



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

**PROPUESTA DE REDISEÑO EN REGLAS E INDICADORES DE CONTRATOS
DE TRANSANTIAGO**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

YERKO DAVID CALQUÍN MIRANDA

**PROFESOR GUÍA:
ALEJANDRO TIRACHINI HERNÁNDEZ**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN
LEONARDO BASSO SOTZ**

**SANTIAGO DE CHILE
2017**

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE: Ingeniero Civil Industrial
POR: Yerko David Calquín Miranda
PROFESOR GUÍA: Alejandro Tirachini Hernández

PROPUESTA DE REDISEÑO EN REGLAS E INDICADORES DE CONTRATO DE TRANSANTIAGO

Actualmente, el Sistema de Transporte Público de Santiago, Transantiago, presenta niveles de servicio, frecuencia y regularidad no satisfactorios para los usuarios. Esto, ha contribuido a otros problemas como son la evasión y dificultades financieras para las empresas, lo que conlleva a su vez un importante efecto en el subsidio que el Estado entrega al Sistema. En este marco surge el proyecto sobre la propuesta de indicadores de calidad del Sistema Transantiago, con la idea de incidir en la licitación de uso de vías del año 2017, y posteriormente en las operaciones, para, consecuentemente, mejorar la calidad en el servicio para los usuarios.

Inicialmente se presenta la evidencia teórica que demuestra la necesidad de incrementar la regularidad en el servicio para mejorar la calidad en el sistema, posteriormente se muestra la influencia que han tenido los cambios de indicadores en la evolución del sistema, desde su inicio en 2007 hasta el último cambio de contratos en 2012. Luego, se expone evidencia internacional destacada de Londres y Singapur, con respecto a operaciones, indicadores de rendimiento e incentivos económicos para los operadores del transporte público. En particular, se muestra el indicador Tiempo de Espera en Exceso, aplicado en ambas ciudades y como ha incidido en los resultados operacionales en ambos contextos.

En un resumen del contrato actual de un operador de Transantiago, se identifican problemas con énfasis en la relevancia que se le da a la frecuencia por sobre la regularidad, además de comparar cómo serían sancionadas estas situaciones en los referentes internacionales antes mencionados. Después, se procede a trabajar en base a datos reales de operaciones de 5 días del servicio 506, con los que se calcula los indicadores del contrato de Transantiago y nuevamente se compara con la situación de Londres y Singapur.

Por medio de regresiones lineales, se busca el mejor ajuste posible para concluir con factores relevantes al aplicar el indicador Tiempo de Espera en Exceso (TEE) y definir su línea base en el Sistema de Santiago. Con esto, y considerando el mismo esquema de multas de Londres, se propone un marco que debiese ser más efectivo que lo actual, donde no solo se multe, sino que además se entregue incentivos al operador, premiando su buen desempeño.

A la familia Calquín Miranda

AGRADECIMIENTOS

A mi familia. A Lorena Miranda, por darme todo y muchísimo más de lo que siempre he necesitado en todo momento. A Yerko Calquín Meza, por mostrarme que siempre se puede ser más, luchar hasta el final y bancarme en todo. A Antonia Calquín, por mostrarme su risa, darme amor y alegría, ser sincera y una gran compañera, todos los días estoy orgulloso de ti y cuando estoy lejos eres la que más extraño. Los 3 siempre van conmigo. Gracias por acompañarme a la distancia y siempre. A la Mami, por consentirme todos los días y acompañarme en mi crecimiento como una segunda mamá.

A todo el resto de mi familia, ti@s, prim@s y mis abuelos, porque siempre me han hecho sentir querido, por las tallas y buenos momentos. Mención especial a los Tarro con Piedra, crecimos riéndonos juntos, también a Nicolás Miranda, uno más de la casa. Por último, a Pterito, el chiquilinsín más bello de todos

A Carolina Ganga, porque cuando partía esto y se puso difícil me ayudó a salir adelante.

A mis amig@s de la u, Gonzalo Sandoval, Alberto Martínez, Maxi Rojas, Matías Pineda, Ignacio Gutiérrez, Elías Garcés, Andrés Fernández, Felipe Asiain y tod@s los de Tutoría, porque nunca pensé que me iba a encontrar con personas como ustedes, por todos los momentos que pasamos muy buenos y graciosos, sobre todo, que también me van a acompañar en lo que viene. Mención especial a Diego Alarcón, van como 700 años, sobre todo después de que me bancaste en ese viaje. A mis amig@s del colegio, a los F-4 (que grandes, los primeros), a Josefina Farías, Beatriz Arredondo, Mari Leiva, estuvieron no solo estos 6 años conmigo, sino desde que los conocí.

A Daniela Fuentes, por empujarme a ser mejor en todo sentido desde que nos encontramos. Y a Prismo, obviamente.

Al fútbol, porque me ha movido toda la vida, por todos mis equipos de juego, por poder ver a Liverpool en Anfield, a la U ganar la Sudamericana, a Colchagua solos en el estadio y más importante, a Chile campeón.

En el ámbito profesional, a los profesores que se dieron el tiempo de dejar algo en mí y mis compañer@s. Desde quienes me vieron partir en San Fernando, hasta la Universidad. A Javiera Godachevich, por su buena onda siempre y ayuda en todo lo que necesité; va a ser una gran transportista.

Al profesor Alejandro Tirachini, en primer lugar, por el aprendizaje que además del transporte público, tiene que ver principalmente con el desarrollo de mi carrera como ingeniero, por darse el tiempo de ayudarme, por exigirme más y por corregirme cuando era necesario, además de aconsejarme en temas fuera de este trabajo. Finalmente, al profesor Juan Pablo Zanlungo (QEPD), quien fue el que en un principio me motivó con este trabajo.

Tabla de Contenido

Resumen	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice de Tablas	vii
Índice de Ilustraciones	viii
1- INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problemas operacionales del Sistema de transporte Transantiago.....	1
1.2 Problemas financieros y evasión	1
1.3 Descripción del proyecto.....	2
1.3.1 Descripción general y resultados esperados	2
1.3.2 Alcances	4
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Metodología	5
2- MARCO CONCEPTUAL	6
2.1 Tiempo de espera de pasajeros	6
2.2 Evolución de indicadores del Sistema Transantiago.....	7
2.3 Revisión internacional: Londres	10
2.4 Aplicación del caso londinense: Singapur	13
2.5 Impacto de medidas de regularidad en Transantiago	14
3- RESUMEN CONTRACTUAL	15
3.1 Cláusulas.....	15
3.1.1 Disposiciones generales	15
3.1.2 Del Ministerio	16
3.1.3 Del Concesionario.....	16
3.1.4 Del régimen de ejecución del contrato de concesión	17
3.1.5 De las condiciones económicas del contrato de concesión	18
3.1.6 De las relaciones entre la Sociedad Concesionaria y el Ministerio.....	21
3.1.7 Supervisión y control.....	21
3.1.8 Terminación anticipada del contrato de concesión	21
3.1.9 Garantías del contrato de concesión.....	22
3.1.10 Disposiciones varias	22

3.1.11	Cláusula transitoria: período de transición	22
3.2	Anexos del contrato	23
3.2.1	Anexo 1: De las vías y condiciones de uso	23
3.2.2	Anexo 2: De los servicios	23
3.2.3	Anexo 3: De los Programas de Operación	23
3.2.4	Anexo 4: De la flota del Concesionario y las características de los buses	24
3.2.5	Anexo 5: Del funcionamiento electrónico y funcionalidades del sistema de acceso electrónico y sistema de apoyo a la explotación de flota	25
3.2.6	Anexo 6: Aseguramiento de la calidad en la ejecución de los servicios	25
3.2.7	Anexo 7: De las sanciones	33
3.2.8	Anexo 8: Del personal destinado a la prestación del servicio	33
4-	ANÁLISIS CONTRACTUAL PRELIMINAR	34
4.1	Fórmula de pago	34
4.2	ICF	35
4.3	ICF vs ICR	36
4.4	Fórmula de pago e indicadores	38
4.5	Contraste de resultados: Santiago - Londres y Santiago - Singapur	38
4.5.1	Descripción de líneas	38
4.5.2	Alta frecuencia	41
4.5.3	Frecuencia media	41
4.5.4	Frecuencia baja	42
4.5.5	Tablas comparativas	42
5-	ANÁLISIS CONTRACTUAL EN BASE A DATOS DE OPERACIÓN REALES	43
5.1	Caracterización del recorrido	43
5.2	Descripción de los datos	45
5.3	Resultados en ICF e ingresos por operación	46
8.3.1-	Servicio-Sentido por Período en el Día - SSPD	46
8.3.2-	Servicio-Sentido por Período en el mes - SSPM	47
8.3.3-	Servicio-Sentido en el Mes e Índice de Cumplimiento de capacidad de Transporte (SSM e ICT)	48
5.4	Resultados en ICR	48
8.4.1-	ICR-I (Incidentes)	49
8.4.2-	ICR-E (Espera en exceso)	50
5.5	Operaciones reales: ICR vs ICF y multas	50
5.6	Contraste	51
8.6.1-	Londres	51
8.6.2-	Singapur	52
8.6.3-	Tabla comparativa resultados operacionales observados	52
6-	MODELACIÓN DE VARIABLES SIGNIFICATIVAS INFLUYENTES EN LA LÍNEA BASE DEL INDICADOR TIEMPO DE ESPERA EN EXCESO	52

6.1	Londres	53
6.2	Singapur	55
6.3	Aplicación a Transantiago	57
7-	CONCLUSIONES	60
	7.1 Resumen y discusión.....	60
	7.2 Líneas de investigación futura	63
8-	GLOSARIO.....	65
9-	BIBLIOGRAFÍA.....	67
10-	ANEXOS	68
	Anexo A: Definición de Períodos (largos)	68
	Anexo B: Pasadas exigidas por periodo - 506 Ida	68
	Anexo C: Horarios programados - 506 Ida, entre 5:00h y 23:00h.....	69
	Anexo D: Datos de EWT, largo de ruta y velocidad promedio en hora peak - Londres	70
	Anexo E: Datos EWT, largo de ruta y velocidad promedio en hora peak - Singapur	71
	Anexo F: Recorridos loop de Singapur	72
	Anexo G: Correlación entre velocidad promedio en hora peak y largo de ruta - Singapur	72

Índice de Tablas

Tabla 1: Multa por indicadores de calidad.....	33
Tabla 2: Comparación multas/bonos Santiago-Londres.....	42
Tabla 3: Comparación multas/bonos Santiago-Singapur	42
Tabla 4: Descripción del recorrido 506.....	44
Tabla 5: Detalle de cumplimiento y multas por SSPD	46
Tabla 6: Resultados SSPM	47
Tabla 7: Resultados ICR-I	49
Tabla 8: Comparación indicadores y multas con resultados operacionales reales	52
Tabla 9: Resultados regresión múltiple - Londres	55
Tabla 11: Definición de períodos en un día.....	68
Tabla 12: Pasadas programadas por período de 30 minutos.....	68
Tabla 13: Horarios programados de pasadas - 506 Ida	69
Tabla 14: Detalles data - Londres	70
Tabla 15: Detalles data - Singapur	71
Tabla 16: Detalles data sin utilizar - Singapur	72

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Intervalos programados – caso alta frecuencia.....	36
Ilustración 2: Intervalos observados – caso alta frecuencia	37
Ilustración 3: Intervalos programados – caso frecuencia media.....	37
Ilustración 4: Intervalos observados – caso frecuencia media	37
Ilustración 5: Recorrido 179.....	39
Ilustración 6: Recorrido 395.....	39
Ilustración 7: Recorrido servicio 154, Singapur	40
Ilustración 8: Ruta servicio 506, con paraderos.....	44
Ilustración 9: Gráfico: Distancia recorrida vs tiempo	46
Ilustración 10: Regresión lineal TEE vs Velocidad promedio en horario punta - Londres	54
Ilustración 11: Regresión lineal entre TEE y largo de ruta - Londres	54
Ilustración 12: Regresión lineal entre TEE y largo de ruta - Singapur	56
Ilustración 13: Regresión lineal entre TEE y velocidad promedio en horario punta - Singapur	56
Ilustración 14: Gráfico Incentivo vs TEE obtenido, a partir de umbrales de Londres y Singapur	58
Ilustración 15: Regresión lineal entre Velocidad media en hora peak vs largo de ruta ..	72

1- INTRODUCCIÓN

1.1 Problemas operacionales del Sistema de transporte Transantiago

El año 2007 comenzó la operación del nuevo sistema de transporte público en el Gran Santiago, conocido como Transantiago. Éste fue implementado con el fin de mejorar la calidad del antiguo sistema de transporte público en la ciudad, integrando una serie de cambios positivos como la integración tarifaria entre servicios de buses y Metro de Santiago, entre otras [1]. Sin embargo, Transantiago ha estado marcado por una constante ineficiencia y problemas operativos, además de errores y malas prácticas por parte de las empresas concesionarias. Dentro de estas deficiencias se puede encontrar el "apelotonamiento" de buses [2], vale decir períodos cortos de tiempo en los cuales se concentra una cantidad importante de buses para una demanda baja con respecto a la oferta, lo que aumenta los tiempos de espera de pasajeros y con esto la sensación de servicio insuficiente en los usuarios, quienes a junio de 2014 le daban en promedio una calificación de 4,6 en escala de 1 a 7, al servicio [3].

Otro problema relevante del sistema es la presencia de buses "fantasma", lo que tiene que ver directamente con incentivos desalineados con los objetivos que se presentan en los contratos; buscando mejorar la calidad del sistema se presentan indicadores por regularidad, es decir cada cuanto tiempo pasa un bus, y frecuencia, cuantos buses pasan en cierto periodo de tiempo. Este último hace que las empresas concesionarias en su afán por no ser castigados monetariamente y al mismo tiempo reducir costos envían buses por su ruta pero fuera de servicio y sin recoger pasajeros¹, informando que está cumpliendo un recorrido; esto es un engaño al sistema y además de generar pérdidas monetarias, suma como el punto anterior al malestar en los usuarios.

Finalmente, se da especialmente en horarios punta un hacinamiento considerable en los buses. Si bien el sistema está considerado para soportar hasta $6_{pers./m^2}$, se presentan períodos en los que esta cifra se supera. Operacionalmente el sistema está definido por períodos y para estas horas la frecuencia y regularidad es mayor nominalmente, pero no da abasto como debiese.

1.2 Problemas financieros y evasión

El año 2012 se hizo el último ajuste de contratos, el cual pretendía dar mayor flexibilidad financiera a las empresas concesionarias. Hoy en día, existen operadoras que se ven enfrentadas a una crisis que puede llevar a algunas incluso a la quiebra.

¹ Fuente: Área periodística Canal 13, Los Secretos del Transantiago (2014). Disponible en línea en: <https://www.youtube.com/watch?v=VYKallhigsc>. Visitado por última vez el 26 de enero de 2017.

Por otra parte, en la ya mencionada renegociación de contratos, se buscó mejorar la calidad de servicio del transporte, y en consecuencia se esperaba reducir la evasión desde un 21% a un 12% por traspaso de zonas alimentadoras a empresas de troncales, inclusión de zonas pagas y mayor fiscalización². Pero hasta ahora el panorama dista de la proyección. La evasión se encuentra en su más alto nivel histórico, llegando al 28% y las transacciones han disminuido un 5,2% durante el año 2015, pasando de 970 a 920 millones lo que se explica por un cambio de comportamiento de los usuarios, quienes han incrementado el uso de alternativas al transporte público como automóvil particular, bicicleta y caminata³. Esto evidentemente impacta en las utilidades de las empresas, dado que cerca de un 70% de los ingresos son por pasajero transportado y un 30% por kilómetro recorrido⁴, y también en el servicio que se ve empeorado por los mayores niveles de congestión vehicular que produce el incremento en el parque automotriz y el uso del automóvil particular.

Las empresas Alsacia-Express y Subus; que cubren un 40% de la red⁵; tienen un sobreendeudamiento que alcanza un 93%, siendo a la vez las que peores indicadores de regularidad y frecuencia tienen. Si bien de acuerdo al Ministerio de Transporte no hay un peligro de colapso del sistema dadas las atribuciones que tiene el Estado para operar en caso de quiebra, y estas empresas siguen cubriendo sus costos lo que les permite seguir funcionando⁶, la situación está lejos de ser la ideal.

1.3 Descripción del proyecto

1.3.1 Descripción general y resultados esperados

Para el año 2017 está programada la nueva licitación para la concesión del uso de vías de Transantiago, y el Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM) busca la renovación del sistema con iniciativas tanto de participación ciudadana en el programa “¿Cuál es tu parada? Se parte de la solución”, como

² Valencia, Manuel. Transantiago: solo 1 empresa ha bajado la evasión desde 2013. El Mercurio, 20 de mayo, 2016. Disponible en línea en <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=253835>. Visitado por última vez el 26 de enero de 2017.

³ Fernández, Oriana. Pagos en buses del Transantiago disminuyeron en 5,2% en doce meses. La Tercera. 31 de enero, 2016. Disponible en línea en <http://diario.latercera.com/2016/01/31/01/contenido/pais/31-208377-9-pagos-en-buses-del-transantiago-disminuyen-un-52-en-doce-meses.shtml>. Visitado por última vez el 26 de enero de 2017.

^{4, 5} Pardo, Gabriel; Valencia, Manuel. Mayores empresas de buses del Transantiago confirman alerta de colapso financiero. El Mercurio, 3 de abril, 2016. Disponible en línea en <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=239694>. Visitado por última vez el 26 de enero de 2017.

⁶ Gutiérrez, Pamela; Pardo, Gabriel. Gómez-Lobo anuncia que no se hará “operación de salvataje a peores operadores” de Transantiago. El Mercurio, 5 de abril, 2016. Disponible en línea en <http://www.emol.com/noticias/Nacional/2016/04/05/796412/GomezLobo-No-vamos-a-hacer-una-operacion-de-salvataje-a-empresas-que-ademas-son-los-peores-operadores.html>. Visitado por última vez el 26 de enero de 2017.

internas. Es dentro de este contexto que se busca incidir en el cambio de las condiciones contractuales para las empresas operadoras.

Desde el inicio de Transantiago, las condiciones contractuales han evolucionado en distintas ocasiones para, como se ha mencionado antes, mejorar la calidad del servicio y las condiciones de financiamiento ante los problemas que han presentado los operadores. Inicialmente los contratos no contemplaban indicadores de rendimiento ni calidad y los pagos se concentraban por la cantidad de vehículos-kilómetros con una fianza anual limitada, lo que tuvo un impacto importante en la calidad del servicio entregado debido a la opción obvia a tomar por las concesionarias, de reducir costos de operación mediante el uso de menos buses [4]. Para modificar lo anterior se implementó en diciembre del año 2007 el primer indicador de plazas-hora disponibles por operador, como se menciona en [4], lo que mejoró sustancialmente la calidad al cambiar el sistema de pagos. De ahí en adelante se siguió la línea de establecer indicadores para mejorar los rendimientos agregando el Índice de Cumplimiento de Frecuencia y el Índice de Cumplimiento de Regularidad (ICF e ICR). Estos han tenido impactos positivos en cuanto a la calidad del sistema, pero de todas formas no se ha logrado erradicar todo tipo de prácticas dañinas y la calidad insuficiente evidenciada hasta ahora.

Dentro del trabajo se busca describir situaciones perjudiciales para los usuarios del sistema. Para eso se presentan situaciones simuladas en las que el marco regulatorio no actúe como de acuerdo a los resultados. Luego, con datos sobre la operación de una línea, se acerca lo anterior a la realidad del Sistema; y en base a ambos, se puede encontrar un indicador que mejore estas situaciones. Se debe plantear un marco acorde para éste que considere el nivel de multas y nivel de servicio exigido, que permita finalmente, mejorar principalmente la regularidad del servicio.

A priori se espera encontrar incoherencias y compensaciones entre los indicadores de regularidad y frecuencia, es decir, privilegiar el cumplimiento de un indicador por sobre el otro por el esquema existente. Junto a lo anterior, problemas en los incentivos que genera el límite impuesto en las multas que se puede aplicar a las concesionarias.

Además, se presentará un análisis de los contratos actuales, para, sumado a lo anterior, construir una propuesta a los indicadores y las reglas operativas que permitan continuar con las mejoras que se han hecho desde su inicio al sistema.

El apoyo de la bibliografía disponible es clave e inherente al trabajo, para contrastar los resultados obtenidos con resultados internacionales y la teoría actual en la materia.

Continuando y como parte principal del trabajo, se establece la entrega de una propuesta de mejora a las actuales reglas operacionales del sistema Transantiago. Con respecto al indicador y las multas, basado en la evidencia internacional disponible y las propuestas hechas en otros trabajos, se espera que sean menos permisivos y que las sanciones sean mayores a los límites actuales.

Con esto el Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM) gana una buena fuente de información para su trabajo de remodelación del sistema de transporte Transantiago. De donde puede obtener una aproximación con otro indicador a los existentes actualmente en el TP de Santiago.

1.3.2 Alcances

El alcance principal es estudiar un indicador de rendimiento, para medir la calidad del servicio entregado por los operadores y entregar una propuesta en base a éste, que incluya una descripción de las multas y bonos a cursar de acuerdo a sus niveles de cumplimiento. Lo anterior en base a una revisión bibliográfica sobre su impacto en distintos contextos y un estudio sobre que variables pueden ser relevantes al momento de determinar las metas para el cumplimiento del indicador.

Queda fuera del alcance de la memoria, cuantificar el impacto que tendrá en las operaciones, el marco propuesto.

Dentro de los datos, en el caso de Transantiago, se cuenta con información primaria de operaciones, proveniente de datos masivos del sistema de posicionamiento GPS de los buses. Los resultados en este ámbito son en su totalidad fidedignos. Por otra parte, en la evidencia internacional, solo se cuenta con información secundaria, por lo que estos datos son limitados para el trabajo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Aplicar un indicador propicio y proponer incentivos que fomenten una mejora en las operaciones de las empresas concesionarias del sistema de transporte Transantiago.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Medir el impacto operacional de los indicadores de rendimiento actuales y las medidas que existen a partir de éstos.
- Crear una propuesta exploratoria de incentivos económicos a aplicar en base al indicador Tiempo de Espera en Exceso (TEE).

- Estimar modelos para la aplicación de una línea base para el indicador Tiempo de Espera en Exceso (TEE), a partir de la cual se estiman bonos o multas por rendimiento, a los operadores.

1.5 Metodología

El trabajo consistió en mostrar situaciones conflictivas que se den en las operaciones del Sistema de Transporte Transantiago que involucren los indicadores de rendimiento del mismo, comparar estos resultados con ST internacionales que incluyan el indicador Tiempo de Espera en Exceso, y finalmente, proponer de manera exploratoria un marco que incorpore ese indicador y que variables influyen en su umbral de medición.

Para lograr lo anterior se dividió el trabajo en cinco partes: marco conceptual, resumen y revisión contractual en base a situaciones simuladas, comparación internacional en base a lo anterior, revisión y comparación contractual en base a operaciones reales, y finalmente propuesta de indicador y línea base de medición.

La revisión bibliográfica consta de tres líneas. En primer lugar, se muestra la procedencia del tiempo de espera observado por los usuarios de transporte público y como la regularidad afecta en una medida similar a la frecuencia.

Luego, se revisó la experiencia de Londres y Singapur. El primero, considerando los buenos resultados que ha tenido a través del tiempo [5], en donde se considera relevante la implementación del indicador TEE. El segundo caso, considerando que se ha aplicado el indicador de Londres, obteniéndose también resultados positivos [6], cuantificado en la disminución en los tiempos de espera que observan los usuarios, lo que permite concluir que, a priori, el impacto en Transantiago sería positivo.

La otra línea de bibliografía consta de análisis anteriores del caso Transantiago, tanto en evolución de los indicadores contractuales, que permite encontrar particularidades en su desarrollo y muestra que existe un cambio a medida se ha ido evolucionando la formulación de los indicadores. Además de un caso de aplicación, en el cual se busca mejorar la regularidad en un servicio del sistema.

El trabajo continúa con un análisis preliminar de los contratos de Transantiago, con el objetivo de mostrar de forma simple que existen vacíos y posibles mejoras a aplicar, con datos simulados. Posteriormente, se analiza y mide indicadores en base a datos reales de operación del servicio 506 Ida de Transantiago. En ambos casos, se comparó con los indicadores y multas que se encuentran en los contextos de Londres y Singapur, contrastando de esta forma con sistemas que se encuentran en mejor estado al capitalino.

Finalmente, se busca una buena forma de aplicar incentivos económicos en base al indicador propuesto. Para esto se obtiene los datos de distancias de ruta de servicios de alta frecuencia y sus respectivos umbrales para aplicar multa o pago, tanto en Singapur como Londres. Luego, con una regresión lineal, se encuentra la relación "línea base & largo de ruta + velocidad promedio en hora punta" entre los sistemas. Con esto se aplica el modelo predictivo al servicio 506 Ida de Transantiago, para encontrar márgenes en los que estaría la línea base.

2- MARCO CONCEPTUAL

2.1 Tiempo de espera de pasajeros

En la actualidad, las multas y descuentos que reciben los operadores de Transantiago se asocian principalmente al no cumplimiento de la frecuencia, relegando la regularidad en los intervalos de pasada a un segundo plano. Esto queda en evidencia al contrastar el nivel de las multas que acarrear operaciones deficientes: cuando se presenta una falla grave de frecuencia, en recorridos de alta demanda, las multas comienzan en las 70UF; por el contrario, un incumplimiento grave de regularidad en recorridos de baja demanda (los que se espera sean más regulares), implica una sanción de control, en la que la Autoridad puede fiscalizar el trabajo de una concesionaria, además de una sanción monetaria de 0,01UF/minuto aumentado en el coeficiente de variación.

Lo anterior se contrapone a la relevancia teórica que frecuencia y regularidad cobran en el tiempo de espera de los usuarios en el TP. Ésta teoría indica que el tiempo que los pasajeros esperan depende de la frecuencia programada de pasada de los buses: cuando se tiene un recorrido con 5 o más buses por hora, el tiempo de espera promedio toma como valor la mitad del intervalo [7]:

$$t_e = \frac{h}{2} \quad (2.1)$$

Donde h representa el largo del intervalo. Esto se explica a partir de ciertos supuestos: dada la alta frecuencia, los pasajeros tienden a no preparar el viaje con respecto al tiempo programado de pasada, lo que hace que el más afortunado llegue al paradero junto al bus, implicando que no espere, mientras el menos afortunado llega cuando el bus acaba de salir de la parada, por lo tanto debe esperar el largo del intervalo (h); además, se asume que los buses no circulan llenos, por lo que los usuarios pueden abordar el primero que pase, y por último los usuarios llegan a una tasa uniforme durante el intervalo.

Lo anterior se cumple cuando los intervalos entre buses son regulares. En caso contrario, se dan efectos como el apotonamiento. Esto, se produce cuando buses se atrasan y otros se adelantan. En estos casos se observan intervalos de pasada cortos y largos alternadamente [7]. El apotonamiento puede darse

tanto por un mal despacho en intervalos irregulares, como por atrasos por efectos externos (tráfico principalmente) [7].

Lo anteriormente descrito tiene consecuencias en el tiempo de espera de los pasajeros, ya que al haber intervalos dispares los usuarios tienen más probabilidades de llegar en un intervalo largo, incrementando el tiempo de espera medio: como se explica en [7], si durante un periodo T hay N_h intervalos h_i , la probabilidad para un pasajero de llegar en el intervalo k es:

$$P(\text{pax. llegue en int. } k, \text{ de largo } h) = \frac{h_k}{T} \quad (2.2)$$

Se puede demostrar, además, que el tiempo de espera promedio toma el siguiente valor [8]:

$$E(t_e) = \frac{1}{2}E(h) * \left[1 + \frac{Var(h)}{E^2(h)} \right] \quad (2.3)$$

Por consiguiente, el tiempo promedio de espera de un pasajero depende de la mitad del intervalo, pero si la varianza de los intervalos ($Var(h)$) es mayor a 0, este aumenta linealmente con ésta. En esta ecuación, el primer término se relaciona a la frecuencia de buses o la duración del intervalo, y el segundo término (varianza), a la regularidad de las llegadas al(los) paradero(s).

Como se menciona inicialmente, al momento de considerar e intentar acotar el tiempo de espera de los usuarios por medio de indicadores y multas, si bien existe sanción descrita por regularidad, el grueso de ésta es por incumplimiento de frecuencia, lo que, como se muestra, es incompleto con respecto al objetivo.

2.2 Evolución de indicadores del Sistema Transantiago

Transantiago inició sus actividades buscando disminuir el número de agentes participantes y dar un negocio de bajo riesgo para éstos, lo que incluía pagos por la cantidad de buses-kilómetro programados en el Programa de Operación (PO) y una falta de indicadores de rendimiento en los primeros contratos firmados. Con esto se menoscabó profundamente el rendimiento del transporte de superficie [4]. El PO es parte del contrato donde se establecen los recorridos, paradas, regularidad y programa específico para cada recorrido. Posteriormente y para remediar la situación inicial se fueron incorporando mediciones de calidad a las empresas de transporte, lo que trajo consigo importantes mejoras al sistema.

El primero de estos indicadores fue el Índice de Cumplimiento de Plazas-Hora (ICPH). Con éste se comparaban a nivel agregado la cantidad de buses y su capacidad con lo que debería estar circulando de acuerdo al PO. El indicador

se tomaba como un porcentaje de cumplimiento, como se muestra en (2.4) y se multiplicaba por la ganancia teórica que debía tener la empresa concesionaria para descontar del pago, sin límite de multa.

$$ICPH_k = \frac{\sum_i ICPH_{k,i} * PH_{k,i}^{PO}}{\sum_i PH_{k,i}^{PO}} \quad (2.4)$$

Por su parte, $ICPH_{k,i}$ es un valor perteneciente al intervalo $[0,1]$ calculado de la siguiente forma:

$$ICPH_{k,i} = \begin{cases} 1 & \text{si } \frac{PH_{k,i}}{PH_{k,i}^{PO}} \geq \alpha \\ \frac{PH_{k,i}}{PH_{k,i}^{PO}} & \text{si } \frac{PH_{k,i}}{PH_{k,i}^{PO}} < \alpha \end{cases} \quad (2.5)$$

Donde $PH_{k,i}^{PO}$ equivale a las plazas-hora comprometidas en el Programa de Operación de la empresa k en el período temporal i ; mientras que $PH_{k,i}$ corresponde a las plazas-hora efectivamente cumplidas por la empresa en el período (no es posible que fuese mayor que lo dictaminado en el PO y el intervalo es de 30 minutos en este caso). El parámetro α es igual a 0,96 [4].

Al obtener el indicador de esta forma se obtienen un par de conclusiones negativas importantes: en primer lugar, al hacer un promedio agregado de las operaciones se puede hacer un cruce de plazas-hora entre servicios favoreciendo los más demandados por sobre el resto y sumado a esto no había un control sobre el apelotonamiento ni la frecuencia con que debían pasar los buses; por otra parte, el parámetro α , que permite cierta holgura, pasa (pasó) a ser el objetivo de las concesionarias quienes no tenían incentivos a completar el 100% de la operación [4].

Previo a integrar este indicador a las operaciones del sistema se observaban cerca de 4.600 buses en las calles, cuando lo programado era 5.600, esta diferencia se atribuye no solo a la falta de una exigencia explicita, sino también a que algunos buses no contaban con GPS, pero la mayoría pasaba por falta de circulación.

El primer día de operaciones con el indicador ICPH se dio un aumento de 200 buses en las calles, y esto se mantuvo acercándose a lo programado, que terminó en 5.850 buses a fines de 2007 [4], con las implicancias que tiene esto en el nivel de servicio de Transantiago. Esto muestra el gran impacto que pueden llegar a tener los indicadores en las ejecuciones del PO.

Post integración del ICPH, con el objetivo de continuar las mejorar al sistema y subsanar problemas aún existentes se agregaron el Índice de Cumplimiento

de Frecuencia (ICF) en (2.6) y el Índice de Cumplimiento de Regularidad (ICR) en (2.8):

$$ICF = \frac{S}{fP} \quad (2.6)$$

en el que S equivale al número de buses-viaje en el periodo, f es la frecuencia programada en el periodo y P es el largo del periodo.

El ICR, por su parte, se basa en el Coeficiente de Variación (CV) el que se calcula de la siguiente manera:

$$CV_{j,p} = \sqrt{\frac{\sum_{l \in H} \frac{(h_l - \bar{h}_{j,p})^2}{\bar{h}_{j,p}^2}}{(|H_{j,p}|) - 1}} \quad (2.7)$$

En (2.7), $H_{j,p}$ es el set de intervalos programados para el recorrido j en el período p ; $|H_{j,p}|$ es el número de intervalos observados para el recorrido j en período p (estos dos se refieren al número de salidas de buses); $\bar{h}_{j,p}$ es el promedio de intervalos programado entre buses del recorrido j en el período p y h_l es el intervalo observado durante la operación de j en el período p .

Con este se construye ICR de la siguiente forma:

$$ICR_{j,p} = \begin{cases} 1 & \text{si } CV_{j,p} \leq 0,4 \\ 1 - \frac{CV_{j,p} - 0,4}{1,1} & \text{si } 0,4 < CV_{j,p} \leq 1,5 \\ 0 & \text{si } CV_{j,p} > 1,5 \end{cases} \quad (2.8)$$

El indicador entrega un porcentaje de cumplimiento, con esto las multas se iniciaban al presentar un cumplimiento por debajo del 95%, y no tenían un límite superior. Esto junto con el margen que se da en la construcción del indicador permite un margen considerable a las empresas, tal y como pasa con el ICPH.

Instalados durante el segundo semestre de 2008, estos indicadores fueron mejorando de distinta forma, llegando ICF desde aproximadamente un 71% a un rendimiento cercano al 95% en horario punta mañana y de un promedio bajo el 70% a un 92% en horario punta tarde (debido principalmente a que punta tarde es un horario más complejo que punta mañana), en un período menor a un año, estabilizándose alrededor de esos dígitos. Para el ICR el cambio es similar: se pasa de promedios próximos a 74% y 72% en punta

mañana y tarde a cifras que promedian sobre el 85% y 80% respectivamente, al año 2011 y con mayor fluctuación que el indicador de frecuencia.

Dados los puntos conflictivos del ICPH antes mencionados, se buscó corregirlos mediante un indicador más completo, aplicado por primera vez a todas las compañías en septiembre del año 2009: el ICPKH (Índice de Cumplimiento de Plazas-Kilómetro-Hora), siendo su cálculo de la siguiente forma:

$$ICPKH_k = \frac{\sum_i ICPKH_{k,i} * PH_{k,i}^{PO} * Km_{k,i}^{PO}}{\sum_i PH_{k,i}^{PO} * Km_{k,i}^{PO}} \quad (2.9)$$

Y a su vez:

$$ICPKH_{k,i} = \frac{PH_{k,i} * Km_{k,i}}{PH_{k,i}^{PO} * Km_{k,i}^{PO}} \quad (2.10)$$

Por lo que se agrega a la medición $Km_{k,i}$ los kilómetros efectivamente recorridos en el período i para la empresa k y $Km_{k,i}^{PO}$ lo comprometido en el PO. Por otra parte, se elimina el parámetro α para dar menos margen y evitar que se apunte a menos del 100% de lo comprometido [4].

Luego de algunas variaciones estos indicadores se tomaban a un 1% al azar de los recorridos-sentido-período para calcular su ICF, y un 2% de la misma forma con el ICR [4].

Estas medidas, entre otros cambios que se han hecho desde el inicio de circulación de Transantiago han permitido no solo mejorar cuantitativamente como se ha mostrado, sino que la percepción del usuario también ha mejorado pasando de un 3,3 en 2007 [4] a un 4,4 de nota al sistema completo en 2014 (en escala de 1 a 7) [3]. Si bien el efecto no es aislado, una parte importante se puede asociar a las medidas e incentivos mostrados.

2.3 Revisión internacional: Londres

El sistema londinense es reconocido internacionalmente por el buen nivel que ha mostrado en una ciudad altamente congestionada y con una población de 8.663.300 habitantes [9], siendo reconocido por su interconectividad, infraestructura, sustentabilidad, incorporación de tecnologías inteligentes, quedando en primer lugar en "Inteligencia" [10]. El transporte público acapara un 31% de los viajes en la partición modal de Londres, estando por detrás de la movilización privada con un 36% [11]. El sistema cuenta con 675 líneas con una flota cercana a los 8.500 buses y un servicio de metro con 402km y 11 líneas [11].

Al igual que Santiago, Londres funciona con empresas concesionarias que entregan el servicio de transporte público. La privatización del transporte de Londres tenía objetivos diametralmente opuestos a los vistos en el caso de Santiago, buscando entregar el riesgo por las operaciones al agente privado y actualmente los contratos están diseñados para dar incentivos a la calidad en el servicio que perciben los usuarios [12].

Para llevar a cabo el control y coordinación de los distintos tipos de transporte en la capital inglesa se creó el año 2000 *Transport for London*, entidad encargada de *London Buses, Underground, Docklands Light Railway, London River Services*, servicios interurbanos y el fomento y cuidado de otros modos de movilización como la bicicleta. *London Buses* es la institución encargada de planificar rutas, dictar el nivel de servicio requerido y velar por un buen uso de estaciones y paraderos. Finalmente, existe *London Travelwatch*, que busca institucionalizar la voz del usuario del sistema y a la cual se le debe consultar ante cambios propuestos en el transporte público de la ciudad [12].

Con respecto a las disposiciones contractuales, en primer lugar, hay una licitación de cerca del 20% de los contratos anualmente; ésta se hace por rutas específicas (no zonas) a las que postulan las concesionarias, otorgándose las concesiones por mejor *value for money* (valor entregado por pago) [12].

Para asegurar la calidad en el servicio provisto, los contratos cuentan con indicadores diferenciando el tipo de recorrido entre alta frecuencia (5 o más buses por hora), o baja frecuencia (4 o menos buses por hora). Ambos tipos cuentan con un indicador de recorrido efectivo: *Operated Mileage*, que compara la distancia real recorrida por el servicio con el recorrido teórico que se firma en el contrato, siendo este un porcentaje del total [13].

Además de lo anterior se aplican multas o bonos por el cumplimiento de regularidad. En el caso de buses con baja frecuencia programada (servicio basado en itinerario) se calcula el porcentaje de buses "a tiempo" con respecto al programa; considerándose correcto en un intervalo de 2,5 minutos antes de lo estipulado y 5 minutos después [14]. Se mide también las salidas antes de tiempo del paradero, entre 10 minutos previo al horario agendado y 2,5 minutos se considera en esa categoría y se penaliza, ya que al planificar los usuarios no alcanzarían a llegar y no hay excusas para esto de acuerdo a las autoridades [12].

En el caso de los buses con alta frecuencia se ocupa el indicador Tiempo de Espera en Exceso (TEE) el cual se calcula a partir de la diferencia entre el Tiempo de Espera Real (TER) y Tiempo de Espera Programado (TEP) de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$TEE = TER - TEP \quad (2.11)$$

$$TER = \frac{\sum_1^N Away^2}{2 * \sum_1^N Away} \quad (2.12)$$

$$TEP = \frac{\sum_1^N Sway^2}{2 * \sum_1^N Sway} \quad (2.13)$$

Donde Away es el intervalo real y Sway es el intervalo programado [13].

La línea base es el punto a partir del cual se cursa una multa o bono de acuerdo a las operaciones de una empresa. Es de particular relevancia pues define el nivel de servicio al que se apunta, y el punto desde el cual se entregan los incentivos, por resultados operacionales.

Dependiendo del indicador puede ser porcentual, o numérico. Por ejemplo, el indicador SSPD de la familia ICF, en Transantiago es porcentual. Bajo un 75% de cumplimiento se aplica una multa. En el caso de TEE es numérico. Se puede tener una línea base de 1,5 min, al superar ese límite incluyendo el margen ($\pm 0,1$ min para Londres y Singapur) se multa al operador, al estar bajo esta línea, se entrega un pago por buen cumplimiento.

Los descuentos y bonos parten desde un 1% y 1,5% del pago en contrato respectivamente, cada aumento y descuento viene dado por un 0,1 minuto de cambio en TEE o un 2% de cambio en recorridos de baja frecuencia en su medida "a tiempo" y pueden llegar hasta un 10% de penalización y 15% de bono (escala lineal), en ambos casos [12]. Para hacer efectivas las bonificaciones, se establece un mínimo de cumplimiento a superar, en caso de presentar mejores resultados que ese umbral se entrega el bono anteriormente mencionado, de la misma forma con los descuentos, calculándose sobre el valor del contrato en un periodo.

En el Reporte Anual de Desempeño 2015/2016 de TfL se muestra que en una escala de 1 a 100, los usuarios le dan una calificación de 86 puntos en satisfacción general al TP en Londres [5]. Lo anterior va de la mano con el cumplimiento de indicadores en esta ciudad, ya que, de acuerdo al mismo informe, el tiempo de espera promedio en servicios de alta frecuencia (5 buses o más por hora según TfL) es menor a 5 minutos, mientras que el porcentaje de buses que llega a la hora en servicios de baja frecuencia (menos de 5 buses por hora), alcanza un 80,6% [5].

Lo anterior se contrapone a lo percibido por los usuarios en Santiago. Los indicadores en frecuencia muestran resultados relativamente buenos: el peor operario alcanza un 91,0% de logro en esta materia durante el trimestre julio-septiembre en 2016 (Alsacia) y el mejor logra un 99,4% (Metbus); mientras que en regularidad el peor baja a un 77,9% (Alsacia) y el mejor supera el 87% (STP) [15]. Aun así, la percepción de los usuarios es más negativa, pues a

noviembre de 2015 le daban en promedio una nota de 4,5 al sistema (escala de 1 a 7). Esta falta de coherencia entre los indicadores y la satisfacción de usuarios es un tema a considerar en el trabajo, si bien existen otras variables que también influyen en la diferencia en valoraciones entre ambos sistemas, como calidad de buses, infraestructura vial acorde al ST, entre otros.

El éxito que ha presentado el modelo de Londres y las medidas que se han aplicado para llegar a él, puede dar luces sobre cómo mejorar la situación santiaguina.

2.4 Aplicación del caso londinense: Singapur

El transporte público de superficie en Singapur cuenta principalmente con 3 empresas operadoras: SBS Transit, SMRT Corporation y Tower Transit. Estas empresas operan en una forma similar a Transantiago, dividiendo el territorio en áreas donde circulan recorridos alimentadores, además de incorporar recorridos transversales a las áreas (Troncales) [6]. En la ciudad asiática hay cerca de 350 servicios cubriendo en promedio, diariamente, 856.000km. A esto se suman los 150km que cubre el metro en la ciudad, con más de 90⁷ estaciones en 5 líneas, administradas por SMRT Corporation y SBS Transit⁸

Para asegurar calidad en el servicio de buses, el marco regulatorio incluía medición de frecuencia y regularidad, capacidad y seguridad. Pese a esto, los requerimientos de los usuarios no eran satisfechos, principalmente por la falta de medición de regularidad en ruta [6]. Por esto el año 2014 las autoridades introdujeron el programa piloto “*Bus Service Reliability Framework*” (*BSRF*), en el que por un período de 2 años se agregaría un incentivo económico a los operadores para la regularidad en ruta de los servicios, como requerimiento para disminuir esperas excesivas y apelotonamientos de buses [6]. En el piloto participaron 22 recorridos entre troncales y alimentadores.

Siguiendo el modelo de Londres impuesto por TfL, se usa en el *BSRF* el Tiempo de Espera en Exceso (ecuaciones 2.11, 2.12 y 2.13). Es importante mencionar que, en Singapur, se diferencia de la misma forma los recorridos de alta y baja frecuencia, 5 o más buses por hora se considera alta frecuencia y menos de 5 es baja. Para medir el TEE se considera una línea base en cada uno de los 22 servicios considerados, siendo ésta mayor a medida que aumenta la longitud del recorrido y considerando el nivel de servicio que reportaba el recorrido, previo al programa.

⁷ Fuente: Land Transport Authority. “Riding a train”. Disponible en <https://www.lta.gov.sg/content/ltaweb/en/public-transport/mrt-and-lrt-trains/riding-a-train.html>. Visitado por última vez el 28 de marzo de 2017.

⁸ Fuente: Land Transport Authority. “Train Operators”. Disponible en <https://www.lta.gov.sg/content/ltaweb/en/public-transport/mrt-and-lrt-trains/train-operators.html>. Visitado por última vez el 28 de marzo de 2017.

Como se entendía que el mejorar la regularidad requiere una inversión extra por parte del operador, ya sea por mayor costo en control de flota, inyección de buses ante atrasos, conductores disponibles, entre otros; el beneficio de entregar un mejor servicio debía ser mayor que el costo por esto. Por esta razón, el *BSRF* incluyó un programa de incentivos y multas, de acuerdo a los cambios en el TEE, en el promedio de 6 meses se aplicaba un incentivo (multa) por una disminución (aumento) de 0,1 minuto en TEE, comparado con la línea base y por sobre el $\pm 0,1$ denominado zona neutra [6]. Entre el 3 de febrero y 31 de mayo de 2014 se dio marcha blanca para permitir a la empresa ajustarse a las nuevas condiciones de operación.

En el primer período de control (junio a noviembre de 2014), 20 de los 22 servicios mejoraron su TEE, de éstos, 18 dieron lugar a incentivos y finalmente ninguno recibió multa, además de que todos los troncales obtuvieron mejores resultados [6]. Por otra parte, los ingresos de SBST por las mejoras alcanzaron los US\$525.000 y para SMRT llegaron a US\$259.000. Posterior y a causa de estos resultados positivos, en junio de 2015, la autoridad decidió doblar el número de servicios involucrados a 45 [6].

Esta experiencia, sumada a la de Londres, muestra como un buen diseño de incentivos junto con un indicador que permita cuantificar de buena manera la operación de un servicio, permite mejorar la regularidad y con esto el servicio entregado en transporte público.

2.5 Impacto de medidas de regularidad en Transantiago

Para que un ST sea exitoso y capte la preferencia de los usuarios, requiere ser rápido, entregar un mínimo de comodidad y bajos tiempos de espera; pero además de esto, debe ser confiable [16].

Entre marzo y septiembre del año 2014, se aplicó en una ruta de alta frecuencia y de 56km de largo, un plan de mejora en regularidad. Este implicó un aumento de recursos asignados al servicio mencionado y la implementación de un sistema de control de flota en tiempo real basado en indicaciones a los conductores.

La inserción del sistema de control no estuvo exenta de problemas, ya que solo el 15% de las indicaciones fue cumplida a cabalidad por los conductores [16].

Pese a lo anterior, se generó una mejora en los tiempos de espera para los usuarios, calculada a través de los minutos de incidencia. Al inicio del programa la suma mensual de minutos de incidencia para el servicio era cercana a 32.000, disminuyendo hasta casi 23.000 al final del piloto, en septiembre [16].

3- RESUMEN CONTRACTUAL

El contrato firmado el año 2011 entre el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT) y la empresa Subus Chile S.A. surge para mitigar las “deficiencias de estructura, concepción y diseño” [17], por otra parte, busca además de mejorar la calidad englobada en los conceptos anteriores, la sostenibilidad y eficiencia en costos por parte de las empresas concesionarias involucradas. Aquí se presenta un resumen de las componentes de éste, para posteriormente realizar un análisis de las partes relevantes al trabajo.

3.1 Cláusulas

El contrato es una enumeración de distintas cláusulas y anexos posteriores, en las cuales se detallan derechos, atribuciones y obligaciones tanto del Ministerio como de la empresa concesionaria y las formas de pago a ellas. Aquí se presenta un resumen de las cláusulas, presentadas a continuación:

- 1- Disposiciones generales.
- 2- Del Ministerio: atribuciones y facultades.
- 3- Del concesionario: declaraciones, obligaciones y derechos.
- 4- Del régimen de ejecución del contrato de concesión.**
- 5- De las condiciones económicas del contrato de concesión.**
- 6- De las relaciones entre la Sociedad Concesionaria y el Ministerio.
- 7- Supervisión y control.
- 8- Terminación anticipada del contrato de concesión.
- 9- Garantías del contrato de concesión.
- 10- Disposiciones varias.
- 11- Cláusula de transición.

Las cláusulas 4 y 5, destacadas, son las más relevantes a la hora de analizar los resultados operacionales del sistema al ser las que regulan las operaciones y los pagos.

3.1.1 Disposiciones generales

En esta cláusula se presentan definiciones generales a tener en consideración a lo largo del contrato, objetivo, principios que rigen el contrato y formalidades del mismo. El objetivo del contrato es normar el derecho al uso de vías para la prestación de servicios de transporte entre el Concesionario y el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT). Este último tiene, las facultades para multar, dar término o modificar el contrato en caso de incumplimiento por parte del Concesionario.

Con respecto a los principios, se tiene el Principio de la calidad en la prestación de los servicios, el cual decreta que la necesidad de transporte no se satisface solo con cobertura, sino que se debe tener en consideración un estándar de calidad en la prestación del servicio, que existe regularidad en el paso de los

buses, que el bus pare donde corresponde y el usuario pueda abordarlo cuando necesite.

El Principio de la participación activa del Concesionario, indica que los servicios descritos deben ser prestados por este y que toda organización interna para cumplir con estos, es de su responsabilidad.

El tercer Principio, de flexibilidad e integración, al entender que la ciudad y el entorno son cambiantes detalla que debe existir flexibilidad por parte del Concesionario y la Autoridad Reguladora frente a cambios en las condiciones de operaciones y a las necesidades de la sociedad, además que el contrato permite hacer frente a estos posibles cambios.

El Principio de interrelación del sistema dice que debe haber una correcta integración de todos los actores del sistema para velar por el buen funcionamiento del mismo. De la mano con lo anterior, el Principio de colaboración y comunicación busca la cooperación y relación fluida entre quienes componen el sistema. Se enmarca finalmente la responsabilidad social de la empresa, al ser el transporte un servicio público, su prestación debe buscar el bien común y el respeto de las personas y el medio ambiente.

Finalmente, la cláusula dice que la concesión se puede ceder por parte de la concesionaria, cumpliendo ciertos requisitos y debe ser aprobada por el MTT.

3.1.2 Del Ministerio

El Ministerio como organismo legal encargado de ordenar el tránsito y transporte en las calles tiene como atribuciones: regular servicios, determinar estándares de calidad, vigilar cumplimientos además de coordinar el sistema. Por consiguiente, tiene ciertas facultades de fiscalización para un buen funcionamiento del sistema, implementación de mejoras, recopilación de información pública o de las concesionarias, coordinar medidas con distintos agentes del Estado, entre otras.

Por otra parte, tiene como funciones: instar a un cumplimiento óptimo del contrato por parte del Concesionario, informar con respecto a su cumplimiento, compartir información relevante para los agentes del sistema, llevar control de los contratos, presentar medidas frente a contingencias e implementar mesas de trabajo entre las distintas partes, siempre con el objetivo de entregar un buen servicio y cumplir los contratos.

3.1.3 Del Concesionario

En primer lugar, esta cláusula limita la participación de la empresa con respecto al total del sistema, además entrega indicaciones legales que ésta debe seguir.

Por otra parte, detalla obligaciones del concesionario, como propiedad, cuidado y mantención de flota, remuneraciones de personal, aseguramiento de calidad del servicio, medidas a tomar frente a problemáticas, obligaciones con respecto a información y fiscalización por parte del Ministerio, principalmente. Es importante mencionar que el incumplimiento de lo dispuesto en esta cláusula puede resultar en el término del contrato por parte de la autoridad.

Por último, se presentan los derechos del Concesionario, dentro de los que destaca el uso de vías detalladas en el Anexo 1 del contrato, libre disposición de los ingresos recibidos por el cumplimiento de contrato, comunicación y respuesta oportuna por parte del MTT.

3.1.4 Del régimen de ejecución del contrato de concesión

De acuerdo a la Cláusula 4 la empresa concesionaria debe hacerse cargo de cumplir con la calidad dispuesta por el Ministerio en el servicio. Para esto se entregan y detallan las obligaciones de:

- *Condiciones de operación de servicios:* se obliga al concesionario firmante a cumplir con los recorridos dispuestos en el contrato.
- *Gestión y calidad de los servicios:* el concesionario se debe encargar de esta gestión para garantizar un buen cumplimiento del PO.
- *Bienes destinados a la prestación de los servicios:*

- Flota: el concesionario debe disponer de la flota necesaria para cumplir con sus servicios de acuerdo a los estándares que dispone el MTT, además de exigencias técnicas que se detallan en el Anexo 4 del contrato; siendo estas principalmente de normas de emisión y plazas totales.

Además de lo anterior se describe el mantenimiento que se debe hacer a la flota, mencionando el Plan Anual de Mantención de Flota, orientado a detectar oportunamente fallas y mantener un buen estándar de funcionamiento.

- Terminales: la empresa concesionaria debe contar con terminales para los buses (para este caso son 5 los mencionados) con flexibilidad en la capacidad, de acuerdo a consulta con el MTT.
- Zonas pagas: se autoriza a la empresa a dar uso, instalar o mantener zonas pagas para mejorar la eficiencia de las operaciones.

El Plan Maestro de Infraestructura tiene como objetivo mejorar el servicio a los clientes y contempla la creación de zonas pagas. La concesionaria puede, justificando el beneficio y tomando en cuenta la prioridad que se de en el plan mencionado, pedir la construcción de zonas pagas a la autoridad, quién analizara su factibilidad técnica y económica.

- Bienes afectos a la concesión: las ya mencionadas flota y terminales, y los derechos de los Contratos de Provisión son bienes afectos a la concesión.
 - La desafectación de los bienes: los bienes serán desafectados en caso de cumplirse el fin de la concesión, destrucción o remplazo por parte del MTT, por no cumplir los requisitos establecidos.
 - Contratos de Provisión: en caso de necesitarlo el concesionario podrá celebrar Contratos de Provisión para llevar a cabo el cumplimiento de su parte en el sistema. El MTT podrá revisar y pronunciarse sobre las condiciones de estos contratos. Se obliga al MTT a que incluya como parte del contrato de concesión del período siguiente la aceptación de la cesión del Contrato de Provisión, en caso de encontrarse los bienes en buen estado.
- *Personal destinado a la prestación del servicio:* el concesionario debe disponer del personal que le permita entregar el servicio al que se compromete y dar capacitación, seguro y equipamiento, de acuerdo a lo exigido en el Anexo 8 del contrato.
 - *Subcontratación:* por la misma línea del punto anterior, la empresa puede subcontratar personal de ser necesario, siempre asumiendo la responsabilidad por los resultados que entregue el formato elegido.

3.1.5 De las condiciones económicas del contrato de concesión

Con respecto a la cláusula 5 del contrato, sobre las condiciones económicas del contrato de concesión, se muestran el mercado en que se enmarca la concesión, los ingresos, administración y reparto de ingresos del sistema.

- *Principios básicos del marco económico de la concesión:* el mercado de transporte público está regulado, tanto en actores como en uso de vías. Como el MTT (regulador) busca el bien público se necesita un equilibrio económico entre el servicio entregado por la concesionaria y las ganancias percibidas. Por otra parte, se resalta la, antes mencionada, operación integrada del sistema, tanto física, como financiera y tarifaria. Por lo tanto, existe vinculación entre los distintos actores y se añaden servicios complementarios que permitan articular de buena forma los nexos, ya sean de administración, *software* u otros. Finalmente, la evasión como conducta usuaria debe ser controlada y tanto el MTT como el Concesionario se comprometen a diseñar y aplicar métodos para el control de ésta, y mejorar el sistema en su conjunto.
- *Ingresos del sistema:* el sistema es financiado por los usuarios del mismo, por medio de la tarifa, y complementado por el Estado, vía subsidios, u otro como multas a cursar tipificadas en el contrato considerando que solo se puede ocupar estos últimos recursos para pagar bonos por buen desempeño.

- *Administración de los recursos del sistema:* la administración de los recursos es hecha por un tercero, como servicio complementario, el que se encarga de repartir los recursos de acuerdo a los contratos firmados entre el administrador financiero, la concesionaria y el MTT.
- *De los ingresos del Concesionario:* el Concesionario recibe por el préstamo de servicios en base a dos cálculos: pasajeros transportados (cerca de un 70% teóricamente como ya se ha mencionado) y por kilómetro recorrido (30% restante), de acuerdo a la fórmula 3.1, además se aplican los descuentos o bonos correspondientes (a detallar más adelante).

$$Y_t = PPT_T * q_t + PK_T * [km_t + 0,33 * (kme_t + kma_t)] * ICT_t - Dcto_t + Otros_t \quad (3.1)$$

Donde Y_t es el pago en el mes T , PPT_T es el pago por pasajero transportado en T , q_t son las transacciones con derecho a pago en la liquidación t , PK_T corresponde al valor del pago por kilómetro en el mes T , km_t los kilómetros comerciales con derecho a pago en la liquidación t , estos incluyen tanto los kilómetros programados como los especiales y de apoyo, $0,33 * (kme_t + kma_t)$ es el pago adicional por kilómetros especiales y de apoyo durante la liquidación t , ICT_t es el índice de cumplimiento de capacidad para el período comprendido en la liquidación t , $Dcto_t$ son los descuentos correspondiente a la liquidación t y $Otros_t$ son otros pagos a hacer en la liquidación t .

A su vez para PPT_T :

$$PPT_T = PPT_0 * MAC_{T-1} \quad (3.2)$$

Siendo PPT_0 el valor inicial del precio por pasajero transportado y MAC_{T-1} el mecanismo de ajuste por costos, obtenido a partir de variación del IPC y el vector indexación de precios, que contempla cambios en precio de mano de obra, combustible, IPC e insumos necesarios para el funcionamiento de buses.

El término km_t se calcula a partir de comparar los kilómetros comerciales comprometidos con los recorridos efectivamente:

$$kmp_{i,t} = \sum_j kmp_{i,j,t} \quad (3.3)$$

$$km_t = \sum_i (kmp_{i,t} * d_{i,t}) + kme_t + kma_t + kmy_t \quad (3.4)$$

Aquí se tiene que $kmp_{i,j,t}$ corresponde a los kilómetros programados en un día tipo i , con un bus tipo j , durante el período de la liquidación t ;

$kmp_{i,t}$ son los kilómetros programados para un día tipo i , durante la liquidación t ; $d_{i,t}$ es la cantidad de días tipo i en la liquidación t ; kme_t y kma_t corresponden a los ya explicados kilómetros especiales y de apoyo en la liquidación t ; y finalmente kmy_t corresponde a kilómetros comerciales de salidas adicionales e inyecciones no programadas.

Continuando con las definiciones, para calcular el pago por kilómetro se ocupa lo siguiente:

$$PK_{j,k,T} = PK_{j,k,0} * MAC_{T-1} \quad (3.5)$$

$$PK_{j,T} = \frac{\sum_k PK_{j,k,T} * b_{j,k,T-1}}{b_{j,T-1}} \quad (3.6)$$

$$kmp_{j,T} = \sum_i kmp_{i,j,T} * d_{i,T} \quad (3.7)$$

Donde $PK_{j,k,T}$ es el precio por kilómetro asociado al bus j , con propulsión k , en mes T ; $PK_{j,T}$ es el precio por kilómetro de bus tipo j para el mes T ; $b_{j,k,T-1}$ es el número de buses tipo j , con propulsión k , inscritos en el mes $T-1$ y a su vez $b_{j,T-1}$ es el número de buses tipo j , inscritos en el mes $T-1$; $kmp_{j,T}$ y $kmp_{i,j,T}$ son los kilómetros programados de tipo j para el mes T y los kilómetros programados para día tipo i , del tipo j , en el mes T respectivamente; similar a como se definió antes $d_{i,T}$ son los días tipo i en el mes T y MAC_{T-1} es lo mismo anteriormente explicado. Con esto se obtiene que:

$$PK_T = \frac{\sum_j PK_{j,T} * kmp_{j,T-1}}{\sum_j kmp_{j,T-1}} \quad (3.8)$$

A continuación, se define el índice de capacidad de transporte para la liquidación t , obtenido a partir de una relación no-lineal entre las plazas-kilómetro programadas para la liquidación t y las efectivamente entregadas:

$$ICT_t = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\text{Min}\left\{1, \frac{PKH_{i,t}}{PKH_{prog,i,t}}\right\} \right] * PKH_{prog,i,t}}{\sum_{i=1}^n PKH_{prog,i,t}} \quad (3.9)$$

Siendo $PKH_{prog,i,t}$ y $PKH_{i,t}$ las plaza-kilómetro tanto programadas como las entregadas, para la media-hora i en la liquidación t , y n la cantidad de media-horas i en la liquidación t . Éstos se rigen en base al PO vigente.

El pago por "Otros" incluye principalmente montos por el uso de vías e infraestructura concesionada, además de los bonos por cumplimiento del desempeño, que se detallarán posteriormente; y "Dcto" (de descuentos), al igual que lo anterior, viene de lo aplicado según el Anexo 6 del contrato, donde se detallan las penalizaciones por incumplimiento de indicadores.

Es importante mencionar que las liquidaciones se hacen de forma quincenal, los días 5 y 25 de cada mes.

- *Restablecimiento de la ecuación contractual:* cada veinticuatro meses o en alguna ocasión que el Concesionario demuestre que es necesario, se debe revisar los parámetros que dan origen a la ecuación del pago, esto con el objetivo de mantener el equilibrio financiero, antes mencionado, en el sistema. Las causas pueden ser un alza o baja en la demanda de transporte público, cambios en los recorridos, las plazas-kilómetro ofrecidas, incorporación de nuevos factores en el sistema, entre otros.

3.1.6 De las relaciones entre la Sociedad Concesionaria y el Ministerio

Se indica que las partes del contrato se comprometen a comunicarse de manera escrita, por correo, correo electrónico, fax u otro. Además de que existe un administrador del contrato y un subrogante.

3.1.7 Supervisión y control

Existen diferentes puntos a supervisar y métodos para esto en el contrato. En primer lugar, la concesionaria tiene el deber de informar al MTT sobre: modificación de sus estatutos internos, balances y estados financieros, deudas de más de 60 días y las razones de éstas, informe sobre servicios subcontratados, declaración de cumplimiento de remuneraciones, cotizaciones previsionales, seguros, revisiones técnicas de vehículos, entre otros.

Por otra parte, el Concesionario se compromete a contratar una empresa reconocida en auditoría externa que informe tanto internamente como al Ministerio sobre su estado. Finalmente, los métodos de supervisión que posee el Ministerio son Observadores, Inspectores Fiscales, Sistemas tecnológicos de control de operaciones, participación ciudadana en forma de reclamos o sugerencias, encuestas a usuarios, otros métodos.

El no cumplimiento de esta normativa trae en consecuencia para la Sociedad concesionaria multas que se detallan en el Anexo 7 del contrato.

3.1.8 Terminación anticipada del contrato de concesión

Dadas ciertas circunstancias, tanto el MTT como el Concesionario pueden dar por terminado el contrato. Estas circunstancias para el Ministerio, incluyen el mutuo acuerdo entre las partes, caducidad del contrato, declaración de quiebra

del Concesionario, falta reiterada a los compromisos laborales, cambio de control de la sociedad no autorizado por el Ministerio, por decreto supremo fundado en el bienestar público, disminución de capital social, formar parte de una sociedad que supere los límites impuestos, superar los límites en la participación de mercado, entre otras.

Como contraparte el Concesionario puede dar fin al contrato comprobando que el MTT no ha dado pago completo durante 6 meses a la remuneración correspondiente o que el saldo de deuda alcance el pago de 1 mes calculado como el promedio de lo recibido durante los últimos 6 meses.

En caso de producirse el término del contrato el Ministerio puede exigir un periodo de continuidad al Concesionario, en el cual este continuará entregando los servicios acordados en el contrato. De ser necesario, se delegará a un Administrador Interino, el cual poseerá todas las facultades que el titular de la concesionaria para poder administrar y cumplir con los servicios designados.

3.1.9 Garantías del contrato de concesión

Como medida cautelar y con el objeto de velar que se cumpla el contrato por parte de la concesionaria en su totalidad, se exigen boletas de garantía bancarias por un monto de 180.000 UF.

3.1.10 Disposiciones varias

En esta cláusula se constata que el Concesionario es independiente al MTT, por lo que ninguna responsabilidad se puede entregar a este por las acciones del primero. Se deja claro que cualquier tipo de deuda entre ambos, desde la anterior concesión del año 2005, no afecta la firma de este contrato, en la cláusula siguiente se detalla el pago de éstas. Finalmente se identifica a quienes serán los responsables y representantes por Subus frente al Ministerio.

3.1.11 Cláusula transitoria: período de transición

Como medida de protección al usuario, en esta cláusula, queda firmado que durante los 90 primeros días del contrato no se hará cambios en recorridos ni paraderos designados.

Por otra parte, protegiendo al Concesionario y reconociendo un periodo de aprendizaje en él, se limitan las multas iniciales, aumentando estas gradualmente: durante las primeras 2 liquidaciones tienen un máximo de 3%. Durante la 3ra y 4ta liquidación de pago se aumenta el límite a un 3,7% de los ingresos de la concesionaria, y finalmente para la 5ta y 6ta liquidación sube a un 4,4%. Para finalizar, se detalla la fórmula de cálculo de transacciones con derecho a pago frente a carencias tecnológicas durante el inicio de la concesión y la transición en revisión de pagos que puede exigir la concesionaria.

3.2 Anexos del contrato

Para encontrar los incentivos y sus fórmulas de castigo/remuneración es necesario dirigirse al Anexo 3 del contrato referente al Programa de Operación (PO), donde se detallan los indicadores de rendimiento que deben cumplir las empresas y sus pagos asociados; además para encontrar los mecanismos que aseguran la calidad del servicio se revisará el Anexo 6 del contrato. Aquí se hace mención a 8 de los 9 anexos presentes en el contrato con especial énfasis en los anexos 3 y 6 anteriormente mencionados, se considera irrelevante incorporar el Anexo 9 de Documentos varios.

3.2.1 Anexo 1: De las vías y condiciones de uso

El primer anexo del contrato fija el uso de vías que obtiene la concesionaria. En particular se explicitan cuales serán estas vías y el tipo de derecho que tendrá la sociedad, ya sea, derecho de uso preferente o derecho de uso no preferente. La diferencia entre las dos formas radica en la prioridad que tiene frente a la vía la empresa. Mientras en la primera, la empresa dispone del derecho principal de vías, puede hacer cambios de ruta si se necesita dentro de sus vías y zonas (en el caso de Subus, zona G, conformada por San Bernardo, La Cisterna, San Ramón, La Pintana y El Bosque); en las vías con derecho no preferente hay una limitación de plazas a servir y no hay derecho preferencial para proveer servicios. Frente al uso de vías existe una reserva para la empresa, la que puede sufrir cambios, como integrar, cambiar o eliminar servicios y en caso de ser requerido compartir el derecho preferente.

3.2.2 Anexo 2: De los servicios

En el presente, se enuncian todos los recorridos que completará el Concesionario. El detalle de éstos se encuentra en el anexo siguiente. Junto a lo anterior, se establecen las fechas en que deben dar inicio estos servicios.

3.2.3 Anexo 3: De los Programas de Operación

Aquí se define el Programa de Operación para cada uno de los recorridos a ser servido por Su-Bus S.A. Los PO se caracterizan por presentar el detalle del recorrido, paradas, velocidad y horarios de salida de cada servicio, además de un código que lo identifica.

Sumado a lo anterior, se detallan definiciones de períodos, por ejemplo, punta-mañana, nocturno, punta mediodía, entre otros; tipos de días, como laboral, sábado, domingo o especial; finalmente también se muestra las temporadas, donde se encuentra: temporada normal o estival, la primera cuenta también con excepciones por fechas, como vacaciones de invierno escolares y universitarias, fiestas patrias, 1 de mayo, 11 de septiembre y otras. Cada una de estas diferenciaciones se presenta, para marcar las singularidades de cada uno de los puntos antes singularizados.

El PO está compuesta a su vez por un Programa de Operación Básico, donde se muestran la cantidad de buses, plazas y kilómetros a recorrer de cada servicio; un Programa de Operación Integrado, el cual contempla servicios no indispensables para el Sistema que serán añadidos a las operaciones de la concesionaria pero no serán pagados como kilómetros comerciales, y finalmente un Programa de Operaciones Especiales, donde se da a conocer servicios no habituales del Concesionario en situaciones que requieran apoyo por parte de él y que serán remunerados.

El contenido del PO incluye servicios, los trazados de éstos, sus horarios de salida (por sentido), velocidades estimadas, horarios de pasada en puntos intermedios y finalmente, especificación de uso de vías tarifcadas.

Otro punto relevante del Anexo 3 es el estándar de calidad que se busca con el PO. En primer lugar, se busca con el diseño del conjunto de servicios que los usuarios no se encuentren a más de 750 metros de un recorrido, que no deban esperar más de 12 minutos la pasada de un bus, diferenciando entre servicios de: 5 o más y menos de 5 buses por hora, donde se pretende entregar un horario aproximado de pasada para disminuir la espera y finalmente la tasa de ocupación, que en este caso es al 85% para cada servicio.

Se da lugar también a las modificaciones que puedan surgir durante el tiempo, el conducto regular que se debe seguir para poder aplicar alguna y las razones que deben generar estos cambios. Los PO tienen una vigencia de 6 meses y cualquier modificación se incorporará al siguiente programa.

3.2.4 Anexo 4: De la flota del Concesionario y las características de los buses

Aquí se presentan restricciones y condiciones que debe cumplir la flota de buses que la empresa debe poseer para satisfacer los servicios de buena forma, de acuerdo a lo dispuesto en el Anexo 3 del contrato. Como puntos importantes, destaca que se obliga a la flota de reserva a ser al menos un 4% de la flota base operativa.

Sobre los buses, éstos deben cumplir la normativa del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y la concesionaria debe tener sobre ellos el derecho de uso ya sea como dueña, arrendataria u otro. Éstos podrán ser ocupados hasta que cumplan el kilometraje límite impuesto o cumplan los años de servicio, ambos detallados en el contrato. Por otra parte, deben cumplir con la normativa ambiental existente. También se hace mención a la disponibilidad de espacio para personas en situación de discapacidad, mantenimiento al que se deben someter los buses, condiciones del remplazo de flota, entre otros. Posteriormente, se enumeran e identifican los buses que componen la flota de la empresa.

Finalmente se da paso a describir los estándares de emisiones y eficiencia, ante lo cual y en caso de cumplir de buena forma, la empresa puede optar a una extensión del contrato.

3.2.5 Anexo 5: Del funcionamiento electrónico y funcionalidades del sistema de acceso electrónico y sistema de apoyo a la explotación de flota

Se menciona aquí la necesidad de integración financiera, tecnológica y operacional del Sistema para que tenga un correcto funcionamiento.

Con respecto a los requerimientos tecnológicos, se necesita dos validadores en cada bus, con el respectivo semáforo, un computador que permita la descarga y comunicación de datos, provenientes de las validaciones y operacionalmente un sistema de comunicación entre el bus (conductor) y la central operadora.

3.2.6 Anexo 6: Aseguramiento de la calidad en la ejecución de los servicios

Este es el anexo más relevante para el trabajo. En él se detallan los distintos indicadores y castigos a los que está sujeta la operación de la concesionaria.

En primer lugar, la concesionaria es responsable por la calidad del servicio prestado, en este anexo se presentan los mecanismos e indicadores para velar por el cumplimiento de los estándares solicitados.

Para medir el cumplimiento se tiene dos familias de indicadores: de frecuencia y regularidad (ICF e ICR respectivamente). Para cada indicador existen tres niveles de multas: leve, medio y grave, y también diferenciación entre servicios-sentido-período con frecuencias programadas mayores a 15, menores o igual a 15 y mayores a 5 buses por hora y de 5 o menos, a medida aumenta el nivel de incumplimiento y la frecuencia crecen consiguientemente la penalización.

1. Índice de Cumplimiento de Frecuencia (ICF)

Esta familia busca, a partir de cuatro indicadores en distintos niveles de agregación, medir que el despacho real de buses sea el programado en el PO, manteniendo el tiempo de espera de los usuarios no aumente por una menor cantidad de buses en servicio.

El nivel más detallado es el del indicador SSPD, cumplimiento de despachos por servicio-sentido en el día:

$$SSPD = ICF_{j,p,d,T} = \text{Min} \left\{ 1, \frac{b_{j,p,d,T}^{real}}{b_{j,p,d,T}^{prog}} \right\} \quad (3.10)$$

En éste se cuantifica la cantidad de buses para cada servicio-sentido j , en el período p , para cada día d del mes T , reales y se compara con la programada.

En caso de haber un menor número de buses a lo programado el índice será menor a uno (1).

Cuando el servicio-sentido-período tiene una frecuencia programada menor a 5 buses por hora, las multas de este parten cuando se tiene un cumplimiento menor a un 60%. En el intervalo de cumplimiento $[0,4; 0,6[$; las multas son de hasta 4,0UF por servicio-sentido-período en un día. Cuando el incumplimiento es menor a un 40%, se considera grave y la multa va desde 4,1 a 8,0UF para cada servicio-sentido-período.

Para buses con frecuencias mayores a 5 buses por hora, las penalizaciones son mayores. Si el cumplimiento está entre un 75% y 60%, se considera leve, por lo que la multa puede alcanzar las 3UF; si este está bajo el 60% y sobre el 40% se considera incumplimiento medio y la multa va desde las 3,1 UF hasta las 7UF. Finalmente, si el índice está por debajo del 40% la falta es grave y las multas van desde las 7,1UF hasta las 14UF.

Pasando al segundo nivel de agregación, se tiene el cumplimiento de despachos por servicio-sentido-período en el mes. Con este se busca evitar problemas sistemáticos en algún servicio-sentido-período, calculándolo a nivel mensual de la siguiente forma:

$$SSPM = ICF_{j,p,T} = \frac{\sum_{d \in T} \text{Min}\{b_{j,p,d,T}^{real}; b_{j,p,d,T}^{prog}\}}{\sum_{d \in T} b_{j,p,d,T}^{prog}} \quad (3.11)$$

Como se puede ver, similar a lo anterior, se compara la cantidad de buses programada con la real, pero sumando para todos los días del mes, diferenciando además por período.

En presencia de servicios-sentido-período con frecuencias programadas menores o igual a 5 buses por hora, las multas de este indicador para un cumplimiento entre el 92% y un 85%, considerado falta leve, se elevan hasta las 21UF, por cada servicio-sentido-período. El incumplimiento es medio cuando está en un rango menor a un 85% y mayor o igual a 80%, y sus multas van entre las 21,1UF y 42UF, por servicio-sentido-período que presente este rendimiento en el mes. Finalmente, se está ante un incumplimiento grave con un rendimiento menor al 80% y la multa va desde las 42,1UF hasta las 80UF.

En caso de tener una frecuencia mayor a 5 buses por hora por servicio-sentido-período, los intervalos para cada nivel de incumplimiento se mantienen, pero las multas son mayores. Es así como en un nivel entre 92% y 85% de cumplimiento, la multa va hasta las 35UF (leve); si es menor a un 85% y mayor a 80% la multa parte en 35,1UF y puede llegar a 70UF (medio); y finalmente si el cumplimiento no alcanza el 80%, la multa parte en las 70,1UF y puede ascender hasta 140UF.

En el tercer nivel de agregación se tiene el cumplimiento de despachos por servicio-sentido en el mes, que busca mantener un buen nivel de frecuencia por servicio, durante el mes. Este se calcula al igual que los dos puntos anteriores con $b_{j,p,d,T}^{real}$ y $b_{j,p,d,T}^{prog}$, la cantidad de buses real y programada por servicio-sentido-período y día en el mes T, de la siguiente forma:

$$SSM = ICF_{j,T} = \frac{\sum_p \sum_{d \in T} \text{Min}\{b_{j,p,d,T}^{real}, b_{j,p,d,T}^{prog}\}}{\sum_p \sum_{d \in T} b_{j,p,d,T}^{prog}} \quad (3.12)$$

Como para cada servicio-sentido se agrega el período, ya no se diferencia entre servicio-sentido-período con frecuencia mayor o menor o igual a 5 buses. Con esto, el incumplimiento es leve cuando el cumplimiento es menor al 100% y mayor o igual a 90%, por el que no hay sanción. Luego con cumplimientos menor a 90% y mayor o igual a 85%, la falta es media y su sanción está entre las 51UF a 100UF, si el cumplimiento es menor al 85% (grave) la multa va desde las 101UF hasta las 350UF (de Anexo 7 del contrato).

Para concluir esta familia de indicadores, se tiene el cumplimiento de despachos por Unidad de Negocio en el mes. Con los mismos parámetros y variables que se han ocupado anteriormente, se define de la siguiente forma, agregando por todos los servicios-sentido:

$$UNM = ICF_T = \frac{\sum_j \sum_p \sum_{d \in T} \text{Min}\{b_{j,p,d,T}^{real}, b_{j,p,d,T}^{prog}\}}{\sum_j \sum_p \sum_{d \in T} b_{j,p,d,T}^{prog}} \quad (3.13)$$

Para este indicador, al igual que el anterior, se parte con una falta leve y sin sanción si el cumplimiento es bajo el 100% pero sobre el 95%. Con una falta media, es decir un cumplimiento bajo un 95% y mayor a 90%, la multa está entre las 351UF y 750UF; mientras que, si el cumplimiento baja del 90%, la falta es grave por lo que la reconvencción monetaria está entre las 751UF y 1500UF.

II. Índice de Cumplimiento de Regularidad

La familia de indicadores de regularidad busca minimizar y mantener dentro de límites la espera de los usuarios por retraso y desfase entre buses. Para esto se instauran tres tipos de indicadores, los cuales se aplican de acuerdo a la frecuencia requerida por servicio-sentido-período:

- ICR – I: Indicador de cumplimiento de regularidad según intervalos entre buses fuera de rango (incidentes). Para servicios-sentido con más de 15 buses por hora.
- ICR – E: Indicador de cumplimiento de regularidad según tiempo de espera en exceso. Para servicios-sentido con frecuencia mayor a 5 buses por hora y menor a 15 buses por hora, además de servicios con menor frecuencia, pero sin itinerario de parada.

- ICR – P: Indicador de cumplimiento de regularidad según puntualidad en ruta. Para servicios-sentido con 5 buses por hora o menos, de frecuencia.

Previo a mostrar los indicadores, se hace una serie de definiciones importantes:

- Puntos de control: para cada servicio-sentido-período, se define cada punto de control $c_{i,j} \in C_j$ como puntos de registro del instante de paso.
- Períodos de medición: cada período p , que se muestra en el contrato.
- Intervalos programados: se define como la diferencia entre los tiempos de salida programados entre dos buses consecutivos del mismo servicio-sentido. Si $L_{j,p}$ es la cantidad de salidas programadas del servicio-sentido j en el período p , y $g_{j,p}^{i,prog}$ es el tiempo de salida del bus i programada ($i \leq L_{j,p}$), del servicio-sentido j en el período p , entonces el intervalo es:

$$I_{j,p}^{i,prog} = g_{j,p}^{i+1,prog} - g_{j,p}^{i,prog} \quad \forall i \leq L_{j,p} \quad (3.14)$$

- Esto se define de la misma forma para intervalos, pero considerando $M_{j,p}$ los envíos de buses efectivamente hechos del servicio j en el período p ; y $g_{j,p}^{i,obs}$ el instante observado de envío del bus i , en el servicio-sentido j y período p ; además se considera para cada punto de control $c_{i,j}$:

$$I_{j,p}^{i,obs}(c_{i,j}) = g_{j,p}^{i+1,obs} - g_{j,p}^{i,obs} \quad \forall i \leq L_{j,p} \quad (3.15)$$

Con esto se puede definir el ICR – I, que busca evitar distanciamientos temporales demasiado grandes entre buses de alta frecuencia (≥ 15 buses/h), afectando así los tiempos de espera de usuarios. En este indicador no es relevante el orden de salida original al pasar por el punto de control, lo relevante es que se dé un intervalo similar al de salida entre buses consecutivos.

Se define entonces, el Intervalo de Tiempo Aceptable para un servicio-sentido j en un período p de la siguiente forma:

$$TA_{j,p} = I_{j,p}^{prog} + Hol_{j,p}^{inc} \quad (3.16)$$

Siendo $Hol_{j,p}^{inc}$ la holgura para el servicio-sentido j en el período p , definida como:

$$Hol_{j,p}^{inc} = \text{Max}\{3; \text{Min}\{(0,4 * I_{j,p}^{prog}); 10\}\} \quad (3.17)$$

Ahora, un incidente se define como:

$$Inc_{j,p}^l(c_{j,p}) = (Max\{0; I_{j,p}^{l,obs}(c_{i,j}) - TA_{j,p}\})^2 \quad (3.18)$$

Cuya unidad de medida es min^2 . Si es 0, se dice que no hubo incidente en el intervalo $I_{j,p}^{l,obs}$.

Con lo anterior, se calcula la suma de incidentes de la siguiente forma:

$$SInc_{j,p} = \frac{\sum_{l,i} Inc_{j,p}^l(c_{i,j})}{C_j} \quad (3.19)$$

El total de incidentes en la Unidad de Negocios, para el mes T , se define:

$$SInc_T = \sum_{j,p} SInc_{j,p} \quad (3.20)$$

Como se ve, se suma con respecto a cada servicio-sentido y período.

Por cada minuto cuadrado de $SInc_T$ se puede aplicar un descuento de 0,01UF.

Finalmente, el indicador ICR – I del mes T corresponde a la cantidad de intervalos sin incidentes, dividido por el total de intervalos en el mes T . Si este es mayor o igual a 0,9, se considera buen cumplimiento, si es menor a 0,9 y mayor o igual a 0,8 el cumplimiento es medio, bajo 0,8 el cumplimiento es bajo. Las acciones frente a constantes problemas mensuales en el indicador son más bien de control, pudiendo pedir Observadores para verificar las operaciones.

EL ICR – E, tiene el mismo objetivo que el anterior indicador, es decir, prevenir intervalos de tiempo muy grande entre buses para no afectar el tiempo de espera de usuarios. Para esto se define el tiempo de espera programado para el servicio-sentido j en el período p , como:

$$TE_{j,p}^{prog} = \frac{\overline{I_{j,p}^{prog}} * (1 + CV_{j,p}^{prog})^2}{2} \quad (3.21)$$

$$CV_{j,p}^{prog} = \sqrt{\frac{\sum_{l \in L_{j,p}} \left[\frac{(I_{j,p}^{l,prog} - \overline{I_{j,p}^{prog}})^2}{\overline{I_{j,p}^{prog}}^2} \right]}{L_{j,p} - 1}} \quad (3.22)$$

Donde $\overline{I_{j,p}^{prog}}$ es el promedio de todos los intervalos para el servicio-sentido j en el período p ; $L_{j,p}$ es el conjunto de intervalos asociados al servicio-sentido j en el período p .

A la vez, se define el tiempo de espera observado:

$$TE_{j,p}^{obs}(c_{i,j}) = \frac{\overline{I_{j,p}^{obs}} * (1 + CV_{j,p}^{obs}(c_{i,j}))^2}{2} \quad (3.23)$$

$$CV_{j,p}^{obs}(c_{i,j}) = \sqrt{\frac{\sum_{l \in L_{j,p}} \left[\frac{\left(I_{j,p}^{l,obs}(c_{i,j}) - \overline{I_{j,p}^{obs}}(c_{i,j}) \right)^2}{\overline{I_{j,p}^{obs}}(c_{i,j})^2} \right]}{L_{j,p} - 1}} \quad (3.24)$$

Donde cada variable tiene el mismo significado que su par anterior, pero siendo observada y dependiente de cada punto de control $c_{i,j}$.

Consiguientemente se define el tiempo de espera en exceso para cada servicio-sentido j en el período p en el punto de control $c_{i,j}$ como:

$$TEE_{j,p}(c_{i,j}) = \text{Max} \left\{ 0; TE_{j,p}^{obs}(c_{i,j}) - \left(TE_{j,p}^{prog} + \frac{Hol_{j,p}^{TEE}}{2} \right) \right\} \quad (3.25)$$

Donde $Hol_{j,p}^{TEE}$ se define tal y como $Hol_{j,p}^{Inc}$ en la ecuación 3.17.

Con esto se da paso al tiempo de espera en exceso por cada servicio-sentido-período como el promedio de tiempos de espera en exceso en cada punto de control:

$$TEE_{j,p} = \frac{\sum_i TEE_{j,p}(c_{i,j})}{C_j} \quad (3.26)$$

En consecuencia, el tiempo de espera en exceso por unidad de negocio en el mes T es:

$$TEE_T = \sum_{j,p} (TEE_{j,p})^2 \quad (3.27)$$

Similar al caso anterior, por cada minuto cuadrado asociado al TEE_T , se descuenta 0,01UF

Y por último el indicador ICR – E corresponde a:

$$ICR - E = Max \left(0; 1 - \frac{\sum_{j,p} TEE_{j,p}}{\sum_{j,p} TE_{j,p}^{prog}} \right) \quad (3.28)$$

Los rangos de cumplimiento y medidas a tomar en caso de bajos estándares son las mismas que el caso anterior de ICR – I.

Por último, para los indicadores de regularidad, se tiene el ICR – P. Éste busca que se cumpla de manera fiel el itinerario informado con respecto a la puntualidad de los servicios de baja frecuencia.

Se calcula el desfase efectivo $d(g_{j,p}^{l,prog}(c_{i,j}))$ a partir de los horarios programados de pasada en cada punto de control $c_{i,j}$ como:

- 0 si existe un bus cuyo instante de paso observado $g_{j,p}^{l,obs}(c_{i,j})$ pertenece al intervalo: $\{g_{j,p}^{l,prog}(c_{i,j}) - 2; g_{j,p}^{l,prog}(c_{i,j}) + 4\}$
- Si no hay un bus en el intervalo el desfase se calcula como $g_{j,p}^{l,obs}(c_{i,j}) - g_{j,p}^{l,prog}(c_{i,j})$, siendo $g_{j,p}^{l,obs}(c_{i,j})$ el instante de pasada del siguiente bus en el punto $c_{i,j}$.

El desfase del sentido-servicio j en el período p se calcula con la suma del cuadrado de cada desfase:

$$d_{j,p} = \frac{\sum_{l,c_{i,j}} (d(g_{j,p}^{l,prog}(c_{i,j})))^2}{C_{i,j}} \quad (3.29)$$

Donde, finalmente el desfase asociado a la Unidad de negocio es la suma de cada desfase de los distintos servicios-sentido:

$$Desfase = \sum_{j,p} d_{j,p} \quad (3.30)$$

Al igual que los dos puntos anteriores, por cada minuto al cuadrado de desfase, se puede descontar 0,01UF. El indicador ICR – P es, continuando con las definiciones, el número de desfases iguales a 0, dividido por el total de instantes programados para medición. A diferencia de los dos anteriores, los intervalos de cumplimiento van desde un 95% o más, se considera cumplimiento alto, si es menor a 95% y mayor o igual a 85% el cumplimiento

es medio, y finalmente, si es menor a 85% es bajo. Aquí se pueden tomar las mismas medidas que los casos anteriores.

III. Otros indicadores

Aparte de las dos familias de indicadores presentadas, está también el índice de cumplimiento de la capacidad de transporte, para cautelar el nivel de hacinamiento que existe en los buses. Este se define de la siguiente forma:

$$CAP_{t,ss} = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\text{Min} \left\{ 1, \frac{PKH_{i,t,ss}}{PKH_{prog,i,t,ss}} \right\} * PKH_{prog,i,t,ss} \right]}{\sum_{i=1}^n PKH_{prog,i,t,ss}} \quad (3.31)$$

En éste, para cada servicio-sentido (*ss*) en el período *t* se suman las plazas entregadas ($PKH_{i,t,ss}$), o las programadas, en caso de ser superadas ($PKH_{prog,i,t,ss}$). Frente a este resultado no hay multa, pero si la falla es sistemática y continua se puede proceder de acuerdo al anexo siguiente.

Por último, se agregan también indicadores de calidad de servicio (*ICA*), calidad de vehículos en ruta (*ICV*) y de disponibilidad efectiva de transporte (*ADET*), los cuales siguen la línea de los anteriores y buscan monitorear la calidad del servicio. No se entrará en detalle con respecto a éstos ya que su análisis escapa el alcance de este trabajo.

IV. Nivel de las multas

Es importante mencionar que las multas están limitadas dentro del contrato. Con respecto a los indicadores de regularidad, la sanción que se aplique por estos no puede superar el 2% de ingresos por transacciones y kilómetros en las liquidaciones correspondientes al mes de medición.

Por otra parte, a la Unidad de Negocio con mayor multa se le penalizará con el mínimo entre su multa y el límite (2%). Para cada uno de las Unidades de Negocio restantes se ajustará su penalización de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Dcto_{i,T}^{reg,ajust} = Dcto_{j,T}^{reg\ máx,ajust} * \frac{Dcto_{i,T}^{reg}}{Dcto_{j,T}^{reg,mayor}} \quad (3.32)$$

Donde $Dcto_{i,T}^{reg,ajust}$ es el descuento ajustado para cualquier Unidad de Negocio *i* (menor al máximo del mes *T*), $Dcto_{j,T}^{reg\ máx,ajust}$ es el descuento por regularidad máximo ajustado, $Dcto_{j,T}^{reg,mayor}$ es el descuento máximo del mes *T* sin regularizar y $Dcto_{i,T}^{reg}$ es el descuento de la unidad de negocio *i* sin regularizar. Además del ajuste, si el monto original de descuento es menor al 0,5% de los ingresos del mes *T*, la multa se hace 0.

La suma de descuento los descuentos por regularidad y frecuencia no puede superar el 5% de los ingresos del mes T . Entonces el descuento es $Min\{5\%; Dcto_{reg}^{ajust} + Dcto_{frec}\}$. Sin embargo, si la suma entre los descuentos por frecuencia y regularidad de una Unidad de Negocio sobrepasan el 10% de los ingresos del mes, el Concesionario debe enviar un informe explicando la situación y proponiendo una solución para la misma, si ocurre por segunda vez en menos de un año el Coordinador de Transantiago puede, de acuerdo a sus facultades designar un Observador para analizar la situación y encontrar mejoras. Por último, si se llega a una tercera vez en menos de un año, se pueden aplicar sanciones detalladas en el Anexo 7 del contrato.

3.2.7 Anexo 7: De las sanciones

Este anexo se destina a mostrar los niveles de sanciones (de 1 a 7) y las razones que las producen, catalogándose estas dentro de los niveles antes mencionados.

Cada nivel conlleva una multa el nivel 1 comienza en las 10UF, mientras que el máximo del nivel 7 es 4.000UF.

Con respecto a las multas aplicables por indicadores de calidad, se destacan las siguientes:

Tabla 1: Multa por indicadores de calidad

Conducta	Nivel de multa
Incumplimiento grave del indicador ICF – SSM	3 (entre 101 y 301 UF)
Incumplimiento grave del indicador ICF - UNM	5 (entre 751 y 1.500 UF)
Cumplimiento bajo de ICR-I por 3 meses, dentro de un período de 6 meses	3 (entre 101 y 301 UF)
Cumplimiento bajo de ICR-E por 3 meses, dentro de un período de 6 meses	3 (entre 101 y 301 UF)

3.2.8 Anexo 8: Del personal destinado a la prestación del servicio

Se detallan las condiciones que debe cumplir el personal para poder conducir un bus para la concesionaria. Las principales condiciones son poseer una licencia clase A3 y haber sido capacitado por el Concesionario. Este último por su parte debe tener seguros que protejan tanto a los usuarios como a los

conductores, entregar el equipamiento necesario para cumplir sus funciones y cumplir la legislación laboral vigente con respecto a sus trabajadores.

4- ANÁLISIS CONTRACTUAL PRELIMINAR

En base a lo mostrado anteriormente se presenta un análisis del contrato entre el MTT y Subus. Esta indagatoria busca mostrar las falencias que se generan en las operaciones a partir de cálculos simples que se obtienen de las condiciones antes definidas para la empresa. Para esto, se busca en primer lugar problemas puntuales que puedan surgir en cada indicador, principalmente por la permisividad que tienen en su método de cálculo. Posteriormente, se agrega una situación transversal a todos los indicadores, buscando minimizar el costo operativo y la multa a recibir, además de maximizar el ingreso de la empresa.

Considerando lo anterior, la mayor parte de este análisis se realiza en base a la Cláusula 5 del contrato, donde se detallan los aspectos económicos del mismo y el Anexo 6, el cual busca asegurar la calidad en el servicio entregado.

4.1 Fórmula de pago

En el cálculo del pago (ver ecuación 3.1), se encuentra un primer término de conflicto, el cálculo del ICT_t (ecuación 3.9, a continuación). Para este término, como se muestra a continuación, se promedia las plazas-kilómetro-hora de todos los servicios-sentido en un período t . Esto trae como consecuencia un posible subsidio entre servicios-sentido, vale decir, se puede ocupar flota en recorridos de mayor competencia con otros operadores y demanda, en vez de destinarla a recorridos con menor uso. El promediar permite este tipo de instancias. Por ejemplo, al tener 60 líneas, se puede enviar buses por una vía como la Alameda Bernardo O'Higgins, de las más demandadas del sistema, descuidando rutas que pueden ser tan relevantes para el servicio, pero con menor demanda como las rutas alimentadoras.

$$ICT_t = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\text{Min}\left\{1, \frac{PKH_{i,t}}{PKH_{prog,i,t}}\right\} * PKH_{prog,i,t} \right]}{\sum_{i=1}^n PKH_{prog,i,t}} \quad (3.9)$$

Para ejemplificar el punto anterior se hizo el siguiente ejercicio: se considera una operación con 39 servicios, equivalente al mínimo de una Unidad de Negocio en los contratos actuales⁹. Se asume que las 39 líneas tienen programadas 800 plazas-kilómetro-hora, además, que 3 de estos servicios cumplían en un 50% esta parte del PO, subsidiando líneas restantes; 9 de los 39 servicios cumplían al 100% las plazas impuestas por programa y los 27 restantes llegaban a un 98% de cumplimiento.

⁹ Información obtenida a partir de los Programas de Operación de DTPM.

Al calcular una liquidación, se obtuvo un ICT_t de 95%. Este resultado se considera alto, tomando en cuenta que, por cada hora, se dejaba de cumplir con 1200 plazas para usuarios. Esto muestra que hay un margen relevante, frente al cual una concesionaria puede actuar distinto a lo programado. En este caso, esto generaría multas por frecuencia y regularidad, pero la ganancia por competencia podría compensar las sanciones.

4.2 ICF

Como se muestra en la sección 6.2.6, los niveles de agregación en los distintos indicadores, tanto de regularidad como de frecuencia, aumentan. Aquí se muestran posibles faltas al PO que pueden pasar inadvertidas a la autoridad por la construcción de los indicadores.

En primer lugar, en el cálculo del SSPD se da un margen de error, a priori, alto para el Concesionario. Si la programación es de menos de 5 buses en el período, las multas parten al cumplir menos del 60%; si la frecuencia requerida es mayor a 5 buses en el período la multa comienza con un cumplimiento menor al 75%. Con esto, se puede apuntar entonces a cumplir el indicador a ese nivel y no recibir ningún tipo de multa.

Al agregar un nivel y pasar a un período, pero controlado mensualmente (SSPM), y sumar para todos los días de un mes T la cantidad de buses requeridos con respecto al programado se produce una situación similar, ya que las multas (para buses de alta y baja frecuencia) parten bajo un 92% de cumplimiento. A modo de ejemplo, si se considera un servicio-sentido que cuente con 10 días dentro de un período a calcular, cumpliendo en 7 días la frecuencia exigida en el PO y en los 3 restantes llegar a un 75% (lo que implica no tener multa por SSPD), se promedia un 92,5% de cumplimiento. Con esto no habría ninguna sanción para la empresa, y por el contrario esta conducta se podría replicar en el resto de los servicios-sentido, con lo que se entregaría un servicio incompleto a los usuarios, sin recibir multas por este comportamiento.

Por otra parte, si bien el monto en las multas aumenta a medida que se agrega en niveles, esta misma agregación permite una mayor holgura en las operaciones por servicio (individualmente hablando). Así, en el tercer nivel de agregación (SSM) se calculan los despachos para un mes promediando todos los períodos de un servicio-sentido. Como ya se mencionó, las multas comienzan en un 90% de cumplimiento, por lo que el mantener operaciones como las descritas para el indicador SSPM haría que la empresa siguiera sin tener sanción por falta en la frecuencia programada.

Finalmente, se tiene el cuarto nivel de agregación UNM. En este indicador la exigencia es mayor, ya que bajo un 95% de cumplimiento hay multa. Para ejemplificar se considera la misma unidad de negocios inicial (39 servicios), con el fin de minimizar el costo operacional y no recibir multa, se podría

cumplir en su totalidad el 37% de los servicios, completando el 63% restante al 92% exigido en el nivel anterior (SSM) y no recibir multa.

4.3 ICF vs ICR

Ya mostrado que existen situaciones problemáticas que se pueden dar por la construcción y umbrales en la familia de indicadores de frecuencia, se muestra a continuación, que existe una diferencia en relevancia de la frecuencia versus la regularidad en las multas. Para mostrar estas diferencias se presentan 3 situaciones, correspondientes a cada uno de los intervalos en que se dividen los indicadores de regularidad.

Como se explica en la sección 2.1, el tiempo de espera de los usuarios se ve afectado linealmente por el largo del intervalo (el inverso de la frecuencia) y por la regularidad de los buses, en un servicio. Esto se ve reflejado en ambas familias de indicadores, no así en las multas que las concesionarias reciben por estos conceptos. Por un lado, en base al no cumplimiento del envío de buses (frecuencia), se imponen multas que en el peor de los casos pueden alcanzar los CLP\$68 millones en el 4to nivel de agregación. Por otra parte, las sanciones para el incumplimiento en regularidad son mucho menores, con respecto a las de frecuencia siendo en casos sostenidos de gravedad, de intervención de la autoridad.

A continuación, se muestran 3 situaciones (una para cada división de frecuencia, alta, media y baja). En la primera, de alta frecuencia, se muestra una operación que, aunque se aleja del PO, tiene un resultado positivo en tiempo de espera; para frecuencia media y baja, los resultados son peores en regularidad y no son reflejados en las multas.

Para un servicio con 18 buses programados en una hora debiese haber un espaciamiento temporal de 3,3 minutos entre ellos, pero se planteó una situación en la que los primeros 5 buses tenían intervalos de 5 minutos, completando 20 minutos del período de 30 minutos; con esto quedarían 10 minutos para enviar 4 buses (Ilustraciones 1 y 2). En este caso, según el indicador ICR - I, y por lo tanto no hay tiempo de espera en exceso que conlleve multa. Si bien se podría entender que el indicador es poco estricto, en la sección 4.5.1 se verá que de acuerdo a estándares internacionales esta operación es bastante satisfactoria ya que se entrega intervalos cortos con respecto a la espera programada a los usuarios.

Ilustración 1: Intervalos programados – caso alta frecuencia



Ilustración 2: Intervalos observados – caso alta frecuencia



Para recorridos de frecuencia media, se hace un ejercicio similar. Considerando un servicio-sentido con una frecuencia de 12 buses por hora, se propone la situación en que se envía 3 buses en los primeros 22,5 minutos del intervalo (1 intervalo de 12,5min y el siguiente de 10min), quedando 3 por enviar en los restantes 7,5 minutos. Con esto, en vez de tener intervalos regulares de 5 minutos, se observan 4 de 1,875 minutos (Ilustraciones 3 y 4). Este desempeño implica una multa de CLP\$2.850 sólo por un intervalo.

Ilustración 3: Intervalos programados – caso frecuencia media

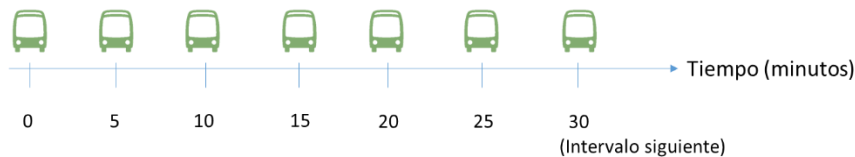
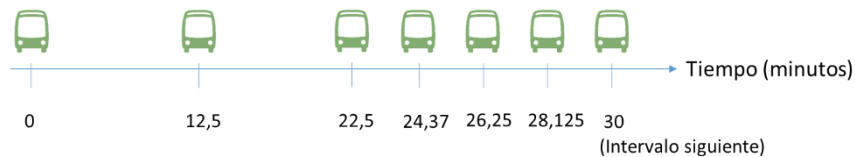


Ilustración 4: Intervalos observados – caso frecuencia media



Para finalizar, se estudia el caso de un servicio-sentido de baja frecuencia; 4 buses por hora. Se asume, el primer bus pasa durante el minuto 25 (en vez del 15) y el segundo, para cumplir frecuencia, pasa 5 minutos después. Con esto, el desfase con respecto al programa es de 10 minutos, alcanzándose una multa de 1UF o cerca de CLP\$26.000. Se debe recordar que este indicador se aplica en caso de existir itinerario para el servicio.

Se ha mostrado 3 situaciones ilustrativas, donde no se observa un despacho en intervalos regulares. Con los indicadores y multas existentes, no hay un incentivo fuerte para las empresas a cumplir con la regularidad, siendo esta una de las componentes más relevantes a la hora de entregar un buen servicio teóricamente, como se explica en la sección 4.1, y de acuerdo a lo que declaran los usuarios de Transantiago, un 27% considera frecuencia y regularidad como la más relevante de las variables a mejorar y un 20% la calidad del servicio¹⁰,

¹⁰ ADN Radio Chile. Frecuencia y regularidad de buses es lo que más preocupa a usuarios del Transantiago. 24 de noviembre, 2016. Disponible en línea en <http://www.adnradio.cl/noticias/nacional/frecuencia-y-regularidad-de-buses-es-lo-que-mas-preocupa-a-usuarios-del-transantiago/20161124/nota/3313255.aspx>. Visitado por última vez el 26 de enero de 2017.

además de lo dicho en [16] sobre la relevancia de la regularidad para entregar un buen servicio.

4.4 Fórmula de pago e indicadores

Para culminar el análisis preliminar de indicadores, se muestra un agregado de los indicadores en conjunto con las situaciones antes descritas. En primer lugar, se vio que por medio de compensaciones entre servicios se puede alcanzar un 95% en ICT (Índice de Cumplimiento de capacidad de Transporte), lo que se considera alto sumando el extra que se obtendría por pasajeros por esa compensación. Si a esto se le suma que las multas por frecuencia al nivel de unidad de negocio también comienzan al 95% de cumplimiento se está ante una situación ventajosa para el operador.

Lo anterior se ve agravado con lo visto en el indicador SSPM, si la concesionaria cumple el 70% del tiempo con la frecuencia completa de un sentido-servicio y el 20% restante lo hace a un 75%, llegaría a un cumplimiento de frecuencia, lo que genera a su vez cumplimiento de capacidad de transporte superior al 92% y como se menciona anteriormente, al promediar con otro servicio se puede alcanzar un estándar superior en el agregado.

4.5 Contraste de resultados: Santiago - Londres y Santiago - Singapur

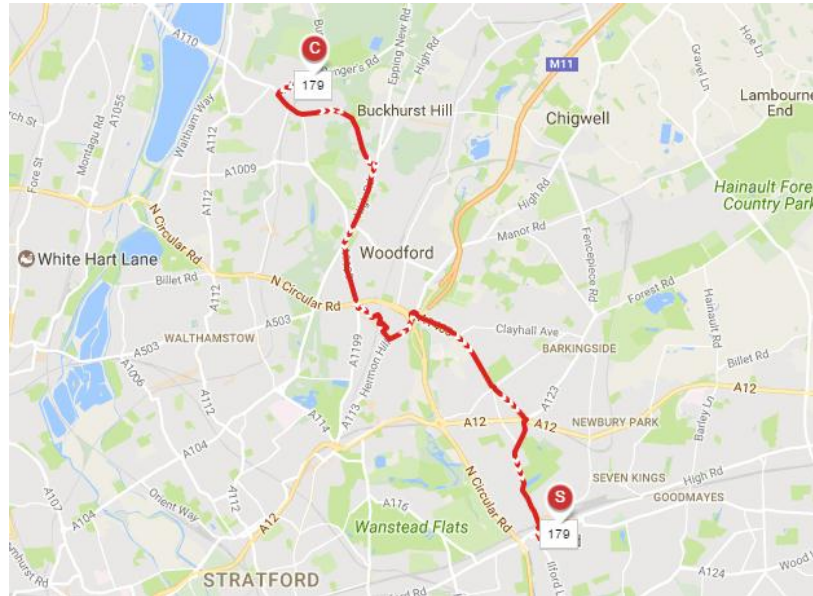
En la sección anterior se mostró cómo se castigaba de acuerdo a los diferentes indicadores existentes en Santiago, por distintos comportamientos alejados del programado. Ahora, se muestra en base al contrato de dos líneas de Londres (179 para alta frecuencia y 395 para baja frecuencia); y lo aplicado en Singapur con el BSRF para la línea 154, si es que existe o no multa o bonos frente a las mismas situaciones propuestas en la sección anterior en las que se ejemplificaba sobre situaciones en las que no se entregaba un servicio apegado al itinerario, pero si se cumplía la frecuencia exigida. Finalmente se compara con las multas obtenidas en Transantiago por esas operaciones.

4.5.1 Descripción de líneas

Para ilustrar alta frecuencia (más de 5 buses por hora según TfL) se toma la línea 179, operada por East London Bus and Coach Company Limited, cuyo recorrido se muestra en la Ilustración 5. A este servicio se le exige un 98% de millas operadas y se deja un margen de 1,1 minutos de TEE¹¹. El pago que se hace por período a este recorrido es de £197.184,31 (CLP\$165MM aproximadamente).

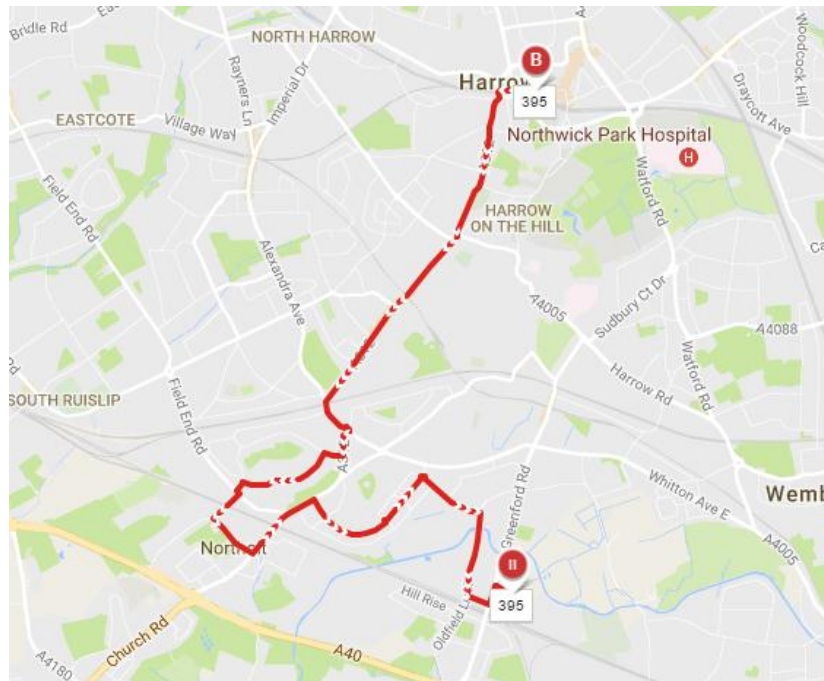
¹¹ Fuente: Contrato entre East London Bus y London Buses para el recorrido 179

Ilustración 5: Recorrido 179



En el caso de baja frecuencia (menos de 5 buses por hora), se hará la comparación con la línea 395, operada por Metroline Travel Limited, cuyo recorrido se muestra en la Ilustración 6. Se pide a este servicio cumplir con un 98% de las millas operadas¹², y el estándar mínimo de operación es el 82% de buses a tiempo. El valor de este contrato, por período, es de £74.730,077 (CLP\$62,5MM).

Ilustración 6: Recorrido 395



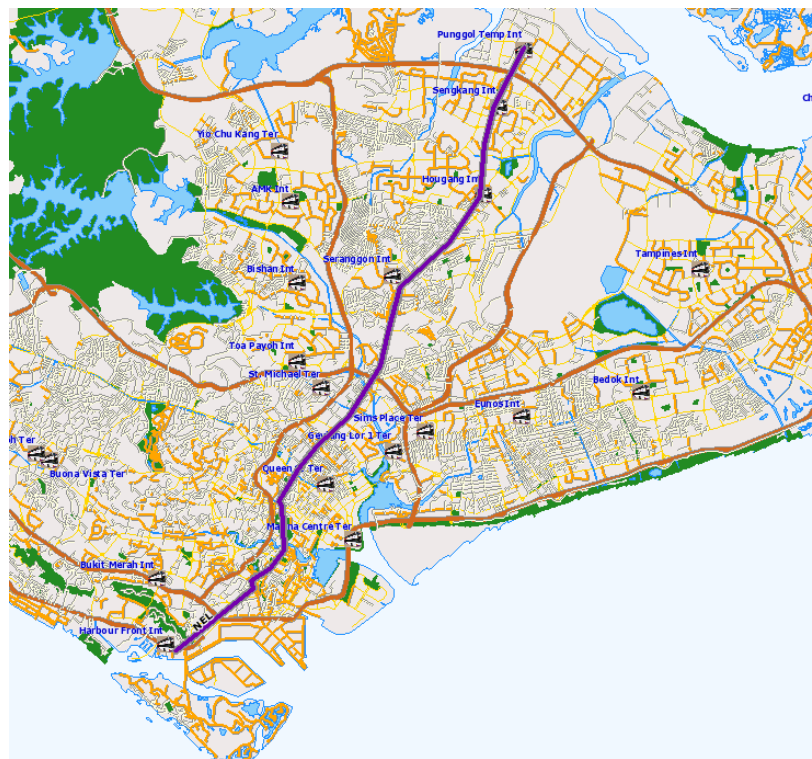
¹² Fuente: Contrato entre Metroline Travel y London Buses para el recorrido 395.

Por otra parte, para hacer comparable la situación de Londres con la de Santiago, se asume que los recorridos son de 18 horas diarias, con un periodo de medición de 20 días.

Con respecto a Singapur, se considera la línea 154, clasificado dentro de frecuencia alta: más de 20 buses como flota necesaria para el funcionamiento. Este servicio tiene un largo de ruta de 32,5km y 74 paraderos, entre la estación de intercambio Boon Lay y la estación de intercambio Eunos¹³, como se ve en la Ilustración 7. Para baja frecuencia, la información disponible solo muestra servicios alimentadores, por lo que se limita al servicio de alta frecuencia.

El TEE que se permite en la ruta es de 1,9 minutos [6]. Como se menciona en el Capítulo 4, este tiempo de espera en exceso permitido se calcula en base a los resultados operacionales que mostraba el servicio y el largo de la ruta.

Ilustración 7: Recorrido servicio 154, Singapur



En este caso, para llevarlo a horizontes temporales comparables, se consideran las mismas 18 horas de servicio que para Londres, pero con 15 días de servicio, que es la cantidad de días que se mide tanto en Singapur como en Santiago para calcular liquidaciones e indicadores.

¹³ Fuente: SBS Transit. Route Information for bus route 154. Disponible en línea en <http://www.sbstransit.com.sg/journeyplan/RouteInformation.aspx?qdirect=2&qservno=154&qpoint=NO%20LOOP&dispno=154&qstart=BOON%20LAY%20INT&qend=EUNOS%20INT>. Visitado por última vez el 23 de diciembre de 2016.

4.5.2 Alta frecuencia

Para ilustrar las diferencias entre las bonificaciones dentro de los tres sistemas de transporte público, se calcula en base al caso mencionado en la sección 4.3 (frecuencia programada de 18 buses por hora)

Como en Londres y en Singapur se aplica el mismo indicador, con las ecuaciones 2.11, 2.12 y 2.13 se obtiene un TEE de 0,52 minutos para ambas comparaciones.

El resultado anterior no implica una multa en la línea 179, dado el margen que se da en el contrato de 1,1 minutos, por el contrario, existe una bonificación del 6% del contrato, considerando el margen de ± 1 minuto de zona neutral y los 0,4 minutos de mejora completos, lo que significa £14.788 (CLP\$11,8MM).

La misma operación en la línea 154 de Singapur, con un 1,9 de línea base, implica USD\$52.000 (CLP\$35,7MM) como bono, si bien esta bonificación parece alta, de acuerdo a la información que se maneja no hay un límite en este sentido en el programa de Singapur.

Con respecto a Santiago, un buen resultado en tiempo de espera no se traduce en un beneficio para la concesionaria, lo que limita el incentivo a producir este buen desempeño dados los gastos que implica producirlo.

4.5.3 Frecuencia media

En este caso, se hace la comparación con el servicio-sentido de 12 buses por hora¹⁴ (5 minutos de intervalo entre buses consecutivos) y se toman los mismos casos, Londres y Singapur, mostrados anteriormente.

Ahora se consideran 5 buses con intervalos de 10 minutos entre ellos y 7 buses con 1,42 minutos de intervalo. Aplicando la misma ecuación que en alta frecuencia, se obtiene un TEE de 1,78 minutos.

Para el caso de Londres, con la línea base del recorrido 179 (1,1 minutos) se tienen 0,68 minutos por sobre la espera permitida. Con este resultado, East London recibiría una multa de £9.859 (CLP\$8MM).

Por otra parte, para la línea 154 en Singapur, este resultado no se reflejaría, dado los 1,9 minutos de TEE permitidos, ni en multa ni en bonificación, por no completar los 0,1 minutos sobre la zona neutra para esta línea.

En este caso se logra apreciar una gran diferencia entre las multas que se podría recibir en Londres con respecto a Santiago, a la vez entendiendo esto

¹⁴ Como ya se mencionó, en Londres solo se diferencia entre alta y baja frecuencia. De 5 buses por hora o más corresponde a alta frecuencia, y es baja de lo contrario

como un ejemplo del nivel de incentivos, en Singapur la multa es menor con respecto a la de Transantiago (CLP\$1,5MM).

4.5.4 Frecuencia baja

Finalmente, para baja frecuencia se compara (solo con Londres) la última situación descrita en la sección 4.3.

El porcentaje de buses a tiempo solo llega al 50%, con lo que se alcanza el máximo de la multa para el período, considerando la línea 395 y su porcentaje requerido de cumplimiento de itinerario (82%): £7.473,07 (CLP\$6,5MM).

Al igual que en frecuencia media, se observa una diferencia sustancial entre lo que se da en Londres y en Santiago. Si se lleva estos casos a los resultados, que muestran un alto nivel de cumplimiento en Londres, se puede entender que las operadoras integran de buena forma los incentivos que se entregan, no así en el caso de Santiago donde los incentivos son menores.

4.5.5 Tablas comparativas

Se presenta tabla comparativa de multas y bonos de Santiago-Londres y Santiago-Singapur con el objetivo de entender más fácilmente las diferencias mostradas:

Tabla 2: Comparación multas/bonos Santiago-Londres

Indicador	Frecuencia programada (bus/hr)	Intervalo programado (min)	Intervalo Observado (min)	Multa Santiago (CLP\$MM)	Multa/bono Londres (CLP\$MM)	Razón porcentual de multa o bono Santiago/Londres
ICR-I	18	3,33	4 de 5 y 4 de 2,5	0	+11,8	0%
ICR-E	12	5	2 de 10 y 4 de 2,5	-2	-12,6	15,8%
ICR-P	4	15	1 de 20 y 1 de 10	-4,68	-6	78%

Tabla 3: Comparación multas/bonos Santiago-Singapur

Indicador	Frecuencia programada (bus/hr)	Intervalo programado (min)	Intervalo Observado (min)	Multa Santiago (CLP\$MM)	Multa/bono Singapur (CLP\$MM)	% multas/bonos
-----------	--------------------------------	----------------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------------	----------------

ICR-I	18	3,33	4 de 5 y 4 de 2,5	0	+14,8	0%
ICR-E	12	5	2 de 10 y 4 de 2,5	-1,5	0	-

En ambas tablas el signo negativo (-) implica multa y el positivo (+) bono.

Como se puede ver, las diferencias con respecto a los bonos en el caso de alta frecuencia son las mayores (ICR-I). Se considera relevante incorporar este tipo de incentivos a las operaciones, ya que existe un costo por proveer mejor regularidad para la operadora de TP, el no incentivar ese gasto deja abierta la posibilidad a que no se trabaje en pos de una mejor regularidad para reducir los costos de las operaciones.

Por otra parte, en Londres, las multas son mucho mayores que en Santiago, si bien existen otras variables que explican eso, el nivel de los castigos también juega un rol relevante. Sumado a lo bajo de la multa por regularidad, el límite de las multas (5% de una liquidación) impone una amenaza no creíble por parte de la autoridad con la empresa operadora.

5- ANÁLISIS CONTRACTUAL EN BASE A DATOS DE OPERACIÓN REALES

En esta sección se muestra un contraste de resultados de indicadores en base a operaciones reales de Transantiago, específicamente del recorrido 506-ida, durante la semana laboral del 14 al 18 de marzo de 2016.

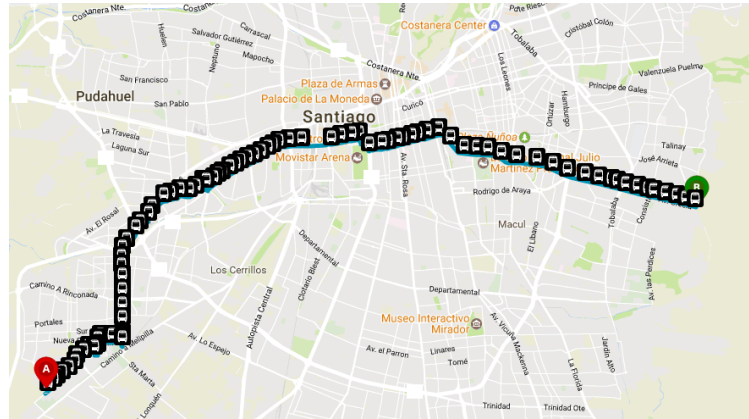
El objetivo es mostrar las diferencias entre los distintos sistemas a analizar frente a la misma operación, y, sobre todo, las diferencias entre las medidas a tomar frente a lo anterior.

5.1 Caracterización del recorrido

El servicio 506 es operado por la empresa Buses Metropolitana (Metbus), la cual, de acuerdo al último ranking de medición de calidad de la DTPM, se ubica en el primer lugar con respecto a cumplimiento de frecuencia de buses y el segundo en cumplimiento de regularidad [15].

El servicio funciona durante las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Los datos corresponden al sentido poniente-orientado ("ida", según la clasificación de Transantiago). Inicia su recorrido en la comuna de Maipú, terminando en Peñalolén. El recorrido contempla 84 paraderos y una distancia de 31,8km [2], esto se puede ver en la Ilustración 8.

Ilustración 8: Ruta servicio 506, con paraderos¹⁵



El trazado cuenta a su vez con distintos tipos de infraestructura y prioridad vial, resumidos en la tabla 8.1 [2]:

Tabla 4: Descripción del recorrido 506

Tramo	Prioridad del tramo	Largo [km]	Comuna
1	Tráfico mixto	4,6	Maipú
2	Corredor segregado	1,6	Maipú
3	Una pista solo bus	3,4	Maipú
4	Corredor segregado	0,7	Maipú
5	Tráfico mixto	2,5	Maipú
6	Tráfico mixto	4,3	Estación Central
7	Tráfico mixto	3,8	Santiago
8	Dos pistas solo bus ¹⁶	1,6	Santiago
9	Dos pistas solo bus	0,5	Ñuñoa
10	Corredor segregado	5,3	Ñuñoa
11	Corredor segregado	3,8	Peñalolén

¹⁵ Fuente: Transantiago. Disponible en línea en <http://www.transantiago.cl/mapas-y-recorridos/conoce-los-recorridos>. Visitado por última vez el 26 de enero de 2017.

¹⁶ En la práctica en los horarios fuera de punta, es solo una pista “solo bus” con adelantamiento en paraderos, ya que se permite estacionar en la pista derecha.

Total	31,8 ¹⁷
-------	--------------------

El servicio se mide en 48 períodos de 30 minutos cada uno, descritos en el PO. De estos, 12 son de baja frecuencia y los 36 restantes de alta frecuencia. Cabe mencionar, que en ningún período se programan más de 15 buses por hora (7,5bus/30min), lo que se denomina alta frecuencia para la medición de regularidad.

5.2 Descripción de los datos

Como se menciona al inicio del capítulo, los datos corresponden a la semana laboral entre el 14 y el 18 de marzo de 2016. Estos provienen de los pulsos generados por los GPS disponible en cada bus de Transantiago.

Cada pulso tiene asociado consigo el servicio-sentido, la patente del bus, el código del paradero en que se encuentra, el número correlativo del paradero, la hora de inicio y de término de la expedición, y la capacidad del bus en tránsito.

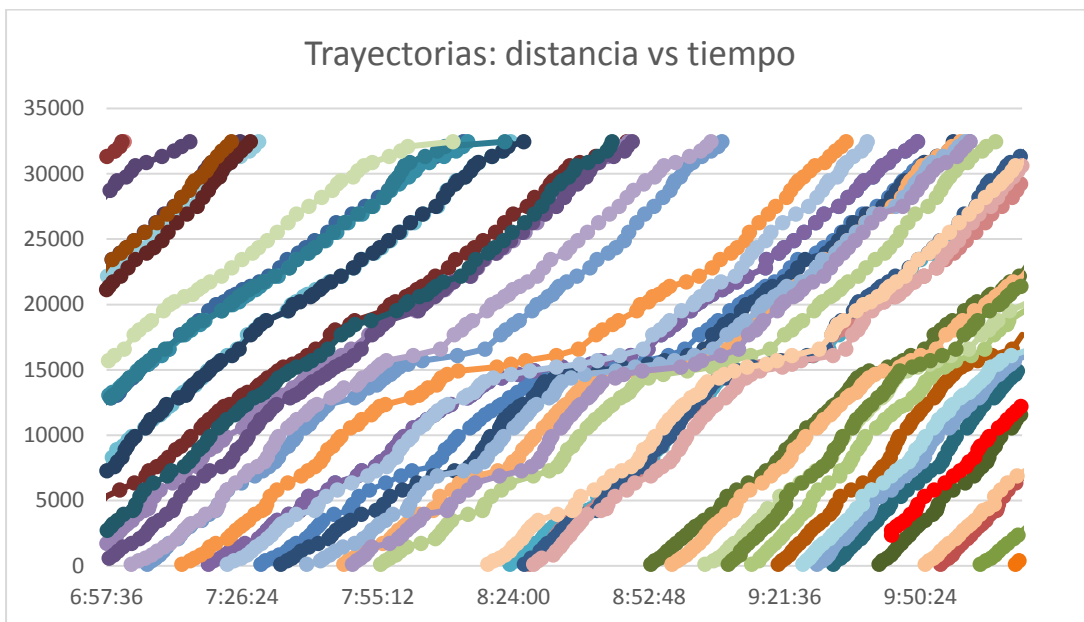
Para calcular los indicadores asociados al servicio, se ordena los datos por día, donde cada archivo cuenta con todos los despachos del servicio-sentido 506 ida, generados dentro de las 24 horas de cada día, por esto ciertas expediciones terminan al día siguiente, pero son consideradas de todas formas.

Dentro de las expediciones iniciadas, en cada día, hay cierta cantidad que se desecha por no cumplir con el recorrido completo. Estos despachos no considerados tienen diferencias entre horario de inicio y término muy cortas, por lo que se asume no cumplió realmente con el recorrido y no se agrega en los cálculos ni de regularidad ni frecuencia. Los datos desechados son 2 de 190 tanto para el 14 como el 15 de marzo, 7 de 193 para el 16 de marzo, 9 de 200 para el 17 de marzo y 2 de 192 para el 18 de marzo (un 2,2% del total de los datos no son considerados). Con lo anterior, se obtienen 188 pasadas válidas para los días lunes 14 y martes 15 de marzo, 186 para el miércoles 16, 191 para el jueves 17 y finalmente 190 para el viernes 18.

A continuación, se presenta en la Ilustración 9 una gráfica de la distancia recorrida versus tiempo del recorrido, para el día lunes 14 de marzo. Se pueden apreciar adelantamientos, apelsonamientos, intervalos considerables entre buses. Es observable también, cerca de los 15km de recorrido y entre las 8:00am y las 9:30am una importante demora en la ruta.

¹⁷ De acuerdo a los parámetros de cálculos de DTPM, la distancia es de 32,7km. Su diferencia podría provenir de diferencias entre la ruta para el servicio 506 que se den en la actualidad y el momento en que se midió el recorrido.

Ilustración 9: Gráfico: Distancia recorrida vs tiempo¹⁸



Como se puede ver entre aproximadamente las 7:00 y las 7:40 del día la velocidad es relativamente constante. A partir de las 7:40 y hasta cerca de las 9:20, en el kilómetro 15 de la ruta, cercano a la intersección de Av. 5 de Abril con Av. Las Rejas se produce una disminución considerable de velocidad. Esto se debe probablemente a la congestión sumada a la nula priorización que tiene el transporte público sobre el privado en ese sector entre las comunas de Maipú y Estación Central (ver Tabla 4).

5.3 Resultados en ICF e ingresos por operación

Como se ha mencionado, la empresa Metbus cuenta con el mejor índice de frecuencia dentro de las operarias de Transantiago. En el caso de los días y servicio-sentido analizados, los resultados son menos favorables que el promedio reportado por DTPM.

Para esta medición se calcula el cumplimiento durante las 24 horas de los 5 días elegidos.

8.3.1- Servicio-Sentido por Período en el Día - SSPD

Para el nivel más desagregado los resultados son los siguientes:

Tabla 5: Detalle de cumplimiento y multas por SSPD

Día	% de intervalos alta	% de intervalos baja	Peor rendimiento	Mejor rendimiento	Total multa diaria [UF]

¹⁸ Fuente: elaboración propia a partir de datos de operación de DTPM.

	frecuencia con multa	frecuencia con multa			
14/03	13,9%	16,7%	0% (en 2 intervalos baja frec.)	100% (en 36 intervalos)	42
15/03	16,7%	8,3%	0% (en 1 intervalo baja frec.)	100% (en 34 intervalos)	36,3
16/03	13,9%	8,3%	0% (en 1 intervalo baja frec.)	100% (en 35 intervalos)	34
17/03	2,7%	16,7%	0% (en 2 intervalos baja frec.)	100% (en 33 intervalos)	19
18/03	8,3%	16,7%	0% (en 2 intervalos baja frec.)	100% (en 39 intervalos)	31
Total descuentos:			162,3UF (CLP\$4,2MM)		

Como se observa en la Tabla 5, los resultados muestran en general un buen cumplimiento de las frecuencias exigidas, llegando al total de la frecuencia exigida en la mayoría de los intervalos diarios (33 de 48 el peor resultado). Los intervalos más problemáticos son los Nocturnos (ver Anexo A), donde se exige 1 bus en el período y esto no se cumple. Para alta frecuencia, la mayor cantidad de descuentos se acumulan en el horario Punta Tarde.

8.3.2- Servicio-Sentido por Período en el mes - SSPM

En el caso del indicador Servicio-sentido-período-mes, para los 5 días contemplados se obtiene una multa total de 1.050,43UF.

Tabla 6: Resultados SSPM

Intervalos baja frecuencia multados	Intervalos alta frecuencia multados	Multa baja frecuencia [UF]	Multa alta frecuencia [UF]
7	16	351	699,43
Total descuento SSPM:		1.053,43UF (CLP\$27,38MM)	

La mayor multa obtenida en el cálculo de este indicador es de 87,5UF por un 60% de cumplimiento, para la media hora entre 18:30 y 18:59, del período Punta Tarde.

La multa por este indicador, es la mayor del total a descontar durante el período estudiado. Los CLP\$27,38MM se suman a los CLP\$4,2MM, para dar un total por frecuencia de CLP\$31,58MM.

8.3.3- Servicio-Sentido en el Mes e Índice de Cumplimiento de capacidad de Transporte (SSM e ICT)

En servicio-sentido mes el resultado para la concesionaria es favorable. Se llega al 90,1% de cumplimiento, lo que implica que no existe multa por este indicador.

Por otra parte, pero similar a lo anterior, el ICT alcanza un 89,36%. Esto implica que del 100% de los kilómetros pactados en el PO para la quincena correspondiente, se hará el pago por un 89,36% de ellos.

En términos de ingresos, considerando un precio por kilómetro de CLP\$444¹⁹, se obtiene como ganancias para la empresa CLP\$11,8MM aproximadamente. Si se agrega a lo anterior la parte obtenida por pasajeros, asumiendo la razón de 30:70 entre ingresos por kilómetros y pasajeros, base con la que se planificó el contrato y descartando una evasión mayor a la integrada (cerca a un 12%) los ingresos totales suman CLP\$42,6MM.

Como se dijo anteriormente, los resultados obtenidos no requieren un actuar drástico por parte de la autoridad, pero se muestran mucho más deficientes del promedio que se reporta.

Es relevante mencionar que, dado el alcance del estudio, no es posible generalizar lo obtenido a la empresa, ni menos al sistema.

5.4 Resultados en ICR

Este apartado muestra el desempeño en términos de regularidad, a partir de los datos del servicio-sentido 506 ida.

En consideración de la definición del indicador ICR-E con respecto a frecuencia, para los cálculos que vienen se consideran las operaciones entre las 5:00 y las 23:59 de un día laboral (ver Anexo B).

Por otra parte, además de los puntos de control en el paradero 1 y 84 del servicio, se agrega el número 50. Se elige este paradero por encontrarse más próximo a la mitad de la ruta, considerándose como el mejor punto para medir la continuidad en los intervalos.

¹⁹ Informe financiero Transantiago. DTPM.

Si bien de acuerdo a las definiciones del contrato no corresponde aplicar ICR-I a ningún intervalo, dadas las exigencias de frecuencia menores a 15 buses por hora en todo período para este servicio, se hace el ejercicio comparativo entre los resultados que se obtienen de acuerdo a ambos indicadores (ICR-I y E).

8.4.1-ICR-I (Incidentes)

Este indicador busca minimizar los tiempos de espera de los usuarios controlando que no se produzcan incidentes dentro de los intervalos observados en las operaciones.

Los niveles de castigo asociados, ya mencionados, son bastante menores, sobre todo comparando con las exigencias en frecuencia.

Tabla 7: Resultados ICR-I

Día	Punto de control	Nº de intervalos en regla	Nº total de intervalos
14/03	Inicio	149	169
	Medio	120	169
	Fin	130	169
15/03	Inicio	143	169
	Medio	126	169
	Fin	127	169
16/03	Inicio	147	170
	Medio	127	170
	Fin	127	170
17/03	Inicio	155	172
	Medio	126	172
	Fin	129	172
18/03	Inicio	154	171
	Medio	126	171
	Fin	129	171

Total	2015	2553
ICR-I	78,9%	

Con estos resultados ya se puede notar la diferencia en relevancia que tienen frecuencia y regularidad. A este cumplimiento, se le suman los minutos de incidencia: 8697,79 en este caso, que implican 86,97UF de castigo (CLP\$2,2MM).

En general, de acuerdo a los contratos, no hay multa por un mal cumplimiento en ICR-I. Pero, si este cumplimiento en ICR-I, bajo el 80%, persiste por tres meses o más, la autoridad tiene las facultades para auditar las operaciones y revisar la situación de la empresa operadora profundamente. Por lo tanto, no hay un incentivo inmediato para mejorar la regularidad en este caso, como si lo había en la frecuencia por las 1053UF de castigo.

Con respecto al desempeño, se nota claramente como a medida se avanza en la ruta, la cantidad de intervalos observados, que cumplen estar dentro del límite programado, disminuye considerablemente. Lo cual es evidente, pues mientras más se ha recorrido, mayor cantidad de factores pueden haber incidido en el recorrido de cada bus.

8.4.2- ICR-E (Espera en exceso)

Continuando con el segundo indicador de regularidad, se tiene ICR-E, el cual busca cautelar el tiempo de espera en exceso que perciben los usuarios.

Siguiendo con lo explicado en el Marco Teórico, se asumen una llegada de pasajeros uniforme durante los intervalos y se busca minimizar la espera, comparando con los promedios de intervalos observados con los promedios programados más una holgura (ver Sección 5.1).

Los resultados obtenidos ponen en evidencia las diferencias para determinar el indicador y los incentivos asociados al mismo. Por un lado, el indicador ICR-E es de 0,4368, siendo el resultado más bajo obtenido y de considerable gravedad, recordando que bajo 0,8 el resultado es malo, de acuerdo al contrato. Por otra parte, se alcanzó solo 222,84 minutos de tiempo de espera en exceso, lo que implica una multa de 2,2UF. No se ve una coherencia entre lo que muestra el indicador y la multa que se aplica al operador de TP.

5.5 Operaciones reales: ICR vs ICF y multas

Como se evidenció en las situaciones de análisis preliminar (Ver Sección 4.3), existe una diferencia importante entre las multas por regularidad y frecuencia. En las operaciones reales también se refleja esta diferencia.

En términos totales, por frecuencia, la multa asciende a los CLP\$31,5MM, sumando SSPD y SSPM. Por el contrario, por las mismas operaciones, en regularidad la multa alcanza los CLP\$2,2MM considerando ICR-I y CLP\$57.939 por ICR-E.

Por otra parte, está el límite agregado por unidad de negocio de la multa, que alcanza el 5% de los ingresos del período. No existe la suficiente evidencia para afirmar el resultado de la unidad de negocio. Considerando que se está frente a un servicio-sentido y solo por cinco días de los correspondientes quince de un período. Pero, suponiendo que se está frente a una operación promedio de Metbus, el límite de la multa sería superado ampliamente por lo obtenido en los indicadores.

Lo anterior traería como posibles consecuencias el perder la efectividad de los indicadores y los incentivos económicos, ya sea por ser muy complejos de cumplir o por ser demasiado bajos y no generar un cambio real en las operaciones.

5.6 Contraste

Esta sección busca mostrar las diferencias en multas y bonos para diferentes contextos en base a los resultados de la operación real del servicio 506 ida. Análogo al contraste preliminar, se aplica el esquema de incentivos económicos de Londres y Singapur, adaptando de acuerdo a cada caso las multas por operación de acuerdo al indicador TEE, al horizonte temporal de 5 días hábiles las multas observadas.

Siguiendo la línea de cálculo de ICR, se consideran los períodos de frecuencia alta, entre 5:00 y 23:00 de cada día. Se calcula en primer lugar el Tiempo de Espera Programado (TEP), siguiendo la tabla de pasadas (ver Anexo C), el cual arroja 3,1min. Con la operación registrada en la data, se obtiene un promedio de Tiempo de Espera Real (TER) de 5,4min. Esto implica un Tiempo de Espera en Exceso (TEE) de 2,3min.

8.6.1-Londres

Se contrastó los resultados obtenidos para Santiago aplicando el sistema de incentivos que se encuentra en el recorrido 179 de Londres. Esto quiere decir que el TEE permitido es de 1,1 minutos y por período de 20 días se paga £197.184,31 (CLP\$165MM aproximadamente).

Con el resultado anterior de 5,4min de TER, el TEP de 3,1 y considerando el umbral permitido en esta línea, se alcanzan 1,1 minutos de exceso en TEE (con el $\pm 0,1$ de zona neutra). Esto lleva a la compañía a sufrir un 10% del contrato como castigo, en el caso analizado son £4.928 o CLP\$3,9MM, para los 5 días mostrados.

Junto a lo anterior, la exigencia de millas cumplidas (lo que se puede asociar a frecuencia) es de un 98% para no sufrir multa. Tomando en cuenta que la frecuencia alcanzada es de un 91% también existe un castigo a aplicar a la compañía por este resultado²⁰.

8.6.2- Singapur

Nuevamente, se comparan las operaciones de la línea 506 con los parámetros e incentivos del recorrido 154 de Singapur. El TEE de la ruta es de 1,9 minutos.

Con lo dicho y el ya mostrado TEE de 2,3 minutos, y además considerando la zona neutra de $\pm 0,1$ minutos, el castigo es solo por 0,3 minutos. Si bien el fallo no parece excesivo, la multa es de USD\$3.000 (CLP\$1,98MM aproximadamente), considerando solo los 5 días de operación estudiados.

8.6.3- Tabla comparativa resultados operacionales observados

Al igual que en el análisis previo, se incluye una tabla comparativa:

Tabla 8: Comparación indicadores y multas con resultados operacionales reales

Sistema TP	Indicador	(In)Cumplimiento	Multa/Bono (CLP\$MM)
Santiago	ICR-I	79%	-2,2
Santiago	ICR-E	43%	-0,057
Londres	TEE	1,1	-3,9
Singapur	TEE	0,3	-1,98

El signo negativo (-) implica multa.

En este ejemplo de comparación se ve que en Londres y Singapur los incentivos asociados al indicador TEE son más exigentes frente a la misma operación. Aún más si se toma en cuenta que el indicador a aplicar en Transantiago es ICR-E, el cual entrega una multa de CLP\$0,057MM.

6- MODELACIÓN DE VARIABLES SIGNIFICATIVAS INFLUYENTES EN LA LÍNEA BASE DEL INDICADOR TIEMPO DE ESPERA EN EXCESO

Hasta ahora se ha mostrado, a partir de situaciones propuestas simuladas, operaciones reales y una revisión internacional, algunos de los problemas que existen en los indicadores del ST público de Santiago.

²⁰ En los contratos, se especifica un mínimo de millas cumplidas con respecto al total programado, sin estar explícito cual es el resultado de no cumplir con este porcentaje.

En esta sección, a la luz de lo anterior, se propone aplicar el indicador que se utiliza en Londres y Singapur, encontrando una línea de base para determinar las sanciones.

A través de regresiones lineales, se busca la relación entre el TEE aceptado para cada línea y factores que afecten este. En el caso de Londres se consideran como variables relevantes la distancia de la ruta y como aproximación a la congestión, se toma la velocidad promedio en horario punta mañana. Para Singapur, se aplican como variables explicativas el largo de ruta, como se menciona en [6], esa variable y el nivel de operación histórico es lo que marca la línea base de TEE, pero además se modela con la velocidad promedio en horario punta. Por otro lado, para este caso la velocidad promedio y la distancia están muy correlacionadas, lo que no permite se ocupen ambas en la regresión por multicolinealidad (ver Anexo G).

6.1 Londres

La información de la capital inglesa incluye 39 contratos de recorridos de alta frecuencia. Se obtuvo la velocidad promedio en horario punta-mañana de 38 de éstos.

El promedio de distancia entre ellos es de 13,3km, siendo el mayor de 20,4km y el menor de 5,0km. Como se sabe, el esquema de funcionamiento dista de Transantiago. Para Londres se tiene una gran cantidad de servicios de menor distancia, sin ser clasificados como alimentadores o troncales.

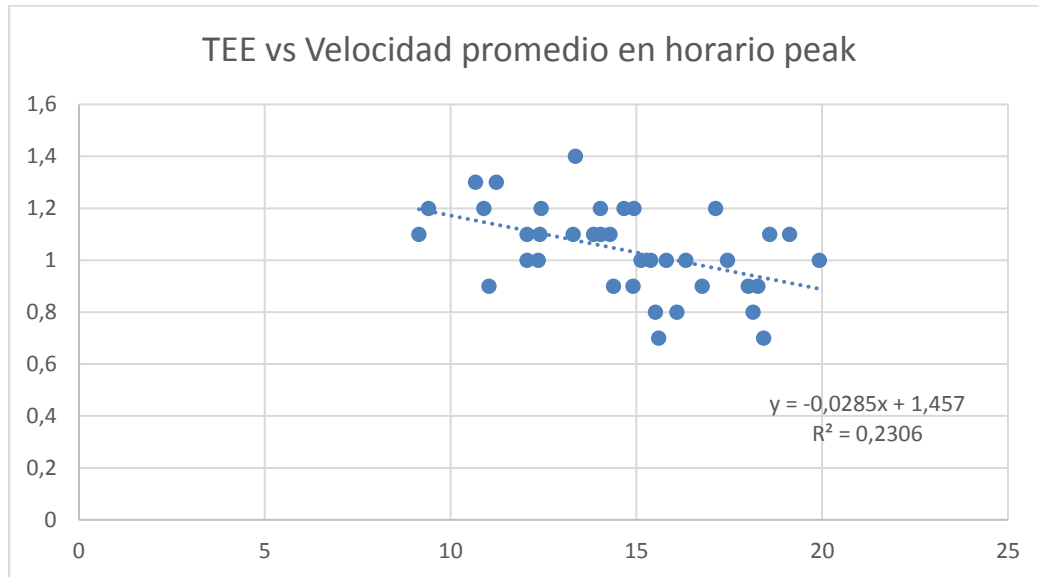
El promedio de las velocidades encontradas fue de 14,7km/h, siendo el mínimo de 9,2km/h y el máximo de 19,9km/h. Por otra parte, las líneas base de TEE tienen como promedio 1,03. (ver Anexo D).

Con esto, se plantea la primera regresión lineal:

$$TEE_i = \alpha + \beta_{Vel\ Prom.} * Vel.Prom._i + \varepsilon \quad (9.1)$$

Obteniéndose la siguiente gráfica:

Ilustración 10: Regresión lineal TEE vs Velocidad promedio en horario punta - Londres



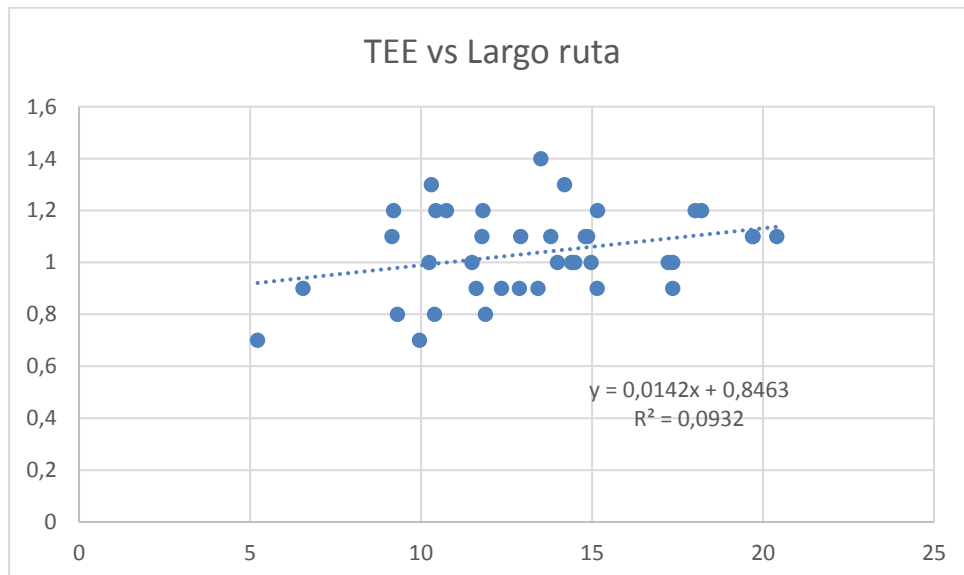
Como es de esperar, existe una correlación negativa entre el TEE y la velocidad promedio. Al ser mayor la congestión en horario punta, la velocidad disminuye, por lo que el umbral permitido para la espera debiese ser mayor. Es importante mencionar que el p-valor de la variable explicativa es de 0,002, lo que lo hace significativo.

A continuación, se muestra la segunda regresión, que considera solo el largo de la ruta:

$$TEE_i = \alpha + \beta_{Largo Ruta} * Largo Ruta_i + \varepsilon \tag{9.2}$$

A partir de los datos, se obtiene la siguiente recta:

Ilustración 11: Regresión lineal entre TEE y largo de ruta - Londres



En este caso, la varianza del TEE explicada por la variable Largo de ruta es muy bajo y el p-valor obtenido de 0,385 implica que la correlación directa entre ambas variables no es significativa.

Finalmente, se propone una regresión multivariada, considerando como variable dependiente el TEE y como variables explicativas el largo de ruta y la velocidad promedio en horario punta:

$$TEE_i = \alpha + \beta_{Vel\ Prom.} * Vel.Prom._i + \beta_{Largo\ Ruta} * Largo\ Ruta_i + \varepsilon \quad (9.3)$$

Los resultados son los siguientes:

Tabla 9: Resultados regresión múltiple - Londres

Coeficiente	Resultado	P-valor
α	1,273	$2,12 * 10^{-11}$
$\beta_{Largo\ Ruta}$	0,018	0,0049
$\beta_{Vel\ Prom.}$	-0,033	0,0002
$R^2\ ajustado$	0,353	-

El resultado es mejor que en ambos casos anteriores y ambas variables explicativas resultan significativas.

De los tres modelos presentados se prefiere el tercero, de regresión multivariada, en este se muestra una dependencia del TEE con la velocidad promedio en horario punta y el largo de ruta de cada servicio.

6.2 Singapur

El caso de Singapur es más acotado. Para este se cuenta con la información obtenida de la referencia [6], en la cual se detallan las distancias y bases para TEE. Además, se cuenta con una actualización de los resultados en [18]. Con ambas fuentes, se llega a 13 observaciones para servicios troncales.

Los datos muestran que, como es de prever por el esquema del ST público de Singapur, el largo de ruta promedio de los troncales es mayor al de Londres, de 24,6km, con un mínimo de 16,3km y máximo de 33,9. Las líneas base para TEE tienen un promedio de 1,47. (ver Anexo E y F).

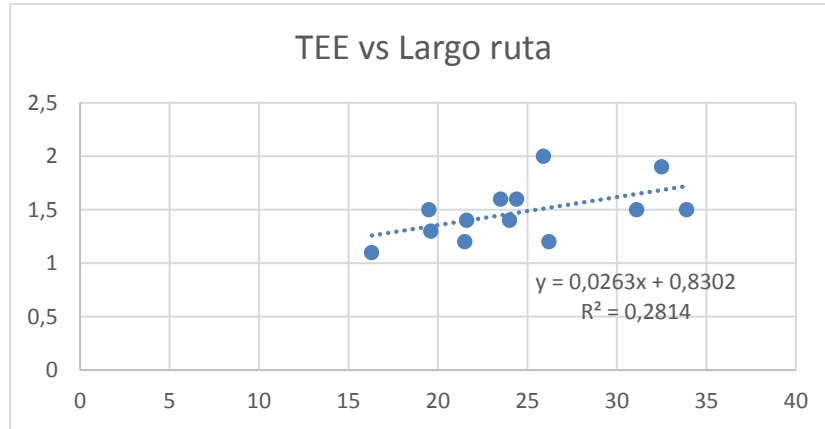
Con respecto a las velocidades en horario punta se tiene un promedio de 20,3km/h, siendo el mínimo de 13,4km/h y el máximo de 28,7km/h.

En primer lugar, la regresión lineal de TEE vs Largo de ruta:

$$TEE_i = \alpha + \beta_{Largo Ruta} * Largo Ruta_i + \varepsilon \quad (9.4)$$

Y los resultados se muestran a continuación:

Ilustración 12: Regresión lineal entre TEE y largo de ruta - Singapur



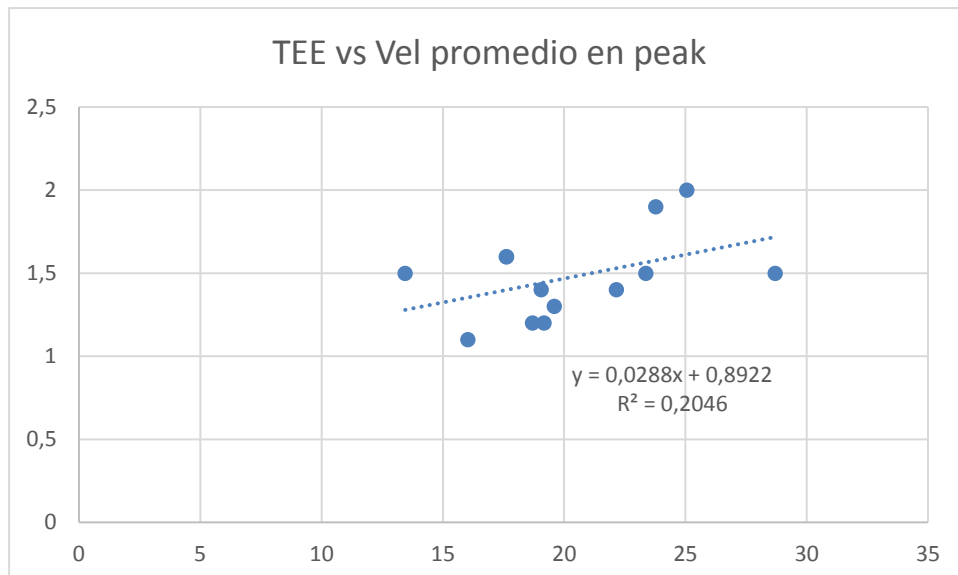
El p-valor para el coeficiente $\beta_{Largo Ruta}$ de la regresión es de 0,062. Esto quiere decir que se acepta con una confianza de hasta 94%, ligeramente por debajo de la confianza usual de 95% que se usa en estadística. Existe una correlación importante entre el largo de las rutas y el TEE, por lo que se considera, de mayor forma que en Londres, relevante esta variable.

Posteriormente, se calibra una segunda regresión lineal para Singapur, entre TEE y velocidad promedio en horario punta:

$$TEE_i = \alpha + \beta_{Vel. prom} * Vel. Prom._i + \varepsilon \quad (9.5)$$

Los resultados son los siguientes:

Ilustración 13: Regresión lineal entre TEE y velocidad promedio en horario punta - Singapur



Para esta regresión la correlación es menor y el resultado es contrario a lo previsto, dado que a mayor velocidad promedio, se tiene un mayor TEE asociado. El p-valor para la variable explicativa es de 0,12. Esto indica que la correlación puede no ser certera.

Por otra parte, entre ambas variables explicativas existe una correlación de 0,58 (disponible en el Anexo G), lo que se considera alto. Por esta razón y el resultado mostrado en la Ilustración 13, no se calibra una regresión multivariada para el caso de Singapur.

6.3 Aplicación a Transantiago

En vista de lo anterior, se aplicó los resultados obtenidos al caso de estudio del servicio-sentido 506 ida. Se elige los dos modelos que mejor representen correlación entre la variable dependiente y las explicativas, optándose con esto por la regresión multivariada de Londres (ver ecuación 9.3) y la regresión lineal entre TEE y largo de ruta para Singapur (ver ecuación 9.4).

Para esto se tomó en cuenta el largo de ruta indicado por DTPM de 32,7km²¹ y 2,0h en completar el recorrido en horario punta mañana, con lo que la velocidad es de 16,2km/h.

Con esto al aplicar a la línea 506 los modelos, se obtiene lo siguiente:

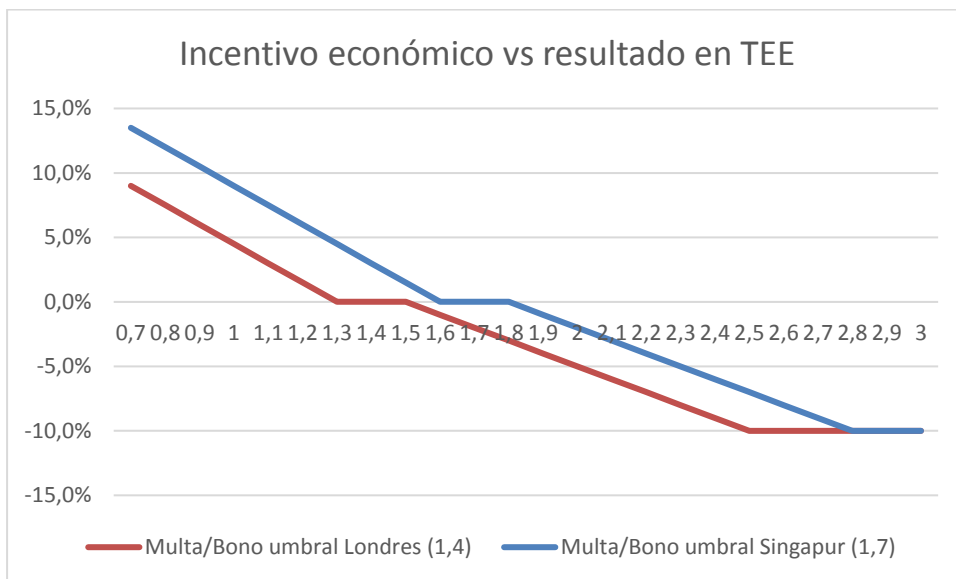
$$TEE_{506-Londres} = 1,273 - 0,033 * 16,2 + 0,018 * 32,7 = 1,35 \approx 1,4 \quad (9.6)$$

$$TEE_{506-Singapur} = 0,83 + 0,0263 * 32,7 = 1,69 \approx 1,7 \quad (9.7)$$

Frente a esto, se construye una gráfica con distintos escenarios de TEE comparando ambos resultados para el umbral del indicador en Santiago:

²¹ Se considera más apropiado calcular con este largo de ruta, dado que la línea base debe venir desde la información oficial de DTPM.

Ilustración 14: Gráfico Incentivo vs TEE obtenido, a partir de umbrales de Londres y Singapur



Con el gráfico, se hace visible la diferencia que generan en los incentivos los dos umbrales que se obtuvieron con las regresiones de Londres y Singapur, al ser aplicadas en Santiago. Como se ve, con un muy buen resultado como 0,7min en ninguno de los casos se alcanzaría el monto máximo de bonificación. Por otro lado, en los resultados negativos, si se alcanza el límite en la multa.

El definir los montos de los incentivos es una de las partes más complejas, dada la información disponible. Se desconocen los costos de entregar una oferta con mejor regularidad por parte de las concesionarias. Con esa información se podría proponer un esquema de bonos que cubra esos costos efectivamente. En general, el bono debe ser lo suficientemente alto para que incentive efectivamente un esfuerzo de mejora en los operadores, y la multa no debe ser excesivamente alta, pues el óptimo es que la empresa trabaje para evitarla, no que ésta tenga problemas financieros por su causa. Con respecto a la relación multa:bono (2:3), se decide, en principio, proponer la misma relación para Santiago, dada su aplicación y pruebas en Singapur y Londres, ya que se carece de un método para definirlo más precisamente.

Junto a eso, se debe encontrar un umbral que no imponga una meta inalcanzable, ya que el incentivo también se pierde si la probabilidad de éxito es muy baja. A la vez, tampoco puede ser de un alcance sencillo, pues se espera se deba hacer un esfuerzo real para obtener los beneficios por el privado.

Si se asume que los modelos aplican a la ciudad de Santiago y se calculan los porcentajes a multar/abonar con ambas líneas base, al TEE obtenido a partir de los datos operacionales del servicio 506, resulta como castigo un 8% del contrato para el umbral obtenido a partir de Londres (1,3), y un 5% a partir del umbral proveniente del modelo de Singapur. Como línea de investigación futura queda analizar la fijación de umbrales con información local.

Con respecto al sistema de fiscalización, se propone investigar el impacto que tendría incorporar un sistema en que no haya indicadores a nivel agregado de unidad de negocios, en cambio que cada servicio sea individual en sus operaciones. Con esto se evitaría la problemática descrita del cruce de oferta de transporte entre servicios, pero se debe estudiar la viabilidad de esto en Transantiago y si existen efectos perversos, no previstos.

A partir de lo expuesto en los modelos basados en las condiciones de contratos de Singapur y Londres, se concluye que el largo de las rutas y la congestión (medida a través de la velocidad promedio en el período punta) son variables que influyen en la fijación de la línea base del tiempo de espera en exceso.

Junto con lo anterior es relevante monitorear la evolución tanto de los indicadores como de las multas impuestas. Si el concesionario mejora y luego se hace cotidiano recibir el bono debe ajustarse la línea base y volver a hacer exigente el marco.

En resumen, el marco debiese considerar los siguientes puntos:

- Revisar los resultados por servicio (independiente de que la licitación sea por unidades de negocio o por servicio).
- Aplicar el TEE como indicador para regularidad, como una variable relevante para la calidad de servicio, independiente de una medición de cumplimiento de kilómetros programados u otra.
- Por cada 0,1 minutos de falta, descontar inicialmente un 1% de los ingresos en el período.
- Por cada 0,1 minutos de mejora en el TEE, bonificar con un 1,5% de los ingresos del período.

7- CONCLUSIONES

7.1 Resumen y discusión

Este trabajo busca encontrar un indicador y un modelo de multa/bonos que incentiven unas mejores operaciones en términos de regularidad para el sistema de transporte público de Santiago. La motivación de esta memoria está en los distintos problemas que presenta el transporte público en Santiago, donde por un lado los usuarios se ven enfrentados en algunos períodos de operación a tiempos de espera excesivos, un servicio poco confiable y espacios hacinados; y, por otro lado, algunas empresas operadoras presentan problemas financieros y por diversas razones enfrentan una evasión altísima.

En el marco teórico del trabajo, en primer lugar, se muestra que la calidad del servicio con respecto a los usuarios está afectada tanto por la frecuencia como por la regularidad de los servicios, cuestión que no es incorporada de forma adecuada en las multas que se exhiben como es mostrado en el análisis preliminar del contrato y en el análisis en base a operaciones reales.

Posteriormente, se muestra la evolución de indicadores a lo largo de la historia de Transantiago. De un inicio en el cual las ganancias estaban garantizadas para las concesionarias, se dio paso a un esquema en el que se exigía una frecuencia observada y se imponían multas por fallas en las operaciones. Es importante rescatar de esta parte la potencial mejora que existe en Transantiago, de instaurar un nuevo indicador que sea más exigente como se ha dado históricamente. Si bien hay muchos criterios que aunar, una mayor exigencia, acompañada de mayores beneficios de tener resultados operacionales positivos, a las compañías podría generar un cambio muy relevante en el servicio e impactar en otras variables problemáticas como la evasión.

La revisión internacional confirma lo recién dicho con respecto al impacto operacional. Los casos de Londres y Singapur destacan lo positivo que es instaurar programas con énfasis en la regularidad, siempre y cuando, haya incentivos positivos y negativos para los operadores de Transporte Público. Por otra parte, se muestran Sistemas de Transporte Público donde se aplica el indicador Tiempo de Espera en Exceso (TEE), el cual se puede aplicar en múltiples contextos. Como el de Londres, de un número importante de servicios, pero con distancias menores a los troncales de Santiago y donde se concibió originalmente el indicador. Y en Singapur, que cuenta con recorridos troncales, de distancias mayores y alimentadores cubriendo localidades particulares y de menor distancia.

A continuación, y a partir del resumen contractual, se encuentran situaciones problemáticas que surgen a partir de la formulación de indicadores de servicio de Transantiago. La permisividad en frecuencia es la primera de estas situaciones. Al agregar los distintos indicadores de cumplimiento frecuencia se

puede encontrar situaciones que dan opción a las empresas operadoras, de no entregar el servicio acordado en el programa de operación y no sufre multa por estas faltas. Por otra parte, y contrapuesto con lo que se muestra en el marco teórico, se encuentra lo expuesto sobre la diferencia en relevancia de frecuencia y regularidad en las multas que perciben los prestadores de servicio. Mientras el no cumplir frecuencia es castigado fuertemente (sin considerar el límite de las multas), el control de la regularidad es mucho más permisivo y la autoridad puede tomar acciones después de un plazo mayor de no cumplimiento, permitiendo de esta forma que se den situaciones problemáticas en regularidad ejercer acciones que solucionen esos conflictos y a la vez sin entregar incentivos para que no ocurran.

Luego, se analiza el comportamiento de indicadores con una línea de buses ficticia y una real de Transantiago.

El ejemplo de operaciones con una línea ficticia muestra que, con una operación simulada de buen resultado con respecto a la frecuencia y tiempos de espera, se ve que no hay un incentivo positivo para llevar a cabo operaciones que entreguen un tiempo de espera bajo con respecto al programado, pues no se percibe un beneficio económico por ello para el concesionario; contrastando con los casos internacionales, donde los bonos son una parte importante de los sistemas si es que se pretende mejorar la regularidad en las operaciones y con esto la calidad percibida por los usuarios.

Por el contrario, cuando se simula un funcionamiento irregular de una línea de buses, las multas establecidas en los contratos de Transantiago, no se condicen con lo irregular del servicio mostrado, sobre todo si se compara con el caso de Londres, donde las multas son mucho mayores.

A continuación, se trabaja en base a datos reales, correspondientes a los 5 días hábiles de la tercera semana de marzo de 2016 para la línea 506 ida operado por la empresa Metbus. Considerando que la empresa está considerada dentro de las mejores en sus resultados de indicadores, se ve una operación peor que su promedio declarado en informes de la autoridad con respecto a frecuencia y más aun con respecto a regularidad.

En este punto se vuelve a dar la diferencia antes vista entre multas por frecuencia y regularidad. Mientras por la familia de indicadores de frecuencia la multa sería de CLP\$31,2MM, el caso de la regularidad sería muy dispar, llegando a CLP\$123M por ICR-I o a CLP\$2,2MM si se considera ICR-E (por contrato, la multa a aplicar es por ICR-I).

Si se supone que las operaciones estudiadas son comunes y que, en total, como hacen presagiar las multas aplicadas, se supera con holgura el límite de las multas impuesto en el contrato, se estaría ante una amenaza no creíble por parte de la autoridad. Los incentivos económicos tienen un límite contractual muy bajo, y este costo pasaría a ser parte de los costos de las

empresas operadoras. De esta forma, deja de funcionar el incentivo en conjunto con la multa, y la empresa operadora se mantiene en un comportamiento distante al adecuado.

Es importante también mencionar, que tal y como en las situaciones simuladas, los límites de las multas de los sistemas de Londres y Singapur, son mucho mayores frente a operaciones de este tipo. Además, son más restrictos, a partir de los incumplimientos en regularidad las multas presentan niveles considerablemente superiores a lo visto en Transantiago.

Para finalizar, se modela a partir del indicador TEE, dos variables que afectan la definición de la línea base de TEE, a partir de la cual se aplican multas o bonos. Para lo anterior, se recurre a datos de líneas de buses de Londres y Singapur. Las variables que explican la línea base de TEE en los modelos planteados son la congestión (en base a velocidad promedio en horario punta) y el largo de ruta del servicio. Es así como se encuentra relaciones estadísticamente significativas entre la línea base de TEE y ambas variables explicativas seleccionadas en Londres y una relación significativa con el largo de la ruta en Singapur. Estas relaciones pueden ser útiles de manera ilustrativa para la definición de líneas base análogas en Transantiago. Al aplicar los modelos estimados al servicio 506 de Transantiago se obtuvo que la línea base de TEE debiese estar entre 1,3 y 1,7min.

Para definir las multas se propone exploratoria e inicialmente, el mismo formato de Londres, un 10% del contrato como tope, lo que implica un bono máximo de 15% para mantener la razón 2:3, la misma que se aplica en Singapur.

En resumen, este trabajo permite mostrar la relevancia que tiene dentro del sistema el fortalecer las exigencias sobre la regularidad en el servicio, tomando en cuenta que la relevancia no solo es declarada por usuarios, sino que existe un importante sustento teórico para pedir este cambio.

También, entrega un indicio de problemas en los contratos elaborados hasta ahora en Transantiago, la laxitud vista en los indicadores y multas debiese restringirse, para evitar las problemáticas que son expuestas.

Por otra parte, esta memoria muestra la relevancia que tienen las condiciones de cada servicio para fijar un umbral de TEE, en este caso congestión y largo de ruta.

Transantiago se encuentra en un momento crítico de evasión. Las razones para esto son diversas, pero el entregar un mejor servicio en términos de regularidad y confiabilidad, permitiría al menos disminuir la evasión circunstancial, es decir, cuando un bus está lleno y el usuario debe subir por una puerta trasera sin validar su tarjeta.

Los resultados que se ha obtenido en Singapur a partir de un esquema de mejoramiento de regularidad en el Transporte Público, muestran que, de aplicarse correctamente, el impacto del indicador TEE en conjunto con los incentivos en base a éste, podría ser positivo tanto para las empresas operadoras que obtendría mayores ingresos por bonos, como para usuarios, que verían reflejados estos bonos en menores tiempos de espera en exceso.

7.2 Líneas de investigación futura

En base a las contribuciones de esta memoria y los supuestos hechos en el análisis presentado, existen distintos puntos donde es necesario profundizar el análisis y la investigación hecha para disminuir las incertezas de los supuestos adoptados.

En primer lugar, falta una cuantificación sobre los costos que supone tomar medidas para tener una operación más regular (contratación de personal, adopción de tecnologías para disminuir o eliminar el apelotonamiento de buses, entre otras). Esto tiene un carácter muy relevante, ya que, en base a estos costos se puede definir con mayor certeza el nivel de multas con que se sancionará a los operadores y también los bonos que recibirán al ser compensados por ese mayor esfuerzo en sus operaciones. Si bien tomando en cuenta las actuales multas, como se ha propuesto, ya hay un piso para aplicar el marco, la profundización se aseguraría de que el bono y las multas sean lo suficientemente atractivas o persuasivas para incentivar fuertemente un buen comportamiento y operaciones con menores tiempos de espera para los usuarios.

Junto a la propuesta anterior, es importante estudiar el efecto que podría tener una licitación más corta e incorporar incentivos no asociados al número de pasajeros transportados por los conductores. En el transporte público se pagaba por pasajero transportado, lo que cambió con la puesta en marcha de Transantiago. Hoy es complicado entonces dar incentivos para entregar un buen servicio a los conductores, siendo este uno de los factores principales en la puesta en marcha de un plan de mejoramiento de regularidad, como se describe en el marco conceptual. Cualquier planificación es en vano si no se lleva a cabo considerando el comportamiento de los conductores. En contrapunto se puede proponer el mantener una estabilidad laboral por buenos servicios si se renovaran los contratos por buena performance en un período de tiempo, similar a las medidas que toma Transport for London.

Para encontrar una línea base se debe aumentar la cantidad e investigar más sobre las similitudes que existen entre Transantiago y el ST público de Singapur, esto con el fin de entregar una línea más robusta. Además, sería muy útil investigar otras variables que hayan sido influyentes en la concepción de las líneas base, para agregarlas a las regresiones. En este trabajo se contó con la velocidad promedio (que incluye movimiento y detenciones) en hora punta, como aproximación a la congestión, y el largo de la ruta, pero otras

variables como: priorización de ruta (corredor segregado, pista solo bus, sin segregación), demanda por el servicio, distancia al depósito del cabezal, entre otras, pueden afectar la variabilidad del servicio y con esto su tiempo de espera en exceso. Por esto encontrar y ocupar datos internacionales y aplicarlos para un caso a nivel nacional podría ser muy beneficioso.

Finalmente, y también muy relevante, es imperioso cuantificar los cambios operativos que trae consigo la propuesta de indicador y multa asociada. Esto, en conjunto con la exploración sobre los costos de mejorar regularidad para la empresa, terminaría de robustecer la propuesta; estimando de buena forma la relación costo-beneficio de incorporar este esquema.

8- GLOSARIO

Apelotonamiento: fenómeno producido cuando se juntan buses del mismo servicio en operación, generando esperas en exceso a usuarios.

BSRF: *Bus Service Reliability Framework* (Marco de Confiabilidad en el Servicio de Buses).

CV: coeficiente de variación.

DTPM: Dirección de Transporte Público Metropolitano.

ICF: familia de índices de cumplimiento de frecuencia.

ICR: familia de índices de cumplimiento de regularidad.

ICR-E: indicador de regularidad por tiempo de espera en exceso.

ICR-I: indicador de regularidad por incidentes.

ICR-P: indicador de regularidad por puntualidad.

ICT: índice de cumplimiento de capacidad de transporte.

Metbus: empresa concesionaria Buses Metropolitana S.A.

M: abreviación de miles.

MM: abreviación de millones.

MTT: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

PO: programa de operaciones, dictado por la DTPM.

SSPD: indicador de frecuencia agregado por servicio-sentido-período-día.

SSPM: indicador de frecuencia agregado por servicio-sentido-período-mes.

SSM: indicador de frecuencia agregado por servicio-sentido-mes.

ST: sistema de transporte.

TEE: tiempo de espera en exceso, del inglés *Excess waiting time*.

TER: tiempo de espera real, del inglés *Actual waiting time*.

TEP: tiempo de espera programado, del inglés *Scheduled waiting time*.

TfL: *Transport for London* (Transporte para Londres), organismo público encargado de dirigir el transporte público en la capital inglesa.

TP: transporte público.

UN: unidad de negocio.

UNM: indicador de frecuencia agregado por Unidad de Negocio-mes.

9- BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. C. Muñoz y A. Gschwender, «Transantiago: A tale of two cities,» *Research in Transportation Economics*, vol. 22, nº 1, pp. 45-53, 2008.
- [2] J. Arriagada, «Modelamiento del Fenómeno de Apelotonamiento de Buses,» Santiago, 2016.
- [3] Dirección de Transporte Público Metropolitano, *Informe de Gestión 2014*, Santiago, 2015.
- [4] P. Beltrán, A. Gschwender y C. Palma, «The impact of compliance measures on the operation of a bus system: The case of Transantiago,» *Research in Transportation Economics*, vol. 39, pp. 78-89, 2013.
- [5] Transport for London, «Annual Performance Summary,» Londres, 2016.
- [6] W. Leong, K. Goh, S. Hess y P. Murphy, «Improving bus service reliability: The Singapore Experience,» *Research in Transportation Economics*, pp. 1-10, 2016.
- [7] A. Gschwender, *Caracterización Microeconómica de la Operación del Transporte Público Urbano: Un Análisis Crítico*, Santiago, 2000.
- [8] E. Osuna y G. Newell, «Control Strategies for an Idealized Public Transportation System,» *Transportation Science*, pp. 52-72, 1972.
- [9] Mayor of London, «London Data Store,» DataPress, 2015. [En línea]. Available: <http://data.london.gov.uk/>. [Último acceso: 8 Julio 2016].
- [10] A. Debnath, H. Choor Chin, M. Haque y B. Yuen, «A methodological framework for benchmarking smart transport cities,» *Cities*, vol. 37, pp. 47-56, 2014.
- [11] D. Candia, «Recomendaciones de Regulación y Estructura de Transantiago Basadas en el Análisis Crítico Situación Nacional e Internacional,» Santiago, 2016.
- [12] Transport for London, «London's Bus Contracting and Tendering Process,» Londres, 2015.
- [13] Transport for London, «Transport for London - Using Tools, Analytics and Data to Inform Passengers,» Journeys, Londres, 2013.
- [14] London Buses Limited - Metroline Bus, «Framework Agreement,» Londres, 2011.
- [15] Dirección de Transporte Público Metropolitano, «Ranking Calidad de Servicio de Empresas Concesionarias de Transantiago,» Santiago, 2016.
- [16] J. C. Muñoz y L. Paget-Seekins, *Restructuring public transport through Bus Rapid Transit*, Bristol: Policy Press, 2016.
- [17] Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, «Dirección de Transporte Público Metropolitano: Contratos,» [En línea]. Available: <http://www.dtpm.cl/index.php/2013-04-29-20-33-57/contratos>. [Último acceso: 25 Julio 2016].
- [18] W. Leong, K. Goh, S. Hess y P. Murphy, «Results of Third BSRF Assessment Period,» 2016.

10- ANEXOS

Anexo A: Definición de Períodos (largos)

Tabla 10: Definición de períodos en un día

Hora inicio	Hora término	Período
0:00	0:59	1- Pre nocturno madrugada
1:00	5:29	2- Nocturno
5:30	6:29	3- Transición nocturno
6:30	8:29	4- Punta mañana
8:30	9:29	5- Transición punta mañana
9:30	12:29	6- Fuera de punta mañana
12:30	13:59	7- Punta mediodía
14:00	17:29	8- Fuera de punta tarde
17:30	20:29	9- Punta tarde
20:30	21:29	10- Transición punta tarde
21:30	22:59	11- Fuera de punta nocturno
23:00	23:59	12- Pre nocturno noche

Anexo B: Pasadas exigidas por período - 506 Ida

Tabla 11: Pasadas programadas por período de 30min

Período	Pasadas programadas
0:00:00	2
0:30:00	1
1:00:00	2
1:30:00	1
2:00:00	1
2:30:00	1
3:00:00	1
3:30:00	1
4:00:00	1
4:30:00	1
5:00:00	3
5:30:00	6
6:00:00	6
6:30:00	6
7:00:00	6
7:30:00	6
8:00:00	4
8:30:00	4
9:00:00	4

9:30:00	5
10:00:00	4
10:30:00	5
11:00:00	4
11:30:00	5
12:00:00	4
12:30:00	6
13:00:00	5
13:30:00	5
14:00:00	5
14:30:00	5
15:00:00	5
15:30:00	5
16:00:00	5
16:30:00	5
17:00:00	5
17:30:00	5
18:00:00	4
18:30:00	5
19:00:00	4
19:30:00	4
20:00:00	4
20:30:00	4
21:00:00	4
21:30:00	4
22:00:00	3
22:30:00	3
23:00:00	2
23:30:00	2

Anexo C: Horarios programados - 506 Ida, entre 5:00h y 23:00h

Tabla 12: Horarios programados de pasadas - 506 Ida

Horarios programados					
5:00:00	7:36:00	10:42:00	13:38:50	16:24:00	19:25:55
5:10:00	7:41:00	10:48:00	13:43:50	16:30:00	19:32:44
5:20:00	7:46:15	10:54:00	13:49:50	16:36:00	19:39:33
5:30:00	7:52:45	11:01:25	13:54:50	16:42:00	19:46:22
5:35:00	7:58:45	11:09:10	14:00:00	16:48:00	19:53:11
5:40:00	8:05:44	11:16:00	14:06:00	16:54:00	20:01:10
5:45:00	8:12:43	11:22:30	14:12:00	17:00:00	20:09:09
5:50:00	8:19:42	11:30:00	14:18:00	17:06:00	20:17:08

5:55:00	8:26:41	11:36:00	14:24:00	17:12:00	20:25:07
6:00:00	8:32:42	11:42:00	14:30:00	17:18:00	20:32:07
6:05:00	8:40:42	11:48:00	14:36:00	17:24:00	20:39:17
6:10:00	8:48:00	11:54:00	14:42:00	17:30:00	20:46:17
6:15:00	8:55:00	12:00:00	14:48:00	17:36:49	20:53:17
6:20:00	9:02:00	12:07:30	14:54:00	17:43:38	21:01:00
6:25:00	9:09:00	12:15:00	15:00:00	17:50:27	21:08:00
6:31:00	9:16:00	12:22:30	15:06:00	17:57:16	21:15:00
6:36:00	9:23:00	12:30:00	15:12:00	18:04:05	21:23:00
6:41:00	9:30:00	12:35:38	15:18:00	18:10:55	21:30:00
6:46:00	9:36:00	12:41:15	15:24:00	18:17:44	21:39:00
6:51:00	9:42:00	12:46:53	15:30:00	18:24:33	21:48:00
6:56:00	9:48:00	12:52:30	15:36:00	18:31:22	21:57:00
7:01:00	9:54:00	12:58:08	15:42:00	18:38:11	22:06:00
7:06:00	10:00:00	13:03:45	15:48:00	18:45:00	22:15:00
7:11:00	10:07:30	13:09:00	15:54:00	18:51:49	22:24:00
7:16:00	10:15:00	13:14:00	16:00:00	18:58:38	22:33:00
7:21:00	10:22:30	13:20:00	16:06:00	19:05:27	22:42:00
7:26:00	10:30:00	13:26:40	16:12:00	19:12:16	22:51:00
7:31:00	10:36:00	13:32:40	16:18:00	19:19:05	23:01:00

Anexo D: Datos de EWT, largo de ruta y velocidad promedio en hora peak - Londres

Tabla 13: Detalles data - Londres

Servicio	Largo	Vel media en hora peak [km/h]	EWT
7	9,15	9,15	1,1
8	9,2	9,403747871	1,2
34	17,36	15,80576631	1
49	10,3	11,23636364	1,3
51	19,71	14,04513064	1,1
54	17,23	15,38392857	1
71	9,96	15,60313316	0,7
75	13,99	12,06034483	1
96	20,4	19,125	1,1
100	10,24	12,36217304	1
102	19,69	13,84994138	1,1
112	10,74	17,13829787	1,2
122	18,2	12,43735763	1,2
165	17,36	18,27368421	0,9
179	13,79	13,3022508	1,1
192	12,88	14,39106145	0,9
205	14,2	10,67669173	1,3

228	15,16	14,03703704	1,2
252	13,42	18,01342282	0,9
256	10,4	18,13953488	0,8
261	14,4	17,45454545	1
262	11,88	16,09029345	0,8
281	18,02	14,67028494	1,2
283	10,43	14,93556086	1,2
286	14,97	16,33090909	1
319	11,81	10,90153846	1,2
332	12,91	14,29151292	1,1
364	12,35	14,90945674	0,9
365	15,15	16,77121771	0,9
391	13,5	13,36633663	1,4
393	14,5	15,13043478	1
414	11,78	12,06143345	1,1
472	11,49	19,92485549	1
473	9,31	15,51666667	0,8
486	14,87	18,5875	1,1
C3	6,55	11,03932584	0,9
e1	5,22	18,42352941	0,7
e3	14,8	12,40223464	1,1

Anexo E: Datos EWT, largo de ruta y velocidad promedio en hora peak - Singapur

Tabla 14: Detalles data - Singapur

Servicio	Largo	Vel media en hora peak [km/h]	EWT
3	19,5	13,44827586	1,5
39	26,2	19,17073171	1,2
154	32,5	23,7804878	1,9
176	23,5	17,625	1,6
188	21,6	19,05882353	1,4
52	25,9	25,06451613	2
853	31,1	28,70769231	1,5
58	21,5	18,69565217	1,2
171	33,9	23,37931034	1,5
851	24	22,15384615	1,4
130	16,3	16,03278689	1,1
163	19,6	19,6	1,3
175	24,4	17,63855422	1,6

Anexo F: Recorridos loop de Singapur

Tabla 15: Detalles data sin utilizar - Singapur

Otros recorridos loop	Tipo
858a	Short trip
17a	Short trip
184a	Short trip
189a	Short trip
302	Feeder
911	Intra town
962a	Short trip
228	Feeder
241	Feeder
242	Feeder
292	Feeder
325	Feeder
354	Feeder
901	Feeder
975	Trunk
63	Trunk
857	Trunk
180	Trunk

Anexo G: Correlación entre velocidad promedio en hora peak y largo de ruta - Singapur

Ilustración 15: Regresión lineal entre Velocidad media en hora peak vs largo de ruta

