



OPERADORES DE BRT ANTE EL RETO DE LA ELECTRIFICACIÓN

El caso de Metrobús en la Ciudad de México
Febrero 2023





Sobre el uso del término “Operadores”

En esta publicación se entiende como “Operadores” a las entidades privadas o públicas que asumen la operación de líneas de autobuses en servicios de transporte público, y no al conjunto de personas operadoras encargadas del manejo de las unidades.

Por compromiso con el uso del lenguaje incluyente en ITDP, no se hizo uso del masculino genérico en ningún momento para describir a grupos de personas.

Elaboración:

Félix Vidal

Coordinación:

Santiago Fernández

Revisión:

César Hernández
Bernardo Baranda

Imagen portada:

César Hernández

Agradecimientos: Agradecemos a todas las personas que apoyaron la realización de este estudio a través de su participación en entrevistas y compartiendo información. Especialmente Patricia Becerra Salazar, Mariana Bulos Rodríguez, Ricardo Delgado Reynoso, Candi Domínguez Manjarrez, Francisco Javier García Olvera, Ricardo Giesen Encina, Rafael Gochez Magaña, Marcel Gómez Pecina, Héctor Nájera Fuentes, Luisa Juya Gutiérrez, Amilcar López Zepeda, Héctor Moya Martín, Rodrigo Ramos Martínez, Deysi Rodríguez Aponte, José Sánchez Armas, y Fredy Velázquez Jiménez.

1. Introducción	1
1.1 Objetivo y alcance del reporte	2
1.2 Metodología	2
1.3 Organización del reporte	4
2. Electrificación de rutas de BRT: implicaciones financieras e institucionales	5
3. Estudio de casos: Avances en la electrificación de flotas en América Latina	8
3.1 Caso de estudio: Santiago de Chile	8
3.2 Caso de estudio: Bogotá, Colombia	11
3.3 Caso de estudio: Área Metropolitana de Guadalajara, México	13
3.4 Ventajas y nuevos desafíos asociados a la especialización de los actores privados	14
4. Plan de mejora tecnológica de la flota de Metrobús	17
4.1 Estrategia para la renovación de flota	17
4.2 Piloto en la línea 3: llegada de las primeras unidades eléctricas	17
5. Análisis de perspectiva de las empresas operadoras de Metrobús	19
5.1 Principales resultados de entrevistas realizadas	19
6. Recomendaciones para el desarrollo del plan de mejora tecnológica	22
6.1 Facilitar la integración de nuevos actores	22
6.2 Mitigar el riesgo de conflicto entre actores privados	23
6.3 Considerar las diferentes capacidades de los operadores	25
6.4 Mecanismos de aprendizaje y apoyo técnico para operadores	26
7. Conclusión	27
Referencias	28

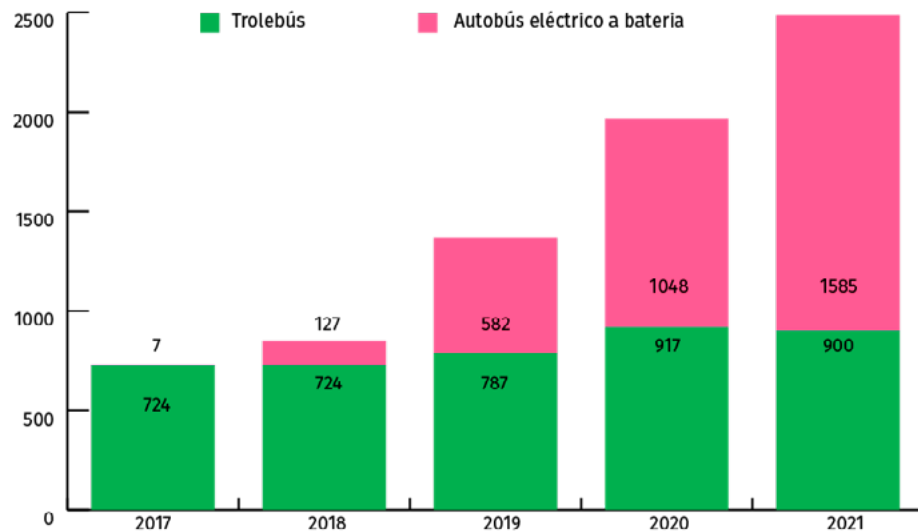
Gráfica 1	Aumento de la flota de autobuses eléctricos en América Latina	1
Gráfica 2	Comparación de la repartición de costos entre autobuses eléctricos a batería y a diésel	4
Gráfica 3	Arreglo contractual entre Metbus, Enel y Transantiago	7
Gráfica 4	Modelo actual de licitación del BRT de Santiago de Chile	8
Gráfica 5	Modelo de licitación Transmilenio	10
Gráfica 6	Modelo de operación de la línea eléctrica de SITREN	12
Gráfica 7	Modelo de operación de las unidades eléctricas de la línea 3 de Metrobús	17
Tabla 1	Ventajas y nuevos desafíos asociados a la especialización de los actores privados y la separación de la provisión y la operación de la flota	15
Tabla 2	Resumen de hallazgos principales de las entrevistas a operadores de Metrobús	21
Figura 1	Metodología del estudio	2
Figura 2	Ejemplos de costos de CAPEX, OPEX	4
Figura 3	Integración y especialización de actividades en los arreglos institucionales para la operación de líneas de BRT	5
Figura 4	Licitaciones diferidas y acopladas	24

1

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la flota de autobuses eléctricos ha aumentado rápidamente en América Latina. Este aumento se atribuye sobre todo al aumento de autobuses eléctricos de batería que, en menos de 5 años, han pasado de representar una proporción marginal del mercado a presentarse como una opción económica y técnicamente viable, inclusive en cantidades mayores que otras opciones, como los trolebuses (Gráfica 1).

Gráfica 1: Aumento de la flota de autobuses eléctricos en América Latina



Fuente: Elaboración propia con datos de Ebus radar (2022)

En Latinoamérica, Chile y Colombia son líderes en electrificación de sus rutas de autobuses gracias a un desarrollo rápido de su flota de autobuses de batería así como en su infraestructura de recarga. México queda en tercer lugar, aunque todavía está muy atrasado en el desarrollo de rutas con autobuses a batería y cuenta con una flota principalmente compuesta por trolebuses (ebus radar, 2021). Aún así, las principales zonas metropolitanas del país han anunciado su intención de electrificar progresivamente sus flotas de autobuses. En la Ciudad de México, ya han empezado a operar autobuses a batería en el sistema de BRT Metrobús a nivel de piloto, que podría traducirse por un aumento rápido de la flota de este tipo unidades como parte del plan de mejora tecnológica del sistema.

Este progreso se debe al interés creciente de los gobiernos locales por invertir modos de transporte sustentables, pero sobre todo, a la reducción de los costos de adquisición de flotas eléctricas. Así, aunque el precio de adquisición de los vehículos eléctricos permanezca relativamente más alto que el de las unidades a diésel, los menores costos operativos a lo largo del tiempo lo llevan a ser una opción más competitiva económicamente que las tecnologías a combustión (ZEBRA, 2022a; ZEBRA, 2022b; UITP, 2021; C40, 2020; C40, 2019).

Los autobuses eléctricos y los de tecnología de combustión interna presentan costos totales de propiedad similares, sin embargo, la alta inversión requerida para electrificar su flota todavía supone una barrera para los operadores. Así, si estos tienen que adquirir la flota y la infraestructura de recarga para empezar sus operaciones, deben asumir una inversión inicial más alta. Para superar esta barrera, muchos sistemas de BRT tratan de modificar sus reglas de operación para que una empresa tercera adquiera la flota y la ponga a disposición del operador o de la autoridad de transporte.

Así, la electrificación de las rutas, presenta un doble reto para los operadores. Desde un punto de vista técnico, estos deben adaptarse para poder operar con una tecnología nueva. Más importante aún, deben decidir entre asumir inversiones iniciales mayores, o como están haciendo algunas ciudades latinoamericanas, transicionar hacia modelos de negocio innovadores, en el que otros actores realicen parte de esta inversión y asuman algunos de los riesgos que implica.

1.1

OBJETIVO Y ALCANCE DEL REPORTE

El objetivo principal de este estudio es generar información útil para personas tomadoras de decisión, pertenecientes a autoridades de transporte público, que se encuentren en proceso de transición a flotas eléctricas. El contenido se elaboró con especial énfasis en los operadores del sistema de BRT de la Ciudad de México, Metrobús, que a través de un proceso de mejora tecnológica planea aumentar el número de autobuses eléctricos. Sin embargo, los aprendizajes pueden ser útiles para otras ciudades Latinoamericanas que busquen transitar hacia tecnologías más sostenibles y menos contaminantes. Este reporte pretende complementar la discusión de los beneficios técnicos y sociales de la transición a flotas eléctricas de transporte público (C40, 2019; UITP, 2021), centrandolo en el análisis en la perspectiva de los operadores privados. En este sentido, no se describen factores técnicos directamente relacionados al cambio de tecnología para centrar el análisis en torno a consideraciones institucionales y contractuales.

En el sistema Metrobús como otros en América Latina, muchos de los sistemas de autobuses operan a través de contratos de concesión con operadores privados, quienes son los que proveen el servicio a los usuarios. Como actores clave del sistema, es necesario comprender su percepción frente a los nuevos modelos de negocio, financiamiento y operación que implica una nueva tecnología, para diseñar esquemas que beneficien de manera conjunta a los distintos actores del sistema.

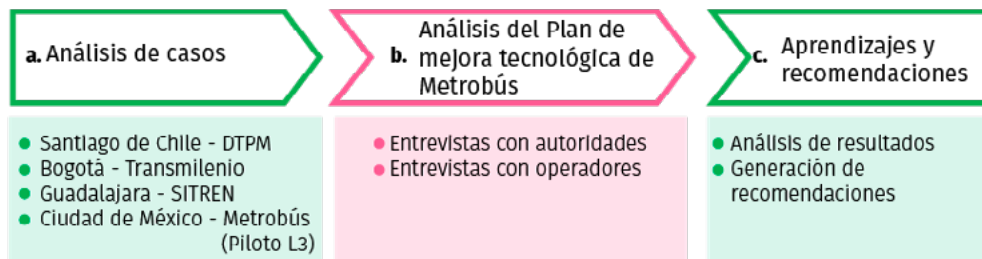
A través de entrevistas y la revisión de la literatura disponible, se analizaron casos clave en la región para entender el papel que tienen los operadores en los nuevos modelos de negocios y contractuales que han sido implementados para facilitar la electrificación de las líneas, las barreras que han encontrado en el proceso y cómo perciben estos posibles cambios. A partir de este análisis se identifican algunas medidas que pueden adoptar las autoridades de transporte para mitigar posibles barreras y resistencias que podrían surgir en el proceso de electrificar sus flotas.

1.2

METODOLOGÍA

Para la elaboración de este estudio, de abril a diciembre de 2021 el equipo de ITDP realizó un estudio de escritorio y entrevistó a 14 actores claves de 4 ciudades latinoamericanas, incluyendo 5 entrevistas a operadores privados de flotas de sistemas de BRT. La metodología seguida se dividió en 3 fases:

Figura 1: Metodología del estudio



Fuente: Elaboración propia

A. ANÁLISIS DE CASOS

Se estudiaron 4 casos de sistemas de transporte en México y en Latinoamérica que destacan por tener una flota particularmente importante de autobuses eléctricos a batería, o por su relevancia para el proceso de electrificación de Metrobús. Estos estudios de caso se realizaron por medio de una revisión de fuentes secundarias y entrevistas con operadores, autoridades y personas expertas de cada ciudad y sistema de transporte público.

Se analizaron los ejemplos de Santiago de Chile y Bogotá, quienes cuentan con las mayores flotas de autobuses eléctricos en América Latina. Adicionalmente, se estudió la primera línea operada exclusivamente con autobuses eléctricos a batería en México, ubicada en el Área Metropolitana de Guadalajara, así como, la introducción de vehículos eléctricos en la Línea 3 de Metrobús.

B. ESTUDIO DEL PLAN DE MEJORA TECNOLÓGICA DE METROBÚS: AVANCES Y PERCEPCIONES

Tras el análisis de los casos de estudio, se analizó el plan de mejora tecnológica de Metrobús para tratar de entender los objetivos de las autoridades, los avances hasta la fecha y, las posibles percepciones de los operadores ante la transición a un sistema eléctrico.

Se entrevistaron a operadores del sistema de Metrobús y personas tomadoras de decisión. En total, se realizaron entrevistas a mayor profundidad con personas tomadoras de decisión del área de planeación, de operaciones y jurídica en Metrobús, y con representantes de cuatro empresas operadoras del sistema. Las empresas operadoras consultadas cuentan con flotas de entre 26 y 90 unidades. A la fecha de la entrevista, dos de ellas habían emprendido un proceso para poner en operación autobuses eléctricos, y una de ellas ya los tenía en funcionamiento. De las cuatro empresas contactadas, 2 operan una línea en conjunto con otros operadores y 2 las operan solas.

Además, se analizaron fuentes secundarias facilitadas por la administración de Metrobús, obtenidas en la prensa y en páginas oficiales, así como, intervenciones de las autoridades de Metrobús en eventos públicos destinados a profesionales del sector.

C. APRENDIZAJES Y RECOMENDACIONES

Finalmente, tras el análisis de estas fuentes, se identificaron los principales retos a superar para agilizar el proceso de electrificación de los corredores de Metrobús y se proponen algunas de las estrategias observadas en los estudios de caso para generar recomendaciones. Estos aprendizajes preliminares se sometieron a personas funcionarias de Metrobús para obtener su retroalimentación antes de proceder a la disseminación de este reporte.

1.3

ORGANIZACIÓN DEL REPORTE

Después de esta introducción, se incluye una sección sobre las implicaciones financieras e institucionales que conllevan la adopción de unidades eléctricas para la operación de rutas de autobuses basados en los resultados del estudio. A continuación, se explica el análisis de casos y de la literatura disponible. Esta sección describe en términos generales las características de los modelos integración y presenta los casos de Bogotá, Santiago de Chile y Guadalajara. La tercera sección presenta los avances que Metrobús en su estrategia de mejora de flota, incluyendo el piloto de electrificación de la Línea 3. La cuarta sección está dedicada a los resultados de las entrevistas realizadas a operadores de Metrobús sobre percepción de los autobuses de cero emisiones, los modelos de arrendamiento, así como las barreras que perciben para transicionar hacia el uso de una nueva tecnología o a la adopción de un nuevo modelo de negocios. La sección 5 muestra las recomendaciones que emanan del estudio realizado, enfocadas al sistema de Metrobús pero pudiendo tener un alcance en otros sistemas similares. El reporte cierra con una conclusión que retoma los principales hallazgos del estudio.

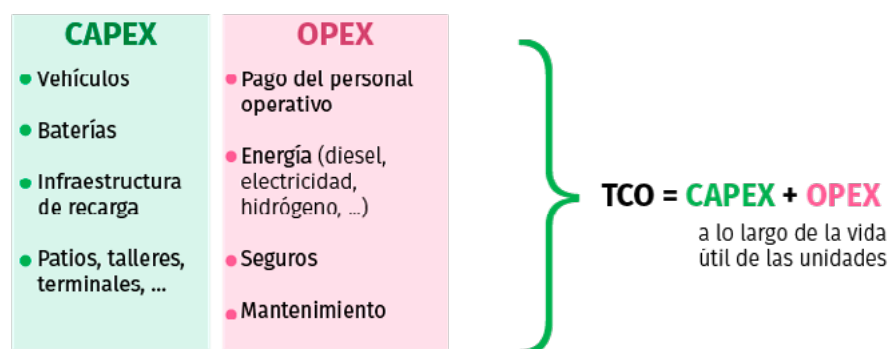
2

ELECTRIFICACIÓN DE RUTAS DE BRT: IMPLICACIONES FINANCIERAS E INSTITUCIONALES

El reciente desarrollo de la electromovilidad en América Latina ha sido acompañado por innovaciones contractuales en los modelos de financiamiento de las flotas de BRT. Esto se debe a que esta nueva tecnología implica cambios en el modelo de negocios de los operadores. En efecto, aunque los autobuses eléctricos a batería sean una opción más viable económicamente que los autobuses de combustión interna, la diferencia en la distribución de costos implica modificaciones en el modelo de financiamiento y la operación de líneas.

Los costos que implica operar una línea de autobuses se dividen entre **Costos de Capital** (CAPEX, por su abreviación del inglés “capital expenditure”) y **Costos de Operación** (OPEX, abreviación de “operating expenditure”) (Ver Figura 2). La suma de estos dos tipos de costos es el **Costo Total de Propiedad** (TCO, por sus siglas en inglés), que considera estos costos a lo largo de la vida útil de un autobús.

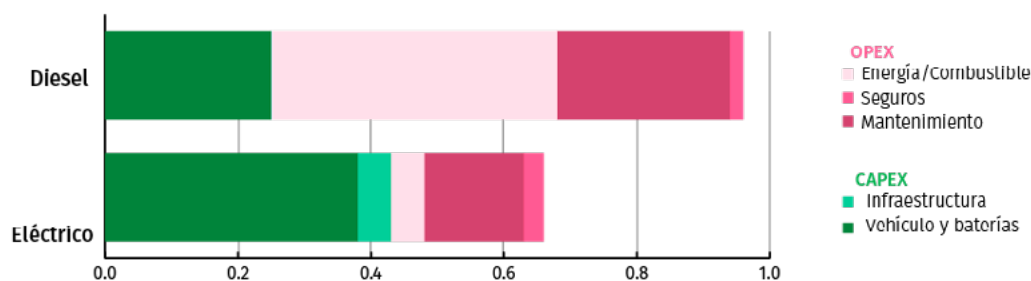
Figura 2: Ejemplos de costos de CAPEX y OPEX.



Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 2 se muestra una comparación de la estructura de costos de una flota de autobuses de combustión interna a una flota eléctrica. En primer lugar se puede observar que el TCO de una flota eléctrica es más bajo. Sin embargo, la proporción CAPEX en los costos totales de la operación de líneas eléctricas es considerablemente más alta que en líneas con vehículos a diesel. Por lo tanto, a pesar de suponer en la actualidad una opción tecnológica económicamente viable, los autobuses eléctricos presentan un desafío en cuanto a la inversión inicial requerida.

Gráfica 2: Comparación de la repartición de costos entre autobuses eléctricos a batería y a diésel.¹



Fuente: Elaboración propia con base en ZEBRA (2022)²

¹ El estudio usado como base (ZEBRA, 2022a) excluye los costos de mano de obra del personal operativo y toda infraestructura que no sea la infraestructura eléctrica y de recarga del cálculo del TCO. Se consideró que estos costos permanecen relativamente similares entre una tecnología y otra.
² El propósito de esta gráfica es de mostrar cómo la electrificación de flotas puede afectar la repartición de costos entre CAPEX y OPEX basándose en el estudio comparativo del TCO de Autobuses a diésel y eléctricos en Santiago de Chile (ZEBRA, 2022a). Es indispensable tener en cuenta que una gran cantidad de factores pueden afectar la repartición de costos como la tecnología seleccionada, el costo de la energía, la mano de obra, la topografía de la línea, o incluso el clima (ZEBRA, 2022a; ZEBRA, 2022b; UITP, 2021; C40, 2020; C40, 2019).

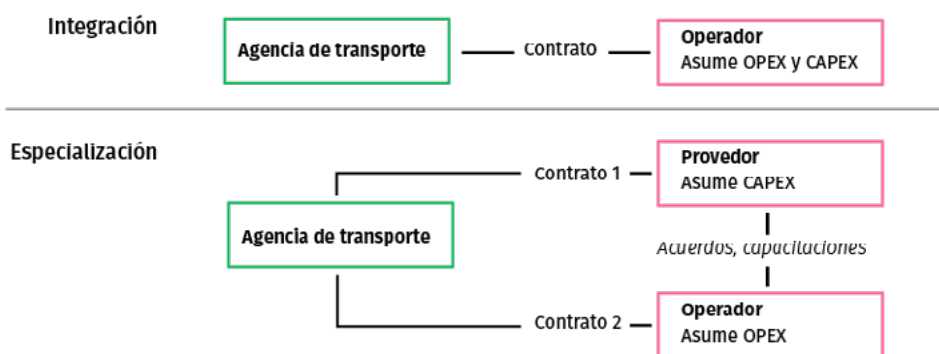
En resumen, los principales elementos en la estructura de costos que implican replantear los modelos de concesión y contratación son los siguientes:

- Si bien el costo de esta tecnología ha disminuido considerablemente, la puesta en marcha de autobuses eléctricos todavía requiere una inversión relativamente mayor en capital fijo o CAPEX. Así, los vehículos eléctricos siguen siendo más caros que los modelos equivalentes a diésel, y además, requieren de una inversión importante en baterías e infraestructura de recarga para poder operar.
- A pesar de ello, los costos de operación, u OPEX resultan significativamente más bajos. En particular, el costo del mantenimiento y de la energía resultan más baratos.
- Además, las unidades pueden tener una vida útil más larga si se reemplaza su batería al menos en una ocasión. Por estos factores, el Costo Total de Propiedad (o TCO, por sus siglas en inglés) de las unidades eléctricas ya es similar o menor que el de las unidades a diésel.³

Los arreglos tradicionales para la operación de líneas de transporte público de autobuses promueven la integración de actividades (ver Figura 3). En esta situación, la autoridad responsable otorga contratos o concesiones directamente a los operadores, quienes son los encargados de financiar, mantener y operar la flota. Así, comúnmente con líneas de autobuses a diésel, las autoridades integran en únicas licitaciones la provisión, operación y mantenimiento de la flota, e incluso, algunas ocasiones, la provisión de los patios de encierro.

Debido a los retos que plantea un cambio en la estructura de costos, particularmente un CAPEX más elevado, el sector público y privado han requerido implementar innovaciones contractuales e institucionales para atraer nuevos actores con la capacidad de realizar las inversiones necesarias para la electrificación de líneas de autobuses. El estudio de casos muestra que las ciudades pioneras en electrificar sus rutas de BRT a gran escala rediseñaron el arreglo institucional por el cual licitaban la provisión y operación de los autobuses y la infraestructura (ver sección 3). En efecto, se observa una tendencia hacia un modelo de especialización, en el cual es común que el actor que provea las unidades y/o la infraestructura, pase a ser un actor diferente al encargado de operar las líneas (Ver Figura 3).

Figura 3: Integración y especialización de actividades en los arreglos institucionales para la operación de líneas de BRT



Fuente: Elaboración propia⁴

³ Es necesario realizar un estudio de Costo Total de propiedad que considere todos los factores financieros y operativos de la línea para determinar la viabilidad financiera del uso de unidades eléctricas. Sin embargo, los casos de estudios publicados muestran que, en la actualidad en México, es posible tener un mejor desempeño financiero con unidades eléctricas que con unidades a diésel (ZEBRA, 2022b; C40, 2019).

⁴ Simplificación de los modelos observados en los estudios de caso presentados en la sección 3.

Al integrar más actores privados en los arreglos institucionales, estos pasan a tener actividades más especializadas, integrando menos componentes en su modelo de negocios y logrando una mejor distribución de los riesgos asociados a la operación y financiamiento de una nueva tecnología. En particular, las empresas operadoras asumen una menor parte de la inversión y del riesgo de adquirir una flota con una nueva tecnología. Sus actividades se centran de manera casi exclusiva en la operación de las unidades, y en algunos casos, en su mantenimiento. A su vez, el riesgo de financiamiento es asumido por aquellos actores que están en una mejor posición para asumirlo, como las autoridades gubernamentales, o incluso otros actores no convencionales, como las empresas de energía, armadoras o entidades financieras.

La modificación de los arreglos institucionales, el modelo empresarial y operacional de las empresas operadoras se ven afectados. Este factor debe ser considerado por las autoridades, para facilitar la transición de las empresas operadoras a la nueva tecnología y los nuevos modelos de negocio, contractuales e institucionales asociados. A continuación, se muestran algunos ejemplos de ciudades de la región que han transitado hacia modelos con mayor especialización.

3

ESTUDIO DE CASOS: AVANCES EN LA ELECTRIFICACIÓN DE FLOTAS EN AMÉRICA LATINA

3.1

CASO DE ESTUDIO: SANTIAGO DE CHILE

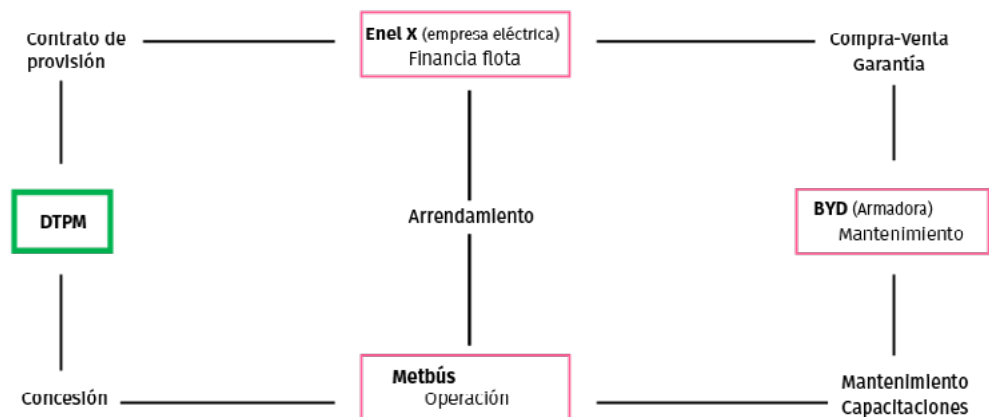
La capital chilena fue pionera en la región en desarrollar su flota eléctrica. Actualmente, cuenta con la mayor flota de autobuses eléctricos de América Latina con 776 unidades en operación⁵, y espera poner en operación 991 unidades nuevas en 2022⁶. Además, el proceso de electrificación y especialización de las actividades de los actores privados fue en un principio el resultado de la iniciativa de la empresa operadora Metbus.

En los últimos años, Metbus, consciente de la necesidad de mejorar la calidad de su servicio de transporte público y la percepción que tenían las personas usuarias del sistema de autobuses, tomó la iniciativa para renovar su flota buscando orientarse hacia la compra de vehículos eléctricos.

Una de las primeras dificultades que se encontró fue que las entidades financieras tradicionales no estaban dispuestas a asumir el riesgo que suponía la adquisición de los vehículos, al ser percibidos como una tecnología demasiado reciente. Además, Metbus estaba limitada por la naturaleza de su contrato de operación con el Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM), la entidad reguladora del sistema⁷. Por un lado, su concesión llegaría a su fin en tres años y la empresa transportista era responsable por la adquisición y operación de las unidades, los patios de encierro y la infraestructura asociada. Así, la empresa habría tenido que financiar la infraestructura de recarga y la adquisición de los vehículos en un periodo demasiado corto para que la operación fuera económicamente viable.

Para superar estas limitaciones, Metbus se asoció con Enel, una empresa de energía eléctrica, que financió la compra de los autobuses eléctricos.⁸

Gráfica 3: Arreglo contractual entre Metbus, Enel y Transantiago



Fuente: Elaboración propia⁴

⁵ Fuente: E-bus radar. Diciembre 2021.

⁶ Moya. Comunicación Personal, noviembre 2021.

⁷ Directorio de Transporte Público Metropolitano. Entidad nacional encargada del sistema de transporte de la capital www.dtpm.cl/index.php/homepage/directorio-de-transporte-publico.

⁸ Bueno, comunicación personal, mayo 2020

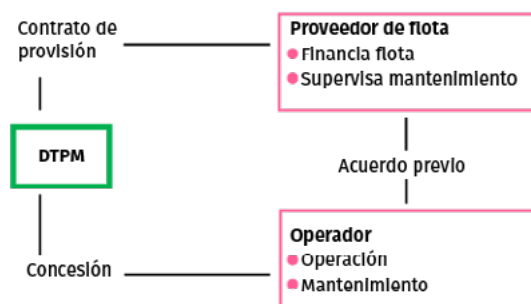
Así, tras una prueba piloto realizada en 2016, Enel adquirió en 2017 una flota de 100 vehículos eléctricos, de la armadora BYD, que operaría Metbus. Las unidades se pusieron a disposición de Metbus para su operación por medio de un contrato de arrendamiento. De este modo, Metbus solamente tenía obligación de pagar la financiación en el periodo de su operación. Por un acuerdo entre Enel y el DTPM, si su concesión de operación no hubiera sido renovada, la obligación de pago de las unidades se habría transferido a al DTPM o al siguiente operador⁹.

Además, Metbús prestó particular atención a evitar algunos riesgos que podrían afectar la rentabilidad de su operación. Primeramente, negoció un acuerdo con la armadora para que ésta se encargara del mantenimiento de las unidades a cambio de un pago mensual fijo. Además, este acuerdo prevé el cobro de un recargo si por la mala condición de alguna unidad, Metbús no logra cumplir con su plan operativo. Por otro lado, para mantener los costos de energía bajos, se firmó un acuerdo de precio de compra preferencial a diez años con Enel, y se solicitó que BYD capacitara a las personas conductoras de las unidades. Con estas capacitaciones, se logró mejorar el rendimiento de las baterías.

Este arreglo, en el que empresas de energía pueden ser involucradas como entidades financieras y de construcción de infraestructura de recarga, fue replicado en otras líneas con la empresa de energía Engie y los operadores Vule y STP¹⁰. En ambos casos, este modelo demostró tener ventajas tanto para las empresas operadoras, para financiar la flota e infraestructura y contar con el soporte técnico necesario, como para DTPM, que vio una oportunidad para agilizar el proceso de electrificación y mejorar la calidad del servicio¹¹.

Ante esta situación, DTPM, decidió integrar y generalizar estas innovaciones contractuales. En 2020, se modificó el proceso de licitación para concesionar separadamente la operación y la provisión de flota.

Gráfica 4: Modelo actual de licitación del BRT de Santiago de Chile.



Fuente: Elaboración propia

⁹ *Ibid; Moya, comunicación personal, noviembre 2021.*

¹⁰ "Engie entregará suministro de energía 100% renovable para 100 buses eléctricos del Transantiago - Transporte público", 2018.

¹¹ *Giesen, comunicación personal, mayo 2020.*

Así, el nuevo arreglo señala que la provisión de la flota se concesione independientemente de la operación de las líneas. Cabe destacar que las empresas operadoras mantienen un poder de decisión sobre la tecnología con la que desean operar. En efecto, la licitación de provisión flota se realiza en primer lugar. A raíz de ésta, la DPTM selecciona al menos dos de las propuestas antes de iniciar la licitación para la operación de la flota.

Conociendo esta pre-selección, las empresas operadoras preparan su candidatura a la licitación, indicando con qué proveedor desean trabajar. La empresa operadora que gane la licitación usará la flota del proveedor que seleccionó. A los demás proveedores preseleccionados no se les asigna el contrato de provisión de flota.

Aprendizajes

El modelo de arrendamiento permitió financiar la electrificación

El modelo arrendamiento fue introducido por Metbus (operador). Este fue un elemento clave para poder financiar la electrificación de la flota. En este proceso, negoció condiciones contractuales para mantener estables los costos de mantenimiento y energía. Además, el contrato con la armadora, encargada del mantenimiento, genera incentivos para que las unidades se mantengan en buen estado y disponibles para cumplir con los criterios de desempeño de la operación.

Ventajas para el ente público

Después de esta experiencia, y evaluando su potencial, el DTPM decidió institucionalizar la separación de la operación y provisión de la flota. Así, se pretende incrementar la especialización de los actores privados involucrados y, con ello, mejorar la calidad del servicio y acelerar la mejora tecnológica de su sistema.

Relación entre privados

La relación entre el operador y el proveedor de la flota es clave en un modelo de arrendamiento. DTPM ha optado por diferenciar en el tiempo la licitación de la flota y de la operación, con el propósito de permitir a los operadores incidir en la decisión de tecnología utilizada en los corredores. A raíz de la licitación de provisión de flota, el ente público selecciona varios proveedores posibles. Los operadores candidatos indican, en el proceso de licitación, el proveedor preseleccionado con el que desean trabajar. El contrato de provisión de flota se asigna al proveedor elegido por el operador seleccionado.

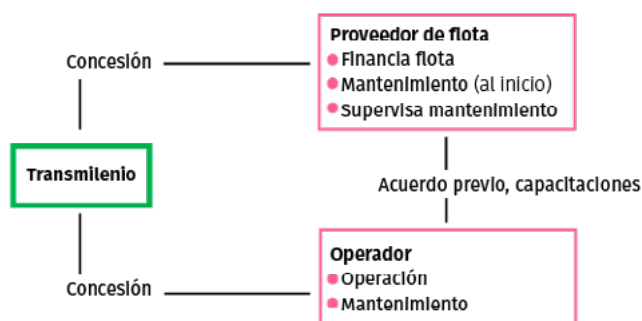
3.2

CASO DE ESTUDIO: BOGOTÁ, COLOMBIA

Otro líder en el proceso de electrificación de rutas de BRT en la región, es el sistema de Transmilenio en Bogotá. En la capital colombiana, se introdujeron los primeros autobuses eléctricos a través de un primer piloto en 2011. El proceso de electrificación del sistema a mayor escala inició en 2019. Actualmente, el sistema cuenta con 889 unidades y asignó la provisión de 596 nuevas unidades que deberían entrar en operación en 2022¹².

A partir de 2019, en paralelo a la aceleración del proceso de electrificación, el sistema de BRT implementó un nuevo sistema de licitación y concesión de rutas. En este caso, también se trató de especializar las concesiones y procesos licitatorios. Así, se implementó un modelo inspirado por la experiencia de Santiago de Chile en el que se licitan por separado la provisión de unidades y su operación¹³.

Gráfica 5: Modelo de licitación Transmilenio.



Fuente: Elaboración propia

Se adoptó este modelo por presentar varias ventajas. Primeramente, este arreglo ofrece mejores garantías a las entidades financieras. Éstas reducen el riesgo que asumen obteniendo una concesión de ente público, como Transmilenio, y evitan realizar préstamos a diferentes empresas transportistas. Con ello, se pudo atraer la inversión suficiente para la adquisición de la flota e infraestructura, y obtener tasas de interés más accesibles. A la vez, las aseguradoras también contaban con mejores garantías. Finalmente, la mayor especialización de actividades reduce el riesgo de interrupción del servicio si una empresa operadora llegara a cesar su actividad¹⁴.

Transmilenio también ha incluido en su modelo un mecanismo para darle la oportunidad a los operadores de decidir con qué proveedor de flota desean trabajar. En efecto, en la primera licitación para autobuses eléctricos, se requería que los posibles proveedores y posibles operadores participaran de manera “acoplada”. Así, las licitaciones para la provisión y operación de la flota se realizaron al mismo tiempo. En cada una de las licitaciones, se requería que las empresas indicasen con qué operador o proveedor deseaban trabajar. Tras el estudio de las propuestas, se asigna a las empresas de la mejor “pareja” de proveedor y operador acoplados una concesión a cada una.

Este mecanismo permite que las empresas negocien los términos de su relación de antemano, con una intervención mínima por parte de Transmilenio. En estos términos es común que el proveedor asuma la responsabilidad de mantener la flota al inicio de la concesión. Por medio de un proceso progresivo de capacitaciones, el mantenimiento pasa a estar a cargo del operador, quien suele comprometerse a adquirir refacciones directamente con la armadora.

¹² Fuente: Rodríguez, Ramos y Juya, comunicación personal, Septiembre 2021.

¹³ Bueno, comunicación personal, mayo 2020.

¹⁴ En años anteriores, algunos sectores del sistema dejaron de tener servicio por la quiebra de varias empresas transportistas. En este nuevo modelo, se puede reemplazar con mayor facilidad a los operadores fallidos, ya que estos ya no son propietarios de la flota. También se alivia la presión financiera ejercida. Fuente: Rodríguez, Ramos y Juya, comunicación personal, Septiembre 2021.

Hasta la fecha no se han reportado incidentes en las relaciones proveedor-operador que hayan afectado a la operación regular del sistema¹⁵. Sin embargo, si se llegara a presentar esta situación, ambos, operador y proveedor, se verían afectados. Efectivamente, Transmilenio diseñó criterios de remuneración que alinean los incentivos de manera que ambas partes se hagan responsables de tener unidades en las mejores condiciones. Así, el proveedor de flota debe supervisar el mantenimiento que realiza el operador. Si llegara a faltar alguna unidad para cumplir con los planes de operación, la remuneración de ambas partes se vería afectada.

Resulta interesante que en etapas más recientes de licitación se flexibilizaron los términos previstos inicialmente. Por un lado, se dió la posibilidad de proveer unidades de EURO VI. Aún así, para incentivar la electrificación, se ofrecían concesiones más largas¹⁶ a los proveedores de autobuses de cero emisiones. Por otro lado, se dejó de requerir que las empresas proveedoras y operadores se acoplaran para postularse a la licitación, aunque podían hacerlo de manera voluntaria¹⁷.

Sin embargo, en este proceso se asignó la provisión 596 unidades eléctricas y 4 de las 5 empresas que se postularon para la provisión de la flota estaban acopladas con una empresa operadora. Con ello, se ve que la tecnología eléctrica es una opción viable económicamente, y que además, los actores privados tienen interés en negociar los términos contractuales que regirán su relación antes de postular a las licitaciones.

Aprendizajes

Repartición del riesgo y atracción de capital privado

La especialización de las licitaciones y las concesiones se tradujo en Transmilenio por una mitigación y repartición de los riesgos entre diversos actores públicos y privados. Con ello, el sistema se volvió más atractivo para empresas dispuestas a invertir en la electrificación de la flota y en asegurar las unidades.

Relación entre privados

Los acuerdos “Proveedor-Operador” previos a la licitación reducen los riesgos asumidos por las empresas privadas y facilitan la transición tecnológica de los operadores. Incluso en licitaciones más recientes, en las que estos acuerdos dejaron de ser un requisito, la mayoría de empresas privadas prefirieron participar en la licitación de manera acoplada. Este mecanismo permite definir los términos de la relación entre partes con una injerencia mínima de Transmilenio. Los acuerdos incluyen cláusulas relativas a las capacitaciones, la repartición de los gastos de mantenimiento, la provisión de refacciones, la duración y cobertura de la garantía, así como la tecnología utilizada.

Buena acogida por los operadores

De manera general, el modelo seguido para la especialización de las licitaciones y de las concesiones fue exitoso. Los operadores no opusieron resistencia a la reforma del modelo, e incluso tras su flexibilización, siguieron adoptando los mecanismos creados en 2019. Además, proponer concesiones más largas para unidades eléctricas resultó ser un incentivo efectivo.

Mantenimiento

En cuanto al mantenimiento, se pueden destacar varias medidas. Primero, al requerir que el proveedor de flota asuma el mantenimiento al inicio de la concesión, se facilita la transmisión de conocimiento y se obliga a las empresas proveedoras a implementar la logística necesaria para la provisión de refacciones y personal de mantenimiento. Además, el esquema de pagos al proveedor y al operador, alinea los incentivos de ambas partes para que las unidades se mantengan en condiciones óptimas. Efectivamente, el operador debe mantener la flota y el proveedor supervisarlos. Si se altera la operación del sistema por un mal mantenimiento, se responsabiliza a ambas partes. Aunque esto puede suponer un reto de coordinación entre los dos actores, puede favorecer que las unidades se mantengan en condiciones óptimas.

15 Rodríguez, Ramos y Juya, comunicación personal, Septiembre 2021.
16 Los autobuses EURO VI podían obtener concesiones de 10 años y los autobuses de cero emisiones a 15 años.
17 Ibid.

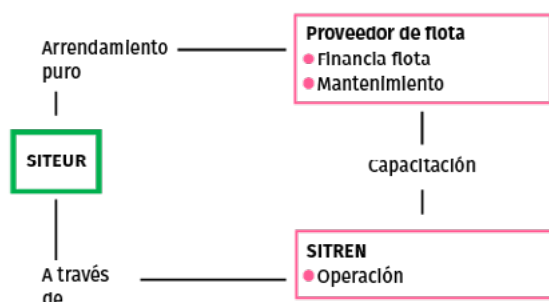
3.3

CASO DE ESTUDIO: ÁREA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, MÉXICO

En México la primera ruta con una flota compuesta únicamente por autobuses eléctricos a batería se encuentra en el municipio de Tonalá (Área Metropolitana de Guadalajara). Esta ruta, que inició operaciones en 2021, conecta con la red de BRT del área metropolitana, Mi Macro Periférico. La electrificación de esta ruta de transporte se integra en el Plan de Acción Climática Metropolitano con el propósito de alcanzar la neutralidad carbono en la Metrópoli para 2050. Para su puesta en marcha, se licitó la provisión de 38 unidades por medio de un contrato de arrendamiento¹⁸.

En este caso, el principal actor privado involucrado en el arreglo institucional de operación es la empresa Yutong, quien arrienda las unidades al Organismo Público Descentralizado, Sistema de Tren Eléctrico Urbano (SITEUR)¹⁹, y se encarga de su mantenimiento. La operación de las unidades, es pública, a cargo del personal de SITREN²⁰, el cual es el servicio de autobuses alimentadores del tren ligero de SITEUR. Además, Yutong se hace cargo del mantenimiento de las unidades y capacita al personal de operación (Gráfica 6).

Gráfica 6: Modelo de operación de la línea eléctrica de SITREN.



Fuente: Elaboración propia

Así, se decidió operar las unidades públicamente porque se consideró necesario obtener más datos operativos antes de atribuir concesiones para la operación de vehículos eléctricos. Sin embargo, se optó por introducir una empresa como proveedora de flota en vez de adquirir las unidades por varios motivos. Primeramente, se consideró demasiado costoso financiar la inversión inicial con mecanismos de fondeo tradicionales. Además, al arrendar las unidades eléctricas se generó la posibilidad de transferir los costos de mantenimiento, percibidos como impredecibles actualmente, al proveedor de la flota²¹.

Para el futuro, se planea que la flota eléctrica en operación alcance de 100 a 150 unidades en los próximos años. En esta expansión por venir, se prevé que tanto la provisión como la operación de flota se realice por privados. Sin embargo, antes de planear a detalle esta expansión, la Secretaría de Transporte todavía está a la espera de obtener más datos sobre el desempeño de las unidades, y planear adecuadamente el desarrollo de la infraestructura eléctrica y de recarga²².

18 López y Bulos, Comunicación personal, Julio 2021.
19 Sistema de Tren Eléctrico Urbano.
20 Sistema Integral de Tren Ligero. Parte del sistema de SITEUR.
21 Ibid.
22 Ibid.; (Pasajero 7, 2021).

Aprendizajes

Pertinencia del modelo para el ente público

Incluso en arreglos en los que un ente público opera las líneas, la provisión de flota por un ente privado externo presenta ventajas. Por el momento, la Secretaría Transporte está esperando a contar con más datos antes de tener unidades eléctricas en líneas operadas por privados. Aún así, se licitó la provisión de la flota por separado para disponer de la capacidad técnica de la armadora. El organismo público, SITEUR, arrienda a la armadora china, Yutong, la flota y ésta se encarga del mantenimiento y de la capacitación del personal operativo.

Pertinencia del modelo para el operador

Este arreglo institucional también reduce el riesgo asumido por el organismo público encargado de la operación ya que no se vería afectado por costos de operación imprevistos.

3.4

VENTAJAS Y NUEVOS DESAFÍOS ASOCIADOS A LA ESPECIALIZACIÓN DE LOS ACTORES PRIVADOS

Los ejemplos recientes de electrificación de líneas de autobuses se han asociado con la especialización de las tareas atribuidas a los diferentes actores privados. En efecto, ante la alta inversión inicial requerida, se ha dejado de exigir en numerosos casos que los operadores sean propietarios de su flota. Con ello, se introducen nuevos actores que no operan las unidades pero las financian y facilitan la transición tecnológica de los operadores. En algunos casos, estos pueden encargarse además del mantenimiento de las unidades, aunque no sea el caso más común.

Este cambio ha sido acogido positivamente por las autoridades y el sector privado. En efecto, tiene potencial para solucionar algunas de las barreras que se imponen a los operadores que tratan de electrificar su flota. Sin embargo, es necesario que las autoridades entiendan también las barreras que se pueden presentar a los operadores con una reforma del arreglo institucional de provisión y operación de las flotas, y evitar poner en peligro su salud económica.

A. VENTAJAS PARA LOS OPERADORES Y OTROS ACTORES DEL SISTEMA

Oportunidades financieras

El estudio de casos muestra que esta transición de modelo se ve impulsada por su capacidad a alinear los intereses económicos de los actores clave, así como, facilitar la transición tecnológica. Así, la especialización de los procesos licitatorios, y la introducción de nuevas figuras como los “proveedores de flota”, ha permitido superar la barrera que representa la alta inversión inicial requerida para introducir unidades eléctricas. Por medio de contratos de arrendamiento o concesiones, se pueden **introducir actores independientes** de los operadores, con la **capacidad financiera** y el interés para promover la electromovilidad. Estos proveedores de flotas eléctricas pueden incluso ser empresas de electricidad o armadoras, interesadas en poner a disposición la flota de vehículos a cambio de un pago mensual. La ventaja presentada es que estas empresas consiguen financiamiento en los mercados financieros con **tipos de interés más bajos que los que pueden obtener los operadores en bancos de segundo piso**. Por su lado, los operadores pueden resultar interesados en este modelo para **reducir sus gastos fijos y correr un menor riesgo en caso de reducción de sus ingresos**. Esta repartición de riesgo puede ser particularmente valiosa después de años de demanda fluctuante a raíz de la pandemia de la COVID-19. En los casos de la Secretaría de Transportes de Jalisco y el transportista Metbus en Santiago de Chile, los actores encargados de la operación **prefirieron que el proveedor de flota se encargara del mantenimiento**. Este tipo de acuerdos, aunque pueden encarecer el modelo, reducen todavía en mayor medida el riesgo asumido por el operador. Finalmente, en el caso de Bogotá, también se mencionó que, con la separación de la provisión de flota y su operación, se consiguieron **asegurar las unidades con más facilidad**.

Oportunidades técnicas

Desde un punto de vista técnico, la especialización de los actores privados también ha presentado varias ventajas. Efectivamente, en cada caso estudiado, el proveedor de flota tenía una expertise avanzada en la tecnología de autobuses eléctricos y su infraestructura de recarga. Así, al involucrarlos directamente en el arreglo institucional, se facilita la implementación de mecanismos para la **transferencia de conocimientos y competencias necesarias**. Efectivamente, los proveedores de flota se encargan al menos de capacitar al personal operativo para el manejo eficiente de las unidades. Además, dependiendo de la relación contractual que rige a las partes, el proveedor también puede capacitar y certificar el personal de mantenimiento y proveer la infraestructura de recarga.

Finalmente, si el **modelo de remuneración alinea los intereses del proveedor y el operador de flota adecuadamente**, se pueden generar condiciones para que ambos actores aseguren que las unidades y la infraestructura de recarga se mantengan en condiciones óptimas.

B. NUEVOS DESAFÍOS

A pesar de las ventajas observadas en los casos de estudio, el proceso de especialización de las licitaciones, trae consigo una serie de nuevos desafíos para todos los actores, que las autoridades deben tener en mente a la hora de reformar el modelo de operación y provisión de flota.

Reconfigurar el papel de los privados sin afectar su desempeño

Primeramente, al aumentar el número de actores privados involucrados en el arreglo, es necesario **considerar que el desempeño económico y operativo de cada uno** de ellos depende en parte de las decisiones de los otros actores privados involucrados en el arreglo. Efectivamente, por parte de los operadores, existe la **preocupación de no poder cumplir con su plan operativo por causa de algún vicio oculto de las unidades**, de no poder anticipar los gastos operativos adecuadamente o de no poder disponer de las refacciones a tiempo.

Por su lado, **el proveedor al poner su flota, y en algunos casos su infraestructura, a disposición de un tercero, corre el riesgo de que sus activos se degraden de manera anticipada**. Por tanto, uno de los desafíos a los que se enfrentan las autoridades en la especialización de los procesos licitatorios es conseguir generar mecanismos que reduzcan al máximo el riesgo que corren los actores privados que se verán involucrados en el sistema.

Este desafío, se hace más presente en los sistemas como Metrobús, en los que existe un número importante de operadores, con flotas de menor tamaño, y donde la mayoría de las líneas son operadas por más de un operador²³. En este caso, se complica la negociación de los términos entre los operadores y el proveedor al aumentar la cantidad de empresas involucradas.

Algunos actores temen que las empresas operadoras presenten reticencias a mudarse hacia un **modelo económico en el que no serían propietarias de su flota**. Sin embargo, en los estudios de caso y en las entrevistas con operadores, parece que el riesgo de tener depender de una empresa tercera para la selección de tecnología es mucho más determinante, que la voluntad de ser propietarios de la flota. Aún así, las autoridades pueden considerar este último factor como una de las resistencias posibles pero poco probables.

C. APRENDIZAJES TÉCNICOS E INSTITUCIONALES

Finalmente, como en cualquier cambio político e institucional, se debe aceptar que las autoridades y el sector privado deben generar aprendizajes valiosos a través de **pruebas y errores**. En efecto, los pioneros en reformar sus sistemas de licitación en la región, Santiago de Chile y Bogotá, han **adaptado en varias ocasiones los modelos inicialmente previstos para paliar algunas deficiencias que fueron apareciendo**. Este fenómeno también aparece en el sector privado, donde una de las principales demandas de las empresas operadoras es obtener más información sobre la tecnología de autobuses, así como sobre los modelos de financiación y operación.

Tabla 1: Ventajas y nuevos desafíos asociados a la especialización de los actores privados y la separación de la provisión y la operación de la flota

Ventajas	Nuevos desafíos
<p>Oportunidades financieras</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introducción de actores capaces de realizar la inversión en flota e infraestructura. • Financiamiento con tasas de interés más bajas. • Para los operadores: reducción de sus gastos fijos y del riesgo asumido. • Posibilidad de externalizar el mantenimiento de las unidades. • Reducción del costo de los seguros 	<p>Reconfigurar el papel de los privados sin afectar su desempeño</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generar una relación de confianza entre privados. Algunas malas prácticas pueden afectar el desempeño de todos los actores involucrados como la presencia de vicios ocultos o mal mantenimiento de las unidades y de la infraestructura. Así, el operador corre el riesgo de no poder cumplir con los criterios de desempeño y el proveedor, de ver sus activos deteriorarse de manera anticipada. • Las reticencias por parte de los operadores a dejar de ser propietarios de la flota es un desafío posible, pero poco probable.
<p>Oportunidades técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El proveedor de flota puede acompañar la transición tecnológica con capacitaciones y supervisiones. • El proveedor de flota tiene incentivos para que las unidades se mantengan en un estado óptimo durante toda la duración de la concesión. 	<p>Aprendizajes técnicos e institucionales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prueba y error de los actores públicos y privados. Es necesario adaptar los procesos de licitación y gestión de la operación a raíz de las dificultades encontradas.

4

PLAN DE MEJORA TECNOLÓGICA DE LA FLOTA DE METROBÚS

4.1

ESTRATEGIA PARA LA RENOVACIÓN DE FLOTA

En la actualidad, Metrobús está en proceso de diseñar e implementar medidas con el objetivo de mejorar la tecnología utilizada en su flota a nivel ambiental y técnico. Estas tecnologías incluyen la electrificación de líneas, el uso en el futuro de otras energías de cero emisiones y tecnologías de telemetría.

En agosto de 2020, el sistema de Metrobús puso en operación el primer autobús eléctrico a batería parte de la “fase piloto” que duró hasta finales de 2021, en la que se evaluaron una docena de unidades en las líneas 3 y 4. Con ello, se trató de estimar el rendimiento de las unidades, los diferentes costos de operación, y también, determinar mecanismos de financiamiento para hacer viable la electrificación de la flota (ITDP, 2022).

Tras lograr resultados positivos en esta primera fase, Metrobús puso en marcha en 2022 un plan de renovación de flota para el 2030. Como meta a corto plazo de este plan, se espera que 60 de las 72 unidades que operan en la línea 3 del sistema sean eléctricas a principios de 2023²⁴. En paralelo, se espera que la línea 4 prosiga su sustitución de flota hasta contar con más de 60 unidades eléctricas a finales de 2023²⁵. Para 2030, Metrobús prevé operar con una flota 100% eléctrica.

El modelo institucional que se seguirá en este proceso está todavía por definir. Sin embargo, parece que existe una intención de generalizar, con algunas adaptaciones, el arreglo institucional adoptado en la Línea 3 (sección 3.2). En efecto, el acuerdo alcanzado entre MIVSA, Yutong y Metrobús, para distinguir los contratos de operación y provisión de la flota, parece satisfacer a las diferentes partes hasta la fecha²⁶. De hecho, un arreglo similar se está perfilando para la electrificación de la línea 4²⁷.

4.2

PILOTO EN LA LÍNEA 3: LLEGADA DE LAS PRIMERAS UNIDADES ELÉCTRICAS

En 2021, la línea 3 del sistema recibió diez unidades que serán operadas por la empresa MIVSA. Esta primera experiencia de operación a mayor escala contó con el apoyo clave de actores tanto del sector privado como del sector público. Efectivamente, a inicios de 2019 grandes empresas privadas del sector, Mobility ADO, Engie y Yutong, se acercaron a MIVSA para tratar de introducir vehículos eléctricos en la red de Metrobús. El operador, a pesar de presentar ciertas reticencias en un inicio, accedió a considerar esta opción y el conjunto de empresas entraron en contacto con las autoridades para iniciar el proyecto piloto. Con este propósito, se puso a prueba un autobús de la marca Yutong en septiembre de 2020²⁸.

En la concesión que Metrobús había asignado a MIVSA, se preveía que el operador dispusiera de su propia flota. Sin embargo, ante la alta inversión inicial requerida para el proyecto, se solicitó una modificación de los términos de la concesión para que MIVSA pudiera operar la flota de autobuses eléctricos sin ser propietario. Así, Metrobús arrendó las 10 unidades eléctricas a Yutong, el proveedor de la flota y se las entregaron en comodato al operador²⁹.

²⁴ Gómez, comunicación personal, marzo 2022.

²⁵ Delgado, comunicación personal, agosto 2021; Metrobús (2022).

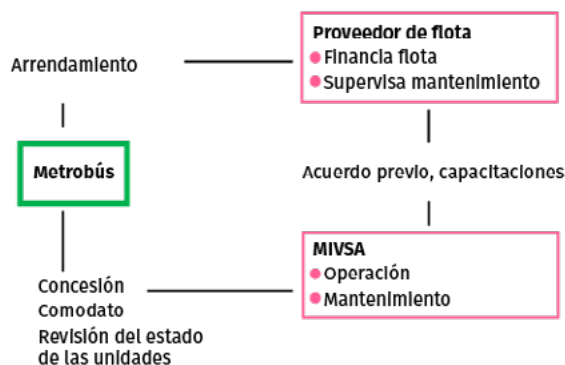
²⁶ Velázquez, comunicación personal, agosto 2021; Becerra, comunicación personal, agosto 2021; Góchez, comunicación personal, septiembre 2021.

²⁷ García Olvera, comunicación personal, octubre 2021.

²⁸ Góchez, comunicación personal, septiembre 2021.

²⁹ Becerra, comunicación personal, agosto 2021.

Gráfica 7: Modelo de operación de las unidades eléctricas de la línea 3 de Metrobús.



Fuente: Elaboración propia

Este arreglo presenta varias ventajas para el operador, aunque reconoce que fue de gran importancia el poder negociar los términos con la empresa operadora de manera previa. Así, como no tuvo que asumir el CAPEX, el operador corrió un riesgo menor al poner en operación una flota eléctrica, en particular en el contexto de la pandemia. Sin embargo, antes de acceder a operar las unidades arrendadas por Metrobús, MIVSA requirió tener un conocimiento de la tecnología que usaría, las garantías de posventa y provisión de refacciones, así como, el acompañamiento que recibiría una vez recibidos los autobuses³⁰.

Por ello, Yutong y ADO Mobility acordaron proveer capacitaciones anuales sobre el manejo correcto de las unidades eléctricas³¹ y su mantenimiento. Yutong además, se encarga de certificar al personal de mantenimiento y asegura mantener una presencia en el país por al menos tres años más para proveer la información y material necesario para el cumplimiento de las tareas de mantenimiento que debe realizar MIVSA. En efecto, la empresa operadora prefirió seguir estando a cargo del mantenimiento de las unidades para reducir el costo del arrendamiento³². En el futuro, la empresa CCA que opera la línea 4 seguirá un procedimiento similar para introducir unidades eléctricas en su flota de autobuses³³.

Aprendizajes

Pertinencia del modelo

Tanto en la Línea 3 como en la Línea 4 las empresas operadoras encontraron varias ventajas al integrarse en un arreglo institucional en el que no son propietarias de la flota. Por un lado, MIVSA consiguió ser pionera en electrificación entre todas las empresas del sistema de Metrobús, sin tener que asumir la carga financiera asociada. Por otro lado, ante la incertidumbre asociada al periodo de pandemia en el que se diseñó e implementó el plan, este arreglo le permitió reducir el riesgo asumido con este proceso.

Permitir una coordinación previa entre los privados

El piloto de la línea 3 recalca la necesidad de permitir que los actores privados negocien la relación contractual que les regirá durante la operación, antes de asignar los contratos de operación y provisión de flota, tal y como se observa en Bogotá o Santiago de Chile. Si no se permite que los proveedores u operadores tengan visibilidad sobre las condiciones en las que deberán cumplir los términos de su contrato con Metrobús, se generarán resistencias por ambas

30 Góchez, comunicación personal, septiembre 2021.

31 Este factor cobra mayor importancia en las flotas eléctricas. Las prácticas de manejo adecuadas pueden incrementar significativamente el rendimiento de las baterías.

32 Ibid.

33 García, comunicación personal, octubre 2021.

partes. Efectivamente, los resultados económicos de estos actores dependen, en gran medida, de los otros privados involucrados. Por ejemplo, la provisión de tecnología defectuosa, la dificultad de encontrar refacciones o la falta de conocimiento sobre el mantenimiento de las unidades pueden impedir que el operador cumpla con su plan operativo. A la vez, malas prácticas de mantenimiento o de manejo por parte del operador puede degradar de manera anticipada los activos del proveedor de flota.

Controlar los costos de mantenimiento

El mantenimiento puede ser asumido tanto por el proveedor de flota como por el operador. La segunda opción puede reducir el costo del arrendamiento y reducir el costo total de la operación, aunque puede suponer un riesgo para el operador. En ese caso, es indispensable asegurar la provisión de refacciones a un costo y en tiempos razonables, así como, facilitar la capacitación y certificación del personal de mantenimiento.

5

ANÁLISIS DE PERSPECTIVA DE LAS EMPRESAS OPERADORAS DE METROBÚS

Como se ha mencionado a lo largo de este reporte, los operadores que tomen parte en los próximos meses y años en la iniciativa de electrificación de las flotas de Metrobús deberán asumir importantes transformaciones, tanto en la adopción de nuevas tecnologías como en la modificación de su modelo de negocios.

Para entender la perspectiva de las empresas ante estas transformaciones, se realizaron una serie de entrevistas semiestructuradas con operadores de la red de Metrobús. Estos transportistas operan en las líneas 1, 2, 3 y 4 de la red, y cuentan con flotas de entre 26 y 90 unidades. Dos de estas empresas operan solas en su línea y han iniciado su proceso de electrificación, mientras que las dos otras operan en conjunto con otras empresas operadoras y no tienen planeado adquirir unidades eléctricas a corto plazo. Con estas entrevistas se trató de entender la perspectiva de los operadores sobre los vehículos de cero emisiones, las barreras que se podían presentar para su implementación, y los modelos de negocios en los que no serían propietarios de la flota.

En las entrevistas, estos comunicaron posiciones y preocupaciones distintas en cuanto a la electrificación y posibles modificaciones del arreglo institucional de operación, aunque por lo general, mostraron un relativo entusiasmo. A continuación se resumen algunos de los principales hallazgos de las entrevistas realizadas.

5.1

PRINCIPALES RESULTADOS DE ENTREVISTAS REALIZADAS

En los procesos de entrevista, se pidió a los representantes de las empresas operadoras que explicaran, cómo percibían un posible cambio hacia una flota de cero emisiones, cuáles eran para ellos las principales barreras a la electrificación de sus flotas y qué opinión tenían de los modelos de arrendamiento. En general, las empresas transmitieron una visión positiva de los vehículos de cero emisiones, así como de los modelos en los que un tercero provee la flota. La principal barrera expresada fue la falta de información.

Además, de las empresas contactadas, MIVSA resultó ser la que más barreras percibía a la puesta en operación de unidades eléctricas. Al ser la única empresa con unidades eléctricas en operación a la fecha de la entrevista, resulta claro que su experiencia más avanzada le permite tener una visión más a detalle de los desafíos que se presentan a los operadores que toman la iniciativa de electrificar su flota. Adicionalmente a las barreras mencionadas por las otras empresas, como la falta de información sobre el rendimiento de las unidades y los posibles altos costos de adquisición, MIVSA mencionó barreras en cuanto a la capacitación, la provisión de refacciones y la relación con el proveedor de flota.

A. PERCEPCIÓN POSITIVA DE LOS AUTOBUSES DE CERO EMISIONES

Desde un punto de vista técnico, el uso de unidades eléctricas se percibe positivamente, como una manera de ubicarse a la *vanguardia* o de recalcar el *compromiso* de la empresa. Existen preocupaciones respecto al uso de una tecnología nueva. Sin embargo, éstas se expresan más como una falta de información necesaria para realizar una transición, que como una reticencia o una negativa a querer usar unidades eléctricas.

B. BARRERAS IDENTIFICADAS

Falta de información sobre las unidades

En efecto, los operadores que no han iniciado su proceso de electrificación mencionan una falta de información en cuanto al desempeño de las unidades y los costos de adquisición, operación y mantenimiento como la principal barrera a la transición hacia flotas de cero emisiones.

Falta de información sobre la infraestructura

Además, los operadores que iniciaron la electrificación de su flota explican que también tuvieron que superar la falta de información sobre infraestructura eléctrica y de recarga para iniciar la operación de las unidades eléctricas. Los operadores que iniciaron esta transición mencionan que el papel de actores como Metrobús, proveedores de flota o la Comisión Federal de Electricidad (CFE) fue clave para superar esta barrera.

Capacitación del personal operativo y de mantenimiento

Además, al tratarse de una tecnología nueva en la que la técnica de manejo influye en gran medida sobre el rendimiento energético de las unidades, y con un mantenimiento que difiere en cierta medida de las unidades de diésel, existe la necesidad de capacitar al personal para el manejo eficiente de las unidades y su mantenimiento³⁴. Para ello, se puede contar con la ayuda de los proveedores de flota pero resulta importante que exista un compromiso contractual para que realicen las capacitaciones necesarias.

Provisión de refacciones

Al tratarse de una tecnología nueva y producida fuera del país, las dos empresas operadoras que iniciaron el proceso de electrificación de su flota mencionaron la necesidad de asegurar la provisión de refacciones a un costo controlado y en tiempos que no afecten la operación de la ruta. Estos aspectos fueron negociados entre las empresas operadoras y el proveedor de manera previa.

Barrera lingüística

Actualmente, las empresas chinas proveen la gran mayoría de los autobuses eléctricos en la región. La barrera lingüística entre operadores de la Ciudad de México y proveedores de China puede ralentizar la transición a la operación con unidades eléctricas si se toma en cuenta la importancia de los acuerdos entre proveedor y operador.

C. ARRENDAMIENTO DE LA FLOTA

Percepción del modelo

En las preguntas relativas a la transición hacia un modelo en el que los operadores podrían no ser propietarios de la flota³⁵, las empresas operadoras también se mostraron receptivas. No mencionaron reticencias directamente relacionadas a dejar de ser propietarias de la flota. En algunos casos se expresaron algunas reservas relacionadas a la falta de información sobre el detalle de los términos contractuales que regiría su relación con Metrobús y con el proveedor de flota. Aun así, la mayoría de empresas transportistas entrevistadas percibieron las ventajas que podrían presentar para ellos operar una flota sin tener que asumir el alto costo de adquisición de los autobuses eléctricos.

Papel del operador. ¿Arrendador o comodatario?

Cabe destacar, que ningún operador entrevistado tenía una preferencia entre ser arrendador de las unidades, y celebrar un contrato de arrendamiento directamente con el proveedor de flota, o que Metrobús arrendara las unidades y se las entregara en comodato. Aun así, un operador mencionó que en **ambos casos**, resultaba importante que el **operador pudiera decidir la tecnología y la empresa proveedora de flota con la que tendría que operar**.

Selección de la tecnología y el proveedor de flota

Finalmente el **origen más probable de resistencia** será en relación a la **selección de la empresa proveedora de flota**. En efecto, los operadores necesitan tener garantías de que la flota proporcionada les permitirá cumplir con sus planes operativos y que estarán en condiciones de realizar el mantenimiento de las unidades con unos costos controlados y en tiempos razonables.

³⁴ Góchez, comunicación personal, septiembre 2021.

³⁵ Un operador mencionó que el tener menos activos podría presentar alguna desventaja fiscal, sin que ello suponga una preocupación mayor o pueda afectar la viabilidad económica de su actividad.

Tabla 2. Resumen de hallazgos principales de las entrevistas a operadores de Metrobús

Resumen de hallazgos principales	
Autobuses cero emisiones	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción positiva de la tecnología • Herramienta para recalcar el compromiso ambiental de la empresa
Barreras identificadas	<ul style="list-style-type: none"> • La principal barrera mencionada es la falta de información en cuanto al desempeño de las unidades y los costos de operación • La falta de información sobre la infraestructura eléctrica y de recarga • Necesidad de capacitar el personal operativo sobre las técnicas de manejo eficiente y el mantenimiento de las unidades eléctricas • Al tratarse de una tecnología producida en el extranjero, existe el temor de no poder contar con las refacciones a tiempo o no poder controlar el costo de mantenimiento • Barrera lingüística derivada del trato con proveedores de otros países
Arrendamiento de flota	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción positiva de los modelos de negocio en los que pueden operar unidades eléctricas sin asumir el costo de adquisición • Las empresas operadoras no expresaron preferencia entre modelos en los que estas arriendan directamente la flota o en los que metrobús arrienda la flota y se la entrega en comodato • Aunque no sean propietarias de la flota, las empresas quieren ser consultadas para la selección del proveedor de flota. Les resulta importante que el mantenimiento se haga a un costo, y en tiempos, razonables y previsibles.

6

RECOMENDACIONES PARA EL DESARROLLO DEL PLAN DE MEJORA TECNOLÓGICA

Con base en los aprendizajes de los estudios de caso, así como las entrevistas con autoridades y operadores, se pueden identificar ejes de acción que Metrobús y otras autoridades de transporte podrían seguir para facilitar la implementación de medidas para la mejora tecnológica. Estas recomendaciones no pretenden retomar de manera detallada los pasos que debería seguir la autoridad en este proceso. Sin embargo, los puntos presentados a continuación tratan de dar respuesta a las barreras mencionadas por los diferentes actores entrevistados basándose en estrategias implementadas con éxito en el piloto en la Línea 3, y sobre todo, en otros sistemas de BRT.

6.1

FACILITAR LA INTEGRACIÓN DE NUEVOS ACTORES

Como se mencionó anteriormente, la integración de nuevos actores es necesaria para agilizar el proceso de electrificación de las rutas de BRT, tanto para facilitar la aportación de capital requerido para superar la alta inversión inicial requerida, como para aportar los conocimientos técnicos necesarios para la puesta en marcha de esta nueva tecnología.

A. INTEGRAR ACTORES CON CAPACIDAD DE FINANCIAMIENTO CREANDO CONCESIONES DE PROVISIÓN DE FLOTA

Para enfrentar la inversión inicial que requiere la electrificación de flotas de autobuses, se pueden integrar actores como armadoras, empresas de electricidad o empresas financieras por medio de contratos de provisión de flota. En este contexto, los **“proveedores de flota”**, son independientes de los operadores, adquieren los vehículos, en algunos casos la infraestructura, y los ponen a disposición del sistema.

En este sentido, resulta positivo que en 2019 Metrobús reformara el contrato al fiduciario para dejar de exigir que los operadores sean propietarios de la flota y éstos puedan optar por esquemas de arrendamiento³⁶. Así, se posibilita la integración de proveedores de flota en el esquema de concesiones. Sin embargo, los operadores todavía expresan dudas sobre lo adaptadas que son las concesiones actuales a la provisión de unidades eléctricas. En particular, la duración de las **concesiones, de 10 años, parece inadecuada considerando los ciclos de vida de las unidades eléctricas**. En efecto, esta duración parece inadecuada considerando el estado actual de la tecnología. Así, se debería **adaptar la duración de las concesiones de provisión en función de los avances tecnológicos** que afecten la vida útil de los autobuses y sus baterías.

B. INTEGRAR ACTORES PARA EL FINANCIAMIENTO, DISEÑO E INSTALACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y DE RECARGA

Por otro lado, es necesario recordar que instalar la infraestructura eléctrica de recarga es un desafío financiero y técnico notable a la hora de electrificar las rutas de BRT. Así, resulta esencial colaborar con actores públicos y/o privados especialistas en la materia. En este sentido, en México, la coordinación con la Comisión Federal de Electricidad (CFE) parece indispensable aunque, además, se les puede dar un papel a empresas privadas para, al menos, dar el acompañamiento necesario para planear e instalar la **infraestructura de recarga con las especificaciones necesarias** para poder cargar las unidades en tiempos óptimos y cumplir con los planes operativos. Hasta la fecha, no se han planteado innovaciones institucionales para integrar estos organismos al arreglo de provisión de flota e infraestructura. En la Línea 3, Metrobús realizó la inversión para instalar la infraestructura de recarga³⁷, mientras que en la línea 4, se plantea que el operador realice esta inversión³⁸. Estas dos opciones podrían resultar limitantes en el futuro para progresar en la electrificación del sistema. Efectivamente, algunos operadores de menor tamaño podrían ser incapaces, o no estar dispuestos, a asumir esta inversión a largo plazo. Además, se debe tener en cuenta que muchos operadores del sistema tienen flotas de menores dimensiones. Si se exige a cada operador que cuente con su propia infraestructura de recarga podría resultar ineficiente desde un punto de vista económico al perder la oportunidad de realizar economías de escala.

36 Becerra, comunicación personal, agosto 2021
37 Ibid; Velázquez, comunicación personal, agosto 2021
38 Góchez, comunicación personal, septiembre 2021

Para superar esta barrera, Metrobús podría adquirir directamente la infraestructura o explorar el potencial de arreglos contractuales más innovadores para atraer inversión privada. En efecto, en Santiago de Chile, la DPTM introdujo la figura de “**proveedor de terminales**”, independiente del operador y de la autoridad, encargado de proveer las terminales y la infraestructura de recarga³⁹. En Bogotá, en fases anteriores de licitación, el operador dejó de asumir la adquisición de los patios de encierro y la infraestructura, para pasar a ser responsabilidad del sistema Transmilenio. En la fase más reciente de licitación de unidades eléctricas, se solicitó que los proveedores de flota se hagan cargo también de proveer la infraestructura de recarga⁴⁰.

6.2

MITIGAR EL RIESGO DE CONFLICTO ENTRE ACTORES PRIVADOS

Para las empresas transportistas, operar con unidades de las que no son propietarios presenta una serie de ventajas pero también puede resultar arriesgado económicamente. En efecto, su remuneración se vería directamente afectada si no dispusieran de un número de unidades adecuadas o si los vehículos no estuvieran en condiciones óptimas. Así, para prever sus costos operativos deben confiar en que los costos de mantenimiento se mantendrán suficientemente estables y predecibles, que las refacciones estarán disponibles y que se les facilitará la información necesaria para cumplir con sus tareas de operación y mantenimiento. El proveedor de flota, por su lado, también corre el riesgo de ver su capital depreciarse de manera prematura por un mal mantenimiento o mala operación.

A. FOMENTAR LOS ACUERDOS “PROVEEDOR-OPERADOR” ANTES DE LA ASIGNACIÓN DE LAS CONCESIONES DE OPERACIÓN

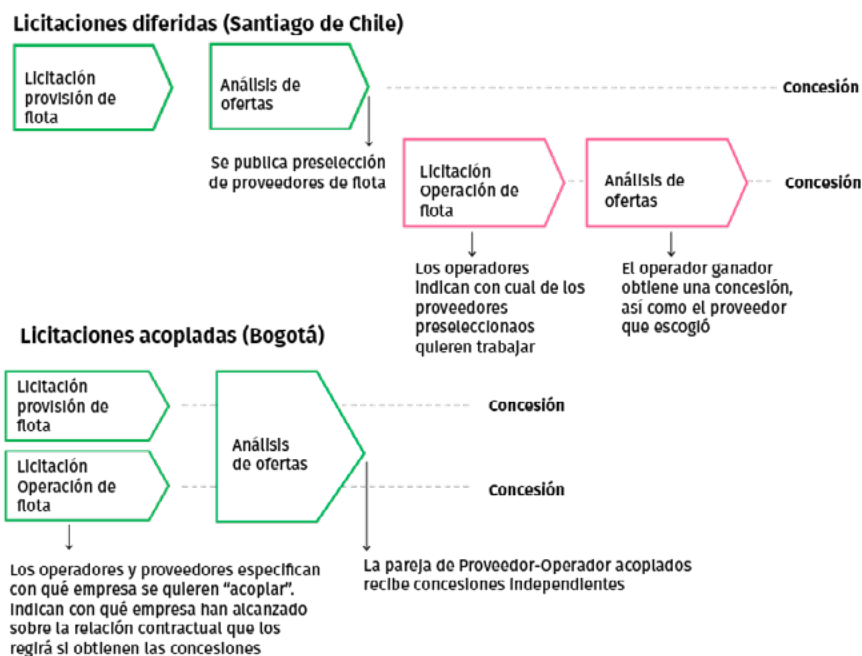
Por ello, en los sistemas que más han desarrollado su flota eléctrica, implementaron mecanismos para **permitir a los potenciales operadores y a los potenciales proveedores de flota tener visibilidad sobre los términos que regirían su acuerdo**, así como, la tecnología utilizada:

En Santiago de Chile se “difieren” las licitaciones de provisión de flota y de operación. La autoridad “pre-selecciona” al menos dos ofertas de provisión de flota y los operadores eligen con cuál desearían trabajar al responder a su licitación. La concesión de provisión de flota se atribuye a la empresa seleccionada por el operador que obtiene la concesión de operación⁴¹.

En Bogotá las dos licitaciones se llevan de manera “acoplada”. Así, aunque se trate de dos procesos licitatorios separados, las empresas participantes pueden especificar con qué operador o proveedor de flota desean trabajar. Las propuestas se estudian en conjunto y, tras el proceso de selección, se entrega una concesión a cada una de las empresas de la pareja ganadora⁴².

39 Giesen, comunicación personal, Julio 2021
40 Rodríguez, Ramos y Juya, comunicación personal, Septiembre 2021
41 Moya, comunicación personal, noviembre 2021.
42 Rodríguez, Ramos y Juya, comunicación personal, Septiembre 2021.

Figura 4: Licitaciones diferidas y acopladas



Fuente: Elaboración propia

Los casos de Metrobús en Ciudad de México y Jalisco son diferentes por estar en fases mucho más tempranas. En Jalisco, se están recabando datos para facilitar que las empresas transportistas puedan usar esta tecnología en el futuro⁴³. En la Ciudad de México, los mecanismos de licitación de autobuses eléctricos todavía no están institucionalizados. Sin embargo, en las líneas con mayor avance, se ve que los operadores alcanzan acuerdos con las empresas armadoras antes de que se negocien los términos de modificación de la concesión⁴⁴.

Por lo tanto, **no es deseable**, bajo ningún punto de vista, que se celebren **las licitaciones en paralelo**, sin permitir a los actores concertarse o condicionar su participación a la licitación.

B. ALINEAR LOS INTERESES DE LOS PRIVADOS HACIA UN MANTENIMIENTO ÓPTIMO DE LA FLOTA

Además, es recomendable que el esquema de remuneración de los actores alineen los incentivos de manera que todas las empresas involucradas tengan interés en que los vehículos estén en condiciones óptimas para cumplir con el plan operativo y los criterios de desempeño establecidos.

En Bogotá, **se responsabiliza al proveedor de flota de la supervisión del mantenimiento** realizado por el operador. Si por una falla técnica llegara a faltar alguna unidad para cumplir con el plan operativo, ambos actores se verían penalizados⁴⁵.

En Santiago de Chile, la empresa Metbus celebró un contrato con **la armadora BYD para que realice las tareas de mantenimiento por un costo mensual fijo**. Este contrato prevé “sanciones” al proveedor de flota si el operador no dispone de las unidades necesarias para cumplir con su plan operativo⁴⁶.

C. ASEGURAR INGRESOS EN CASO DE CESE DE ACTIVIDADES

Finalmente, se debe considerar la eventualidad de cese de actividades o revocación de concesión de uno de los actores. Es importante **asegurar** a las empresas privadas, y en particular las empresas que asumen la inversión inicial, que sus **ingresos** estarán asegurados al presentarse alguno de estos casos.

43 López y Bulos, *Comunicación personal*, Julio 2021

44 Góchez, *comunicación personal*, septiembre 2021; García Olvera, *comunicación personal*, octubre 2021

45 Rodríguez, Ramos y Juya, *comunicación personal*, Septiembre 2021

46 Moya, *comunicación personal*, noviembre 2021.

6.3

CONSIDERAR LAS DIFERENTES CAPACIDADES DE LOS OPERADORES

El sistema de Metrobús se caracteriza por contar con un número importante de operadores **con tamaños de flota y capacidades financieras variables**. Por ello, es de esperar que para algunos suponga un **esfuerzo más importante** poner en operación vehículos eléctricos. Para reducir estas diferencias, y evitar que el proceso de electrificación genere resistencias por parte de los operadores, Metrobús puede adoptar al menos dos estrategias simultáneamente.

A. ELEVAR LOS ESTÁNDARES MÍNIMOS REQUERIDOS A LOS OPERADORES

Por un lado, se pueden elevar los estándares de emisión, operación y mantenimiento para todas las empresas del sistema, incluidas las que usan tecnologías a combustión. Con ello, se reduce la diferencia entre los costos de la tecnología de combustión y las tecnologías de cero emisiones. Por ejemplo, tanto en Bogotá como en Santiago, ambos líderes en el uso de autobuses eléctricos en la región, todos los nuevos autobuses deben cumplir, al menos, con estándares EURO VI.

En el caso de Metrobús, también se podría **reforzar la supervisión de las tareas de mantenimiento de los operadores**, teniendo en cuenta que los proveedores de flota exigirán que se cumplan las mejores prácticas de mantenimiento para evitar que su flota se degrade de manera prematura. Con ello, resultará menos complicado para los operadores mantener unidades cumpliendo los requisitos de los proveedores de flota.

B. INCENTIVAR EL USO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

En paralelo, se pueden adaptar los términos de concesión para incentivar el uso de vehículos eléctricos. Así, ofrecer **concesiones más largas** a vehículos de cero emisiones, o la **preferencia a los vehículos eléctricos** en los procesos de licitación, podrían usarse como incentivos para acelerar la electrificación de las rutas.

Por ejemplo, en Bogotá, en el **proceso licitatorio** de 2021 el uso de tecnologías eléctricas pasó a ser una **opción incentivada**, y no solo un requerimiento en licitaciones específicas. Aún así, se adjudicaron un número importante de unidades de cero emisiones.

6.4

MECANISMOS DE APRENDIZAJE Y APOYO TÉCNICO PARA OPERADORES

Todos los operadores entrevistados mencionaron la falta de información como una barrera a la electrificación. Así, es destacable el esfuerzo de Metrobús por difundir progresivamente información sobre el desempeño de las unidades eléctricas y las perspectivas de electrificación del sistema. Este esfuerzo se podría escalar para proveer información sobre el tipo de unidades disponibles en el mercado, los costos de operación e inversión, o su rendimiento a un nivel de detalle suficiente para los operadores. Así, existen algunos mecanismos que podrían reducir esta falta de información.

A. INTERCAMBIOS DE EXPERIENCIA ENTRE OPERADORES

Primeramente, se podrían favorecer los intercambios de experiencias entre operadores, incitando aquellos operadores que están más avanzados en el proceso de electrificación a compartir su experiencia. Algunos operadores que todavía no han entrado en contacto con empresas proveedoras de flotas eléctricas, mencionaron la experiencia de la línea 3 como un ejemplo que les convenció de la viabilidad técnica y económica de los autobuses eléctricos. Este intercambio de experiencias podría institucionalizarse y generalizarse para ayudar a superar la falta de información sobre los vehículos eléctricos que supone la mayor barrera a la electrificación para muchas empresas.

B. APOYO POR ACTORES ESPECIALIZADOS EN INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y DE RECARGA

En cuanto a la infraestructura eléctrica, sería positivo generar acuerdos con actores especializados para proveer asesoramiento técnico a los operadores de líneas en las que se van a introducir vehículos eléctricos. Los actores involucrados en la llegada de las unidades eléctricas a la línea 3 de Metrobús destacan la labor de la CFE en asesorarlos en esta dimensión⁴⁷. Metbus, en Santiago de Chile, se apoyó de una institución académica para evaluar y certificar la infraestructura que planeaba utilizar para recargar las baterías de los autobuses⁴⁸.

C. ACOMPAÑAMIENTO DE ARMADORAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Finalmente, si Metrobús se hace arrendador de las unidades y las entrega en comodato al operador, sería positivo que requiera del proveedor que cumpla con requisitos mínimos de capacitación al operador. Así, el proveedor de flota debería comprometerse al menos a capacitar al personal de operación y mantenimiento así como a tener disponibilidad al inicio de la operación para resolver problemas emergentes que podrían surgir al usar esta nueva tecnología. Este tipo de intercambios han demostrado ser útiles tanto en Bogotá como en el piloto de la Línea 3 de Metrobús.

D. PERSONAS EXPERTAS Y ACADEMIA

Finalmente, se pueden integrar a personas expertas y actores relevantes de la academia para favorecer la difusión de conocimiento y apoyo técnico sin que influyan posibles intereses comerciales de las empresas proveedoras de energía, infraestructura o vehículos eléctricos. En Santiago de Chile, la empresa Metbús recurrió a personas expertas de la academia para asegurar que la infraestructura de recarga planeada contaba con dimensiones adecuadas para cumplir con su plan operacional sin invertir una cantidad excesiva de recursos en una infraestructura sobredimensionada⁴⁹.

⁴⁷ Becerra, comunicación personal, agosto 2021; Velázquez, comunicación personal, agosto 2021; Góchez, comunicación personal, septiembre 2021
⁴⁸ Moya, comunicación personal, noviembre 2021.
⁴⁹ *Ibid.*

7

CONCLUSIÓN

El uso de autobuses eléctricos a batería se ha desarrollado de manera alentadora en América Latina en los últimos años. Esto se debe sin duda a una reducción de los costos de adquisición de las unidades y de la infraestructura de recarga, así como, a un impulso político por reducir las emisiones asociadas al transporte y mejorar la calidad del aire en las ciudades. Sin embargo, el costo de las unidades se mantiene alto, y estas resultan difíciles de financiar por gran parte de los operadores. De este modo, las ciudades con flotas de autobuses eléctricos más importantes han implementado reformas de su modelo institucional para la provisión y operación de los vehículos. Así, en paralelo con el desarrollo de las flotas de autobuses eléctricos, se han generalizado los procesos de licitación en los que se separa la provisión de la flota y la operación.

Con ello, se pretende integrar nuevos actores con la capacidad de inversión y saberes necesarios para adquirir, poner en marcha y mantener las flotas de autobuses eléctricos. Estos suelen ser empresas de energía eléctrica o armadoras de autobuses eléctricos que cobran el papel de “proveedores de flota” y, en algunos casos, también de “proveedores de infraestructura”, sin operar las unidades. La inclusión de estos actores genera beneficios para los operadores, quienes ya no se ven en la obligación de financiar la flota, y además, cuentan con una empresa especializada para acompañarlos en su proceso de adaptación a una nueva tecnología. Sin embargo, la integración de la figura de proveedores de flota también genera barreras y desafíos que superar. Efectivamente, es importante que exista una relación de confianza entre el operador y proveedor de flota para que este modelo prospere. Además, algunos operadores pueden poner resistencia a transicionar a este modelo en el que ya no son propietarios de la flota que operan si no se generan las condiciones para que puedan prever adecuadamente sus costos de operación y mantenimiento. Finalmente, esta transición requiere generar aprendizajes y capacidades nuevas en el sector público y privado.

Es importante que las autoridades tengan en mente estas barreras para facilitar la electrificación de las rutas de autobuses. En este sentido, el estudio de casos de éxito muestra algunas estrategias que pueden ayudar a superar estos desafíos. Por un lado, es necesario generar un marco normativo que permita la integración de nuevos actores que puedan tener los aportes financieros y técnicos necesarios como pueden ser las empresas eléctricas o potenciales proveedores de flota. Además, se debe evitar licitar la provisión de la flota y su operación en procesos paralelos e independientes. De ser así, los privados no contarían con suficiente visibilidad para estimar sus riesgos. A la vez, los gobiernos pueden considerar mecanismos flexibles, basados en incentivos, para promover la electrificación de las rutas. Así, se trata de no poner en riesgo aquellos operadores que no estén listos para asumir cambios de semejante magnitud. Además, las autoridades deben implementar mecanismos de aprendizaje y apoyo técnico para los operadores que piensen en electrificar su flota o aquellos que hayan iniciado el proceso recientemente.

Finalmente, resulta alentador para el futuro del sistema, que tanto las autoridades como los operadores y otros actores clave, estén alineados en cuanto a la voluntad de desarrollar la flota de autobuses de cero emisiones en la ciudad. Además, no parece haber divergencias insuperables en cuanto a la transición de modelo de licitación y operación de las flotas, siempre y cuando se tome en cuenta la necesidad de los operadores de contar con la visibilidad suficiente sobre la tecnología que deberán usar y las relaciones contractuales que los regirán con el proveedor de flota.

REFERENCIAS

C40 (2019) Electrifying Bus Routes - Insights from Mexico City's Eje 8 Sur. Disponible en: https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Electrifying-Bus-Routes-Insights-from-Mexico-City-s-Eje-8-Sur?language=en_US

C40 (2020) Implementation guides. How to shift your bus fleet to zero emission by procuring only electric buses. Disponible en: https://www.c40knowledgehub.org/s/article/How-to-shift-your-bus-fleet-to-zero-emission-by-procuring-only-electric-buses?language=en_US

Capital21 (18 de enero 2021) Avanza plan para la construcción de Línea Cero del Metrobús. Consultado el 21/12/2021. Disponible en: <https://www.capital21.cdmx.gob.mx/noticias/?p=8284>
Ebus Radar | Buses eléctricos en América Latina. Consultado el 14/02/2022. Disponible en: <https://www.ebusradar.org/es/>

Guía Chile Energía (2018) "Engie entregará suministro de energía 100% renovable para 100 buses eléctricos del Transantiago - Transporte público" Consultado el 21/12/2021. Disponible en: <https://www.guiachileenergia.cl/engie-entregara-suministro-de-energia-100-renovable-para-100-buses-electricos-del-transantiago/>

ITDP (2022) Webinar. How Electric Buses are Moving Cities Contracting and Procurement. Disponible en: <https://www.itdp.org/event/how-electric-buses-are-moving-cities-contracting-and-procurement/>

Jalisco presenta su Plan de Acción Climática del Área Metropolitana, el primero en su tipo en Latinoamérica | Gobierno del Estado de Jalisco. (2021). Consultado el 17/12/2021. Disponible en: <https://www.jalisco.gob.mx/es/prensa/noticias/117808>

Milenio (18 de agosto 2021) Línea 0 del Metrobús, el único proyecto de movilidad previsto en 2022: Sheinbaum. Consultado el 21/12/2021. Disponible en: <https://www.milenio.com/politica/comunidad/metrobus-cdmx-linea-0-unico-proyecto-2022-sheinbaum>

Llegan unidades eléctricas para el sistema de Mi Transporte | Gobierno del Estado de Jalisco. (2021). Consultado el 17/12/2021. Disponible en: <https://www.jalisco.gob.mx/es/prensa/noticias/125435>

Pasajero 7. (2021). La Primera Ruta de Autobuses Eléctricos en México [Video]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=4vNM1Gueo3Y>

Twitter/MetrobusCDMX (27 de Junio 2020) "#MovilidadCDMX Planeando nuevos corredores, ahora en Circuito Interior - Revolución y Patriotismo. Que vengan 15 años más para mover a la Ciudad" Consultado el 21/12/2021. Disponible en: <https://twitter.com/metrobuscdmx/status/1276689299040350211>

UITP (2021) Going electric: A pathway to zero-emission buses. Policy Paper. Disponible en: https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2021/06/EBRD_UITP_GIZ_Going-Electric-A-Pathway-to-Zero-Emission-Buses_June2021.pdf

UITP. (2021). LARGE-SCALE BUS ELECTRIFICATION THE IMPACT ON BUSINESS MODELS. Disponible en: <https://www.uitp.org/publications/large-scale-bus-electrification-the-impact-on-business-models/>

ZEBRA (2022). Análisis de Costo Total de Propiedad de buses urbanos en Santiago de Chile (Presentación) Disponible en: <https://c40.ent.box.com/s/u9qb4z09u1nfhr2x7lmbxetu4z168fm>

ZEBRA (2022). Estrategia para el despliegue de flota eléctrica en el Sistema de Corredores de Transporte Público de Pasajeros de la Ciudad de México. Disponible en: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/03/MexCity-ZEBRA-A4-v4-may22.pdf>