

Definición de especificaciones de tecnología de autobuses eléctricos para el Área Metropolitana de Guadalajara

C40 Cities Finance Facility

Mayo - Junio 2020



Funding partners:



Implementing agencies:



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).

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: Gustavo Jiménez
Nombre, dirección, ciudad
Diseño/layout, etc.:
Nombre de consultora, ciudad
Crédito de imagenes/fuentes:
Fotógrafo, agencia de fotografía o nombre del miembro de equipo CFF (GIZ/nombre)
Ubicación y año de publicación

ÍNDICE

Sobre cff	2
Introducción	4
Elementos para la estructuración de un proyecto de autobuses eléctricos	5
Análisis de la información sobre las tecnologías ofertadas a Jalisco	6
Armadoras de autobuses eléctricos	6
Compañías de infraestructura eléctrica	9
Empresas proveedoras de energía	9
Empresas estructuradoras de proyectos de electromovilidad	10
Escenarios para la estructuración contractual y financiera del proyecto	10
Evaluación preliminar de posibles rutas/trazos	13
Recomendaciones y conclusiones	15

Introducción

En esta consultoría se realizó un análisis básico de tecnologías de autobuses eléctricos, sistemas de recarga eléctrica, al igual que analizar esquemas contractuales para la adquisición de autobuses eléctricos en el Estado de Jalisco. Para llevar a cabo esta consultoría, se tomó en cuenta el análisis y gestión realizada por parte de la Secretaría de Transporte de Jalisco (SETRANS), fue complementada con información adicional disponible en el mercado internacional. Esto con el objetivo de dar acompañamiento a la autoridad en los procesos de evaluación de alternativas tecnológicas, proveedores, y esquemas de contratación. En este reporte se presentan un resumen general de los análisis para apoyar la consecución de la mejor alternativa tecnológica y contractual frente a la oferta de autobuses eléctricos a nivel mundial.

Durante la consultoría se realizaron las siguientes actividades:

- Comunicación y coordinación con el equipo técnico de SETRANS, sobre la información disponible que caracteriza el servicio de transporte y la operación esperada.
- Presentación de recomendaciones sobre las especificaciones técnicas que las unidades eléctricas requerirán para operar óptimamente en el corredor seleccionado, considerando capacidad del autobús, flota en operación y de reserva requerida, consumos de energía eléctrica, capacidad y requerimientos para baterías y cargadores, autonomía, entre otros.
- Se dio un acompañamiento remoto al Estado de Jalisco durante la consultoría, y se ofrecerá apoyo para la organización de mesas de trabajo (*round tables*) donde armadoras y compañías relacionadas a la electromovilidad presentarán sus productos y se emitirán recomendaciones después de las mesas de trabajo.
- Se realizó una coordinación con el asesor legal y financiero contratado por GIZ para la asesoría en materia de modelos de negocios y estructuración de las bases de licitación requeridas para la adquisición de autobuses eléctricos en el Estado.

Este reporte se divide en los siguientes apartados:

- a) Elementos para la estructuración de un proyecto de Autobuses Eléctricos
- b) Análisis de la información sobre las tecnologías ofertadas a Jalisco
- c) Alternativas para la estructuración contractual y financiera del proyecto
- d) Evaluación preliminar de posibles rutas/trazos
- e) Recomendaciones y conclusiones

En las siguientes páginas se presenta el análisis realizado para esta consultoría.

Funding partners:



Implementing agencies:



Elementos para la estructuración de un proyecto de autobuses eléctricos

Para la estructuración de proyectos de movilidad eléctrica, es importante considerar los diversos elementos que comprenden la planeación, construcción, y operación de estos sistemas. En México y en el mundo la movilidad eléctrica sigue siendo un nuevo fenómeno que busca disminuir el impacto que el transporte tiene sobre el medio ambiente, al igual que separar la movilidad urbana de la vulnerabilidad de los combustibles fósiles. De igual forma, el paradigma de motores de combustión interna está cambiando al nuevo paradigma de motores eléctricos con baterías, cargadores, y energía renovable. Se puede decir que la movilidad sustentable está fusionándose con la transición energética que se está viviendo a nivel global. Es por lo que los esquemas operacionales y contractuales para el desarrollo de corredores de transporte o BRTs, están cambiando al ritmo que los autobuses eléctricos están siendo incorporados en sistemas de movilidad urbana.

Los siguientes elementos comprenden la estructuración de proyectos de movilidad eléctrica:

- a) **Autobuses Eléctricos:** Son vehículos con sistemas de propulsión eléctrica, chasis robustecido para cargar el peso adicional de las baterías, elementos mecánicos y eléctricos para el rodamiento, al igual que cuestiones estéticas y de espacios.
- b) **Mantenimiento:** El mantenimiento para sistemas de autobuses eléctricos requiere de nuevos conocimientos y habilidades para lograr mantener los autobuses, las baterías, y los sistemas de recarga de manera óptima, para mantener – o superar – la vida útil pronosticada por los proveedores.
- c) **Conductores:** Los conductores de los sistemas de autobuses eléctricos tiene que ser capacitados para obtener una conducción técnica eficiente, donde se optimizan la energía de las baterías en el frenado, uso del aire acondicionado, la aceleración, entre otros.
- d) **Baterías:** Estas preservan la energía que los autobuses utilizarán para realizar sus actividades de movimiento, aire acondicionado, y demás necesidades electromecánicas. Su tamaño se mide en kWh y generalmente tienen una vida útil de siete (7) años. En este sentido, se tiene que considerar la correcta disposición de las baterías, o su reciclado de manera sustentable.
- e) **Energía:** La Energía que se utiliza en el sistema puede venir de diversas fuentes, y proveedores, dado que la carga eléctrica es una necesidad recurrente, se pueden conseguir esquemas de energía despegados de la red eléctrica, como lo son paneles solares o energía eólica en sitio, de igual forma se puede negociar con proveedores de energía la mejora en los precios ofertados, para así llegar a una relación contractual benéfica para el operador.
- f) **Infraestructura de Recarga:** Los sistemas para recargar las baterías contemplan la instalación y construcción de elementos eléctricos requeridos para su

Funding partners:



Implementing agencies:

funcionamiento, dependiendo del esquema de recarga, la inversión y acondicionamiento para la instalación puede variar, pudiendo ser pantógrafos de alta tensión hasta cargadores enchufables de baja tensión. Los cargadores que requieren de más tensión y potencia necesitan instalaciones eléctricas especiales, incluyendo el uso de subestaciones en los patios de encierro, si la tensión requerida rebasa los 500 V.

- g) **Patio de encierro y recarga:** En general el patio de encierro contiene los sistemas de recarga necesarios para los autobuses, al igual que el centro de mantenimiento preventivo para poder mantener la operación de la flota de manera eficaz.
- h) **Costo Total de la Propiedad:** Es el análisis que se realiza para determinar los verdaderos costos de inversión en los sistemas de autobuses eléctricos, donde se toma en cuenta los costos capitales (CAPEX), los costos operacionales (OPEX), el valor presente neto (VPN) de las inversiones, y el valor residual de los activos.

Estas definiciones servirán para entender los siguientes capítulos y así llegar a un mejor entendimiento de las ofertas de los posibles concursantes, al igual que entender nuevos esquemas para la contratación o compra de los elementos que comprenden un sistema de autobuses eléctricos.

Análisis de la información sobre las tecnologías ofertadas a Jalisco

El Estado de Jalisco solicitó y recibió propuestas comerciales de varias compañías, SETRANS llevo a cabo un análisis de mercado donde se consiguieron propuestas de: 1) armadoras de autobuses eléctricos, 2) compañías de infraestructura eléctrica, 3) empresas proveedoras de energía, y 4) empresas estructuradoras de proyectos de electro movilidad. En este apartado se presentan las ofertas recibidas, al igual que se nombran otras compañías que pudieran estar interesadas en el proyecto de electromovilidad del Estado de Jalisco.

Armadoras de autobuses eléctricos

El Estado de Jalisco recibió cinco (5) paquetes de información con las ofertas de autobuses de, Ankai, King Long, Foton, Sunwin, y Yutong. Estas son compañías reconocidas, aunque unas tienen mejor reputación que otras. Hubo tres (3) marcas, que también están presentes en el mercado mexicano, pero no presentaron información siendo estas: BYD, Volvo, y Mercedes-Benz. La siguiente tabla presenta una síntesis de la información recibida:

Armadora	Origen	Oficinas MX	Tipologías de Buses
			T: 12 mts, Vmx: 70 km/hr,
Ankai	China	No	B: 300 kWh, R: 330 km, VU: 600,000 Km Carga nocturna, lenta y rápida: 120 kWh

Funding partners:



Implementing agencies:

Armadora	Origen	Oficinas MX	Tipologías de Buses
			T: 8 m, 10 m, 12 m, y 16m, Vmx: n/a
Foton	China	No	B: 300 kWh, R: n/a, VU: basada en batería Carga nocturna, lenta y rápida.
King Long	China	No	T: 6.5 m, 9 m, 10.5 m, y 12 m, Vmx: 70 km/hr B: 127-350 kWh, R: 185 – 280 km, VU: 7 – 12 años
Sunwin	China 70% Suecia 30%	No	T: 8.5 m, 10.5 m, 12 m*, y 18m; Vmx: 70 km/hr B: 249-350 kWh, R: 400 – 380 km, VU: 7 – 12 años Carga nocturna y de oportunidad
Yutong	China	Si	T: 8 m, 10 m, 12 m, 15m y 18m, Vmx: 70 km/hr B: 229-350 kWh, R: 285 – 280 km, VU: 7 – 12 años Carga nocturna, lenta y rápida.
BYD*	China	Si	Varios modelos, mejor equipo de baterías, buses fabricados en China, USA, UK, y Brasil.
Volvo*	Suecia	Si	T: 12 m, Vmx: n/a B: 350 kWh, R: 300 km, VU: 7 – 12 años
Mercedez-Benz*	Alemania	Si	T: 12 m, Vmx: n/a B: 243 kWh (custom), R: 300 km, VU: 7 – 12 años

Notas:

T: Tamaño; Vmx: Velocidad Máxima

B: Tamaño de la batería; R: Rango de autonomía; VU: vida útil

* No enviaron información formal, obtención propia.

Dentro del mercado de autobuses eléctricos se distinguen tres grandes regiones, los productores asiáticos, principalmente de China, los productores europeos, y los productores norteamericanos.

Los productores asiáticos, en general han dominado el mercado asiático por los grandes subsidios que el gobierno de China les brinda, ahí se opera la flota más grande a nivel mundial, con alrededor de 400,000 autobuses eléctricos operando

Funding partners:



Implementing agencies:



solamente en China¹. La capacidad de producción en China es alta, puedan fabricar muchas tipologías de autobuses a precios asequibles, por lo que han exportado una gran cantidad de autobuses eléctricos a Europa y América, las marcas chinas más fuertes son Yutong, BYD, y Sunwin. Estas tres marcas tienen fuerte representación en México, aunque la distribución y servicio postventa se tiene que negociar con ellos para poder conseguir la durabilidad de las unidades. **Yutong** ha ganado ya dos licitaciones de trolebuses con baterías en la Ciudad de México, al igual que ha vendido al sector privado en el Bajío de México una considerable cantidad de buses a Gas Natural Comprimido. **Sunwin** ha hecho un gran esfuerzo en la región LatAm, han logrado vender flotas en Colombia y Brasil, aunque en México aún no logran ventas, su matriz comercial está en Miami, que está relativamente cerca del país. **BYD** se ha posicionado como una de las compañías más progresistas en la electromovilidad, ellos sólo producen vehículos eléctricos, tienen excelente tren motriz y baterías, pero el chasis y armado de los vehículos depende muchos del mercado. En Inglaterra, BYD se tuvo que asociar con Alexander Dennis para la producción local, y en USA montaron su propia planta productora en el Sur de California, de igual forma BYD puso una planta en Brasil, y tiene una oficina en la Ciudad de México.

Los productores europeos llegaron después de los chinos, pero su fuerza industrial de siglos ha logrado producir muchas opciones eléctricas, marcas como Volvo, Mercedes Benz, Scania, Solaris, Irizar, IVECO, VanHool, Alstom, entre otras ya tiene varios autobuses eléctricos funcionando en muchas ciudades europeas. Después de China, Europa es el segundo mercado más grande de Autobuses eléctricos. **Volvo** y **Mercedes-Benz** tienen gran presencia en México, y ya han piloteado buses eléctricos con algunos operadores de transporte en México. Estas son dos marcas confiables, con servicios probados de postventa, pero no tienen tantas tipologías de buses eléctricos, sólo producen 12 mts de entrada baja y piso bajo, pero se pueden realizar pedidos a la medida de las necesidades del proyecto, pero el tiempo de producción variaría.

Los productores norteamericanos son los últimos en entrar en el mercado de autobuses eléctricos, empresas como **Proterra** y **New Flyer** producen buses eléctricos de muy buena calidad, con excelente rendimiento, pero los precios son lo doble o triple que los autobuses chinos de similares características. Es un mercado pequeño aún en USA, por lo que la gran mayoría de proyectos de Electromovilidad en USA han abierto sus puertas a marcas europeas y Chinas.

En México aún no se ha hecho una compra de autobuses eléctricos, ha habido varios intentos de estructuración de proyectos, pero ninguno ha madurado lo suficiente. El proyecto más cercano para implementarse es Línea 3 de Metrobús en la Ciudad de México, donde se pretende poner a operar alrededor de 20 autobuses eléctricos articulados a principios del 2021.

¹<https://www.citylab.com/transportation/2019/06/electric-bus-china-grid-ev-charging-infrastructure-battery/591655/>

Funding partners:



Implementing agencies:



Compañías de infraestructura eléctrica

Las compañías que proveen los componentes para desarrollar la infraestructura eléctrica que alimentan de energía los autobuses eléctricos son clave en el proyecto. Solamente ABB mando información a SETRANS, pero existen otras compañías como Schneider Electric, SIEMENS, y Bosch de las que también se podría conseguir información y ofertas sobre estos componentes. La tabla abajo describe las compañías que pudiesen estar interesadas en participar.

Compañía	Productos	Mecanismos de Gestión
ABB	Motores, Cargadores, Operación y Mantenimiento (O&M) de sistemas eléctricos, Sub estaciones, Pantógrafos, entre otros.	A través de intermediarios, pero pueden trabajar directo con compañías como ENGIE, ENEL, o empresas integradoras.
Schneider Electric*	Cargadores, O&M de sistemas eléctricos, consultoría, generación distribuida, entre otros.	Por intermediarios o enlace directo.
SIEMENS*	Cargadores, O&M de sistemas eléctricos, pantógrafos, subestaciones, entre otros.	Por intermediarios o enlace directo, equipo de movilidad eléctrica fuera de MX, pero fuertes en otros productos en México.
Bosch*	Cargadores, O&M de sistemas eléctricos, otras soluciones eléctricas para vehículos, entre otros.	Directo, aún no tienen tanta experiencia en movilidad eléctrica en México.

*No mando información, ni cotizaciones.

Empresas proveedoras de energía

Las empresas de energía han demostrado ser grandes aliadas en el desarrollo de proyectos de electromovilidad, compañías como ENGIE y ENEL han sido pioneras en la incorporación de nuevos esquemas de movilidad urbana eléctrica no sólo con autobuses eléctricos, sino también con taxis, flotillas corporativas y vehículos de carga. Han logrado también establecer nuevos mecanismos financieros para incluir esquemas de arrendamiento de autobuses, baterías, al igual que proveer la energía a precios competitivos dentro de los paquetes contractuales. En la siguiente tabla se presentan algunas características de estas empresas de energía:

Empresa	Actividades	Experiencia en E-movilidad
CFE (México)	- Empresa mexicana de energía, Coordinan el Programa UNPAESE, proveen energía, y han puesto una red de electrolineras en operación	México, apoyando el proyecto con Metrobús
Engie (Francia)	- Desarrollan soluciones integrales, y servicios de energía de cero o bajas emisiones de CO2 - Financian proyectos de energía con capital propio.	México, Perú, Chile, Argentina, Europa y Asia.

Funding partners:



Implementing agencies:

Empresa	Actividades	Experiencia en E-movilidad
	<ul style="list-style-type: none"> - Proyecto de Taxis Eléctricos con CdMx - Proyecto de carga con 99Minutos y DiDi 	
Enel (Italia)	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollan soluciones integrales, y servicios de energía de cero o bajas emisiones de CO2 - Financian proyectos de energía con capital propio. 	Chile, Brasil, Colombia, Asia y Europa.

Empresas estructuradoras de proyectos de electromovilidad

Hay empresas que pueden apoyar en la estructuración de proyectos de electromovilidad, ya sea apoyando el financiamiento de los proyectos, operando el sistema, o proveyendo el mantenimiento de los autobuses y baterías. Recientemente las empresas de energía han tomado ese rol, como es el caso de Enel y Engie a nivel global, pero también empresas como Ascendal, quienes mandaron información a Jalisco, o ADO pueden apoyar en la estructuración de proyectos de electromovilidad. Ascendal tiene experiencia en varias regiones del mundo y cuenta con amplia experiencia operando autobuses eléctricos en Inglaterra, Australia, y recientemente entraron a operar buses eléctricos en Chile. De igual forma, ADO está incursionando en proyectos de electromovilidad con Metrobús en la Ciudad de México. Estas compañías pueden apoyar en la estructuración y financiamiento de los autobuses eléctricos.

Escenarios para la estructuración contractual y financiera del proyecto

Los nuevos proyectos de electromovilidad requieren consideración profunda sobre los esquemas de adquisición de activos y contratación de servicios, esto porque es una tecnología nueva, que, aunque está probada en muchos países, aún implican riesgos en la operación y mantenimiento de estas nuevas tecnologías. De igual forma, los costos capitales iniciales son, en general, 20 a 40% más elevados que para autobuses convencionales². Dentro de los nuevos esquemas para la compra de estos autobuses eléctricos, cero emisiones, se puede contemplar el subsidio inicial de los vehículos, con la expectativa que los ahorros vendrán en la operación. En general, los costos del combustible pueden reducirse hasta en un 75%, ya que el costo de la energía es mucho más bajo que el Diesel, al igual que no experimenta tanta volatilidad en precios. Adicionalmente, el costo del mantenimiento de las unidades puede ser menor debido a que los motores eléctricos producen menos fricción y movimiento, reduciendo así el desgaste del motor y los demás componentes electromecánicos. Es por lo que se recomienda que en estos proyectos se realice el análisis denominado, costo total de la propiedad, o por sus siglas en inglés TCO (*total cost of ownership*).

² Adapting Procurement Models for Electric Buses in Latin America. J. Orbea, S. Castellanos, et al. TRR. December 2019.

Funding partners:



Implementing agencies:

En este apartado se presenta un esquema conceptual para poder identificar los elementos del sistema de autobuses eléctricos que se tiene que adquirir, contratar, o concesionar. Estudios realizados por el CFF en México han demostrado que, si se considera el costo total de la propiedad, algunos autobuses eléctricos se encuentran dentro del mismo rango de precios en su ciclo de vida que los autobuses a Diesel³.

El modelo tradicional en México para la operación de autobuses requiere que el operador de los autobuses sea al mismo tiempo el propietario de las unidades, en este esquema los costos capitales y operacionales recaen totalmente en la empresa operadora, por lo que es difícil mitigar los riesgos que la nueva operación de autobuses traerá al sistema. Adicionalmente, las empresas operadoras, ya sean del gobierno o del sector privado, cuentan con poco capital para realizar fuertes inversiones iniciales para la consecución de la flota, es por lo que un esquema de arrendamiento de unidades puede fomentar la transición a autobuses eléctricos.

En este orden de ideas, existen dos modelos básicos para la adquisición de autobuses para el servicio público de pasajeros: 1) el modelo clásico donde la propiedad de los buses es también del operador de los buses, siendo este el típico modelo concesional o de empresas públicas operadoras de transporte (como es el caso de SITEUR), y 2) modelos contractuales donde se separa la propiedad de los buses de la operación. Este segundo modelo está siendo ejecutado exitosamente en varias partes del mundo como Inglaterra, Singapur, Chile, Colombia. Recientemente se está estructurando un proyecto de estas características con el sistema Metrobús en la Ciudad de México. Las ventajas de separar la propiedad de los diversos elementos del sistema de autobuses eléctricos, ayuda a amortiguar los costos capitales y distribuir la responsabilidad del mantenimiento de los autobuses, baterías, e infraestructura eléctrica con las compañías que tengan mayor experiencia en el tema, ayudando a mitigar riesgos en la adopción del nuevo sistema eléctrico.

La siguiente tabla muestra estos dos modelos, para el segundo caso, hay dos vertientes: 2a) donde la empresa operadora sigue siendo la propietaria de los autobuses, el mantenimiento y la gestión, dando cabida a otra empresa en la operación de la infraestructura eléctrica y la energía, y 2b) donde se estructura una empresa arrendadora de los autobuses, que sería contratada por el fideicomiso del sistema, esta nueva modalidad empresarial se está denominando BusCo (*bus procurement company*).

³ Análisis de Tecnologías Eléctricas para el Corredor Eje 8 Sur, Cities Finance Facility (CFF). Diciembre 2018.

Funding partners:

Implementing agencies:

Estructuración Contractual para Sistemas de Transporte Urbano Eléctrico

Elementos del Sistema	Modelo Clásico		Modelo de Separación de la Propiedad	
	1		2a	2b
Autobuses Eléctricos	<i>Empresa Operadora</i>		<i>Empresa Operadora</i>	<i>Empresa Arrendadora (BusCo)</i>
Mantenimiento				
Conductores				
Gestión de la Operación				
Energía/Combustible	<i>Gobierno</i> <i>Empresa Operadora</i>		<i>Empresa de Energía (ESP)</i>	<i>Empresa de Energía (ESP)</i>
Infraestructura de Recarga				
Pacios de Encierro				
Recaudo/Subvenciones				
			<i>Gobierno</i>	<i>Gobierno</i>
			<i>Fideicomiso</i>	<i>Fideicomiso</i>

Derivado de las conversaciones con SITEUR, el proceso de contratación que más les convendría para agilizar la implementación de un nuevo sistema de autobuses eléctricos sería el modelo 2a, donde SITEUR asumiría el control de los autobuses y su mantenimiento, pero también los riesgos, esto les daría una ventaja administrativa, ya que la licitación se realizaría en sólo dos etapas, una para la adquisición de los autobuses y otro para una empresa que preste los servicios de energía del corredor. En este caso, es importante adquirir buses de alta calidad con un servicio de postventa robusto, con garantías en todos los componentes de los autobuses, al igual que niveles de servicio esperado en el mantenimiento de las unidades. En la opción 2b, el Estado de Jalisco tendría la necesidad de estructurar un proceso de licitación más complejo, con diversos actores, pero puede vincular a una empresa estructuradora de proyectos para facilitar la sinergia entre los diversos componentes del proyecto, al hacer esto puede mitigar riesgos y reducir los costos de inversión inicial de una manera considerable.

Funding partners:



Implementing agencies:



Evaluación preliminar de posibles rutas/trazos

El Estado de Jalisco aún se encuentra evaluando diferentes trazos para la operación de los primeros autobuses eléctricos en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Se planea operar una ruta alimentadora al Sistema Peribús de una longitud de 52.9 kilómetros, operada con 54 unidades de 10 metros, con capacidad de 70 pasajero por autobús. No obstante, hoy en día aún no se tiene claridad sobre el trazo para la ruta alimentadora eléctrica.

Las siguientes rutas han sido propuestas para el corredor alimentador de autobuses eléctricos:

Ruta	Long. Ciclo (km)
Alimentador 1	52.9
Alimentador 1A	31.6
Alimentador 2	63.5
Alimentador 2A	57.2
Alimentador 2B	77.5

Para lograr una operación efectiva y eficiente de la flota, es importante considerar los siguientes elementos en la selección de la ruta:

- Longitud de ruta:** Las horas de servicio del autobús por día es de suma importancia, para poder dimensionar el tamaño de la flota, al igual que determinar el número de veces que el autobús tendrá que ser recargado en el patio de encierro a lo largo de la jornada laboral. Para el caso de Jalisco, se pretende operar buses de carga nocturna e intermedia – sin pantógrafo, por lo que es importante definir con precisión el plan operacional, determinar los kilómetros recorridos por día por bus, y con esto diseñar un sistema óptimo de operación y recarga durante el día para la flota.
- Curvatura horizontal y vertical:** En general los autobuses eléctricos son de piso bajo, pero también pueden ser de entrada baja, es por ello por lo que se tiene que analizar si, a lo largo de la ruta, el autobús podrá librar las curvaturas verticales y los topes – si existen. Algunos autobuses eléctricos tienen el paquete de baterías por debajo, por lo que es importante cerciorarse de que no se dañen en ruta. De igual forma, cuando se defina si el bus es de 10 o 12 metros, se tiene que evaluar la curvatura horizontal sobre todo el trazo, para no tener inconvenientes con los radios de giro.

Funding partners:



Implementing agencies:



- **Pavimentación:** Los autobuses eléctricos pueden pesar de 20% hasta 30%⁴ más que un bus de diésel convencional, esto por el peso de las baterías, por lo que es importante hacer un estudio de carga sobre el pavimento de la ruta seleccionada. Si la ruta es de concreto reforzado, ayudará en la durabilidad del pavimento. Un diseño robusto de asfalto podría funcionar, si las demandas y cargas no son excesivas, aunque la vida útil de este tipo de pavimento se vería afectada por el peso de las unidades eléctricas.
- **Temperatura ambiente:** Si la ruta va a pasar sobre zonas cálidas, y el uso del aire acondicionado (A/C) es necesario, se tiene que considerar en la selección del autobús el sistema de aire acondicionado eficiente, típicamente la eficiencia del autobús disminuye hasta en un 20% por el uso del aire acondicionado, es por lo que cuando se use el A/C se tiene que usar con discreción, y su uso tiene que ser modulado por el conducto, introduciendo este variable en el diseño operacional.
- **Patio de Encierro:** Dado que el único lugar para abastecer la energía será en el patio de encierro, es de suma importancia ubicar la ruta lo más cercana al patio de encierro, minimizando los kilómetros en vacío.

Una vez seleccionada la ruta, se puede elegir el autobús eléctrico y equipo de cargar, para ello se deben considerar los siguientes principios en la selección y diseño del sistema de autobuses eléctricos:

- **Escalabilidad:** Cuando se seleccione la infraestructura de recarga se debe escoger la tecnología que sea más adaptable y común en el mercado, actualmente las baterías se pueden cargar a 120 kW, pero en un futuro los cargadores podrían tener mayor potencia. Es importante escoger un sistema que pueda evolucionar con los avances tecnológicos de cargadores y baterías.
- **Flexibilidad:** Dependiendo el diseño de la ruta, sería importante implementar cargadores de doble-pistola (o rápidos) y cargadores de una pistola (*single-gun*), esto para tener la flexibilidad de cargas rápidas durante el día y cargas lentas por la noche, optimizando el diseño del patio de encierro y minimizando costos de infraestructura.
- **Sistemas Inteligentes:** Un sistema inteligente que detecte las cargas de las baterías, alerte a los conductores y a los operadores del sistema, sería de gran utilidad para poder optimizar los tiempos de recarga y evitar fallas en la operación. De igual forma, tener un sistema de gestión y monitoreo de cargadores y baterías puede ayudar a optimizar los despachos de los autobuses y evitar contingencias por mala operación en el suministro de la energía.

⁴ Johnston, A, Lakkavalli, A.G, Sharma, V. 2017. Meeting the Unique Challenges of Pavements Engineering in the Urban Context, City of Calgary. Paper presented at the Innovations in Pavement Management, Engineering and Technologies Session of the 2017 Conference of the Transportation Association of Canada, St. John's, NL

Funding partners:



Implementing agencies:

- **Modificable:** Es importante tener un sistema abierto y no casarse con alguna marca de cargadores, esto para poder remplazar partes rápidamente y hacer actualizaciones al sistema de monitoreo sin estar sujeto a un solo proveedor.

Recomendaciones y conclusiones

El proyecto de Autobuses Eléctricos de Jalisco tiene el gran potencial de volverse un ícono en la introducción de nuevas tecnologías en el país, ha habido varios intentos para conseguir la operación de autobuses eléctricos de baterías, pero estos intentos han sido frustrados ya sea por falta de voluntad política, escasas en presupuesto, o falta de confianza en las nuevas tecnologías eléctricas. No obstante, en Latino América compras masivas de autobuses eléctricos ya han sido efectuadas, y más están siendo realizadas en Chile, Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador. Dadas las condiciones del mercado, es el momento idóneo para que Jalisco incursione en la electromovilidad, reduciendo así el impacto ambiental del transporte y en un futuro ver una reducción en los costos operacionales en los sistemas de transporte del estado.

Entendiendo las necesidades de SETRANS en la consecución de autobuses eléctricos para la Área Metropolitana de Guadalajara, se presentan las siguientes recomendaciones:

- **Definir con mayor precisión la ruta alimentadora que se quiere hacer eléctrica**, el tamaño de la flota, y las condiciones topográficas de la ruta, esto para poder determinar la tecnología más idónea de autobuses e infraestructura eléctrica.
- Realizar un **estudio de mercado más detallado** con las armadoras de autobuses eléctricos, incluyendo las marcas que no enviaron información, siendo estas: BYD, Mercedes-Benz, Volvo y Škoda.
- Incluir en el estudio de mercado a las **empresas que proveen infraestructura** para la recarga de las baterías, incluyendo no sólo a ABB, sino también a Siemens, Bosch, y Schneider Electric.
- Realizar, o solicitar, a los concursantes un **análisis del costo total de la propiedad** (TCO), para definir con mayor precisión los costos capitales y operacionales del sistema e identificar puntos de ahorro.
- Tener reuniones con las **compañías de energía relevantes al proyecto**, como los son CFE, Engie, y Enel, y explorar las posibilidades de transferir la planeación, construcción, y operación de la infraestructura eléctrica a estas compañías ya sea a través de una contratación de prestación de servicios, o una concesión para la operación y provisión de la infraestructura eléctrica y energía.
- **Definir que activos** dentro del Sistema de Autobuses Eléctricos el Estado de Jalisco **quieren adquirir, arrendar, rentar, o concesionar.**

Funding partners:



Implementing agencies:

- En la elaboración de la licitación y los contratos, **definir con precisión las garantías de los activos**, los **niveles de servicio** requeridos, los **paquetes de mantenimiento** que serían incluidos en los diferentes elementos del sistema, y las **penalizaciones** correspondientes si los proveedores no cumplen con los requerimientos en tiempo y forma.

Funding partners:



Implementing agencies:



Funding partners:



Implementing agencies:

