entidades de transporte público y de los operadores debería inclinarse hacia proveer no sólo servicios más rápidos, sino también más regulares. Esto es fundamental para hacer del transporte público una alternativa más atractiva y, con ello, fomentar ciudades más sustentables.

Algunos de los efectos de la regularidad de los intervalos del transporte público en la confiabilidad del servicio, y por lo tanto en las percepciones de los usuarios, se detallarán en los siguientes párrafos. Estos efectos van desde impactos en las elecciones de las personas (tanto a nivel agregado como individual), cómo en su satisfacción.

Respecto de las elecciones agregadas en un sistema de transporte público (Soza-Parra, Raveau, & Muñoz, 2019a) muestran que la irregularidad de los intervalos es parte importante de la preferencia que los usuarios tienen por un servicio de Metro por sobre uno de buses. Es decir, si los buses lograran ofrecer una regularidad

similar a la de Metro, la preferencia por parte de los usuarios entre ambos modos tendería a emparejarse.

En cuanto a la satisfacción percibida por los usuarios del sistema, (Soza-Parra et al., 2019) cuantifica la percepción negativa respecto del modo bus, mostrando que ante niveles de servicio observables similares, la gente evalúa de peor manera a este modo. **La irregularidad de intervalos tiene un impacto decisivo en el hacinamiento al interior de los buses. Los vehículos que suceden a un intervalo largo tenderán a ir más llenos que el promedio, mientras los que anteceden a uno breve irán más vacíos que el promedio.** Dado que el hacinamiento es otro factor importante en la satisfacción de los usuarios, al ignorar los efectos de la irregularidad se tiende a asumir que todos los buses irán igualmente cargados, lo que no solo es erróneo, sino que sobreestima fuertemente la satisfacción de los usuarios.

Esta sobreestimación puede apreciarse en la **Figura 2**, de Soza-Parra et al. (2019) donde se presenta la relación entre el nivel de hacinamiento estimado en cada vehículo y la nota (entre 1 y 7) que los usuarios le dan al servicio ofrecido. Evidentemente, a mayor hacinamiento, peor evaluación. Este gráfico permite entender el impacto de la irregularidad de los servicios en la satisfacción de los usuarios. En un servicio regular uno esperaría que todos los usuarios experimenten



Aglomeración de pasajeros para subir a dos buses que llegan al mismo tiempo en Alameda, Santiago. Fuente: Agencia Uno.

un nivel de hacinamiento similar al promedio (A en la figura). Sin embargo, si producto de la irregularidad la mitad de los buses van muy vacíos (B) y la otra muy llenos (C), entonces la satisfacción media entre buses podrá ser similar a la predicha en A, pero mostraremos que la satisfacción promedio entre usuarios será sustancialmente peor. Y es que la mala evaluación de los buses llenos es experimentada por una gran cantidad de personas, mientras la buena evaluación producto de buses semivacíos es vivida por solo unos pocos. **Para ilustrar esto, e inspirados en el anti-poeta Nicanor Parra, formulamos lo siguiente: “Hay dos buses, el tuyo va vacío, el mío va lleno. Ocupación promedio: 50%”.** Este ejemplo sugiere que ambos buses iban a mitad de su capacidad, lo cual sería considerado como una experiencia grata. Sin embargo, todas las personas (menos una) viajan en un bus completamente lleno, lo que dista ampliamente de una experiencia de viaje placentera.

Con respecto a las elecciones individuales entre distintas alternativas de transporte público (Soza-Parra, Raveau, & Muñoz, 2019b), los resultados confirman nuevamente la importancia de la regularidad de intervalos. En este contexto de elecciones individuales, se evidencia que la regularidad no solo impacta indirectamente a través de la variación de importantes atributos como el hacinamiento promedio o el tiempo estimado de espera, sino también directamente como una medida

de confiabilidad en sí misma. Es decir, las personas consideran la confiabilidad de una alternativa al elegir su modo preferido de transporte.

Resulta claro entonces que mejorar la regularidad de los intervalos de los servicios de buses debiera tener grandes beneficios sociales. Soza-Parra, Cats et al. (2019) estima los beneficios monetizados que generaría un proyecto de control de regularidad de intervalos en Washington, D.C. Los beneficios cuantificados son la reducción en tiempo de espera y del hacinamiento en el viaje. La investigación indica que es posible reducir en un 26% el tiempo de espera, lo que equivale a un beneficio anual de \$1 millón USD. Además, estos beneficios se consiguieron con tan solo una reducción de 1/3 en el exceso del tiempo de espera (diferencia entre el tiempo experimentado de espera y el mínimo posible, en un escenario de completa regularidad), lo que permite inferir que mejores estrategias de control podrían generar beneficios mucho mayores.

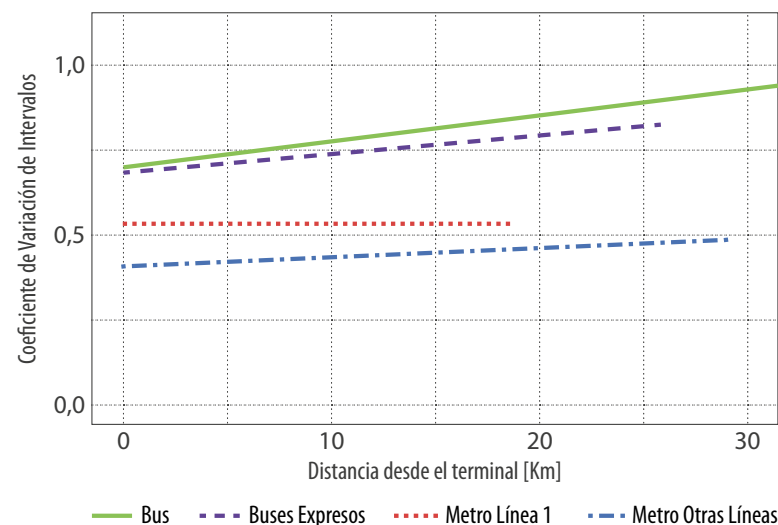


Figura 3. Coeficiente de variación de intervalos según distancia al terminal para servicios de bus y metro.

CONFIABILIDAD ACTUAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

En el caso de Santiago se cuenta con abundantes datos que permiten cuantificar el nivel de regularidad de los intervalos de sus servicios de buses. A partir de este análisis se evidencia que existe un bajo control de la variabilidad de intervalos en la operación. Esto puede verse en la **Figura 3** que presenta **cómo varía en promedio el coeficiente de variación de los intervalos de los servicios de transporte público a medida que los vehículos se alejan del cabezal del cual son despachados durante la hora punta mañana**. Es posible vincular una relación directa entre el coeficiente de variación y los tiempos de espera promedio de los usuarios. Un servicio con perfecta regularidad tendría un coeficiente de variación nulo. La figura muestra cómo para los cuatro tipos de servicio analizados, la irregularidad de intervalos incrementa conforme los servicios avanzan desde el terminal.

En general, se observa que el modo bus ofrece peores niveles de regularidad que el modo metro. Sin embargo, los niveles del modo metro están lejos de considerarse ideales: con valores cercanos del coeficiente de variación

de intervalos a 0,5, solo este efecto genera tiempos de espera 25% mayores que lo esperado en condiciones regulares. Además, se evidencia que existe un problema mayor en el despacho de los servicios. Un esfuerzo en una mejor regularidad de intervalos desde la estación de despacho generaría mejoras en la regularidad en todas las estaciones o paradas del servicio.

Por otro lado, a la hora de estudiar las causas de la variabilidad de intervalos (Soza-Parra et al., 2018), las diferencias entre los modos de superficies (buses) y los subterráneos (Metro) se debe a diferencias en la operación y en la infraestructura. Las características que demostraron ser más eficaces para controlar la propagación de la variabilidad de intervalos fueron la presencia de corredores segregados y zonas pagas. Estos dos atributos asemejan la operación de los sistemas de metro, donde los pasajeros pagan en las zonas de boletería y los trenes transitan en rieles segregados. Hoy en día, existen 209 zonas pagas activas² y 124 km³ de corredores segregados (por sentido) en Santiago, de un total de ~11.300 paradas (~1,9%) y 2.834 km⁴ (~4,4%). Esta carencia deteriora la experiencia de viaje en los buses de Santiago lo que resulta alarmante pues es allí donde se realiza la mayor parte de las etapas de viaje.

² <http://www.dtpm.gob.cl/index.php/infraestructura/zonas-pagas>

³ <http://www.fiscalizacion.cl/listado-de-vias-exclusivas-y-pistas-solo-buses-de-la-region-metropolitana/>

⁴ <http://www.dtpm.gob.cl/index.php/sistema-transporte-publico-santiago/buses>

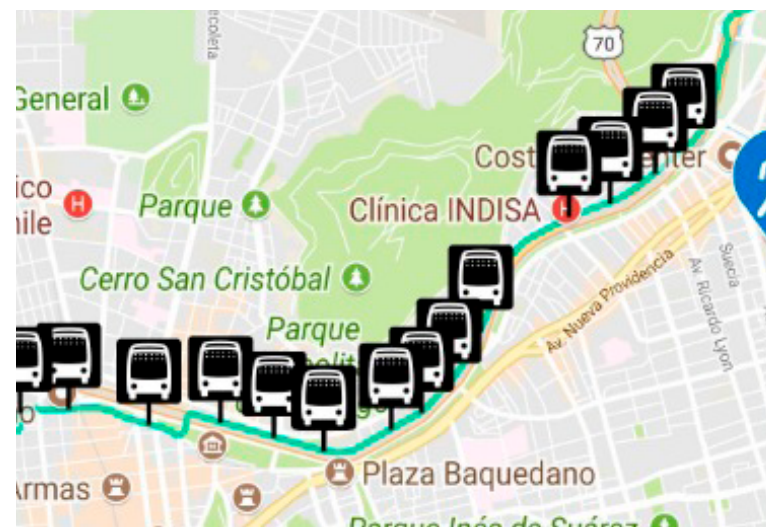
Si bien los contratos de la autoridad con los operadores de buses consideran un indicador de desempeño relacionado directamente con la regularidad de intervalos de su operación, ICR, la **Figura 2** muestra que no estaría alcanzando el impacto esperado. Este indicador es medido en tres diferentes puntos donde se contabiliza la cantidad de veces que un intervalo supera un determinado umbral (que depende de la frecuencia de cada servicio). El valor mínimo establecido para servicios de alta frecuencia es de 80%. Por ejemplo, un servicio cuya frecuencia es de 6 buses por hora (uno cada 10 minutos), le corresponde una holgura de 4 minutos, por lo que solo aquellos intervalos mayores que 14 minutos incidirán en el cálculo de este indicador. Esto quiere decir que, para efectos de este indicador, si aquel servicio opera de manera irregular, pero manteniendo más de un 80% de intervalos bajo los 14 minutos, no generará multas para el operador. Por otro lado, la suma de aquellos minutos por sobre dicha holgura genera lo que se conoce por “minutos de incidencia”, que genera descuentos en el operador. Al revisar los valores de este indicador para las distintas unidades de negocio⁵, observamos valores muy cercanos a esta cota, lo que indica que, a pesar de existir un descuento por el desvío acumulado del intervalo contratado, este no genera un incentivo suficiente para que los operadores tengan altos niveles de este indicador.

Además, dado que solo se consideran aquellos intervalos por sobre dicho umbral, un servicio que opere irregularmente, pero manteniendo sus intervalos dentro de este rango será considerado regular y no generará descuentos al operador. Si analizamos nuevamente el caso del servicio cuya frecuencia es de 6 buses por hora, no se generarán descuentos mientras los intervalos sean

a lo más 14 minutos. Dicho esto, si los intervalos de operación de un servicio fueran 2 minutos, 14 minutos y 14 minutos sucesivamente (manteniendo un intervalo promedio de 10 minutos, es decir una frecuencia de 6 buses por hora), no se incurriría en ningún descuento (ni menos multa) siendo que producto de esta irregularidad las personas esperarían en promedio un 32% más de lo que lo harían si el servicio fuese perfectamente regular.

Esto ocurre, entre otras cosas, pues solo se consideran aquellos intervalos que superan un cierto umbral aceptable y no aquellos que son muy bajos. El fenómeno de apelonamiento de buses, en este caso, permite cumplir con los requerimientos de frecuencia (6 buses por hora en el ejemplo), proveer un servicio irregular, con un claro deterioro en la experiencia del usuario, y no incurrir en pérdidas económicas para el operador. Es de esperar que en las futuras nuevas licitaciones se corrija este indicador, tal como se menciona en los contenidos esenciales de estas⁶, para así evitar que se produzcan situaciones como las aquí indicadas.

[a]



[b]

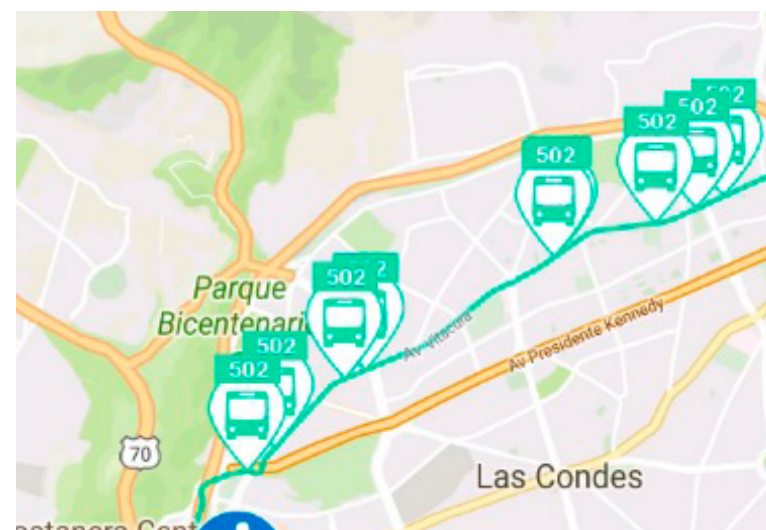


Figura 4. Registro de app Redbipi que muestra 10 buses del recorrido 502 en un tramo de 7.5 kms (entre Estoril y Pérez Zujovic, [b]) y ninguno en el tramo de 7.5 kms que le sigue (entre Pérez Zujovic y Amunátegui [a]).

⁵ <http://www.dtpm.cl/index.php/documentos/ranking-calidad-de-servicio>

⁶ <http://dtpm.cl/index.php/documentos/contenidos-esenciales-2018>



RECOMENDACIONES

El transporte público debiese ser una de las alternativas de transporte preferidas para conseguir ciudades más sustentables. Por esto, los planificadores de transporte y los tomadores de decisiones deberían estar muy preocupados de mejorar permanentemente la experiencia de los usuarios de transporte público. La (des) confiabilidad está directamente asociada a múltiples aspectos negativos percibidos por las personas al momento de viajar. Por ejemplo, los usuarios son reacios a las esperas excesivas, a la falta de vehículos, a viajes en condiciones extremadamente hacinadas, a buses que no se detienen en las paradas asignadas, al apelotonamiento de buses, por mencionar algunas.

1. Los modos de transporte público se deben monitorear e intervenir para que sean cada día más confiables y satisfacer así a sus usuarios y atraer nuevos. Cuando se coloca el foco en la experiencia de los pasajeros, la confiabilidad debería ser tan importante como la velocidad. Servicios más rápidos acercan de mejor manera a sus usuarios y aumentan la capacidad ofrecida, pero estos beneficios se pierden si se opera con alta variabilidad de intervalos generando largas esperas y hacinamientos excesivos. Además, deteriorar la regularidad aumenta la insatisfacción de los usuarios, haciendo más atractivo cambiarse a auto privado si se tiene uno disponible, o bien tomar alguna de las alternativas emergentes de movilidad basadas en aplicaciones (Uber, Cabify, Didi, etc.).

2. Incorporar el exceso de tiempo de espera como indicador de regularidad del nivel de servicio ofrecido por los operadores del sistema de transporte público, tal como ya fue recomendado por CEDEUS en el estudio “*Asesoría para Mejoras Operativas y de Participación Ciudadana para el Sistema de Transporte Público Metropolitano*”⁷. Este indicador considera directamente la experiencia de los usuarios, pues mide la diferencia entre la espera realmente experimentada y aquella que vivirían en condiciones de perfecta regularidad. Además, este indicador modifica el umbral en el que un servicio se considera regular (y por tanto no genera multas para el operador), así como podría incorporar un beneficio adicional para incentivar estrategias de control de intervalos por parte de los operadores.

En líneas generales, se define el tiempo de espera como:

$$TE = \frac{\bar{I}}{2} \cdot (1 + CV(I)^2)$$

Donde $\bar{I}$ es el promedio de los intervalos sucesivos para un servicio en un punto de control y $CV(I)$ es el coeficiente de variación de estos. Esto se construye tanto para el servicio observado como para los valores programados por contrato. Con ello, se puede definir el exceso de tiempo de espera como:

$$TEE = \max \{0; TE^{obs} - TE^{prog}\}$$

⁷ <http://www.dtpm.gob.cl/index.php/documentos/estudios>

Posteriormente, con este valor es posible calcular un indicador de tiempo de espera en exceso de la unidad de negocio, ponderando apropiadamente según demanda y duración de los períodos de cálculo y utilizar dicho valor para el cálculo del pago.

3. Las medidas de desempeño de las diferentes unidades de negocio deben estar ponderadas por la ocupación de cada vehículo, corrigiendo los indicadores existentes. En caso contrario estos indicadores continuarán aumentando la distancia entre la percepción que las agencias de transporte público tienen respecto al servicio que ofrecen y como es percibida esta experiencia por los usuarios. No es difícil encontrar sistemas de transporte público buenos “en el papel”, que ofrecen servicios con alta frecuencia a lo largo de redes complejas, con evaluaciones de los usuarios poco favorables.

Por ejemplo, si tomamos el indicador ICF y consideramos que cada servicio j operado por cierta unidad de negocio tiene una demanda $d_{j,p}$ en el período p , entonces, el indicador corregido ICF^* sería:

$$ICF^* = \frac{\sum_{j,p} d_{j,p} \cdot ICF_{j,p}}{\sum_{j,p} d_{j,p}}$$

4. Para poder fundamentar la aplicación de proyectos que mejoren la confiabilidad, es necesario **incorporar una medida del valor que le damos a la confiabilidad en los modelos de comportamiento y planificación de transporte público**, así como también un valor social de esta

confiabilidad para poder cuantificar los posibles beneficios (Kouwenhoven, 2015). El atributo que se considera que mejor representa esta característica en un sistema de transporte público que opera basado en frecuencias es el coeficiente de variación de intervalos.

Esquemáticamente, el proceso de evaluación de un proyecto de mejora de regularidad sería:

- a. Cálculo de los cambios en la partición modal considerando la incorporación del proyecto. Para ello, el modelo de comportamiento de los usuarios debe incluir la variable regularidad de intervalos con un parámetro asociado previamente calibrado.
- b. Asignación de los viajes considerando la regularidad de intervalos en el modelo de elección de ruta.
- c. Cálculo de los cambios en la variabilidad del tiempo de espera.
- d. Monetizar dichos beneficios, multiplicándolos por el valor de la confiabilidad, previamente establecido.

REFERENCIAS

- Bates, J. (2009).** *An agenda for research on reliability*. Association for European Transport and Contributors, 2016(2004), 1–15. Retrieved from <http://www.etcproceedings.org/paper/smart-card-data-for-multi-modal-network-planning-in-london-five-case-studies>
- Kouwenhoven, M. (2015).** *Forecasting Travel Time Reliability in Road Transport: a new Model for The Netherlands, (October)*.
- Muñoz, J. C., Soza-Parra, J., & Raveau, S. (2020).** *A comprehensive perspective of unreliable public transport services' costs*. *Transportmetrica A: Transport Science*, 16(3), 734–748. <https://doi.org/10.1080/23249935.2020.1720861>
- Prashker, J. N. (1979).** *Direct analysis of the perceived importance of attributes of reliability of travel modes in urban travel*. *Transportation*, 8(4), 329–346. <https://doi.org/10.1007/BF00167987>
- Soza-Parra, J., Cats, O., Carney, Y., & Vanderwaart, C. (2019).** *Lessons and Evaluation of a Headway Control Experiment in Washington, D.C.* *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. <https://doi.org/10.1177/0361198119845369>
- Soza-Parra, J., Muñoz, J. C., & Raveau, S. (2018).** *What factors determine the variability of the level of service experienced by users? In 2018 Conference on Advanced Systems in Public Transport (CASPT) / TransitData 2018 Symposium*. Brisbane.
- Soza-Parra, J., Raveau, S., & Muñoz, J. C. (2019a).** *Public transport travel time reliability across modes and space*. In *Transitdata 2019*. 5th International Workshop and Symposium. Paris.
- Soza-Parra, J., Raveau, S., & Muñoz, J. C. (2019b).** *Travel preferences of public transport users under uneven headways*. In 19° Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte. Santiago.
- Soza-Parra, J., Raveau, S., Muñoz, J. C., & Cats, O. (2019).** *The underlying effect of public transport reliability on users' satisfaction*. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 126(January), 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.06.004>
- Van Oort, N. (2011).** *Service Reliability and Urban Public Transport Design*. TRAIL. PhD Thesis Series T2011/2, Delft, The Netherlands.



CEDEUS

Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable

www.cedeus.cl
comunicaciones@cedeus.cl