1.

Estudio de Mercado

C40 Cities Finance Facility

SEPTIEMBRE - 2020

C40 CITIES FINANCE FACILITY

Funding partners:

Federal Ministry for Economic Cooperation and Development

CHILDREN'S INVESTMENT FUND FOUNDATION

UK Government

USAID FROM THE AMERICAN PEOPLE

Implementing agencies:

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

C40 CITIES

SOBRE CFF

El programa C40 Cities Finance Facility (CFF) es una colaboración entre el Grupo de Liderazgo Climático – C40 Ciudades por el Clima y la Agencia de Cooperación Alemanais (GIZ) GmbH. El CFF apoya a las ciudades en economías en Desarrollo y emergentes en el desarrollo de proyectos que estén listos para acceder a financiamiento con el fin de reducir emisiones y detener el aumento de la temperatura mundial en 1.5 °C, fortaleciendo la resistencia contra los impactos del cambio climático. El CFF está financiado por el Ministerio Federal Alemán para la Cooperación y el Desarrollo Económico (BMZ), la Fundación del Fondo de Inversión para la Infancia (CIFF), el Gobierno del Reino Unido y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

Agradecimientos

Ciudad de Quito

Marcelo Narvaez
Gustavo Hinostroza

GIZ

Alexandra Perez Salazar
Mario Piñeiros

Equipo técnico

Paulo Sérgio Custódio
Wagner Colombini Martins
Diogo Barreto
Cesar Arias
Patrícia Herrmann
Pilar Henríquez
Maurício Feijó Cruz
Juliana Carmo Antunes
Bruna Pizzol
Rafael Sanabria Rojas
Pietro Enrico Haydamus
Diego Ferrete
Augusto Pirani Ghilardi
Kátia Oliveira Custódio

Preparado por:
C40 Cities Finance Facility

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Oficinas:
Bonn and Eschborn, Germany

Potsdamer Platz 10
10785 Berlin, Germany

E contact@c40cff.org
W c40cff.org

Autor:

Logit Engenharia Consultiva Ltda.
Avenida Eusébio Matoso, 690, São Paulo/SP Brasil
São Paulo, 2020
www.logiteng.com

ÍNDICE

SOBRE CFF 2

1. INTRODUCCIÓN 1

2. PROVEEDORES DE BUSES ELÉCTRICOS ARTICULADOS Y TROLEBUSES ARTICULADOS PARA QUITO 2

2.1. Resultados previos obtenidos de Actividad 2.1.2 2

2.2. Consideraciones para el estudio de mercado de proveedores 3

2.3. Estudio de mercado 4

2.3.1. Análisis detallado para buses articulado 8

2.3.1.1. Aspectos técnicos 10

Motores 10

Chasis y carrocería 11

Baterías 12

Regeneración y consumos 13

Cargadores 13

Softwares, seguridad y otros 14

2.3.1.2. Aspectos comerciales 15

2.3.2. Análisis detallado para trolebús articulado 17

2.3.2.1. Aspectos técnicos 19

Motores 19

Chasis y carrocería 19

In motion charge 20

Baterías 20

Regeneración y consumos 21

Softwares, seguridad y otros 22

2.3.2.2. Aspectos comerciales 22

2.3.3. Post venta y récord operacional 24

2.3.3.1. Creación de capacidades y plan de post venta 24

2.3.3.2 Garantías de las baterías y modelos de negocios con las baterías al término de su vida útil 25

2.3.3.3 Experiencias con las tecnologías de interés, vandalismo, accidentes y/o problemas legales 26

2.4 Conclusiones 28

2.5 Recomendaciones 30

3. OPERADORES 32
3.1. Identificación de actores 33
3.2. Selección de operadores y recopilación de información 34
3.2.1. Sistematización de la información de los operadores 35
3.3. Evaluación de los requerimientos par participación de operadores privados 36
3.3.1. Operadores nacionales 36
3.3.2. UnitransQ 36
3.3.2.1. Consorcio Corredor Sur Occidental 37
3.3.2.2. Metroquil 37
3.3.2.3. Concuenca 38
3.3.2.4. Operadores internacionales 40
3.3.2.5. España ALSA 40
3.3.2.6. Chile Metbus 41
3.3.2.7. Bogotá/Chile Transdev 41
3.3.2.8. Lima Transvial/EMT 42
3.4. Conclusiones y recomendaciones 44

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde al producto de la actividad 2.1.6 – ESTUDIO DE MERCADO del proyecto **"Asistencia técnica a la transición de autobuses diésel a e-buses y la ampliación de la línea central de trolebuses"** como suporte al C40 *Cities Finance Facility* (CFF), identificado por el contrato número 81249355 con GIZ.

Este **proyecto tiene como objetivo** principal proveer soporte técnico para dos proyectos de servicios de electro movilidad de Quito. El primer proyecto consiste en la extensión del corredor de Trolebús de Labrador hasta Caparapungo y la compra de nuevos trolebuses y/o buses eléctricos. El segundo proyecto consiste en la transición del BRT ECOVIA de autobuses diésel a e-Buses. En ambos proyectos se requiere asistencia en el desarrollo de especificaciones técnicas y modelos financieros para la implementación.

Por su parte, la **actividad 2.1.6 tiene como objetivo principal** realizar un estudio integral y detallado de mercado, tanto para **proveedores** de vehículos como de **operadores** que estén interesados en Ecuador o que ya tengan presencia en dicho país. Al menos 5 entrevistas en profundidad serán consideradas tanto para el estudio de mercado de proveedores como de operadores, respectivamente.

La Tabla 1 presenta el listado de Anexos Digitales que acompaña esta entrega.

Tabla 1 Listado de archivos incluidos como anexos digitales de la actividad 2.1.6

Archivo	Descripción
Contactos_Quito_v2_revPH.xlsx	Listado con todos los contactos establecidos para las entrevistas con proveedores de vehículos (buses eléctricos articulados y trolebuses articulados)
Material OEMs	Carpeta que contiene antecedentes complementarios que entregaron las distintas marcas entrevistadas.
BBDD_Quito EBuses_v4_revPH.xlsx	Sistematización de las entrevistas y antecedentes recopilados para Estudio de Mercado
Operadores_Formularios de Entrevistas.docx	Formularios de entrevistas com operadores

2. PROVEEDORES DE BUSES ELÉCTRICOS ARTICULADOS Y TROLEBUSES ARTICULADOS PARA QUITO

2.1. Resultados previos obtenidos de Actividad 2.1.2

En el informe asociado a la actividad 2.1.2 se identificaron y caracterizaron proyectos recientes (2018 hacia adelante) implementados con la última tecnología tanto de buses eléctricos como de trolebuses, en ambos casos para longitudes de 18 m, y con un alcance geográfico para ciudades de Europa, USA y Latinoamérica, incluido México.

Uno de los principales resultados luego del análisis de 52 ciudades a nivel internacional es que existe una oferta amplia de buses eléctricos articulados y trolebuses articulados con proveedores de variados orígenes: europeos, canadiense, chinos y brasileño. Sin embargo, al momento de cruzar la oferta de estas tecnologías con las realidades de los proyectos ya implementados en ciudades de Latinoamérica y México, el origen de los proveedores es predominantemente chino y solo en Brasil se puede sumar además a un proveedor local.

Dependiendo de la ciudad latinoamericana y de cada proceso de incorporación de buses eléctricos y trolebuses, se pueden identificar distintos factores que han hecho que la oferta de proveedores chinos sea la seleccionada, entre ellos:

- **Costos de las tecnologías.** En general el estándar europeo es uno de los más exigentes de la industria automotriz y por tanto hace que los vehículos sean más costosos que una oferta de otro origen. El uso de cargadores con estándar europeo CCS Tipo 2, sistemas sofisticados de seguridad activa, acabados en el interior, uso de A/C, entre otros, hacen que cada vehículo sea de mayor valor.
- **Conformación de alianzas estratégicas "proveedor-operador-empresa de energía".** La llegada de los primeros 100 buses eléctricos a Latinoamérica a fines del 2018, específicamente en Santiago de Chile, se dio en un escenario en que el sector privado empujó a la autoridad a innovar, lográndose implementar por primera vez en Chile un contrato de provisión de flota de buses eléctricos y donde el dueño no sería el operador, sino que en este caso una empresa de energía. Esta primera alianza fue BYD-Metbus-ENEL (proveedor-operador-empresa de energía, respectivamente), replicándose posteriormente con otros proveedores, operadores y empresas de energía, tanto en Santiago de Chile como en otras ciudades de la región.
- **Tiempos de entrega de los vehículos**. Este factor normalmente tiene un contexto político en que las implementaciones de flotas con buses eléctricos y

trolebuses buscan ser evaluadas, pilotadas y escaladas, todo dentro de un mismo período de gobierno, ya sea de la autoridad nacional o de la autoridad de la ciudad.

- **Capacidades para adaptar configuraciones específicas del vehículo.** Dependiendo de la ciudad, estas exigencias pueden ser complejas respecto a lo que es el estándar de la industria de buses y trolebuses. En este contexto, se identifica como adaptación mayor el exigir modelos con piso alto a 90 cm pues, en general, dicha industria libera modelos al mercado internacional que vienen por defecto con piso bajo.
- **Presencia de fábricas a nivel regional**. Dependiendo del proveedor, el contar con fábricas a nivel regional para producir y atender el mercado en Latinoamérica puede ser relevante dentro de su estrategia. Esto se vuelve aun más gravitante cuando la estrategia para Latinoamérica incluye el mercado brasileño, uno de los mayores dentro de la región, pues sin fábricas a nivel local se vuelve inviable poder ofrecer un producto en Brasil debido a los altos costos de internación.

2.2. Consideraciones para el estudio de mercado de proveedores

Previo a tomar contacto con proveedores de buses eléctricos articulados y trolebuses articulados con potencial interés en Quito, se elaboró un resumen de media página, en inglés y español, que proporcionaba información de contexto respecto de los dos (2) proyectos de transporte público de interés. Este resumen se incluyó en el cuerpo de los mail y señalaba los siguientes antecedentes:

- **Entidades relacionadas al estudio que apoya a la ciudad Quito**: C40 y GIZ , como las organizaciones que financian; LOGIT Ingeniería, como la consultora que se adjudicó el estudio.
- **Hitos relevantes**: se indica que Ecuador tiene establecido en su Ley Orgánica de Eficiencia Energética que todos los vehículos del transporte público a renovar desde el 2025 deben ser eléctricos. Se menciona además que la ciudad de Quito está trabajando en su Ordenanza para el fomento de tecnologías limpias. Además de señalar que Quito ya tiene aprobado por el Consejo de la Ciudad el adquirir 20 buses articulados eléctricos y 50 trolebuses, cuyo horizonte para operar debiera ser para el 2021-2022.

- **Renovaciones futuras:** desde 2022 y durante esta década, la ciudad requerirá ir renovando buses diésel, al menos, 50 unidades de buses eléctricos articulados.

Respecto a la estructura de la entrevista en profundidad, al momento de contactar a los proveedores se explicitaba los tres (3) ámbitos a cubrir y que se listan a continuación:

1. Revisión de aspectos técnicos, tanto generales como específicos por cada componente de interés de cada tecnología
2. Aspectos comerciales
3. Post venta y récord operacional.

Finalmente, y conforme a los antecedentes provistos por la ciudad de Quito al presente estudio, se indicaron durante la misma entrevista los parámetros preliminares de diseño (ver Figura 1), dependiendo si el proveedor era de buses eléctricos y/o trolebuses.

PARÁMETROS PRELIMINARES BUS ELÉCTRICO 18 m

250-300 km de autonomía, pendientes de 18% a PBV y 0 km/h, transportar 160 pasajeros, piso de 90 cm (piso alto). Un bus recorre al día 250 km aprox., 6 puertas (3 por cada lado), potencia mínima del motor 230 kW, tiempo disponible para recarga nocturna 5 h.

PARÁMETROS PRELIMINARES TROLEBUS 18 m

75 km de autonomía, pendientes de 18% A PBV Y 0 km/h, transportar 160 pasajeros, piso de 90 cm (piso alto). Un bus recorre al día 220-250 km, aprox. Potencial condición *off wire* = 20 km, extensión Labrador – Carapungo (ida y vuelta). El trolebus tiene tensión de red 750 VDC +20% -30%. 6 puertas y potencia mínima del motor 230 kW

Figura 1 Resumen con parámetros de diseño preliminares compartidos con proveedores entrevistados. Fuente: Elaboración propia

2.3. Estudio de mercado

En el capítulo a continuación se presentan los resultados obtenidos del estudio de mercado basado en las entrevistas en profundidad hechas a proveedores de las tecnologías de interés para la ciudad de Quito. En total se realizaron nueve (9) entrevistas con representantes de las marcas: BYD, Foton, Eletra, Skoda, Solaris, SunWin, Volvo, Yutong y Zhongtong. La Figura 2 señala las ocho (8) marcas que contaban con buses eléctricos articulados de alta autonomía, de las cuales cinco (5) son de origen chino, dos (2) de origen europeo y uno (1) de origen brasileño.

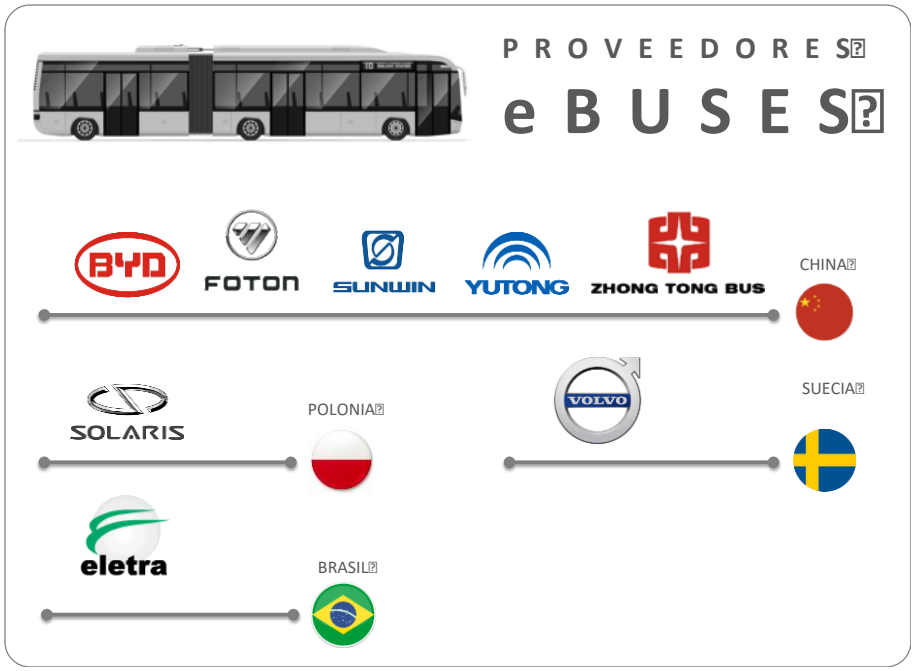

Figura 2 Esquema de marcas representadas por proveedores entrevistados, caso buses eléctricos articulados. Fuente: elaboración propia.

Análogamente, la Figura 3 señala las seis (6) marcas que contaban con trolebuses articulados, de las cuales tres (3) son de origen chino, dos (2) de origen europeo y uno (1) de origen brasileño.

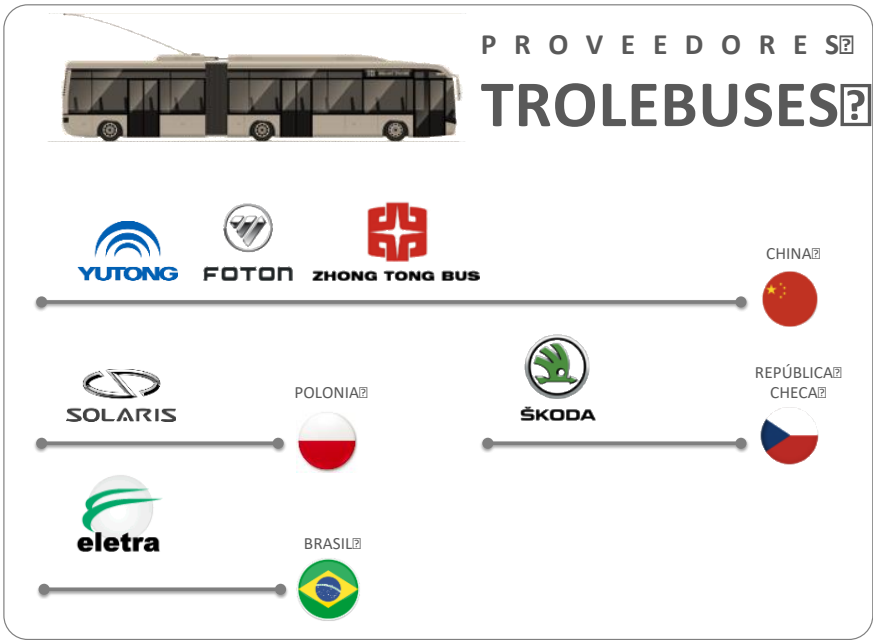

Figura 3 Esquema de marcas representadas por proveedores entrevistados, caso trolebuses articulados. Fuente: elaboración propia.

Funding partners:
Federal Ministry for Economic Cooperation and Development
CHILDREN'S INVESTMENT FUND FOUNDATION
UK Government
USAID FROM THE AMERICAN PEOPLE
Implementing agencies:
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
C40 CITIES

Si bien de los resultados de la actividad 2.1.2 desarrollada previamente a este informe arrojaron más marcas de origen europeo y también de Canadá, se definieron cuatro (4) criterios de selección para converger a marcas con mayor potencial de ofertar sus tecnologías para la ciudad de Quito según se describe en la Tabla 2[1]. El criterio de "**representación**" da cuenta si la marca tienen algún nivel de presencia en el Ecuador o en Latinoamérica, ya sea directamente o con intermediario; el criterio de "**flotas en Latinoamérica**" señala si existen buses eléctricos y/o trolebuses operando tanto a nivel regional como a nivel de Ecuador mismo. El tercer criterio "**tecnologías**" destaca si la marca tiene modelos de buses de 18 m y/o trolebuses de 18 m disponibles en el mercado; finalmente el criterio "**otros**" integra antecedentes relevantes que complementan la actividad de la marca a nivel de Latinoamérica.

Tabla 2 Resumen de criterios de selección de marcas entrevistadas para estudio de mercado de proveedores. Fuente: elaboración propia.

Proveedor	Criterio	Comentario
BYD	**REPRESENTACIÓN**	- Tiene representación en Ecuador directa de fábrica
	FLOTAS EN LATINOAMERICA	- Tiene flotas eléctricas de buses operando en Latinoamérica - Tiene flotas eléctricas operando en Ecuador
	TECNOLOGÍAS	- Dispone de modelo de bus eléctrico 18 m
	OTROS	- Tiene ya desarrollado y operando desde 2017 un bus eléctrico articulado configurado especialmente para Quito
FOTON	**REPRESENTACIÓN**	- Tiene representación con intermediarios en Ecuador para tecnología diesel - Existe para buses eléctricos y trolebuses un representante directo de Foton, cobertura Latinoamericana
	FLOTAS EN LATINOAMERICA	- Tiene flotas eléctricas de buses operando en Latinoamérica - Sin operar en Ecuador con tecnologías de interés
	TECNOLOGÍAS	- Dispone de modelo de bus eléctrico 18 m y de trolebús 18 m
	OTROS	- Ha estado interesado en los procesos recientes de trolebuses de Ciudad de México
ELETRA	**REPRESENTACIÓN**	- Tiene representación para Latinoamérica - Sin presencia directa en Ecuador
	FLOTAS EN LATINOAMERICA	- Tiene flotas eléctricas de buses operando en Latinoamérica - Sin operar en Ecuador con tecnologías de interés
	TECNOLOGÍAS	- Dispone de modelo de bus eléctrico 18 m y de trolebús 18 m
	OTROS	- Ha estado interesado en los procesos recientes de trolebuses de Ciudad de México
SKODA	**REPRESENTACIÓN**	- Existe para trolebuses un representante directo de Skoda, cobertura Latinoamericana

[1] Se debe mencionar que se contactó también King Long (China), dada su presencia en Chile, sin embargo, no tenían oferta articulada eléctrica. Además, a modo exploratorio se contactó New Flyer (Canadá) y a Irizar e-Mobility (España) pero no se tuvo respuesta.

Proveedor	Criterio	Comentario
	FLOTAS EN LATINOAMERICA	- Tiene flotas de trolebuses operando en México en alianza con DINA - Sin operar en Ecuador con tecnologías de interés
	TECNOLOGÍAS	- Dispone de modelo de bus eléctrico 18 m
	OTROS	- Ha estado interesado en los procesos recientes de trolebuses de Ciudad de México
SOLARIS	**REPRESENTACIÓN**	- Tiene representación con intermediarios en Ecuador para tecnología diesel
	FLOTAS EN LATINOAMERICA	- Sin operar en Latinoamérica con tecnologías de interés
	TECNOLOGÍAS	- Dispone de modelo de bus eléctrico 18 m y de trolebús 18 m
	OTROS	- Uno de los mayores proveedores de las tecnologías de interés en Europa, relevante para profundizar en cómo hacer factible la ofertar de un producto europeo en Quito, dado que ya tiene representación en Ecuador
SUNWIN	**REPRESENTACIÓN**	- Tiene representación para Latinoamérica - Sin presencia directa en Ecuador
	FLOTAS EN LATINOAMERICA	- Tiene flotas eléctricas de buses operando en Latinoamérica - Sin operar en Ecuador con tecnologías de interés
	TECNOLOGÍAS	- Dispone de modelo de bus eléctrico 18 m
	OTROS	- Llevó bus articulado eléctrico a ser pilotado en Chile
VOLVO	**REPRESENTACIÓN**	- Tiene representación con intermediarios en Ecuador para tecnología diesel - Existe para buses eléctricos un representante directo de Volvo, cobertura Latinoamericana
	FLOTAS EN LATINOAMERICA	- Sin operar en Latinoamérica con tecnologías de interés - Sin operar en Ecuador con tecnologías de interés
	TECNOLOGÍAS	- Dispone de modelo de bus eléctrico 18 m
	OTROS	- Tiene flota de buses híbridos (eléctrico y diésel) operando en Latinoamérica
YUTONG	**REPRESENTACIÓN**	- Tiene representación con intermediarios en Ecuador para tecnología diesel
	FLOTAS EN LATINOAMERICA	- Tiene flotas eléctricas de buses y trolebuses operando en Latinoamérica - Sin operar en Ecuador con tecnologías de interés
	TECNOLOGÍAS	- Dispone de modelo de bus eléctrico 18 m y de trolebús 18 m
	OTROS	- Próximo a pilotar (2020) bus eléctricos articulado piso alto en Ciudad de México
ZHONGTONG	**REPRESENTACIÓN**	- Tiene representación con intermediarios en Ecuador para tecnología diesel
	FLOTAS EN LATINOAMERICA	- Tiene flotas eléctricas de buses operando en Latinoamérica - Sin operar en Ecuador con tecnologías de interés
	TECNOLOGÍAS	- Dispone de modelo de bus eléctrico 18 m y de trolebús 18 m
	OTROS	- Tiene un bus articulado eléctrico en Santiago de Chile para ser homologado con estándar RED Metropolitana (Ex Transantiago)

A continuación se desarrollan las secciones 2.1, 2.2 y 2.3 con los análisis específicos por cada marca entrevistada respecto de las tecnologías de interés y según las tres dimensiones abordadas en las entrevistas en profundidad: i) técnico, ii) comercial y iii) post venta y récord operacional. Toda la información levantada en las entrevistas se encuentra sistematizada en **BBDD_Quito EBuses_v4_revPH.xlsx (hojas en azul)** archivo que puede ser encontrado junto al **Anexo I** del presente informe. Además, en dicho Anexo I, se encuentra la carpeta **Material OEM** que incluye las pautas por con cada una de las nueve (9) entrevistas, además de archivos técnicos compartidos por cada proveedor.

2.3.1. Análisis detallado para buses articulado

Luego de realizadas las ocho (8) entrevistas para esta tecnología, y considerando los parámetros (preliminares) de diseño definidos por Quito según se mostró previamente en la Figura 1[2], la condición más restrictiva para todas las marcas que ofrecen buses eléctricos articulados eléctricos fue la de **establecer altura del piso del bus a 90 cm (piso alto).** En general, los fabricantes tienen desarrollada su oferta en piso bajo y algunos ya se han ido adelantando para ofrecer una versión adicional con piso alto, como los casos de BYD, SunWin y Yutong. Respecto de los otros parámetros, la Tabla 3 contiene los datos levantados por medio de las entrevistas para los parámetros mínimos que exige la ciudad de Quito respecto de los buses eléctricos de 18 m.

Tabla 3 Caracterización de oferta de buses eléctricos de 18 m respecto de parámetros (preliminares) de diseño para la ciudad de Quito. Fuente: Elaboración propia

MARCA eBus 18m	PBV (ton)	Pasajeros	Autonomía Declarada (km)	A/C	Pendiente máx. a PBV y 0 km/h	Potencia Motor kW	Cantidad de Motores	Nº de puertas
BYD	31	160	270-300	NO	19%	180	2	6
FOTON	31(*)	160 (*)	300	NO	19%*	160	1(**)	3
ELETRA	28	140	130	NO	S/I	210	1	3
SOLARIS	31(*)	140	220	SI	S/I	110 / 240	2 / 1	4
SUNWIN	31	145	300	NO	20	180	2	4
VOLVO	29	150	180	SI	S/I	200	2	3
YUTONG	30	160	300	NO	18%	150	2	6

(*) No señala valor específico pero indica que se ajusta a la norma y/o al requerimiento de la ciudad. (**) Se ha solicitado confirmar este dato entregado de especificaciones del eBus Foton 18m

Del análisis cuantitativo de la Tabla 3 se observa que todas las marcas cumplen con no superar la norma de 31 ton de Peso Bruto Vehicular (PBV) exigido en Quito.

[2] Se muestran 7 resultados, ya que representante de Zhongtong no estaba enterado del modelo articulado que está en Santiago de Chile. Por otra parte, al no estar homologado aun este bus en Chile, no se pudo acceder a datos técnicos.

Respecto de las capacidades de pasajeros transportadas versus las autonomías declaradas, las marcas BYD, Foton y Yutong cumplen a cabalidad lo exigido por Quito. Sin embargo, para el caso de Foton se observa un motor de menor potencia que el mínimo exigido (160 kW versus 230 kW, respectivamente). En el caso de SunWin, se cumple con autonomía pero no con la capacidad de pasajeros, mientras que el resto de los otros modelos están por debajo los 300 km de autonomía que se exige en Quito.

Respecto de los valores de pendientes máximas a superar, motores y números de puertas, existe una mayor variabilidad en los resultados, siendo BYD y Yutong los que ya presentan un cumplimiento de lo exigido por Quito. Sin embargo, estos ajustes son menos críticos para cumplir los requerimientos según lo declaran los fabricantes. En forma unánime los entrevistados señalan que se envía un equipo de ingenieros a terreno para hacer un levantamiento de las condiciones de ruta y de operación de la ciudad, de manera de poder hacer las modelaciones que permitan ajustar los parámetros para cumplir con *performance* en ascenso de pendientes, entre otros. Finalmente, respecto de adaptar la carrocería al número de puertas es algo que normalmente realizan los fabricantes según cada caso a atender.

Considerando los resultados de la Tabla 3 y las respuesta obtenidas para los **tiempos de *delivery* o entrega**, se presenta en la Figura 4 una matriz de relación que ordena a las marcas de buses eléctricos de 18 m entrevistados y un indicador que se construyó denominado **"Ajustes de Modelo",** el cual representa el esfuerzo necesario para presentar un modelo en el corto plazo para la ciudad de Quito. La Tabla 4 indica el detalle de cómo se cuantifica este indicador, mientras más bajo el valor, menor será el esfuerzo que se requiere en ajustar el modelo a los requerimientos mínimos que se exigen en la ciudad.

Tabla 4 Definición de indicador "Ajustes de Modelo". Fuente: Elaboración propia

Valor	Criterio
1	Tiene modelo piso alto, requiere de ajustes marginales, fácil de implementar
2	Tiene modelo piso alto, sin embargo requiere de ajustes conforme a las exigencias de la ciudad (por ejemplo, nº de puertas), fácil de implementar
3	No tiene modelo piso alto, requiere de un desarrollo nuevo. Sin embargo, declara factible de realizar
4	No tiene modelo piso alto, requiere de un desarrollo nuevo. Se declara como NO es factible de realizar para entregas al 2021-2022

Según la matriz de la Figura 4, **aquellas marcas más cercanas al origen** estarán en mejores condiciones para **presentar en el corto plazo un modelo que cumpla con las exigencias mínimas** impuestas para la operación de los buses eléctricos articulados en Quito. En este sentido, y conforme a lo declarado por cada marca, Yutong es la marca que requiere de menos esfuerzos y que entrega en los plazos más cortos (6 meses). Si se prioriza un menor indicador de "Ajustes de Modelo", la marca que sigue es BYD quién declaró tiempos de 8 a 9 meses. En tercer lugar estaría

la marca SunWin, con un indicador de ajustes 2 (principalmente por los ajustes al número de puertas) y con 6 meses de plazo de entrega. En el indicador de ajustes 3 se concentran Foton, Eletra y Zhongtong, dado que todos ellos requieren de desarrollar nuevos modelos en piso alto, sin embargo, han declarado que es factible de hacer para atender una orden para 2021-2022. Finalmente, los dos (2) proveedores europeos Solaris y Volvo quedaron en el indicador de ajustes 4 por no presentar en el corto plazo un plan que les permita oferta un modelo de piso alto para Latinoamérica ni Ecuador.

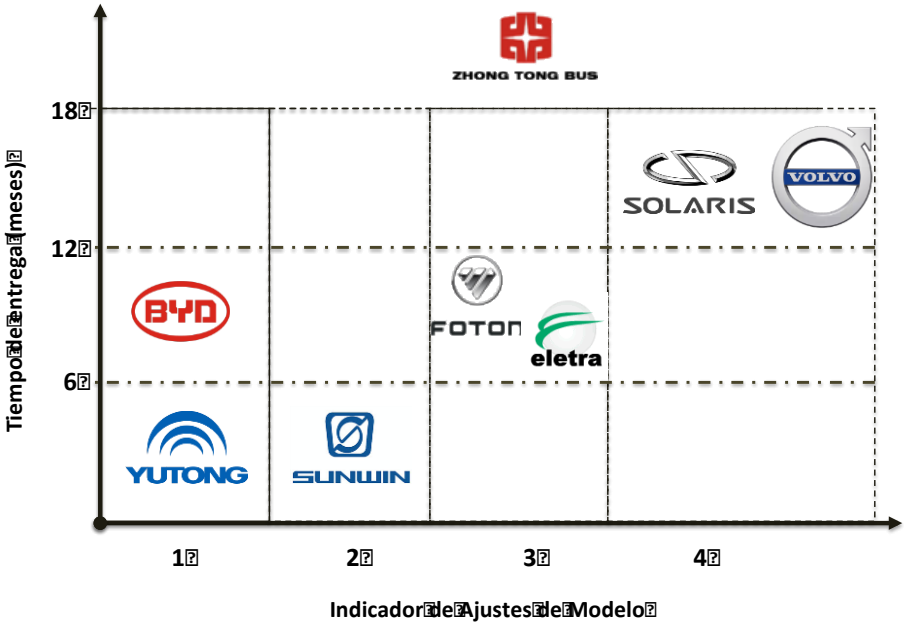

Figura 4 Matriz de relación Tiempo de Entrega e Indicador de Ajustes de Modelo para buses eléctricos articulados potencialmente ofrecidos a Quito. Fuente: elaboración propia.

2.3.1.1. Aspectos técnicos

Como se indicó en la introducción, la primera parte de las entrevistas en profundidad abordaba los aspectos técnicos de las tecnologías de interés. En particular, para el caso de los buses articulados eléctricos se abordaron los aspectos técnicos según seis (6) dimensiones de la tecnología: 1) motores, 2) chasis/carrocería, 3) baterías, 4) regeneración y consumos energéticos, 5) cargadores, 6) *softwares*, seguridad y otros.

Motores

Como se vio en la Tabla 3, a excepción de Foton y Eletra, todas las marcas ofrecen potencias nominales en motor igual o superior al exigido por la ciudad que es 230 kW. Por otra parte, se identifican diferencias en el número de motores (1 o 2) y en las configuraciones al eje o a la rueda. En el caso solamente de BYD (ver Figura 5) y una

de las versiones de Solaris, la configuración es con motor directo a las ruedas, indicándose como principales ventajas:

- Poder acceder fácilmente al motor para hacerle mantenimiento
- Menores pérdidas en transmisión, ya que no se requiere diferencial ni cardán
- Mejor eficiencia energética
- Mejor performance para transmitir potencia e iniciar movimiento

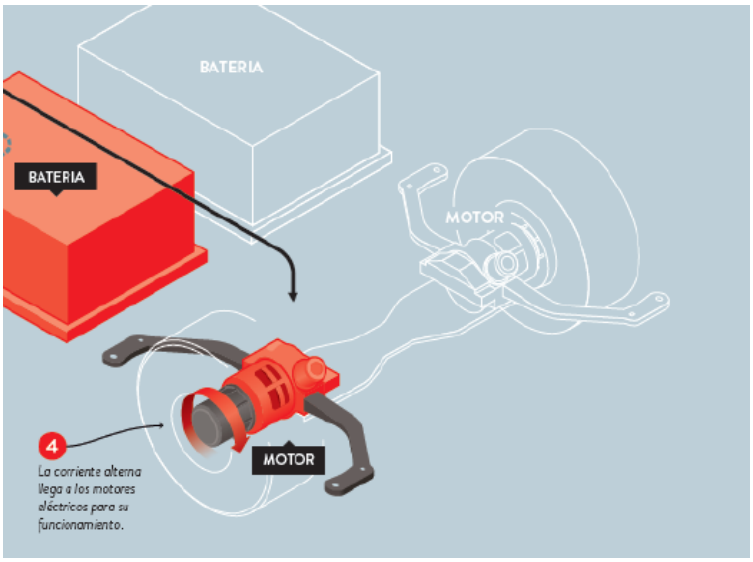

Figura 5 Esquema de configuración con motor a las dos (2) ruedas del eje trasero, caso BYD. Fuente: BYD

Respecto a aquellos que presentan configuraciones de 1 o 2 motores conectados al eje normalmente del proveedor ZF. También hay otra configuración que es con motor conectado a un diferencial. Respecto a marcas de motores, hay marcas propias de los mismos fabricantes (Yutong) y también como el caso de SunWin que utiliza motores de proveedores externos como Siemens, Foton utiliza DANA, Eletra con WEG.

Chasis y carrocería

En relación al chasis y carrocería, se identifican configuraciones clásicas que separan ambos componentes como es el caso de BYD y Eletra. Sin embargo, hay una clara tendencia de usar estructuras integrales (monocasco) o semi-integrales.

Se indican como ventajas de una configuración de monocasco es que se optimiza el diseño, el espacio y con ello también el peso, pues el diseño es específico para incluir todos los circuitos y resto de los componentes del vehículo eléctrico (ver Figura 6).

Como contraparte, las ventajas que señalan las marcas que utilizan configuraciones clásicas de chasis separado de la carrocería es que tienen mayor flexibilidad para montar los modelos con distintos proveedores que tienen presencia local en muchos casos.

Los materiales empleados en la estructura son aceros de alta resistencia e inoxidables, aseguran habitáculo para no deformarse en caso de volcarse.

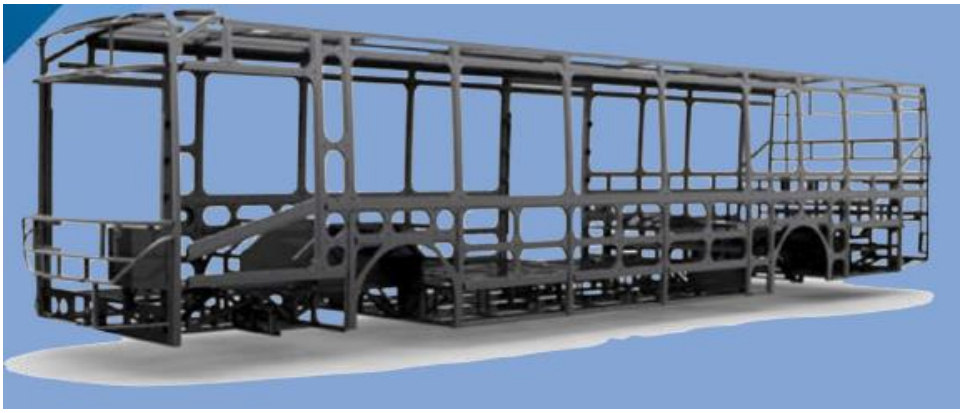

Figura 6 Esquema estructura monocasco o integral. Fuente: SunWin

Baterías

Las baterías con las que vienen equipados los modelos de buses eléctricos de 18 m presentan una amplia variedad en cuanto a cantidad de kWh, tipos de químicas y marcas (ver Tabla 5). En relación a las **autonomías** el mínimo es 130 km y el máximo 300 km, esta última cifra alcanzada por cuatro (4) proveedores (BYD, Foton, SunWin y Yutong) y que cumpliría con el requerimiento preliminar exigido por la ciudad de Quito.

Tabla 5 Características declaradas para las baterías de los buses eléctricos de 18 m según cada marca entrevistada. Fuente: elaboración propia

MARCA bus eléctrico 18m	AUTONOMÍA (km)	BATERÍA (kWh)	Tipo Batería	Marca batería	Garantía Batería (años)
BYD	270-300	438	LiFeP	BYD	8
FOTON	300	577	LiFeP	CATL	8
ELETRA	130	240	Ion Litio	CATL	8
SOLARIS	220	550/560	NMC	varios proveedores	7 a 8
SUNWIN	300	471	LiFeP	CATL	8
VOLVO	180	200 / 250 / 300/ 396	Ion Litio	S/I	S/I
YUTONG	300	563	LiFeP	CATL	8

En cuanto a las **químicas de las baterías para los buses eléctricos**, se identifica un predominante uso del tipo LiFeP para los proveedores de origen chino, cuya marca es CATL principalmente y BYD. Las garantías declaradas transversalmente por los proveedores es 8 años, por lo que se debe considerar el recambio de baterías en contratos como los que prospecta la ciudad de Quito (períodos de 15 años). Las recomendaciones de nivel de descarga máxima recomendada varían entre 12% y 20%.

Regeneración y consumos

La regeneración en los buses eléctricos es fundamental para lograr las eficiencias energéticas esperadas y conseguir los ahorros en costos de operación propios de la tecnología. De forma unánime los fabricantes declaran la necesidad de entrenar a los conductores para optimizar las frenadas y las tasas de regeneración. Comentan que las capacitaciones que ellos realizan también consideran otras buenas prácticas de manejo como no acelerar/desacelerar de forma brusca, tratar de mantener velocidades constantes, anticiparse a las frenadas, entre otros. Esto además tiene el co-beneficio de ser una conducción más segura.

Los entrevistados indican cifras de regeneración entre 20% y 30% para los buses eléctricos articulados, sin embargo, se señala que la tasa de regeneración implica otros factores adicionales a la condición de manejo como la geografía y las velocidades medias de operación. En este contexto, no se puede asegurar a priori un valor de regeneración, pero sí este se puede gestionar para llegar en torno a las cifras señaladas.

Respecto de los consumos energéticos, cinco marcas informaron este indicador. Para el caso de una operación sin A/C, se indicaron consumos de 1,5 kWh/km en el caso de Foton, entre 1,4 kWh/km a 1,8 kWh/km para BYD, entre 1,3 kWh/km y 1,6 kWh/km para SunWin y entre 1,3 kWh/km y 1,7 kWh/km para Yutong. Respecto de una operación con A/C y estándar europeo, Solaris informa un rango de consumo de 2 kWh/km a 2,5 kWh/km.

Cargadores

En relación a la infraestructura de carga empleada por los buses eléctricos de 18 m, la Tabla 6 resume las principales características que declararon los proveedores entrevistados. Se puede observar que de forma unánime se indica el uso de cargadores en corriente continua (DC), con potencias que van desde los 90 kW a los 150 kW. Algunos proveedores señalan la posibilidad de conectar el bus a dos cargadores simultáneamente para obtener cargas más rápidas.

Los tiempos de carga dependen tanto del nivel de potencia como del tamaño de las baterías (kWh). Considerando los modelos de baterías indicados en la Tabla 5, los tiempos de carga declarados por los fabricantes van de 1,5 horas hasta un máximo de 4 horas, lo cual se ajusta a la restricción de 5 horas para recarga nocturna que impone el sistema ECOVÍA en Quito.

En cuanto al estándar de carga, se reparte entre el estándar europeo CCS Tipo 2 y el estándar chino GB/T. Sin embargo, en el caso de los buses eléctricos de origen chino, todos los proveedores declaran que pueden adaptarse al estándar europeo.

Finalmente, todos los cargadores declarados con de protocolo abierto OCPP lo cual es muy relevante para que puedan ser gestionados de forma remota las cargas, optimizando el control de la demanda, costos, periodos de carga, entre otros.

Tabla 6 Principales características respecto de la infraestructura de carga empleada por los buses eléctricos articulados de las marcas entrevistadas. Fuente: elaboración propia.

MARCA bus eléctrico 18m	TIEMPO DE CARGA (h)	POTENCIA CARGADOR (KW)	Corriente Cargador	Estándar Cargador	Capacidad de adaptar estándar europeo	OCPP	Marca Cargador
BYD	2 a 4	100 a 200	DC	GB/T	SI	SI	BYD
FOTON	2 a 3	S/I	DC	CCS Tipo 2	N/A	SI	Phoenix Contact
ELETRA	1,5	90 a 120	DC	CCS Tipo 2	N/A	SI	ELETRA
SOLARIS	4	150	DC	CCS Tipo 2	N/A	SI	S/I
SUNWIN	2 a 4	120 a 240	DC	GB/T	SI	SI	Star Charger
VOLVO	2 a 3	150	DC	CCS Tipo 2	N/A	SI	S/I
YUTONG	3 a 4	150	DC	GB/T	SI	SI	S/I

Complementando esta dimensión de análisis respecto de la infraestructura de carga, se consultó a los entrevistados cómo ellos pueden asegurar una buena implementación de un electroterminal. En general, casi todos los fabricantes entregan un nivel de asesoramiento para dimensionar el electroterminal, recomendando el cargador (potencia) según las horas reales disponibles para la recarga, perfiles horarios de tarifa, puntos de acceso de potencia según ubicaciones del electroterminal, cantidad de cargadores por bus, entre otros. En el caso de BYD y Eletra tienen personal dedicado para hacer este apoyo en la solución. En el caso de las otras marcas, apoyan colaborativamente con empresas de energía con las que forman en alianza o envían un profesional de fábrica.

Softwares, seguridad y otros

La última dimensión de los aspectos técnicos en los buses eléctricos tiene relación con las posibilidades que ofrece cada marca para acceder a los datos del trolebús, sistemas de seguridad y sistemas auxiliares, según se describe a continuación:

- **Software de gestión de flota**. En general, todas las marcas de trolebuses ofrecen *software* propios de gestión de flota donde los operadores pueden ver variables en línea como consumo energético, estado de las baterías,

kilometraje, velocidades, tasas de regeneración, entre otros. Además, se pueden personalizar las variables a mostrar conforme a los intereses del cliente. En general esto es un servicio que tiene un costo adicional. En el caso de Eletra y BYD, no se dispone de un desarrollo propio en esta línea.

- **Acceso a los datos**. Los siete (7) proveedores declaran el poder acceder a los datos por parte de los operadores conectándose al computador del vehículo y descargando la información ex post a la operación (no en tiempo real). Con esta data también las marcas colaboran en generar reportes según los intereses del cliente.
- **Sistemas de seguridad**. Los fabricantes de buses eléctricos cumplen con estrictos estándares internacionales para operar seguro ante inundaciones, choques, supresores de incendio, activación de cortes de corriente en el sistema de alta tensión, entre otros.
- **Sistemas auxiliares**. Todos declaran que se adaptan a los requerimientos que exige la ciudad, normalmente conectado a un circuito paralelo de bajo voltaje (12 V o 24 V) que no interfiere con el circuito de potencia motriz.

2.3.1.2. Aspectos comerciales

Una de las preguntas importantes para el estudio de mercado tiene relación con el **CAPEX o costo de inversión de las tecnologías** y que no siempre los proveedores se sienten cómodos con brindar un valor por cuenta de que, al no tener el desarrollo que requiere la ciudad (un diseño en piso alto por ejemplo), prefieren no aventurarse con dicha información. Si bien al momento de la entrevista se señalaban que esto es más bien referencial y que se entiende que los valores se deben ajustar a cotizaciones detalladas y específicas que resuelvan las necesidades de Quito, hubo marcas que no quisieron entregar cifras de costos de la tecnología. La Tabla 7 indica los valores obtenidos para el CAPEX de buses eléctricos de 18 m y las referencias que el lector debe considerar en cada cifra para poder hacerlas comparables.

Tabla 7 Valores obtenidos de CAPEX referencial por bus eléctrico articulado 18 m. Fuente: elaboración propia

MARCA eBus 18m	CAPEX (USD)	Comentario CAPEX
BYD	595.000	Incluye internación Ecuador. Valor final, referencial
FOTON	S/I	S/I
ELETRA	S/I	S/I
SOLARIS	897.000	precio Europa
SUNWIN	450.000	CIF en Ecuador
VOLVO	S/I	S/I
YUTONG	640.000	CIF en Ecuador
ZHONGTONG	520.000	incluye internación en Chile. Un valor CIF en Chile sería del orden de 440.000 USD

Se observa de la Tabla 7 que de los valores reportados, los buses eléctricos de 18 m de origen chino varían desde los 450.000 USD (SunWin) hasta los 640.000 USD (Yutong), ambos valor CIF en Ecuador. Existe un relación en la cantidad de baterías para cada caso, siendo 471 kWh y 563 kWh respectivamente, considerando además que en ambos casos la batería es CATL de tipo LiFeP.

Complementario a la consulta del CAPEX de los buses eléctricos, se realizaron preguntas respecto a las condiciones de comercialización que potencialmente podría ofrecer cada marca entrevistada a Quito, las cuales se resumen en la Figura 7. Respecto a la pregunta 1 (P1) de la Figura 7 solo BYD indicó que aplican políticas de descuento por volumen. En relación a poder ofrecer comercialmente los productos en el corto plazo para Quito (P2), las dos marcas de origen europeo respondieron que no estaban en condiciones. Al cambiar hacia un horizonte de mediano plazo, ambas marcas europeas señalan que si podrían ofrecer sus productos, en particular, Volvo está orientando los buses eléctricos en Latinoamérica para el 2025, mientras que Solaris señaló los mismos plazos si es que el tipo de bus es piso bajo. Finalmente, para la pregunta 4 (P4), solo tres (3) proveedores señalaron que eventualmente pueden ofrecer un modelo de negocio de leasing de baterías (Eletra, Volvo y Yutong).

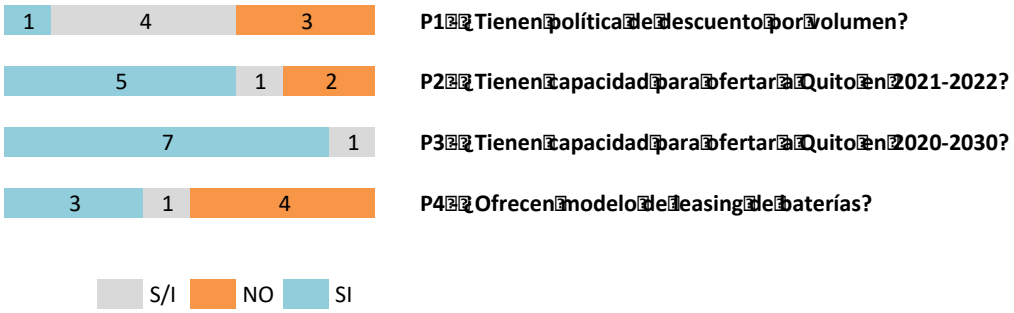

Figura 7 Cuadro resumen sobre potenciales condiciones para comercializar buses de 18 m en Quito. Fuente: elaboración propia.

En relación a los **costos de mantenimiento**, solo BYD proporcionó un valor con el que valorizan proyectos en Quito y Guayaquil, cuya cifra referencial es 20 centavos de dólar por kilómetro[3]. En general, todas las marcas entrevistadas declaran ahorros comparativos a tecnologías diésel como valor porcentual, los cuales varían entre 50% y 80%, dependiendo del entrevistado. Se debe señalar que los proveedores hacen énfasis en que los ahorros dependen de la tecnología convencional con la que se compara, ya que los niveles de costos de mantenimiento para un bus diésel Euro VI es distinto que un Euro IV, etc.

Finalmente, respecto a los cargadores empleados por los buses articulados eléctricos, para potencias entre 120 kW y 150 kW DC estándar GB/T (estándar chino),

[3] BYD enfatiza que este valor no es extrapolable a otras tecnologías, es particular de BYD en Quito y Ecuador

el costo por cargador declarado varía entre 28.000 USD y 35.000 USD. Un cargador con estándar europeo CCS Tipo 2 DC podría incrementar su valor en un 15%-20%.

2.3.2. Análisis detallado para trolebús articulado

De forma análoga a lo desarrollado en la sección 2.1, a continuación se presenta el análisis para las seis (6) marcas entrevistadas de trolebuses articulados. Al igual que en lo observado para los buses eléctricos de 18 m, para el caso de los trolebuses de 18 m el requisito de altura del piso a 90 cm (piso alto) fue una restricción que ninguna de las marcas pudo cumplir con un modelo ya disponible en el mercado. Sin embargo, Yutong declara que al tener un modelo de piso alto para bus eléctrico articulado, el desarrollo del trolebús emplea la misma plataforma y por tanto menor tiempo en la implementación. Respecto de los otros parámetros de interés, la Tabla 8 contiene los datos levantados por medio de las entrevistas para los requerimientos mínimos que exige la ciudad de Quito en el caso de los trolebuses articulados.

Tabla 8 Caracterización de oferta de trolebuses de 18 m respecto de parámetros (preliminares) de diseño para la ciudad de Quito. Fuente: Elaboración propia

MARCA Trolebús 18m	PBV (ton)	Pasajeros	Autonomía Declarada (km)	A/C	Pendiente máx. a PBV y 0 km/h	Potencia Motor kW	Cantidad de Motores	Nº de puertas
FOTON	28	160(*)	50	NO	S/I	150	1(**)	3
ELETRA	31(*)	124	7 (***)	NO	S/I	210	1	3
SKODA	30	160	15	SI	S/I	160 / 250	2 / 1	4
SOLARIS	31(*)	140	20	SI	S/I	240 a 250	1	4
YUTONG	29	150	75	NO	18%	250	1	3
ZHONGTONG	28	145	25	NO	S/I	157	2	6

(*) No señala valor específico pero indica que se ajusta a la norma. (**) Se ha solicitado confirmar este dato entregado de especificaciones del trolebus 18m de Foton. (***) Se declara que este modelo es solo para back up, no mantiene velocidad de operación.

Del análisis cuantitativo de la Tabla 8 se observa que todas las marcas cumplen con no superar la norma de 31 ton de Peso Bruto Vehicular (PBV) exigido en Quito. Respecto de las capacidades de pasajeros transportadas versus las autonomías declaradas, no existe un modelo que se ajuste completamente a lo exigido para los trolebuses articulados para Quito (ver Figura 1). Si se prioriza cantidad de pasajeros, la marca Foton es la que presenta mayor autonomía con 50 km y luego Skoda con 15 km (en este caso la métrica dada corresponde a estándar europeo, usando A/C). La única marca que cumple con el nivel de autonomía exigido de 75 km es Yutong, sin embargo, su capacidad de transporte de pasajeros es de 150 personas. En relación a las configuraciones de motores, tres (3) marcas cumplen con el mínimo exigido de 230 kW: Skoda, Solaris y Yutong. Sin embargo, al igual que en el caso de los buses

de 18 m, se debe señalar que este es un parámetro que ajustan las marcas para optimizar el *performance* en la ciudad a operar, previo envío de un equipo de ingenieros a terreno para hacer un levantamiento de las condiciones de ruta y de operación del trolebús de Quito.

Considerando las respuesta obtenidas para las marcas respecto de los **tiempos de *delivery* o entrega**, se presenta en la Figura 8 una matriz de relación que ordena a las marcas de trolebuses de 18 m entrevistadas y el indicador **"Ajustes de Modelo",** previamente definido.

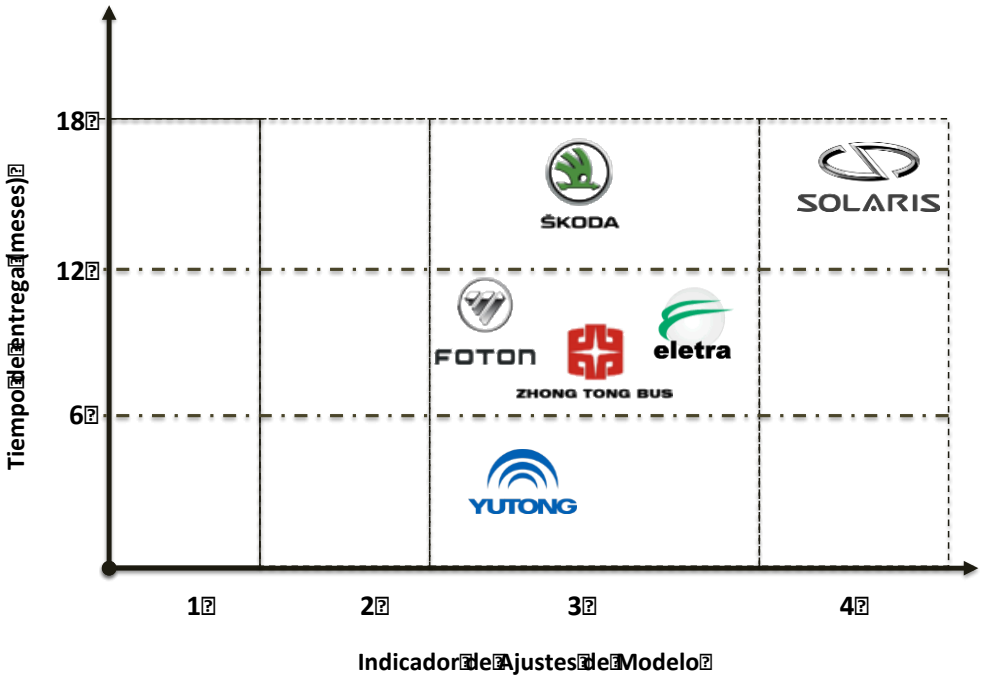

Figura 8 Matriz de relación Tiempo de Entrega e Indicador de Ajustes de Modelo para trolebuses articulados potencialmente ofrecidos a Quito. Fuente: elaboración propia.

Según la matriz de la Figura 8, **aquellas marcas más cercanas al origen** estarán en mejores condiciones para **presentar en el corto plazo un modelo que cumpla con las exigencias mínimas** impuestas para la operación de los buses eléctricos articulados en Quito. En este sentido, cinco (5) de las seis (6) marcas quedaron con el indicador de ajustes 3, dado que todos deben desarrollar una versión del modelo a piso alto. Sin embargo, y conforme a lo declarado por Yutong, esta marca es la marca que requiere de menos esfuerzo relativo a las otras marcas, principalmente por indicar plazos de entrega más cortos y tener ya un pre-desarrollo listo de una plataforma de 18 m para el bus eléctrico que operaría en el BRT de Ciudad de México y que usaría para implementar el trolebús articulado.

Otro resultado a destacar, y a diferencia con lo observado para los buses eléctricos articulados, es la existencia de un proveedor de origen europeo que declara interés por desarrollar un modelo de trolebús a piso alto para Quito y que corresponde a Skoda. Este proveedor conformaría alianzas con empresas de carrocería y chasis de

presencia Latinoamericana, citando a Marco Polo. Skoda enfatiza que no es factible reducir los tiempos a menos de 12 meses para entregar el cabeza de serie de una *batch* de producción.

2.3.2.1. Aspectos técnicos

A continuación se desarrolla los aspectos técnicos específicos abordados para los trolebuses articulados según seis (6) dimensiones de la tecnología: 1) motores, 2) chasis/carrocería, 3) sistema *in motion charge*, 4) baterías, 5) regeneración y consumos energéticos, y 6) *softwares*, seguridad y otros.

Motores

Como se vio en la Tabla 8, a excepción de Foton y Eletra, todas las marcas ofrecen potencias nominales en motor igual o superior al exigido por la ciudad que es 230 kW. Por otra parte, se identifican solo dos casos en que sus modelos vienen equipados con dos (2) motores: Zhongtong y una de las versiones de Skoda. La configuración con un solo motor es más predominante para el caso de los trolebuses articulados. No se observan modelos con motores a la rueda. Respecto a marcas de motores, hay marcas propias de los mismos fabricantes (Zhongtong, Yutong, Skoda) y también como el caso de Foton utiliza DANA, Eletra con WEG.

Chasis y carrocería

Al igual que en el caso de los buses eléctricos articulados, se encuentran las mismas configuraciones de monocasco, semi-monocasco, además de la configuración separada de chasis y carrocería. Respecto de las marcas ya revisadas en el caso de los buses articulados y que ofrecen además trolebuses, como Foton, Eletra, Solaris, Yutong y Zhongtong, se emplean las mismas plataformas y configuraciones de chasis y carrocería por marca antes señalados. En el caso de Skoda, que solo aparece en trolebuses, la configuración que emplea este proveedor es de chasis separado de la carrocería, donde el tren motriz lo provee Skoda y configura alianzas con empresas de carrocería y chasis local, dependiendo de donde se desea desarrollar la solución.

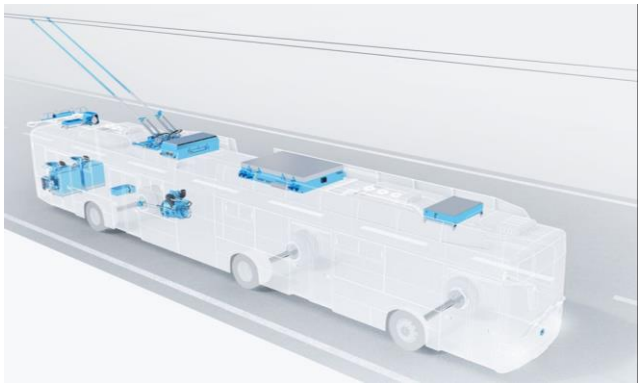

Figura 9 Referencia de tren motriz Skoda que se acopla a chasis y carrocería. Fuente: Skoda

In motion charge

El sistema de recarga en movimiento o *in motion charging* es la tecnología que caracteriza la nueva generación de trolebuses que tienen autonomía eléctrica a baterías. En caso que el trolebús requiera de desconectarse de las catenarias (operación en modo “off wire”), éste podrá seguir circulando a la misma velocidad comercial gracias a la energía eléctrica proveniente de las baterías de respaldo, tal cual opera un bus eléctrico. Una vez que el trolebús vuelve a conectarse, las baterías se recargan desde la misma conexión con la catenaria o con la energía proveniente de la regeneración en las frenadas. Los fabricantes señalan que el tiempo conectado nuevamente a la catenaria es el indicador para recargar las baterías, donde toma alrededor de 30 minutos volver las baterías a 80% en caso de Yutong y Foton.

Gracias a este sistema de recarga en movimiento, los trolebuses no requieren de cargadores para su operación diaria y solo se recomienda por parte de los fabricantes contar con 1 o 2 cargadores para hacer mantenimiento a las baterías y balanceo.

Baterías

Las baterías con las que vienen equipados los modelos de trolebuses de 18 m presentan una amplia variedad en cuanto a cantidad de kWh, tipos de químicas y marcas (ver Tabla 9). En relación a las **autonomías** el mínimo es 7 km y el máximo 75 km, sin embargo, todo los fabricantes declararon que tienen ciertas flexibilidades para incorporar más baterías si es que se requiere de mayor autonomía por parte de la ciudad versus los modelos ofrecidos.

Tabla 9 Características declaradas para las baterías de los trolebuses de 18 m según cada marca entrevistada. Fuente: elaboración propia

MARCA Trolebús 18m	AUTONOMIA (km)	BATERÍA (kWh)	Tipo Batería	Marca batería	Garantía Batería (años)
FOTON	50	100	LMO	MGL	8
ELETRA	7[4]	S/I	Plomo Ácido	MOURA	8
SKODA	15	60	LTO/NMC	varios proveedores	8
SOLARIS	20	79	NMC	varios proveedores	7 a 10
YUTONG	75	151	LiFeP	CATL	8
ZHONGTONG	25	50	LiFeP	CATL	8

[4] En el caso de Eletra, el modelo de trolebús solo emplea esta batería como back up, limitando la velocidad. Señalan que ya están desarrollando para METRA (operador de Brasil) un modelo con baterías de ion Litio para brindar autonomía eléctrica y a velocidad comercial.

En cuanto a las **químicas de las baterías para los trolebuses**, se identifica un caso con el tipo Plomo Ácido que otorgan la menor autonomía y que dado su mayor peso, ya no se utilizan para aplicaciones de electromovilidad. También están las de tipo LiFeP que tienen buena relación peso, costo y vida útil cuando son bien refrigeradas y son utilizadas por las marcas de origen chino, a excepción de Foton que utiliza baterías de tipo LMO (óxido de litio manganeso) que cada vez tienen menos presencia en el mercado. Las marcas europeas de trolebuses utilizan baterías de tipo NMC que tienen una mejor densidad energética respecto de la LiFeP pero también son más costosas. Las recomendaciones de nivel de descarga máxima recomendada varían entre 12% y 20%.

Una recomendación hecha desde Skoda y Solaris respecto de cómo dimensionar el sistema de respaldo a baterías es que no sea superada la proporción de tiempo 60% y 40% en modo conectado a la catenaria y modo *off wire*, respectivamente. Lo anterior para cuidar el desgaste acelerado de las baterías. Además, se busca evitar cargar con mucho peso en baterías pues se quitaría la ventaja del trolebús como tecnología.

Finalmente, para el caso en que las baterías del trolebús tienen un uso intensivo como lo sugiere la potencial extensión de Labrador-Carapungo en el servicio de trolebuses de Quito, se debería considerar el recambio de las baterías al año 8, tal cual se harían en un bus eléctrico.

Regeneración y consumos

Los trolebuses también tienen incorporado el **sistema de regeneración** de energía eléctrica que va directo a las baterías cada vez que frena. Se indican cifras de regeneración entre 20% y 30%, sin embargo, y al igual que el caso de los buses eléctricos, se señala por parte de los entrevistados que la tasa de regeneración implica muchos factores: el modo de conducción, la geografía, las velocidades medias, entre otros. Por lo que no se puede asegurar a priori un valor de regeneración, pero sí este se puede gestionar para llegar en torno a las cifras señaladas.

Respecto de los consumos energéticos, solo tres marcas informaron este indicador. Para el caso de una operación sin A/C, se indicaron consumos de 1,5 kWh/km en el caso de Foton y un rango entre 1,3 kWh/km a 1,7 kWh/km para el caso de Yutong. Respecto de una operación con A/C y estándar europeo, Solaris informa un rango de consumo de 2,5 kWh/km a 3 kWh/km.

Softwares, seguridad y otros

La última dimensión de los aspectos técnicos en los trolebuses tiene relación con las posibilidades que ofrece cada marca para acceder a los datos del trolebús, sistemas de seguridad y sistemas auxiliares. La oferta para trolebuses en este punto es análoga a lo que se incluye en el caso de los buses eléctricos:

- **Software de gestión de flota**. En general, todas las marcas de trolebuses ofrecen *software* propios de gestión de flota donde los operadores pueden ver variables en línea como consumo energético, estado de las baterías, kilometraje, velocidades, tasas de regeneración, entre otros. Además, se pueden personalizar las variables a mostrar conforme a los intereses del cliente. En general esto es un servicio que tiene un costo adicional. En el caso de Eletra, no se dispone de un desarrollo propio en esta línea.
- **Acceso a los datos**. Los seis (6) proveedores declaran el poder acceder a los datos por parte de los operadores conectándose al computador del vehículo y descargando la información ex post a la operación (no en tiempo real). Con esta data también las marcas colaboran en generar reportes según los intereses del cliente.
- **Sistemas de seguridad**. Los fabricantes de trolebuses señalan que es una tecnología madura y segura, que cuenta con doble aislación en todo el sistema de potencia, además de cumplir con estrictos estándares internacionales para operar seguro ante inundaciones, choques, supresores de incendio, entre otros.
- **Sistemas auxiliares**. Todos declaran que se adaptan a los requerimientos que exige la ciudad, normalmente conectado a un circuito paralelo de bajo voltaje (12 V o 24 V) que no interfiere con el circuito de potencia motriz.

2.3.2.2. Aspectos comerciales

La Tabla 10 indica los valores obtenidos para el CAPEX de los trolebuses de 18 m y las referencias que el lector debe considerar en cada cifra para poder hacerlas comparables. Al igual que en el caso de los buses eléctricos, hubo marcas que no proporcionaron esta información, sin embargo, se cuenta con un valor referencial CIF en Ecuador de 440.000 USD para el caso del trolebús ofrecido por Yutong. Se debe recordar que esto es una cifra referencial señalado por el entrevistado de la marca y tomando el modelo preparado para Ciudad de México (articulado, piso bajo). Para el caso de los proveedores europeos, las cifras son considerablemente mayores, sin embargo, responden a un mercado con estándar europeo, y en el caso de Skoda, que sí esta interesado en ofertar sus productos a Quito, señala que estos costos debieran

cambiar notoriamente por cuenta de co-diseñar con una empresa de carrocería con presencia en Latinoamérica, además de acoger las exigencias de Quito.

Tabla 10 Valores obtenidos de CAPEX referencial por bus eléctrico articulado 18 m. Fuente: elaboración propia

MARCA Trolebús 18m	CAPEX (USD)	Comentario CAPEX
FOTON	S/I	S/I
ELETRA	S/I	S/I
SKODA	732.000 a 900.000	precio Europa
SOLARIS	1.000.000	precio Europa
YUTONG	440.000	CIF en Ecuador
ZHONGTONG	S/I	S/I

Análogo a lo presentado para los buses eléctricos, se realizaron preguntas complementarias respecto de las condiciones de comercialización que potencialmente podría ofrecer cada marca entrevistada a Quito, las cuales se resumen en la Figura 10. Respecto a la pregunta 1 (P1) de la Figura 10, ninguna de las marcas entrevistadas indicó que si podrían aplicar políticas de descuento por volumen. En relación a poder ofrecer comercialmente los productos en el corto plazo para Quito (P2), únicamente Solaris respondió que no estaban en condiciones. Al cambiar hacia un horizonte de mediano plazo, Solaris señaló podría comenzar a ofertar desde el 2025 si es que el tipo de trolebús es piso bajo. Finalmente, para la pregunta 4 (P4), en total señalaron cuatro (4) proveedores que eventualmente pueden ofrecer un modelo de negocio de leasing de baterías (Eletra, Skoda, Yutong y Zhongtong).

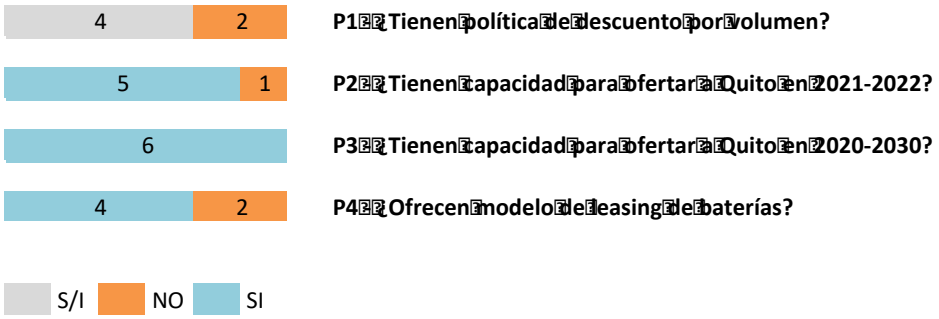

Figura 10 Cuadro resumen sobre potenciales condiciones para comercializar trolebuses de 18 m en Quito. Fuente: elaboración propia.

En relación a los **costos de mantenimiento**, se señala que si la comparación es respecto de una flota antigua de trolebús, los costos debieran disminuir por cuenta de disponer de *stock* de repuestos que antes normalmente estaban descontinuados. Ahora, si la comparación es con una flota diésel, se debe hacer el análisis similar al que se hace con un bus eléctrico, sin embargo, en los costos de mantención del trolebús se deben agregar, al menos, los costos por el ítem catenaria y por el cambio de los contactores que van en las pértigas, cuyo reemplazo es semanal por desgaste. Ningún proveedor se aventuró a brindar cifras concretas de costos por km. En el caso

de la operación que se está realizando en Ciudad de México con los trolebuses de Yutong, el entrevistado ha señalado que esperan el poder cumplir 1 año de operación para generar este indicador.

2.3.3. Post venta y récord operacional

La sección a continuación presenta los resultados obtenidos del levantamiento hecho con las 9 marcas entrevistadas para profundizar en los planes de post venta, garantías de baterías y segunda vida, y detalles del récord operacional. Dado que varias marcas ofrecían tanto buses eléctricos articulados como trolebuses articulados, los análisis se hacen mas bien por proveedor más que por tecnología, ya que las políticas de post venta son a nivel de marca.

2.3.3.1. Creación de capacidades y plan de post venta

La adopción de buses eléctricos requiere de la creación de capacidades dentro de los operadores para asegurar una correcta operación y mantención que otorgue la vida útil de todos los activos durante el periodo de contrato. Esta es una de las principales preocupaciones de los operadores cuando se decide hacer el cambio tecnológico de diesel (una tecnología conocida) a una 100% eléctrica. Esta incertidumbre no ocurre cuando se requiere de renovar una flota de trolebuses en un sistema que ya existe, pues este recambio es una innovación incremental, donde el conocimiento del equipo técnico para operar y mantener los trolebuses ya está instalado dentro de la organización.

Ante esta condición, **las marcas ya tienen establecidos planes de capacitación tanto enfocados a los conductores, como al equipo técnico encargado de mantener y reparar los vehículos**. Normalmente tienen programas pre-diseñados, sin embargo, todos ofrecen ajustar los contenidos conforme a las necesidades del cliente, e incluso algunos ofrecen certificados. Además, todas las marcas ofrecen visitas a fábrica para entrenarse al mismo tiempo que van a inspeccionar la manufactura y/o hacer recepción de los vehículos. Sin embargo, ante el contexto COVID 19 esta instancia se ha restringido y ahora solo se hacen inspecciones de manera remota, ya sea con video llamadas y fotos.

Respecto a los **planes de post venta**, todos los entrevistados señalan que **las marcas son flexibles en hacer el acompañamiento conforme sean las necesidades del cliente**. Normalmente traen profesionales técnicos desde fábrica para ser parte del equipo de planta del operador, ofreciendo acompañamiento de algunos meses hasta 1 o 2 años, haciéndose cargo 100% de la mantención en un inicio y posteriormente, conforme se vayan entrenando los técnicos propios, dejan estas labores y ellos solo dan soporte específico. Existen también modelos en que la mantención es a cargo del proveedor 100% por todo el período del contrato, todo es configurable conforme a las necesidades del cliente.

Finalmente, todas las marcas señalan el traer *stock* de todos los componentes principales (tren motriz, baterías, controladores, fusibles, contactores de las pértigas, etc) y los disponen dentro del mismo terminal a consignación o lo disponen en instalaciones propias de la marca y/o representante, gestionados con *software* de activos u otro que prefiera el cliente.

2.3.3.2 Garantías de las baterías y modelos de negocios con las baterías al término de su vida útil

La garantía de las baterías es un componente importante para reducir los riesgos de la adopción de buses eléctricos y trolebuses con autonomía a baterías. En este contexto, los representantes de las marcas **señalan garantías de 8 años de las baterías** y que ante cualquier inconveniente, ellos se hacen cargo del reemplazo de las mismas. Las condiciones para hacer valer las garantías son conformes a las **recomendaciones de uso que cada fabricante indica en sus manuales de operación y mantenimiento.** Esta información es entregada de forma transversal por todos los entrevistados.

Respecto a los niveles de estado de carga (SOC, por sus siglas en inglés) al **término de la vida útil** en los vehículos, los valores informados son de **70% a 80% de SOC**. Para el caso de los buses eléctricos, todos indican que se debe hacer un recambio al año 8 y por tanto se debe considerar este costo en la evaluación, señalando transversalmente que la cifra de **40% del costo capital del bus es el precio de las baterías**. En el caso de los trolebuses este valor es menor, dependerá de la solución final del pack (kWh) y las marcas señalan entre un **7% y un 20% del costo capital del trolebús.** Un punto a considerar, particularmente para el **caso de los trolebuses** y el recambio de las baterías, tiene relación con **qué tan intensivo será el modo de operación "off wire**". Si las baterías son utilizadas más como *back up* y/o para traslados cortos como operación en centro histórico, traslados desde la ruta al terminal o contingencias, las baterías no deberían sufrir desgaste pudiendo ser dimensionadas por parte de los fabricantes para que no haya recambio dentro del período de contrato de 15 años, por ejemplo. Por el contrario, si la operación es intensiva, como se está evaluando para la extensión sin catenaria de Labrador-Carapungo, entonces sí será necesario considerar el recambio en el año 8.

Finalmente, con respecto a **soluciones ofrecidas por las marcas para la segunda vida de las baterías**, en general, es algo que no están desarrollando como negocio dentro de las marcas, principalmente porque en el corto plazo aun esto es un mercado incipiente. Sin embargo, se puede destacar a BYD como la única marca que **ofrece comprar las baterías al operador y dejarlas como parte de pago al momento del recambio** del pack al año 8. Otros casos más exploratorios y no tan concretos son Volvo y Yutong. En el primer caso se están piloteando soluciones de almacenamiento residencial en Gottemburgo con batería de segunda vida de Volvo; mientras que en el segundo caso se señala que potencialmente Engie pueda ofrecer soluciones de segunda vida a los operadores que escojan a Yutong, pero de momento no hay nada concreto.

2.3.3.3 Experiencias con las tecnologías de interés, vandalismo, accidentes y/o problemas legales

A cada entrevistado se les consultó si tenían **experiencia operando las tecnologías de interés en la actualidad**: buses eléctricos de 18 m y trolebuses articulados; además de preguntarles si tenían algún **producto eléctrico operando en Latinoamérica** (independiente si era o no de 18 m). La Tabla 11 y la Tabla 12 recopilan los antecedentes del récord operacional tanto para las marcas de buses eléctricos de 18 m como de trolebuses de 18 m, respectivamente. En el caso de los buses eléctricos se destacan a BYD como a Eletra como aquellas marcas que han operado buses articulados eléctricos en Latinoamérica. Por otra parte, tanto Yutong como Zhongthong están prontos a entrar a operar en 2020 en Ciudad de México y Santiago. En relación a la experiencia con otros buses eléctricos en Latinoamérica, únicamente Solaris no ha puesto su oferta en el mercado latino, incluso Volvo ya tiene operando buses híbridos en Colombia.

Tabla 11 Experiencia operacional marcas de buses eléctricos 18 m. Fuente: eleboración propia

MARCA bus eléctrico 18m	Récord Operacional con bus eléctrico 18m	Otros buses eléctricos en Latinoamérica
BYD	Santiago; Guayaquil, Bogotá; Quito, USA	Perú, Chile, Uruguay, Argentina, Colombia, Ecuador
FOTON	China, India	Chile
ELETRA	Brasil, Nueva Zelanda	Brasil, Argentina
SOLARIS	Full Europa	NO
SUNWIN	Asia; Medio Oriente	Colombia
VOLVO	Suecia, Noruega	Brasil, Colombia[5]
YUTONG	Ciudad de México[6], Asia	Chile, Uruguay, Argentina
ZHONGTONG	China, Chile[7]	Chile, Paraguay

En referencia a la experiencia declarada por la marcas de trolebuses de 18 m (ver Tabla 12), la presencia en ciudades de Latinoamérica es menor que para el caso de los buses eléctricos, observándose a las marcas Eletra y Yutong que actualmente operan trolebuses articulados. En relación a la experiencia con otros trolebuses en Latinoamérica, nuevamente aparecen Eletra y Yutong, sumándose Skoda, todos ellos empleando trolebuses de menor dimensión o con la tecnología anterior que traía motores de combustión como respaldo.

[5] Son buses híbridos no eléctricos puros
[6] Pronto a entrar en operación en Ciudad de México, Agosto 2020 según informa Yutong
[7] En espera de recibir la homologación para poder operar con estándar RED en Santiago.

Tabla 12 Experiencia operacional marcas de trolebuses 18 m. Fuente: eleboración propia

MARCA Trolebús 18m	Récord Operacional con Trolebús 18m	Otros trolebuses en Latinoamérica
FOTON	China, India	NO
ELETRA	Brasil, Nueva Zelanda	Brasil, Argentina
SKODA	Full Europa	Mexico
SOLARIS	Full Europa	NO
YUTONG	Ciudad de México, Asia	Ciudad de México
ZHONGTONG	China	NO

Respecto a cómo enfrentaban el **vandalismo**, fue muy transversal la respuesta por parte de las marcas respecto de disponer un stock de repuestos propensos a vandalismo: puertas, vidrios, asientos, materiales para carrocería, entre otros; de rápido acceso para el operador de tal forma que sus técnicos realicen las reparaciones a la brevedad. Este punto es flexible en general, ajustándose a lo que disponga el cliente: tener un *facility* de la marca dentro de las instalaciones del operador con repuestos a consignación, o tener los repuestos de forma externa, habilitar software para cargar solicitudes de repuestos, entre otros.

En referencia a las **estadísticas de accidentes**, ninguna marca indicó haber tenido un incidente grave que haya expuesto a los pasajeros a los sistemas de alta tensión de los vehículos o a las baterías. Todos declaran cumplir con los más altos estándares de seguridad, habitáculos de alta resistencia, sistemas de corte general de corriente ante accidentes, control de incendios, aislaciones, entre otros. Lo más común son choques que abollan la carrocería pero que no ha comprometido los otros sistemas de alta potencia eléctrica, ni a los pasajeros.

Respecto a **demandas**, solo la marca BYD señaló tener un incidente con una flota de USA por su bajo *performance* en autonomía, aclarando que los detalles se deben preguntar al *country manager* respectivo por política de BYD. De todas formas se señaló que la compañía respondió a todas las exigencias que se le solicitaron, destacando para estos casos que al no tener intermediarios, BYD es siempre quién resuelve cualquier potencial inconveniente con su tecnología. Otros comentarios que se pueden agregar a este punto pero que no llegaron a ser una demanda fue:

- Eletra, tuvo problemas con el proveedor de carrocerías para la entrega de una flota para el *express* de Sao Paulo (15 buses), lo cual asumió Eletra para responder a la ciudad
- Yutong, se hizo un llamado desde fábrica a los buses eléctricos de China para actualizar el *software* del freno. Lo hicieron con todos los buses eléctricos de China, independiente de que solo algunos tuvieron realmente el problema, de manera de asegurar el correcto funcionamiento del freno en todo el parque operativo.

2.4 Conclusiones

Al término del presente informe se realizó el estudio de mercado para los proveedores de buses articulados eléctricos y trolebuses articulados con interés en la ciudad de Quito. En el proceso de identificación de proveedores se definieron cuatro (4) criterios de selección para converger a marcas con mayor potencial de ofertar sus tecnologías para la ciudad de Quito. Estos criterios son: i) "**representación**", que da cuenta si la marca tienen algún nivel de presencia en el Ecuador o en Latinoamérica, ya sea directamente o con intermediario; ii) "**flotas en Latinoamérica**", que señala si existen buses eléctricos y/o trolebuses operando tanto a nivel regional como a nivel de Ecuador mismo; iii) "**tecnologías**", donde se destaca si la marca tiene modelos de buses de 18 m y/o trolebuses de 18 m disponibles en el mercado; iv) "**otros**", criterio que integra antecedentes relevantes que complementan la actividad de la marca a nivel de Latinoamérica. Aplicando estos criterios de selección se realizaron en total 9 entrevistas en profundidad que representaron a las marcas BYD, Foton, Eletra, Solaris, Skoda, SunWin, Volvo, Yutong y Zhongtong.

Como conclusión general, la oferta de buses articulados eléctricos está más preparada para disponer de modelos como exige la ciudad de Quito en el corto plazo. Para el caso de la oferta de trolebuses articulados, se requerirá el desarrollo de un nuevo prototipo por parte de las marcas entrevistadas, principalmente para dar cumplimiento con la restricción de la altura del piso a 90 cm. Sin embargo, para el caso de los buses eléctricos articulados ya hay al menos tres (3) proveedores interesados que disponen de modelos de piso alto y que tienen autonomías de 300 km. Esto se puede apreciar en la Figura 11 y la Figura 12, las cuales representan matrices de relación entre el indicador definido como "Ajustes de Modelo"[8] y las respuestas declaradas por los proveedores para los tiempos de *delivery*. En base a la información recopilada por medio de las entrevistas en profundidad, se ubicaron cada una de las marcas en dichas matrices de relación, donde **aquellas marcas más cercanas al origen** estarán en mejores condiciones para **presentar en el corto plazo un modelo que cumpla con las exigencias mínimas** impuestas para la operación de los buses eléctricos articulados y trolebuses articulados en Quito.

Este ordenamiento permite tener un panorama preliminar de cómo sería la oferta potencial en el caso de los buses eléctricos, el cual sería predominantemente de origen chino: Yutong, BYD y Sunwin; ya que son los tres proveedores mejor posicionados (ver Figura 11). Para el caso de los trolebuses (ver Figura 12), este panorama requerirá de mayor esfuerzo lo que abre también la oferta a tecnologías de otros orígenes distintos al chino, como es Skoda (República Checa) y Eletra (Brasil).

[8] ver sección 2.1 para más detalle en la definición de este indicador

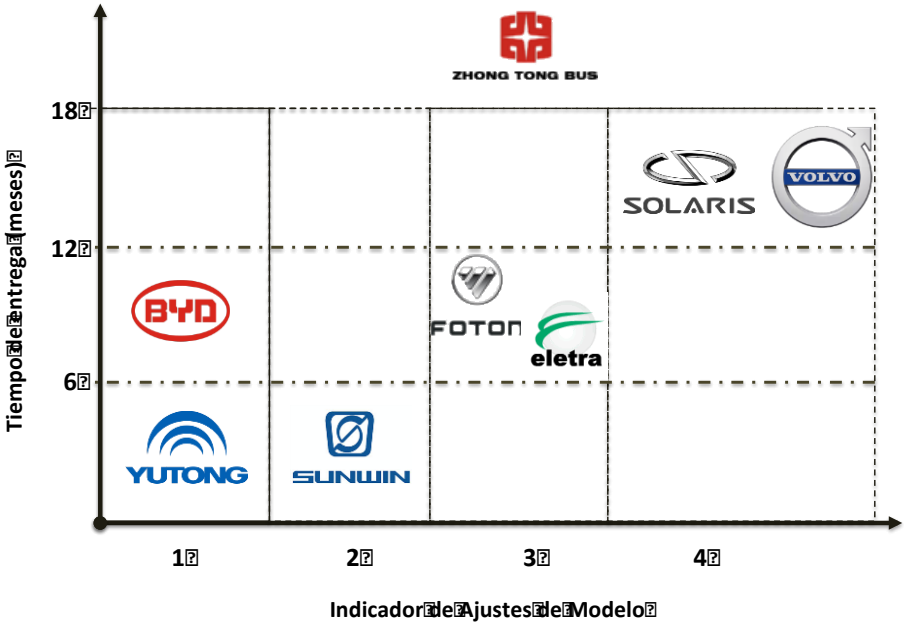

Figura 11 Matriz de relación Tiempo de Entrega e Indicador de Ajustes de Modelo para buses eléctricos articulados potencialmente ofrecidos a Quito. Fuente: elaboración propia.

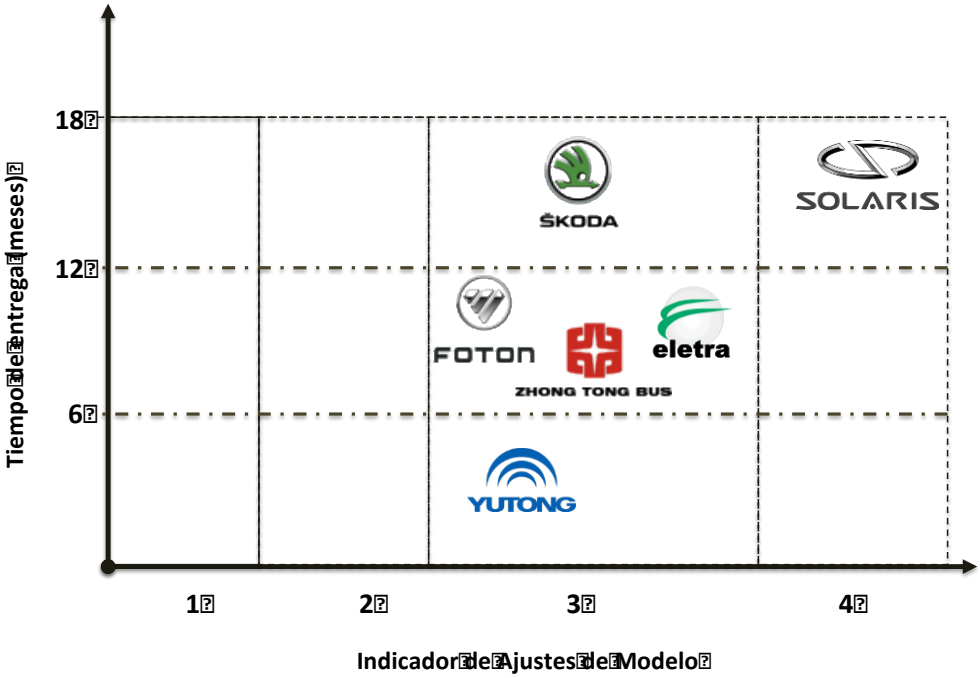

Figura 12 Matriz de relación Tiempo de Entrega e Indicador de Ajustes de Modelo para trolebuses articulados potencialmente ofrecidos a Quito. Fuente: elaboración propia.

2.5 Recomendaciones

A continuación se presentan las recomendaciones para la ciudad que aporten al proceso de selecciones de proveedores tanto de buses eléctricos articulados como de trolebuses, las cuales se estructuran según cuatro (4) temáticas:

I. TRABAJO CON LOS PROVEEDORES

- Se recomienda iniciar un trabajo participativo (sesión de diálogo), al menos con las marcas identificadas en este estudio, para poder proporcionar a la brevedad todos los antecedentes que requieren ser estudiados y analizados por parte de los proveedores. De las entrevistas se percibió un gran interés por siete (7) de las nueve (9) marcas[9] por entender no solo los temas técnicos de ambos proyectos de renovación, sino que también la existencia o no de garantías por parte del país a la compra de los vehículos, quién los compraría y cuál es el cronograma de licitación versus plazos de entrega.
- El proporcionar y transparentar información oficial de los procesos por parte de la ciudad hacia los proveedores también dará la señal de que la renovación va en serio. Lo anterior se menciona porque se percibió en varias entrevistas, un grado de incredulidad por parte de los proveedores, principalmente en aquellos casos que ya habían estado en años anteriores en Quito atendiendo un llamado similar para trolebuses y que nunca se concretó.

II. CONSIDERACIONES TÉCNICAS

- Es altamente recomendado que la ciudad de Quito defina un estándar de cargadores a los cuales la industria de buses eléctricos se pueda alinear, de manera que la ciudad pueda asegurar que la infraestructura de carga en los electroterminales sea interoperable. Esto es una decisión que debe involucrar a distintos actores de la ciudad y que se recomienda quede claro al momento de la primera renovación de los 20 buses eléctricos articulados.
- Si bien las marcas con el estándar GB/T de carga implican menores costos de cargadores, la ciudad deberá priorizar entre costos o abrir la oferta y no restringir el mercado de buses eléctricos en el mediano – largo plazo a solo origen chino. Al respecto, considerar que los proveedores chinos declaran ser flexibles en adaptar el estándar de carga al tipo europeo, sin embargo, el

[9] descontando a Solaris y Volvo

mercado europeo con gran número de proveedores de buses eléctricos y trolebuses no tiene tanta flexibilidad para adaptar sus cargadores al estándar GB/T, pues siguen los lineamientos de la Unión Europea, no de un país en particular.

III. CONSIDERACIONES COMERCIALES

- La oferta de trolebuses de 18 m con piso alto no existe en la actualidad por parte de las marcas con interés y potencial de ofertar a Quito, por lo que se recomienda poder iniciar este llamado con mayor prioridad, que de la señal al mercado y comiencen los estudios previos.
- En general, los tiempo de entrega de seis (6) meses solo los podría cumplir uno o dos proveedores, por lo que se recomienda aumentar estos plazos si es que la ciudad prioriza la mayor competencia en la oferta por sobre los tiempos de entrega.
- Considerando que en la presente década habrá que seguir renovando las flotas de los trolebuses y de la línea ECOVÍA, además de la existencia la Ley Orgánica de Eficiencia Energética, que estipula que todos los buses nuevos del transporte público a partir del 2025 deben ser eléctricos, se sugiere evaluar una agenda paralela y de alto nivel, que pueda atraer proveedores de otros orígenes en el marco de algún programa tecnológico de pruebas de buses y trolebuses de largo plazo, con fondos internacionales y que perfile a Quito como una puerta de entrada a nuevas tecnologías de alta capacidad de pasajeros para ser ofrecidos a la región.

IV. CONSIDERACIONES DE POST VENTA

- Respecto de las exigencias de post venta, las marcas son bastante estandarizadas en proveer entrenamiento y transferencia de capacidades; además de disponer de profesional especializado en los mismos terminales en conjunto con talleres propios de la marca donde almacenan y gestionan repuestos. En este sentido, y considerando que Ecuador aun no tiene una normativa de gestión de las baterías como residuo, se recomienda otorgar un puntaje especial asociado al ítem baterías llegando a la vida útil. De esta forma entregar un muy buen puntaje a aquellos proveedores que puedan ofrecer unas solución concreta para la disposición de las baterías en la segunda vida, trazable, sustentable e indicando valores potenciales de compra del activo al

momento de la renovación (año 8). Esto potencialmente empujará a la industria a innovar y proporcionar soluciones que sean atractivas para las partes interesadas.

3. OPERADORES

El objeto de este capítulo es realizar un estudio del mercado de operadores, tanto en Ecuador como en América Latina y Europa. El propósito fundamental es establecer las condiciones más importantes que permitan la ejecución de un potencial proyecto de concesión para la operación de los corredores BRT materia del estudio.

En este capítulo se presenta una visión actual del mercado de operadores para lo cual se identificaron ocho operadores de Ecuador, de estos cuatro son de la ciudad de Quito, tres consorcios de la ciudad de Guayaquil y un consorcio de ocho empresas de la ciudad de Cuenca.

En el campo internacional se identificaron empresas de Colombia, Chile, Perú y España. De estas se seleccionaron cuatro. A través de las encuestas y de las entrevistas se ha podido establecer su registro operativo, el tipo de sistemas operados, su potencial interés en participar en una licitación y las barreras más relevantes para la operación de corredores BRT. Especial atención durante la investigación mereció la operación con vehículos propulsados por electricidad generada por baterías que, en el caso de américa latina, es un campo que se encuentra en su fase inicial.

Los buses eléctricos a baterías se han desarrollado de forma más acelerada en los últimos cinco años. Previamente, los costos de inversión en estos buses y las características de las baterías (grandes, pesadas y de poca autonomía) eran barreras difíciles de sortear. Actualmente tanto el costo de inversión como las características de las baterías han mejorado sustancialmente, al punto que municipalidades y operadores privados de transporte urbano están apostando por esta opción.

En Ecuador los sistemas de transporte público masivo se han caracterizado por la utilización de BRTs (Buses de Tránsito Rápido) “cerrados” con buses a diésel y trolebuses. Seis sistemas se encuentran en operación, tres en Quito (Trolebús, Ecovia y Central Norte) y tres en Guayaquil (Metrovia Troncales 1, 2 y 3). La operación varía entre concesiones a entidades privadas (Metrovía y Central Norte) y empresas públicas (Trolebús y Ecovía).

En Quito, dos corredores fueron solicitados como candidatos para el reemplazo de las unidades a diésel por unidades eléctricas. Ecovía que se encuentra en funcionamiento por dos décadas y la extensión norte del Trolebús que está próximo a implementarse. Se estima que estos corredores requerirán 120 y 129 buses eléctricos respectivamente. Adicionalmente no se puede desligar la operación del corredor trolebús que al momento está en un proceso de reemplazo de sus unidades eléctricas.

El presente documento presenta el estudio de mercado enfocado en potenciales operadores de sistemas de buses eléctricos para los corredores de Quito. El objetivo principal es desarrollar una revisión actualizada del mercado que identifique los

potenciales operadores, con sus respectivas características y experiencia, así como las condiciones que les permitirían participar en los procesos de concesión. El presente documento se divide en tres secciones principales: primero la identificación de los operadores, segundo la recopilación de información de los actores identificados y tercero la sistematización y evaluación de las características y experiencia que presentan los operadores.

3.1. Identificación de actores

Este estudio de mercado presenta una visión general y actualizada del sector de operación del transporte público (i.e., market overview). La primera etapa desarrolla una investigación para identificar operadores de sistemas de transporte público a nivel local y regional, en función de literatura existente y contacto directo con operadores locales y regionales. El análisis se enfoca en operadores formales o semiformales con experiencia en sistemas BRT o similares.

En Ecuador la operación de transporte público urbano presenta diversas características, desde operaciones rudimentarias de tipo “hombre-Bus”, hasta consorcios que operan BRTs. En este ámbito se identificaron tres ciudades con consorcios cuyas características permitirían una potencial participación en corredores BRT: Quito, Guayaquil y Cuenca.

En Quito se identificaron cuatro consorcios principales, que operan en diferentes zonas de la ciudad.

- ✓ Consorcio Corredor Sur Occidental (Suroeste, BRT abierto);
- ✓ Consorcio Corredor Central Norte (Noroeste, BRT);
- ✓ Consorcio Cometra (Noreste, servicio convencional);
- ✓ Consorcio UnitransQ (Suroriente, servicio convencional)

En Guayaquil se identificaron tres consorcios principales, que operan los sistemas BRT (Metrovía):

- ✓ Consorcio Metro-Bastión (BRT);
- ✓ Consorcio Metroquil (BRT);
- ✓ Consorcio Metroexprés (BRT);

En Cuenca se identificó un solo consorcio, que aglutina a todos los operadores de la ciudad:

- ✓ Consorcio Concuenca (buses convencionales)

A nivel regional se identificaron actores en Colombia (Transmilenio), Perú (Metropolitano) y Chile (Trans-Santiago)

- ✓ Transmilenio, Bogotá (BRT);

- Bogotá Móvil Conexión Móvil
- Si18
- Consorcio Express
- GMOVIL S.A.S
- Transdev/Fanalca

✓ Metropolitano, Lima (BRT)
- Consorcio Perú Masivo
- Consorcio Lima Bus Internacional
- Consorcio colombiano Lima Vías Express (LVESA)
- Transvial Lima SAC

✓ Trans-Santiago
- Transdev
- Metbus

De forma adicional se identificó un operador europeo (ALSA de España), con el fin de tener parámetros generales de comparación con respecto a operaciones de países desarrollados.

3.2. Selección de operadores y recopilación de información

Para recopilar la información de base, se seleccionaron operadores nacionales e internacionales. El formato de selección se desarrolló en función de la representatividad de cada operador en el sector y las características de sus operaciones actuales. Para los operadores locales se seleccionó dos operadores en Quito (Consorcio Sur Occidental y UnitransQ). Estos dos operadores tienen características que los relacionan de forma directa con corredores de buses en carriles exclusivos y un número de buses operativos importante. Más aún, UnitransQ es un consorcio que ha presentado un proyecto para asumir la operación de el corredor Ecovía. En Guayaquil se seleccionó al consorcio con mayor experiencia en operación de sistemas BRT: Metroquil que opera la troncal número uno del sistema Metrovía. En Cuenca se seleccionó al consorcio que opera todas las líneas de la ciudad: Concuenca (aglutina ocho operadores).

En cuanto a los operadores internacionales, se seleccionó a los que tienen operaciones comparables (corredores BRT y buses eléctricos) en ciudades con características similares a Quito (i.e., Bogotá, Lima, Santiago) y un operador internacional que no tiene operación directa en la región para establecer un punto de referencia externo. Los operadores internacionales seleccionados fueron: Metbus (Chile), Transdev (Chile y Bogotá), Transvial (Lima) y ALSA (España). Con estos operadores se tiene una muestra de grandes empresas internacionales (Transdev y ALSA) y empresas más pequeñas de nivel local (Metbus y Transvial).

La recopilación de información se desarrolló de forma directa con los operadores, para lo cual se utilizó el formato de entrevistas semiestructuradas (la información levantada en las entrevistas se encuentra en "**Operadores_Formularios de Entrevistas.docx",** archivo que puede ser encontrado junto al **Anexo I** del presente informe.). Las mismas que fueron diseñadas en función de los requerimientos establecidos en los términos de referencia y en función del análisis de necesidades

de información. Para esto se desarrolló un formato de correo electrónico y de presentación telefónica por parte del equipo consultor para identificar la persona de contacto pertinente y abrir un canal de comunicación.

3.2.1. Sistematización de la información de los operadores

La sistematización y evaluación de las características de los operadores se realizó en función de la información primaria y secundaria recopilada. La sistematización permite establecer de forma práctica y precisa de comparación de las características de los proveedores. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta un detalle de los operadores seleccionados, así como detalles de su operación y experiencia, incluyendo la ciudad donde operan, el tipo de operación, su flota (número de buses), demanda de pasajeros por día, los años de experiencia, si cuenta con experiencia en operación de buses eléctricos.

Tabla 3-1

INFORMACIÓN DE OPERADORES

Nombre	Ciudad - País	Operación	Flota	Demanda diaria de pasajeros *	Experiencia (años)	Conocimiento de buses eléctricos	Experiencia directa con buses eléctricos
Consorcio Sur Occidental	Quito, Ecuador	BRT abierto	249	230M	10+	Si	No
UnitransQ	Quito, Ecuador	convencional	900	864M	10+	Si	No
Consorcio Metroquil	Guayaquil, Ecuador	BRT	108	135M	10+	Si	No
Concuenca	Cuenca, Ecuador	convencional	475	403M	10+	Si	No
Grupo ALSA	Madrid, España	Varios (convencional, BRT)	4,446	930M	10+	Si	Si
Metbus	Santiago, Chile	Varios (convencional, BRT)	1,204 (285)	1MM	10+	Si	Si

Transdev	Chile / Colombia	BRT, convencional	5000+	18MM	10+	Si	Si
Transvial / EMT	Lima, Perú / Madrid	BRT, convencional	154	180M	10+	Si	No

M: miles (000)
MM: millones (000,000)
* Antes de la pandemia

3.3. Evaluación de los requerimientos par participación de operadores privados

3.3.1. Operadores nacionales

Los operadores nacionales que se encuentran en capacidad de asumir un corredor BRT se encuentran en tres ciudades, Quito, Guayaquil y Cuenca. Su modo de organización principal es la cooperativa, que aglutina a propietarios individuales (un bus, un propietario) para asumir la operación de una ruta. Los esfuerzos para promover la formalización del servicio han tenido mayor éxito en Guayaquil y Cuenca, que muestran una mayor organización empresarial, con propiedad de los vehículos en las empresas (e.g., Metroquil es el propietario de todos los buses del corredor).

En general, existe interés por parte de los operadores nacionales, en un potencial proceso de concesión de un corredor eléctrico. Sin embargo, las barreras principales se concentran en los ingresos y el componente político que influye en la administración de los corredores.

3.3.2. UnitransQ

UnitransQ es un operador de transporte, que entre otros aglutina a operadores del suroriente de Quito, y cuenta con aproximadamente 900 buses (12 metros) que transportan 860,000 pasajeros por día.

Este operador se encuentra interesado en asumir la operación del corredor (BRT) Ecovía y su extensión sur oriental (extensión total 20 km. aproximadamente), con sus respectivas líneas de alimentación. Un proyecto ya fue presentado a la municipalidad con este propósito y se encuentran dispuestos a incluir unidades eléctricas en la operación.

Si bien, al momento no están operando unidades eléctricas, ya han iniciado procesos de tienden a su incorporación futura. Estos incluyen visitas a los proveedores de buses eléctricos en China (e.g., fábrica BYD) y entidades financieras.

Para una potencial concesión de un sistema BRT eléctrico, consideran que es necesario que el recaudo se realice por un tercero y que sea administrado en un fideicomiso. Así también, recomiendan que el plazo de la concesión sea de 15 años

para poder amortizar la deuda (mayor necesidad de capital para vehículos eléctricos) y que se debe dar prioridad a operadores locales durante la licitación, que es una tendencia de los operadores locales.

Perciben dos barreras muy complejas para una potencial concesión, la primera es la tarifa represada desde el 2003 (0.25 USD) y la segunda es la integración con los otros corredores y con el metro. Estos dos temas generan incertidumbre sobre los ingresos en la operación. Este concepto es muy arraigado en el país donde los subsidios, cuando existieron, no fueron una política exitosa, por lo tanto, los operadores prefieren recuperar sus costos vis tarifa cobrada directamente al usuario.

3.3.2.1. Consorcio Corredor Sur Occidental

El consorcio suroccidental opera un corredor con carriles exclusivos en Quito. Sin embargo, este corredor es abierto (los buses ingresan a los carriles exclusivos en diferentes partes del trazado). Cuentan con 294 buses (12 metros) y transportan 230,000 pasajeros por día.

Al igual que UnitransQ, consideran que el recaudo -y otros servicios complementarios (mantenimiento de paradas y terminales debe ser manejado por un tercer actor, ya que el operador debe concentrarse en operar el sistema. También consideran que es necesario permitir asociaciones con operadores extranjeros que puedan aportar con capital y know-how de operación eléctrica. Han realizado pruebas con buses eléctricos, incluidos articulados (BYD) con buenos resultados en temas de carga y autonomía de las baterías.

Las principales barreras para participar en un potencial proceso de concesión son, la falta de capital y financiamiento (debido a la propiedad individual de los buses: sistema cooperativo, no empresarial), y la tarifa de 0.25 USD que no permite cubrir los costos actuales, menos aún la inversión en buses eléctricos. Por lo que tendrían interés en participar en un potencial proceso de concesión, si existe una política pública clara con respecto a la tarifa y los ingresos de los operadores.

Adicionalmente, resaltan la necesidad de cambios normativos para poder desarrollar nuevos esquemas de operación y concesión de buses eléctricos. Se mencionan ordenanzas que determinan la vida útil de los buses (20 años) que deben ser reformadas e incluir consideraciones específicas para buses eléctricos.

3.3.2.2. Metroquil

Metroquil es uno de los tres operadores del sistema Metrovía de Guayaquil y opera la troncal 1 (Guasmo – Río Daule). Cuenta con 65 buses para la troncal (articulados o similar) y 43 alimentadores, y transporta 135,000 pasajeros por día.

Este operador cuenta con mayor organización y experiencia en servicios troncalizados. Su esquema de funcionamiento es más empresarial: los vehículos son propiedad del consorcio, manejan una caja única por medio de un sistema de recaudo (administrado por un tercero y mediante un fideicomiso) y cuentan con talleres y surtidores de combustible propios.

Consideran posible participar en un potencial proceso de concesión para un corredor BRT eléctrico, pero existen importantes barreras. Estas incluyen: la tarifa que al ser muy baja no permite una adecuada compensación y las condiciones de financiamiento disponibles en Ecuador.

La tarifa actual en Guayaquil (0.30 USD), solo permite cubrir una inversión en vehículos diésel y no es suficiente para vehículos eléctricos. Existe una experiencia en Guayaquil con buses eléctricos (12 metros) comprados por la empresa Saucinc (20 buses) que cobran una tarifa más alta (0.35 USD) por tener aire acondicionado. Este es un tema que se debe considerar para poder incrementar los ingresos de los operadores. En cuanto a las condiciones financieras, estas no son favorables en Ecuador. Para los buses eléctricos Saucinc accedió a un financiamiento preferencial de la Corporación Financiera Nacional (CFN), cuyas condiciones financieras fueron: 7'650,000 (monto total de la compra, no se requirió entrada: 100% financiamiento), tasa de interés: 7.5% y plazo: 15 años. Sin embargo, Metroquil ha logrado comprar buses a diésel en Brasil (Banco de Desarrollo de Brasil - BNDES) con tasas inferiores al 5%.

3.3.2.3. Concuenca

El operador en Cuenca tiene 475 buses (12 metros) y maneja todo el sistema de transporte público de la ciudad, con excepción del tranvía que inició sus operaciones este año. Transportan aproximadamente 403,000 pasajeros por día.

Este consorcio presenta un alto nivel de organización, ya que aglutina a todos los operadores de la ciudad y logró generar su propio sistema electrónico de recaudo. Adicionalmente, tiene un sistema de administración y gestión de flota relativamente moderno, sin embargo, todavía presenta características tradicionales, como un porcentaje de propiedad individual de los vehículos.

Existe interés en procesos potenciales de concesión, incluyendo el recaudo de la tarifa. Sin embargo, perciben dos barreras principales: el retorno sobre la inversión con las tarifas actuales (Cuenca 0.30 USD) y la política pública de transporte que no permite tener claridad para inversiones en largo plazo. En este último punto, resaltan la falta de consideraciones técnicas en las decisiones políticas.

En resumen, los operadores nacionales tienen interés en participar en potenciales procesos de concesión de corredores eléctricos. Los operadores de Quito se muestran mucho más interesados que los de las otras dos ciudades. Sin embargo, los operadores en Quito presentan el menor nivel de formalización, ya que todavía dependen de un sistema de recaudo manual. La implementación de sistemas de caja única está en marcha, pero ha probado ser un obstáculo difícil de sortear. La propiedad de los vehículos todavía se mantiene de forma individual (una persona natural propietaria de una unidad de bus). Entre los aspectos que han influido para su rezago con respecto a los otros operadores locales, se resalta la falta de una política

pública clara con respecto al recaudo y caja única, así como la compleja coordinación interna entre los socios.

A continuación, se presentan las barreras más importantes y las condiciones necesarias para la participación de operadores locales, desde su perspectiva.

- ✓ Plazo: el plazo de las concesiones de corredores BRT en Ecuador (Quito y Guayaquil) ha sido establecido entre diez y doce años. Los operadores recomiendan que el plazo de la concesión sea ampliado a quince años por dos razones principales. Primero, la inversión es más alta en unidades eléctricas, lo que requiere mayor tiempo para su repago y segundo, la vida útil estimada de los vehículos eléctricos es de 15 años, por lo que se debe armonizar el tiempo de concesión con la vida útil de las unidades.

  Perspectiva del consultor: este punto debe ser objeto de un análisis más profundo, considerando estudios del sistema eléctrico para cada corredor, ya que las baterías no tienen una vida útil de 15 años. Esto muestra que existe un nivel de conocimiento superficial en el tema eléctrico por parte de los operadores locales.

- ✓ Política tarifaria clara. La tarifa de transporte pública de Quito se ha mantenido en 25 centavos de dólar por más de una década, mientras que Guayaquil y Cuenca han actualizado sus tarifas a 0.30 centavos y 35 centavos para buses eléctricos en Guayaquil. Los operadores sugieren indexar la tarifa a un cálculo técnico o directamente a la inflación para evitar estar sujetos a la voluntad política Ya que genera alta incertidumbre en los ingresos.

  Perspectiva del consultor: el recurrente problema de incrementar la tarifa a los usuarios no ha podido ser abordado de forma adecuada en Quito durante los últimos 15 años. Es necesario considerar que par el éxito de una concesión, el ingreso del operador no esté únicamente atado a la tarifa que paga el usuario, ya que representaría un riesgo que los concesionarios probablemente no estén dispuestos a asumir, así como sus proveedores de financiamiento.

- ✓ El sistema de transporte de Quito está próximo a sufrir cambios importantes con el inicio de operaciones del metro. Esto supone cambios en las rutas y cambios en la demanda de los corredores, especialmente por transferencias de pasajeros de un corredor a otro. Para los operadores es importante tener claridad sobre este punto, ya que afecta directamente a los ingresos.

  Perspectiva del consultor: a la fecha todavía no se tiene claridad sobre el nuevo sistema de recaudo que será implementado en la ciudad como parte del

proyecto metro de Quito. Tampoco se tiene claridad sobre el esquema de distribución de ingresos y tarifas por etapas con el funcionamiento del metro. Estos puntos deben ser definidos de forma previa a la concesión para que los potenciales concesionarios puedan realizar los análisis financieros que corresponden.

- ✓ La falta de capital de los operadores se convierte en una barrera, debido a que la propiedad de los buses es de cada socio y no de la empresa/cooperativa. Este es un obstáculo para consecución de financiamiento. Adicionalmente, los costos de financiamiento en Ecuador son bastante altos (superiores al 8%). Lo que obliga a buscar financiamiento externo.

  Perspectiva del consultor: los operadores locales son capaces de lograr financiamiento de fuentes externas (directo de proveedores o bancos internacionales) si el contrato de concesión genera condiciones de seguridad en los ingresos futuros.
  Se debe analizar también con mayor profundidad el monto de financiamiento requerido, ya que, por el nivel de sus operaciones, es posible que el monto requerido sea superior a sus capacidades (120 buses eléctricos articulados y su infraestructura pueden implicar más de 70MM en inversión).

3.3.2.4. Operadores internacionales

Los operadores internacionales se muestran interesados en potenciales procesos de concesión, pero con reservas en cuando a la seriedad de los procesos.

3.3.2.5. España ALSA

El grupo ALSA tiene sus oficinas principales en España. Tienen amplia experiencia en el sector y operan aproximadamente 4,600 buses a nivel global (e.g., Europa, Estados Unidos, África, China).

Su potencial interés en participar en procesos de concesión de sistemas BRT eléctricos en Quito depende de los siguientes puntos:

- ✓ Plazo de concesión adecuado al riesgo y la inversión requerida;
- ✓ Adecuado diseño del corredor (técnico) que permita una operación eficiente;
- ✓ Seguridad Jurídica: un marco legal y operativo claro y transparente;
- ✓ Igualdad de oportunidades para las empresas que cumplan los requisitos para participar;
- ✓ Cumplimiento de los plazos de la licitación;
- ✓ Que las condiciones de la licitación se mantengan firmes durante el proceso licitatorio.

La principal barrera que han encontrado en Latinoamérica es que los conflictos sociales son trasladados al concesionario. Esto implica costos y problemas que llevan al fracaso de la concesión. Consideran necesario que la municipalidad solucione los

conflictos sociales y entregue un sistema limpio para la concesión. Esto incluye que los operadores históricos de la ruta sean compensados y/o que los trabajadores del corredor no sean traspasados al concesionario.

Adicionalmente consideran que la tecnología eléctrica es parte del futuro del transporte urbano, pero que todavía requiere un mayor nivel de desarrollo. Al momento, para sistemas de transporte masivo (con buses articulados y biarticulados), se requiere flota adicional cuando se usan vehículos eléctricos (factor de 1.3). Es necesario tomar en cuenta estos costos adicionales frente a las opciones a diésel.

3.3.2.6. Chile Metbus

Metbus es el mayor operador de buses eléctricos en Latinoamérica y concentra su trabajo en Santiago de Chile. Al momento operan 1,543 buses de los cuales 436 son eléctricos.

Destacan los siguientes puntos para la operación de corredores eléctricos en Latinoamérica:

- ✓ El periodo de concesión debe ser ajustado al tiempo de vida útil de las baterías (aproximadamente 8 a 10 años) y al plazo de financiamiento (10 años).
- ✓ Los buses eléctricos de 12 metros han sido muy fiables y más eficientes que los buses a diésel.
- ✓ Los buses eléctricos articulados no han tenido el mismo desempeño que los de 12 metros. Todavía se requiere más desarrollo para que alcancen similar eficiencia. Especialmente con el nivel de ocupación que llegan a tener en horas pico.
- ✓ El programa operacional de los buses eléctricos es significativamente más complejo y muy distinto al de diésel. El tiempo de recarga en horas valle y durante la noche debe ser cuidadosamente programada, así como el remanente de batería. Este componente afecta directamente al desempeño financiero del operador.
- ✓ El diseño del sistema de recarga (cantidad y especificaciones de terminales, potencia, cargadores) es de suma importancia para reducir los costos de operación.
- ✓ Las alianzas estratégicas entre proveedores de buses, operadores y distribuidores de energía eléctrica son claves para poder llevar adelante un corredor con buses eléctricos.

3.3.2.7. Bogotá/Chile Transdev

Transdev es uno de los mayores operadores de transporte a nivel mundial. Transportan aproximadamente 11MM de personas por día (18 países, 17 modos diferentes). En Latinoamérica sus operaciones incluyen Bogotá y Santiago de chile con 791 buses (25 eléctricos). Al momento se encuentran en la lista de empresas interesadas en el proceso de concesión de la línea uno del metro de Quito.

Resaltan los siguientes puntos para un potencial proceso de concesión de corredores BRT diésel en Quito.

- ✓ Asumir el riesgo de la demanda no es factible para un operador. Evaluaron participar en concesiones en Guayaquil, pero este factor fue decisivo para decidir no hacerlo. Recomiendan que los pagos al concesionario se realicen por kilómetro recorrido con ajustes en función de la cantidad de pasajeros transportados.
- ✓ La tecnología eléctrica para buses articulados de alta carga de pasajeros todavía no está totalmente probada en su eficiencia de largo plazo. A diferencia de los buses de 12 metros, que han probado su eficiencia y costos.
- ✓ *Ven una oportunidad importante en el trolebús de Quito*, ya que han desarrollado tecnología de buses eléctricos que son cargados a través de catenarias (similar a trolebús) durante partes del trazado del corredor.
- ✓ Un tiempo de concesión de 8 a 10 años es adecuado para este tipo de sistemas. Sin embargo, en Chile manejan contratos de menos de dos años y se puede solventar usando leasing para la adquisición de los vehículos.

3.3.2.8. Lima Transvial/EMT

El caso de Lima tiene características especiales. El proyecto “Metropolitano” es un BRT con cuatro operadores, entre los cuales está Transvial. Este operado inicialmente participó en asociación con la Empresa Municipal de Transportes de Madrid (EMT) como un soporte técnico. A la fecha opera 154 buses que transportan aproximadamente 135M pasajeros por día. La EMT opera más de 2,000 buses en Madrid y ha expandido sus operaciones a otros modos (e.g., cable, bicicleta)

En función de la matriz energética del Perú, el sistema utiliza vehículos a gas y no han considerado vehículos eléctricos todavía. Sin embargo, la EMT, que hoy en día, solo presta soporte técnico a Transvial, tiene amplia experiencia con buses eléctricos. Tanto Transvial, como EMT estarían potencialmente interesados en participar en un proceso de concesión en Quito y destacan los siguientes puntos.

- ✓ La experiencia en Lima mostró que lo más importante para el éxito del proyecto es el cumplimiento de la planificación y los contratos. Esto no pasó en Lima (infraestructura y gestión deficitaria) y ha generado grandes problemas.

- ✓ La seguridad jurídica es clave para poder hacer inversiones de largo plazo y tener sistemas que funcionan de forma adecuada.
- ✓ Las fórmulas para el cálculo de tarifa deben ser cuidadosamente diseñadas, ya que pueden tener discrepancias cuando la operación sufre cambios. Esto genera pérdidas importantes a los operadores.
- ✓ El incremento de tarifa es un tema político muy sensible, que complica el ingreso de los operadores. Es necesario pensar en un sistema de subsidio que compense los costos para no afectar al sistema, ni al usuario.
- ✓ Los operadores locales requieren soporte técnico para mejorar la eficiencia de la operación. Normalmente carecen de know-how y esto en el largo plazo genera altos costos.
- ✓ La concesión debe iniciar de cero, es decir que no deben traspasar obligaciones de personal u operadores históricos al concesionario. Las indemnizaciones correspondientes deben estar incluidas en el proyecto.

3.4. Conclusiones y recomendaciones

Este documento presenta el estudio de mercado de operadores de operadores de corredores BRT con buses eléctricos para Quito. El proceso se desarrolló en tres etapas, primero la identificación y selección de actores, segundo el contacto y la recopilación de información y tercero la sistematización de la información y evaluación de los actores y las condiciones necesarias para una potencial participación en la concesión.

Se identificaron diecisiete operadores de transporte público urbano. De estos se entrevistó a cuatro operadores nacionales (Quito, Guayaquil y Cuenca) y cuatro operadores internacionales con amplia experiencia (Colombia, Chile, Perú, España). La recopilación de datos desarrolló una base de información para el contacto, el detalle de la experiencia, incluyendo detalles de sus operaciones, y un análisis de las barreras y factores para la participación en procesos de concesión de corredores BRT eléctricos.

Se generaron dos resultados principales, primero, abrir un canal de comunicación con los potenciales proveedores y operadores; y segundo tener una visión general del mercado de operadores con respecto a las barreras para participar en potenciales procesos de concesión o similares. Estos resultados son relevantes, ya que aportan al análisis y desarrollo de especificaciones, identificando condiciones que serían difíciles de cumplir o que tendrían efectos negativos para los corredores.

En general, todos los operadores, nacionales e internacionales, se mostraron interesados en una potencial participación en el proceso de concesión de corredores BRT eléctricos. Las conclusiones y recomendaciones correspondientes se detallan a continuación.

- ✓ Existen diferencias importantes entre los operadores nacionales y los internacionales que los siguientes aspectos:
  - Capacidad de financiamiento. El tamaño de los operadores internacionales y sus características, generan mejores condiciones para el financiamiento de proyectos.
  - El conocimiento de la operación de buses eléctricos en los operadores locales es superficial. La complejidad y los detalles técnicas han sido ya estudiados y resueltos por los operadores internacionales.

  Se recomienda permitir y fomentar la asociación de operadores locales con actores internacionales que tengan know-how del diseño, implementación y operación de buses eléctricos. El diseño de la infraestructura eléctrica y la operación es clave para el éxito de la concesión, ya que influye directamente en la eficiencia.

- ✓ La tecnología de buses eléctricos de 12 metros está madura y ha probado ser competitiva con respecto a sus pares a diésel. Sin embargo, los buses

articulados eléctricos todavía no han probado su operación en larga escala en corredores con alta demanda de pasajeros. Los operadores internacionales consideran que todavía requiere desarrollo.

Se recomienda evaluar cada corredor de forma individual para definir si es factible la operación con buses de 12 metros. El corredor del trolebús tiene una ventaja importante al contar con infraestructura eléctrica instalada (i.e., catenarias, subestaciones). Es importante analizar posibilidades de capitalizar esta infraestructura, en especial para unidades articuladas eléctricas (buses que recargan sus baterías durante el trayecto).

- ✓ Debido a las especificidades y la complejidad de la operación con unidades eléctricas, se requiere una gran cantidad de información para desarrollar y evaluar alternativas (e.g., planes operacionales, sistemas de carga, potencia, entre otros).

  Se recomienda generar información detallada de cada uno de los corredores y establecer mecanismos que permitan el acceso a los interesados, especialmente a través de medios electrónicos para que los operadores internacionales puedan acceder.

- ✓ El diseño del sistema (físico y su integración) son cruciales para determinar las condiciones de la concesión. Al momento, los operadores nacionales no ven claridad el nivel de demanda con el inicio de operaciones del metro, así como la integración del sistema convencional con el metro y con los corredores. Adicionalmente, el sistema de pago también está pendiente de definición.

  Se recomienda identificar esta información y establecer mecanismos de acceso a la misma para que puedan ser analizados por los interesados.

- ✓ La seriedad de proceso de concesión, desde su inicio, es muy importante para que los operadores, especialmente internacionales, decidan participar. Experiencias en la región muestran que los análisis que son presentados, desde los equipos técnicos locales hacia las matrices de estos operadores, suelen requerir modificaciones en función de cambios constantes en los requerimientos y procesos de las instituciones públicas. Esto genera incertidumbre y dificulta la participación.

  Se recomienda desarrollar todos los procedimientos previos a la concesión de forma completa y establecer mecanismos de retroalimentación (e.g., proceso de expresiones de interés, disponibilidad de información técnica) de los actores que permita lanzar un proceso que no sufra modificaciones posteriores. Para esto se requerirá un soporte técnico especializado en este tipo de operaciones

- ✓ La política tarifaria, en cuanto al costo que paga el usuario, es un punto muy relevante para los operadores locales, ya que en su experiencia determina los ingresos del concesionario. Los operadores internacionales, consideran que los ingresos del concesionario son una función de varios parámetros, entre los cuales se encuentra la tarifa que paga el usuario. Existen otros sistemas de compensación (i.e., subsidios, pago por kilómetro recorrido) que permiten una operación rentable.

  Se recomienda evaluar alternativas de esquemas de remuneración. Se puede tomar como referencia a Metrovía en Guayaquil que únicamente recibe el pago por la tarifa pagada por los usuarios y los esquemas de Colombia y Chile que consideran factores adicionales para la remuneración de los operadores (e.g., kilómetros recorridos, estándares de calidad). También se recomienda incluir en el análisis el subsidio actual a los corredores municipales (40MM/año aproximadamente) con respecto a un potencial esquema de compensación que incluya diferentes elementos.

- ✓ El riesgo de demanda (número de pasajeros transportados) percibido de forma distinta por los operadores locales e internacionales. Los locales están dispuestos a aceptar este riesgo, mientras que los internacionales tienen alta resistencia. Este punto está directamente relacionado con el precedente (política tarifaria).

  Se recomienda evaluar este punto de forma conjunta con la política tarifaria.

- ✓ Los operadores internacionales consideran importante recibir concesiones que no incluyan conflictos sociales (operadores históricos, personal). Sugieren que es necesario que estos sean resueltos por la autoridad y no traspasados al concesionario, ya que, en su experiencia, esto genera problemas y eventualmente el fracaso de la concesión.

  Se recomienda incluir en las evaluaciones de la concesión los costos de indemnización a los operadores históricos y/o personal que labora en el corredor. Esto permitirá tener información del costo total en el que se debe incurrir.

- ✓ La experiencia en Chile, donde mayor cantidad de buses eléctricos están operando, muestra la importancia de una asociación entre el proveedor de buses, el operador y el proveedor de energía eléctrica. Esta asociación permite alinear los intereses de cada actor y sacar provecho de sus fortalezas.

  Se recomienda que, en el caso de Quito, se incluya a la Empresa Eléctrica Quito (EEQ) en los análisis de los corredores. Con esto se podrá incorporar información y retroalimentación sobre los sistemas eléctricos disponibles y una

eventual participación de EEQ en el proyecto, ya que será el proveedor de energía.

- ✓ Los mecanismos de financiamiento de buses eléctricos varían desde créditos directos en el sistema financiero nacional, a créditos de proveedores y actores internacionales, hasta la compra directa por terceros actores (i.e., Enel en Chile, empresa de distribución eléctrica) que entregan los buses en leasing a los operadores. Esto permite analizar alternativas de plazo de concesión (e.g., Chile: 1 año y 8 meses de concesión)

  Se recomienda evaluar estas alternativas, considerando que el costo de financiamiento en Ecuador es alto (8 a 9% de tasa en USD).

- ✓ Existe un nivel de incertidumbre en los operadores locales con respecto al marco normativo para una licitación que incluya buses eléctricos. Tanto el marco normativo nacional (leyes y reglamentos), como el municipal (ordenanzas), no tiene contemplado este tipo de operaciones.

  Se recomienda elaborar un análisis del marco normativo, con respecto a la licitación una vez que las características principales de esta última hayan sido desarrolladas, para que existe el soporte necesario.

- ✓ La apertura de un canal de comunicación con potenciales operadores permite recabar información relevante.

  Se recomienda utilizar los canales establecidos para continuar recopilando información, en la medida en la que esta sea requerida, así como retroalimentación.

- ✓ Finalmente, es relevante indicar que en Ecuador ningún corredor BRT ha sido licitado y operado por empresas internacionales, solo los operadores históricos han podido acceder a la operación. Las únicas experiencias comparables, pero con tecnologías diferentes (cable y riel), son la licitación del proyecto Aerovía (cable en Guayaquil) que ya fue adjudicado y el metro de Quito, que está preparando el proceso para la licitación de la operación. Estos dos proyectos presentan oportunidades importantes para el análisis de los procesos de concesión con operadores internacionales.

C40 CITIES FINANCE FACILITY

C40 Cities Climate Leadership Group
3 Queen Victoria Street, City
London EC4N 4TQ
United Kingdom

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Potsdamer Platz 10
10785 Berlin
Germany

E contact@c40cff.org

Funding partners:

Federal Ministry for Economic Cooperation and Development

CIFF CHILDREN'S INVESTMENT FUND FOUNDATION

UK Government

USAID FROM THE AMERICAN PEOPLE

Implementing agencies: