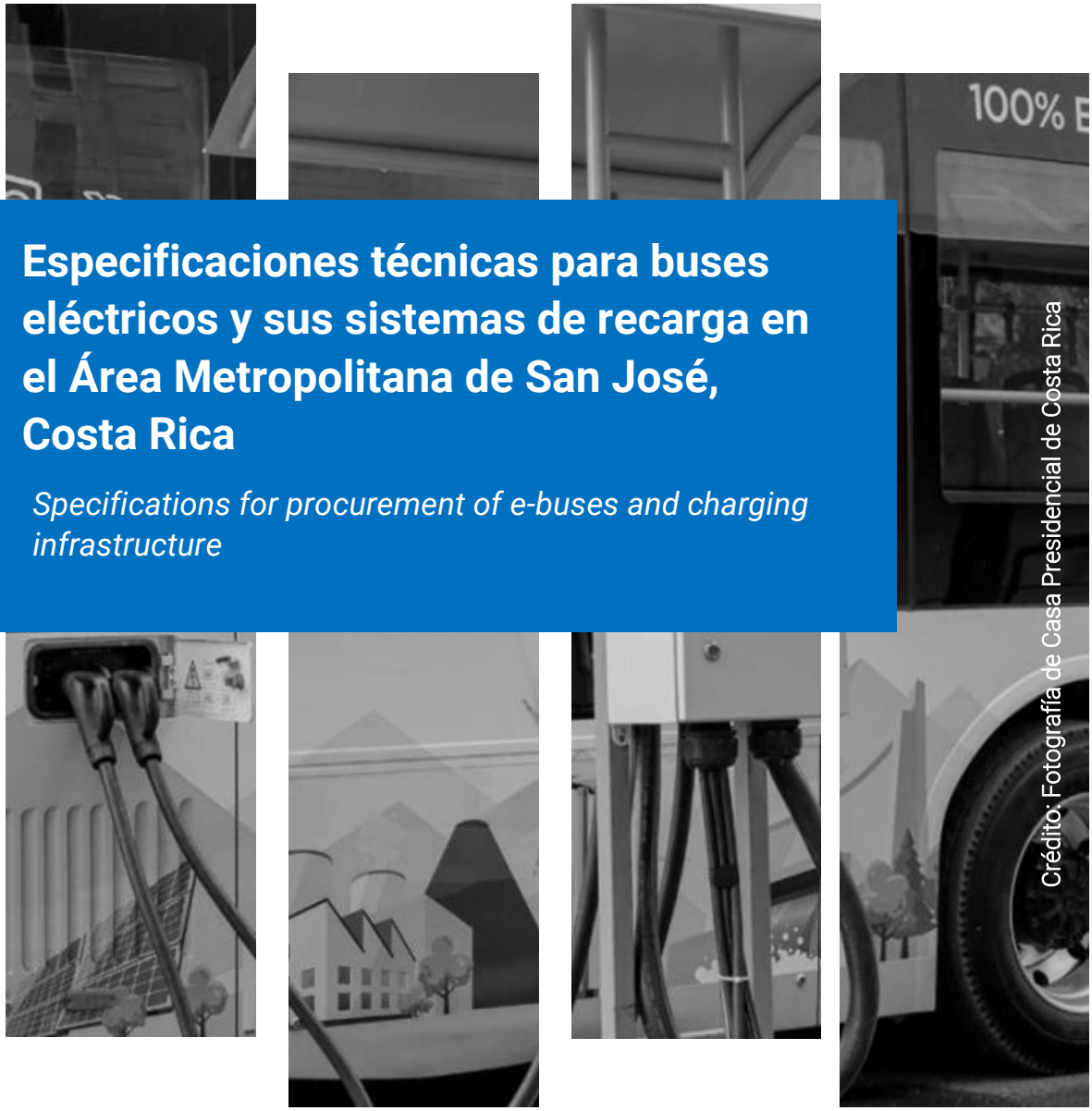


Especificaciones técnicas para buses eléctricos y sus sistemas de recarga en el Área Metropolitana de San José, Costa Rica

Specifications for procurement of e-buses and charging infrastructure

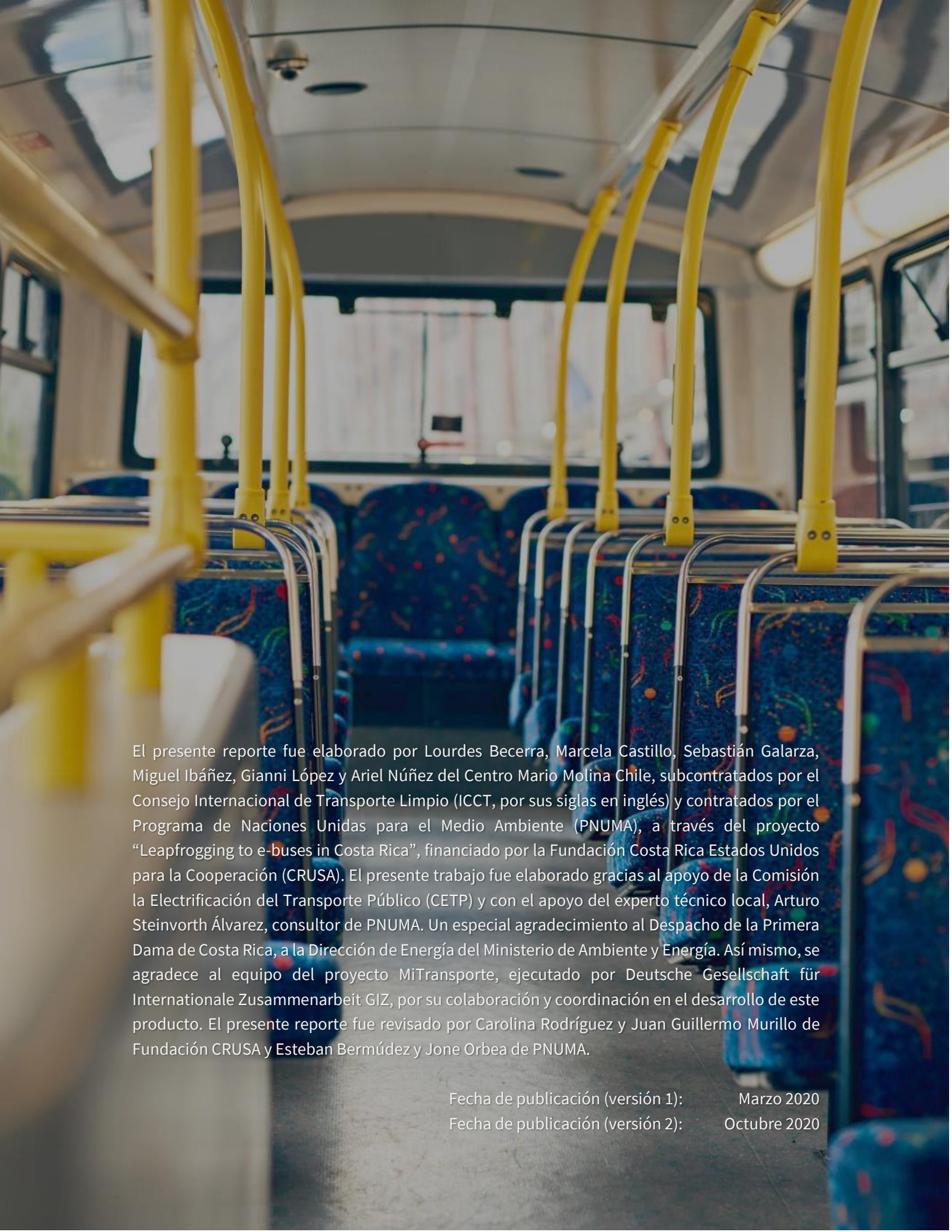
Crédito: Fotografía de Casa Presidencial de Costa Rica

Ejecutado por:

ONU programa para el medio ambiente

Financiado por:

CRUSA Cambiando VIDAS



El presente reporte fue elaborado por Lourdes Becerra, Marcela Castillo, Sebastián Galarza, Miguel Ibáñez, Gianni López y Ariel Núñez del Centro Mario Molina Chile, subcontratados por el Consejo Internacional de Transporte Limpio (ICCT, por sus siglas en inglés) y contratados por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), a través del proyecto "Leapfrogging to e-buses in Costa Rica", financiado por la Fundación Costa Rica Estados Unidos para la Cooperación (CRUSA). El presente trabajo fue elaborado gracias al apoyo de la Comisión la Electrificación del Transporte Público (CETP) y con el apoyo del experto técnico local, Arturo Steinvorth Álvarez, consultor de PNUMA. Un especial agradecimiento al Despacho de la Primera Dama de Costa Rica, a la Dirección de Energía del Ministerio de Ambiente y Energía. Así mismo, se agradece al equipo del proyecto MiTransporte, ejecutado por Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ, por su colaboración y coordinación en el desarrollo de este producto. El presente reporte fue revisado por Carolina Rodríguez y Juan Guillermo Murillo de Fundación CRUSA y Esteban Bermúdez y Jone Orbea de PNUMA.

Fecha de publicación (versión 1): Marzo 2020
Fecha de publicación (versión 2): Octubre 2020

Contenidos

1 Presentación 1
2 Descripción general del sistema de transporte público de San José de Costa Rica 2
3 Antecedentes del diseño de rutas de buses eléctricos para San José de Costa Rica 4
4 Descripción general de un bus eléctrico y de sus sistemas de recarga 6
5 Especificaciones técnicas para buses de transporte público 12
6 Especificaciones técnicas para buses eléctricos 14
7 Especificaciones técnicas para la infraestructura de carga 17
8 Garantías de vehículos y sistemas de carga 27
9 Comentarios y conclusiones 28
10 Referencias 29
11 Anexo 1: Lista de rutas analizadas 30

Índice de Figuras

Figura 1. Buses eléctricos en Cali, Colombia 2
Figura 2: Distribución de antigüedad de autobuses en Costa Rica [4] 3
Figura 3: Rutas georreferenciadas en el AMSJ 3
Figura 4: Distribución de autonomías de buses en AMSJ 5
Figura 5: Estrategia para la electrificación de los buses del transporte público 5
Figura 6. Centros de carga de busés eléctricos en Santiago, Chile 6
Figura 7: Tren de potencia de un bus eléctrico. 7
Figura 8: Consumos de energía de un bus eléctrico 8
Figura 9: Ciclos de carga y profundidad de descarga baterías 9
Figura 10: Crecimiento de la flota de vehículos eléctricos en Costa Rica entre 2011 y 2020 17
Figura 11. Mapa de Centros de Recarga pública de vehículos eléctricos livianos 18
Figura 12: Esquema de recarga de vehículo eléctrico, nivel 3 19
Figura 13: Plantel de buses eléctricos empresa Vule, Santiago de Chile 21
Figura 14: Infraestructura eléctrica, Plantel de buses Vule, Santiago de Chile 22

Índice de Tablas

Tabla 1: Características de buses modelados 4
Tabla 2: Oferta de buses eléctricos en Santiago, Chile a fines del año 2019 10
Tabla 3: Comparación normativa constructiva de buses 13
Tabla 4: Frecuencia de mantenimiento 23

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA BUSES ELÉCTRICOS Y SUS SISTEMAS DE RECARGA EN SAN JOSÉ DE COSTA RICA

1 Presentación

El presente reporte es parte del proyecto "Dando el salto a los buses eléctricos en Costa Rica" ("Leapfrogging to electric buses in Costa Rica" en inglés) del acuerdo celebrado entre el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el International Council on Clean Transportation (ICCT), que busca acelerar el desarrollo de la movilidad eléctrica en Latinoamérica; y que para la presente actividad contó con el apoyo del Centro Mario Molina Chile (CMM).

Este documento contiene las recomendaciones de especificaciones técnicas buses eléctricos y sus sistemas de recarga apropiados para las condiciones de operación en San José de Costa Rica, de acuerdo con la identificación y diseño de rutas desarrollado por ICCT y Centro Mario Molina Chile solicitado por PNUMA y la Fundación CRUSA en el documento "Elección de rutas basado en consumo de energía para el despliegue inicial de buses y su potencial de escalamiento, San José de Costa Rica", entregado previamente. Así mismo, las especificaciones técnicas contenidas en este documento están basadas en las experiencias asociadas a los estudios y pilotos de buses eléctricos en Santiago de Chile, una de las ciudades más avanzadas en esta materia a la fecha en la región. Además de la información levantada a través de entrevistas con representantes del sector y visitas de campo para investigar las condiciones existentes para la electrificación del transporte público en el Área Metropolitana de San José. Estas actividades fueron realizadas en el marco de una consultoría entre marzo y mayo 2019, por encargo del proyecto MiTransporte, ejecutado por Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)[1].

Estas recomendaciones técnicas fueron presentadas a las autoridades integrantes del Comité de Electrificación del Transporte Público (CETP), con el fin de obtener comentarios y recomendaciones para la elaboración de las recomendaciones finales para la definición de los requisitos técnicos definitivos a ser entregados a la autoridad.

El proyecto "Leapfrogging to electric buses in Costa Rica" busca generar información técnica de utilidad y necesaria para la introducción de los primeros autobuses eléctricos en el transporte público del Área Metropolitana de San José (AMSJ), desarrollar las bases para elaborar acuerdos público-privados sobre los primeros pilotos masivos con una participación de las empresas eléctricas y operadores de transporte público. Lo anterior, para alcanzar una visión estratégica para la introducción progresiva de los buses eléctricos y ser un aporte importante a los esfuerzos para cumplir los compromisos nacionales en reducción de gases de efecto invernadero.

[1] Definición de especificaciones para buses eléctricos del proyecto piloto.

2 Descripción general del sistema de transporte público de San José de Costa Rica

El transporte público del AMSJ cuenta con cerca de 40 concesiones, las cuales operan cerca de 250 rutas y transportan alrededor de 1.160.000 pasajeros al día[2]. Para el año 2021, se espera que se finalicen los contratos de concesión otorgados por el Consejo de Transporte Público (CTP), que tienen una duración de siete años. Por esta razón se espera que pronto estén disponibles las bases para este proceso, definiendo las condiciones de los nuevos operadores.

FIGURA 1. BUSES ELÉCTRICOS EN CALI, COLOMBIA
CRÉDITO: SUNWIN, BLANCO Y NEGRO

Con relación a la introducción de buses más limpios, existe el Plan Nacional de Descarbonización (2018-2050) [3], que indica dentro de sus 10 ejes el desarrollo de un sistema de movilidad basado en un transporte público seguro, eficiente y renovable. Este plan establece metas específicas: 70% de autobuses y taxis cero emisiones al año 2035 y un 100% del transporte público para 2050. Por otro lado, el Plan Nacional de Transporte Eléctrico (2018-2030) establece las acciones para fortalecer y promocionar el transporte eléctrico en el país[4].

Además del Plan Nacional de Descarbonización, en el año 2018 entró en vigor la Ley N° 9518 sobre incentivos y promoción para el transporte eléctrico. En su artículo N° 28, se establece que. al menos el 5% de las renovaciones bianuales de las flotas de autobuses debieran ser eléctricos, correspondiente a la incorporación de aproximadamente 200 buses cero emisiones cada dos años a nivel nacional.

Con relación a las características de los buses que operan en el sistema de transporte público del AMSJ, no se les exige por alguna norma del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) o del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) cumplir con algún estándar de emisión de contaminantes. Pero a través de los contratos del concesionario con el CTP y supeditado a la calidad de combustible disponible en Costa Rica, se les exige mínimo Euro III. Además, según el Decreto Nº 29743-MOPT, la antigüedad máxima es de 15 años. En la siguiente figura se puede observar la distribución de edad de toda la flota de buses del país, siendo 7 la edad promedio[5].

[2] Estudio para conocer la percepción sobre el transporte público en San José, Costa Rica. Mi Transporte Costa Rica. GIZ. Centro para la sustentabilidad urbana, 2018. Disponible en https://issuu.com/a-01net/docs/a01_giz_informe_final_web
[3] Disponible en https://minae.go.cr/images/pdf/Plan-de-Descarbonizacion-1.pdf
[4] Disponible en https://sepse.go.cr/documentos/PlanTranspElect.pdf
[5] Portal de datos abiertos MOPT. Disponible en http://mopt.opendata.junar.com/home

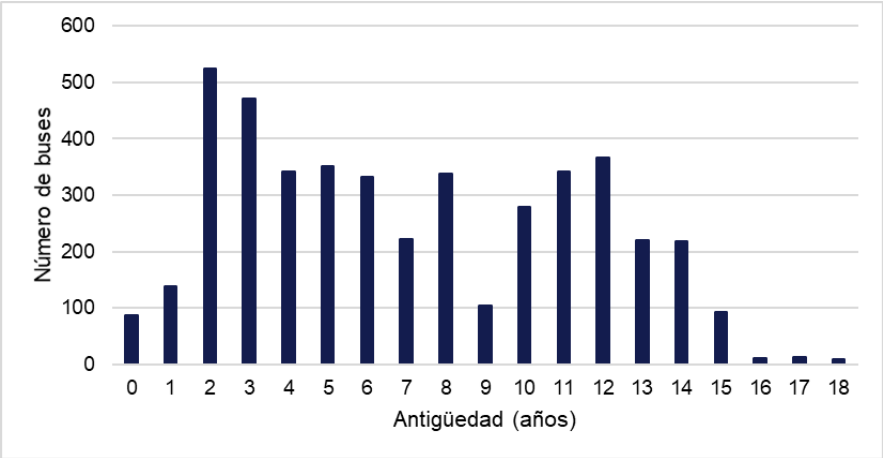


FIGURA 2: DISTRIBUCIÓN DE ANTIGÜEDAD DE AUTOBUSES EN COSTA RICA [4]
FUENTE: ELABORADA CON INFORMACIÓN DEL MOPT

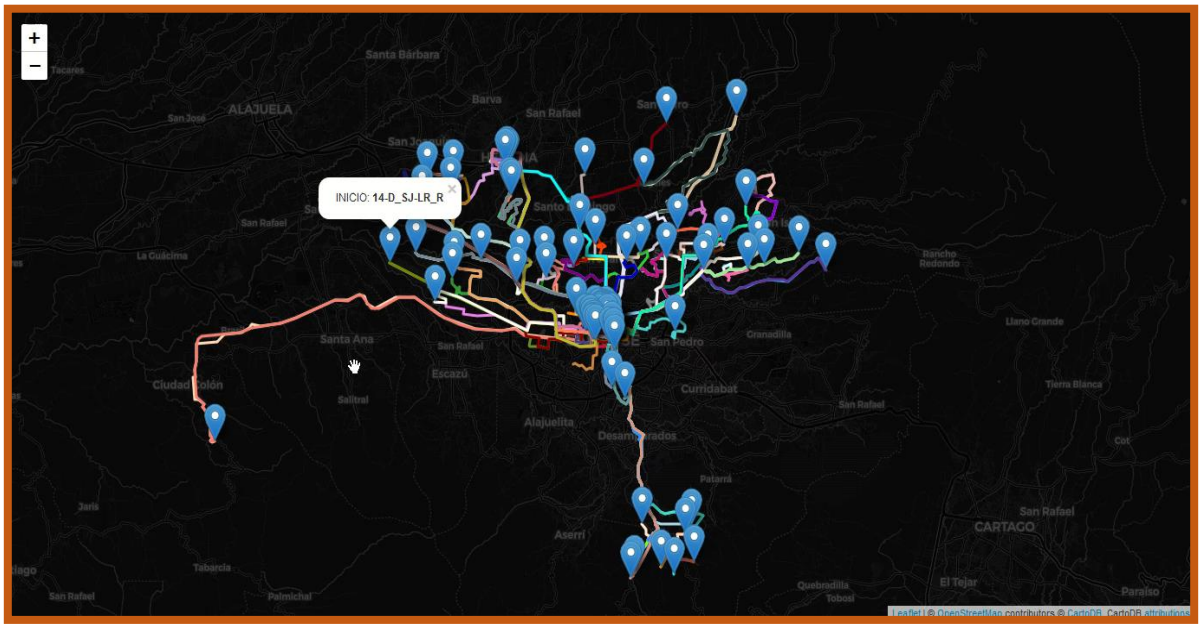


FIGURA 3: RUTAS GEORREFERENCIADAS EN EL AMSJ
FUENTE: ELABORADA CON INFORMACIÓN DEL CTP

Por otro lado, los operadores de autobuses en todo Costa Rica son cerca de 302 y de estos un poco más del 10% solo cuentan con 1 autobús y el 7% cuenta con flotas mayores a las 50 unidades. Las rutas de operación se dividen en ramales, los cuales pueden compartir parte de recorrido desde su origen hasta sus destinos. Estos ramales son aproximadamente 670 en todo el país, de las cuales 125 rutas principales y 350 ramales transitan por el AMSJ y sus cercanías. Además, casi ninguna de las rutas tiene operación nocturna (con salidas entre 11:00 pm y 4:00 am), únicamente algunas excepciones de rutas inter cantonales. Otra de las categorizaciones de las rutas en Costa Rica está relacionada con el área y tipo de operación (urbana, rural), y por la pendiente por donde circulan (condición plana y no plana).

3 Antecedentes del diseño de rutas de buses eléctricos para San José de Costa Rica

El estudio "Elección de rutas basado en consumo de energía para el despliegue inicial de buses y su potencial de escalamiento, San José de Costa Rica" tuvo por objetivo el análisis de los servicios del transporte público del AMSJ, para determinar cuáles de estos poseen mayor potencial para ser operados con buses eléctricos. Para este fin, se realizaron modelaciones de la operación de dos buses eléctricos, Bus 1 y Bus 2, bajo dos condiciones diferentes de carga de pasajeros y aire acondicionado.

En promedio, la autonomía de un bus bajo la condición de 50% de carga de pasajeros y sin aire acondicionado, es cercana a 172 km (Bus 1), versus 125 km que se presentan bajo la condición más extrema, diferencia cercana a un 37%. Finalmente, al observar los dos vehículos en rutas modeladas, el Bus 2 tiene cerca de un 16% más de autonomía que el Bus 1(resultado derivado de su mayor capacidad de batería, 324 kWh versus 277 kWh).

TABLA 1: CARACTERÍSTICAS DE BUSES MODELADOS
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Bus	Bus 1	Bus 2
Tipo de batería	LFP	LFP
Tipo de carga	Carga en depósito	Carga en depósito
Potencia nominal (kW)	110x2	215
Potencia máxima [kW]	150x2	350
Pack de baterías (kWh)	277	324
Tipo de cargador	AC	DC
Potencia de cargador	80	150
Tiempo de carga (0 a 100% SOC) min	204	130
Longitud [m]	12	12
Peso bruto vehicular [kg]	18.128	18.950
Peso en vacío [kg]	12.863	13.350
Asientos	30	27
Capacidad de pasajeros	81	87

Al analizar los resultados de autonomías y solo observando el mejor escenario propuesto —-el Bus 2 con un 50 % de carga de pasajeros, sin aire acondicionado—- tendría una autonomía de 200 km por carga en el 40% de las rutas analizadas, y una autonomía de 250 km por carga en el 20% de las rutas. Por lo tanto, existe una buena parte de los servicios de transporte público del AMSJ que pueden ser operados exitosamente por buses eléctricos a baterías, teniendo cuidado en la selección de los vehículos y considerando las condiciones topográficas y de operación del transporte en el AMSJ.

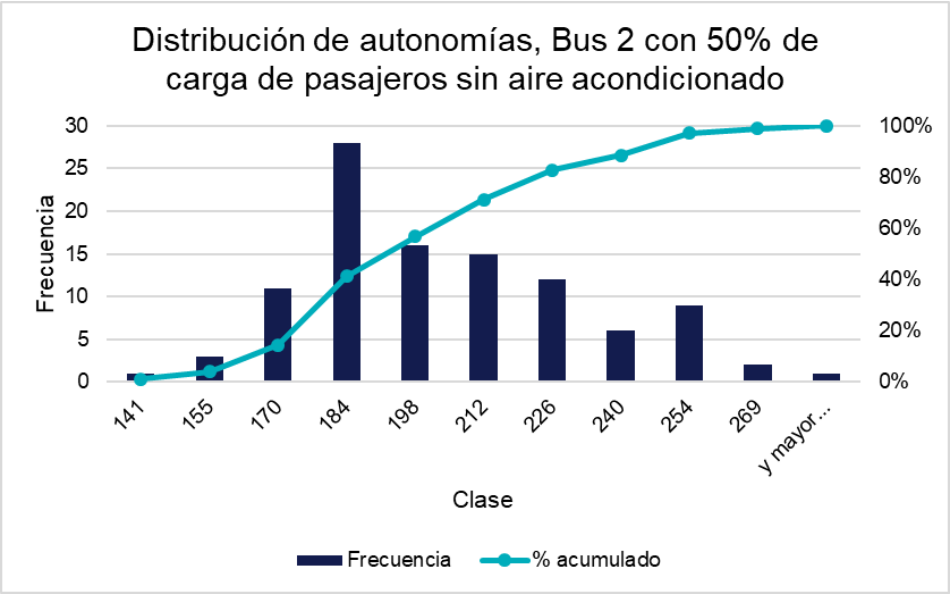


FIGURA 4: DISTRIBUCIÓN DE AUTONOMÍAS DE BUSES EN AMSJ
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En resumen, es necesario seleccionar el bus eléctrico más apropiado para las rutas en que se desea operar, considerando principalmente la autonomía a partir del consumo de energía del bus, de la capacidad de las baterías y de la estrategia que se defina para la carga. Y, además, considerando que existirá una degradación que reducirá en el mediano plazo la autonomía diaria disponible.

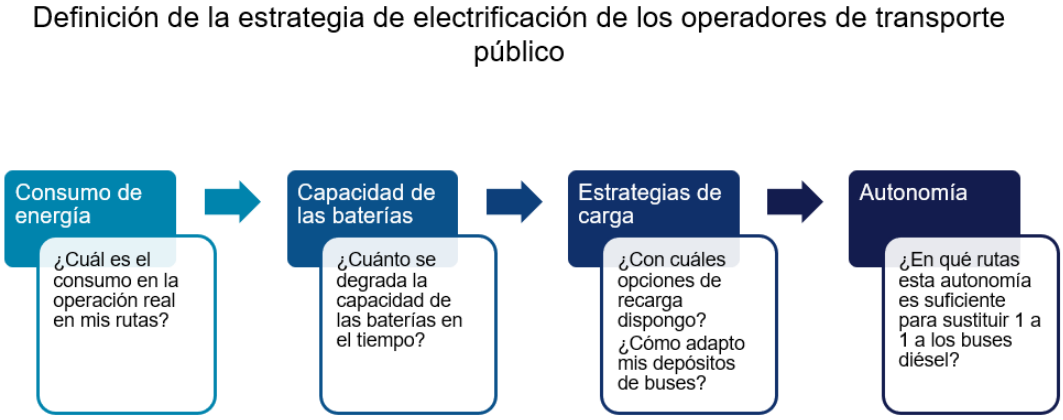


FIGURA 5: ESTRATEGIA PARA LA ELECTRIFICACIÓN DE LOS BUSES DEL TRANSPORTE PÚBLICO
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

4 Descripción general de un bus eléctrico y de sus sistemas de recarga

Los buses eléctricos a baterías presentan ventajas muy importantes sobre los buses diésel, tanto en términos económicos —al considerar los costos totales de propiedad (TCO)[6]—, como en una reducción dramática de sus impactos ambientales, sobre todo en países como Costa Rica, donde la matriz de generación eléctrica es muy limpia. Así, se logran beneficios en la protección de la salud de las personas —hoy expuestas a las emisiones del diésel—, en la reducción de las emisiones que inciden en el cambio climático y en la disminución a la dependencia de la importación de combustibles fósiles.

FIGURA 6. CENTROS DE CARGA DE BUSÉS ELÉCTRICOS EN SANTIAGO, CHILE
CRÉDITO: ANDRÉS BARENTIN (2019)

Un bus eléctrico difiere de un bus convencional diésel en su "tren de potencia", que es la forma de denominar técnicamente el conjunto de sistemas y componentes que entregan la tracción al vehículo. En este caso, el tren de potencia está compuesto por un paquete de baterías y su sistema de administración (BMS, por sus siglas en inglés), uno o más motores eléctricos, un inversor que trasmite la potencia de las baterías al motor de acuerdo con los requerimientos del conductor (a través del pedal del acelerador) y la transmisión. Un bus eléctrico también cuenta con sistemas auxiliares similares a los de un bus convencional diésel, incluyendo luces, aire acondicionado, refrigeración de las baterías y compresores para el sistema de frenos y suspensión neumática.

A manera de ejemplo, la siguiente imagen corresponde a un bus *eCitaro* de la marca Mercedes Benz[7]. En ella se puede observar la posición de las baterías en el techo y sección posterior del bus. En esta

[6] Los costos de inversión inicial de un bus eléctrico son mayores que para un bus diésel, pero los costos operacionales son menores.
[7] Ejemplo tomado de hibridosyelectricos.com

última también se encuentra el inversor, que entrega la potencia a dos motores eléctricos incorporados en el cubo de las ruedas del eje posterior.

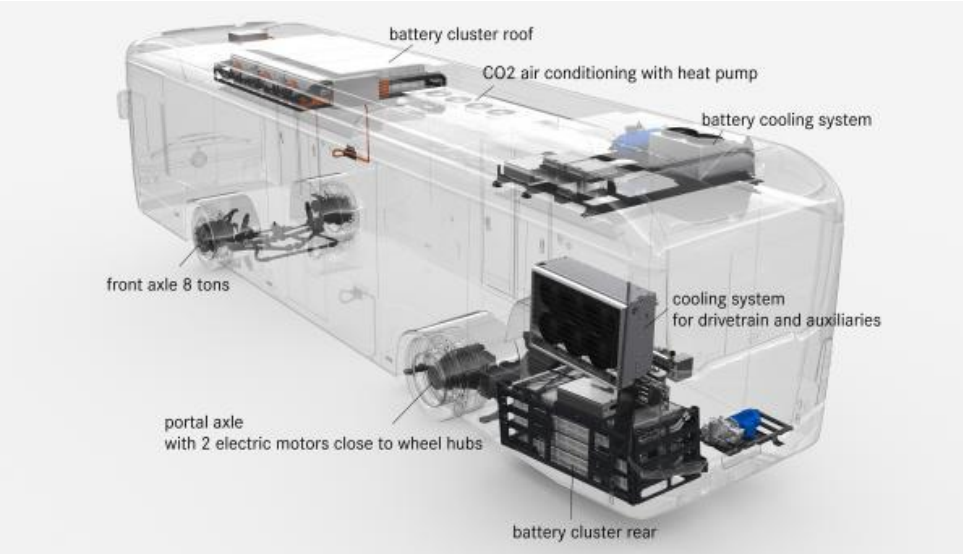


FIGURA 7: TREN DE POTENCIA DE UN BUS ELÉCTRICO.
FUENTE: IMAGEN TOMADA DE HIBRIDOSYELECTRICOS.COM

Dentro de los componentes del tren de potencia, las baterías son el componente más crítico, porque determinan las prestaciones del vehículo y tienen además una incidencia directa en su precio, pues a mayor capacidad de baterías, mayor es el costo del vehículo. De las prestaciones, la más importante es la autonomía, ya que determina la aptitud operacional de los buses. Por ejemplo, una ciudad con rutas muy largas, con alta frecuencia de buses por hora, condiciones topográficas complejas y con los depósitos (o planteles) de buses lejanos a los inicios de las rutas, demanda una gran autonomía para poder sustituir un bus diésel por un bus eléctrico. Por otro lado, al considerar rutas cortas y sin mayores exigencias topográficas, la configuración del bus en términos de capacidad de sus baterías podría ser totalmente distinta.

Actualmente, la tecnología de buses eléctricos de mayor oferta a nivel internacional considera, para un bus de 12 metros, un paquete de baterías en el rango de 270 a 360 kWh de capacidad. Este paquete se carga, comúnmente, en un lapso de dos a cuatro horas en períodos de baja demanda, principalmente de noche. Para esta tecnología, la autonomía tiene una relación directa con el consumo de energía del vehículo por kilómetro y con la capacidad de las baterías.

Para reducir el consumo de energía se puede mejorar el tren de poder, por ejemplo, optimizando los frenos regenerativos para las condiciones de conducción de una región en particular, logrando así una mayor recuperación de energía, o se puede también emplear materiales más livianos, para reducir el peso de la carrocería del bus. En Latinoamérica se ha observado que los conductores tienen un comportamiento más agresivo que en otras regiones, con aceleraciones y frenados más bruscos, lo que incide directamente en el consumo de energía, ya que, por ejemplo, un frenado brusco no da tiempo de regeneración – ya que se pasa directo al freno mecánico.

En la Figura 8, se presenta los consumos de energía, medidos en un bus eléctrico en distintas condiciones de operación (bajando y subiendo por una ruta con pendiente) y distintas condiciones de carga de pasajeros (con pasajeros equivalentes al 50% de la capacidad del bus y lleno)[8].

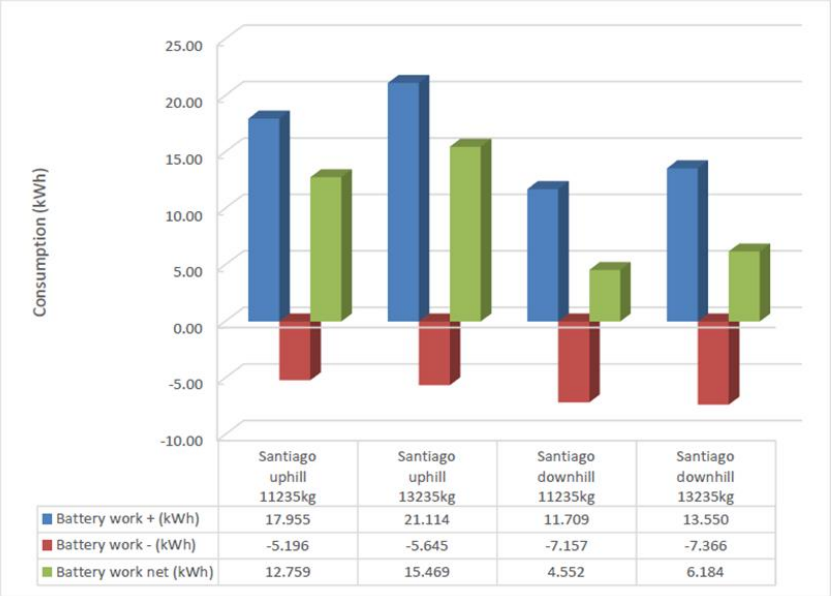


FIGURA 8: CONSUMOS DE ENERGÍA DE UN BUS ELÉCTRICO
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Las barras azules representan la energía entregada por la batería, las barras rojas el aporte de energía en el proceso de frenado, y las barras verdes el consumo total de energía en la prueba (energía entregada por las baterías menos la energía regenerada en el frenado). Se puede observar que la regeneración de energía en bajada es mayor porque hay una mayor exigencia de frenado en comparación con el bus subiendo.

La capacidad de las baterías tiene un compromiso con el número de pasajeros, dado que ambas inciden en el peso total del vehículo, por lo que se debe buscar un equilibrio que permita cumplir con la capacidad total de pasajeros y las autonomías requeridas para las rutas donde debe operar el bus, sin impactar muy fuertemente en el costo del vehículo.

Es importante tener presente que las baterías se van degradando con el uso, perdiendo progresivamente su capacidad de carga. En las baterías más comúnmente empleadas en vehículos eléctricos, las de Litio Ferro fosfato (LFP), esta degradación se puede acelerar de acuerdo con la forma en que se están usando y cargando. Si en el uso diario, la batería se somete a descargas muy profundas se va a reducir el número de ciclos de carga que puede recibir. Si en el proceso de carga la batería se somete a altas temperaturas, por ejemplo, usando centros de carga de mucha potencia para reducir el tiempo de carga, también se acelerará su degradación.

En la figura siguiente[9], se presenta la disminución de los ciclos de carga de una batería en relación con la profundidad de la descarga, para dos tipos de batería, LFP y Titanato de Litio (LTO), donde las flechas indican los estados de carga más típicas para cada una de las tres tecnologías de buses: híbrido, eléctrico de carga oportunidad y eléctrico con carga en depósito. Se puede observar que para

[8] Battery Electric Bus Dynamometer Test on Santiago Cycle, VTT, Centro Mario Molina Chile, 2017
[9] VTT, Centro de Desarrollo Tecnológico de Finlandia.

aplicaciones con una carga por la noche (señalada como *"Depot overnight charging"*), donde el bus debe operar todo el día con una sola carga, es común llegar a descargar la batería hasta un 20% de su capacidad, lo que reduce la vida de una batería LFP a menos de 4.000 ciclos de carga. Descargar habitualmente más allá de un 20% puede reducir drásticamente la vida de la batería.

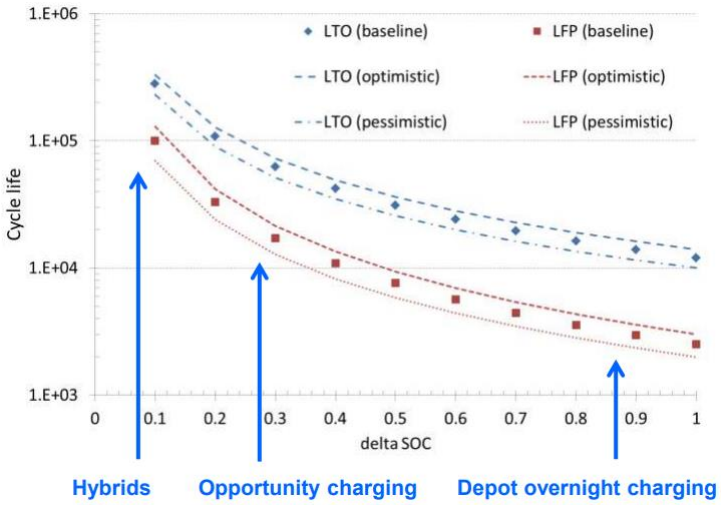


FIGURA 9: CICLOS DE CARGA Y PROFUNDIDAD DE DESCARGA BATERÍAS

Por lo tanto, los fabricantes tienen distintos productos en el mercado, que, si bien en general corresponden a una tecnología similar de baterías y demás componentes del tren de potencia, difieren mucho en aspectos claves como potencias de los motores, capacidad de baterías, capacidad de pasajeros, consumo de energía, autonomía y precio del bus. Por esta razón, se debe tener una especificación clara de las prestaciones que se esperan para una operación exitosa en la ciudad y rutas específicas donde se quiere introducir esta tecnología.

En la siguiente tabla, obtenida del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, se presenta la oferta de buses eléctricos de baterías de 12 y 9 metros presentes en el mercado de buses de Santiago a fines del año 2019, donde se puede observar la variedad de las características de estos buses, por ejemplo, en potencia del motor, capacidad de las baterías y de pasajeros.

TABLA 2: OFERTA DE BUSES ELÉCTRICOS EN SANTIAGO, CHILE A FINES DEL AÑO 2019
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Bus			Motor				
Clase	Marca	Modelo	Modelo	Tipo	Potencia (KW)	Capacidad baterías (KWh)	Capacidad pasajeros
B2	BYD	K9 FE	BYD 2912TZ-XY-A	Eléctrico	300	276.5	81
B2	YUTONG	ZK6128BEVG	YUTONG YTM280-CV9-H	Eléctrico	215	324.4	87
B2	FOTON	eBusU12QC	PRESTOLITE TM4 E	Eléctrico	350	151.55	90
A1	BYD	K7	BYD TY90A	Eléctrico	180	156.6	45
A1	FOTON	EBus U8,5 QC	BEIQI FOTON MOTOR FTTB090-FT1VT120	Eléctrico	130	129	47
B2	ZHONGTONG	LCK6122EVG	PRESTOLITE TZ488XSPE 351 WH	Eléctrico	350	351.237	88
B2	KING LONG	XMQ 6127G PLUS	KING LONG DM2800	Eléctrico	280	374.65	90

Existen distintas opciones para cargar vehículos eléctricos, principalmente divididas en corriente alterna (AC) y corriente continua (DC). Las opciones de AC permiten cargar en baja potencia, a menos de 50 KW. En estas condiciones, en un bus eléctrico de 12 metros, la carga completa puede tardar del orden de 5 o más horas. La carga en DC permite potencias de carga de 150 kW o incluso superiores, lo que lo hace más apropiado para su uso en flotas de uso intensivo, pudiendo reducir los tiempos de carga a dos horas o menos.

Es importante tener presente que la potencia de carga está limitada por el empalme eléctrico del plantel donde se guardan los buses. En la operación de buses diésel un plantel no requiere una conexión eléctrica de gran capacidad, ya que en general las demandas de potencia eléctrica no son mayores que un compresor de aire, iluminación y bombas de combustible. En el caso de San José de Costa Rica, al parecer, la mayoría de los planteles tienen un empalme común monofásico de 25 kVA, que es completamente insuficiente para cargar un bus eléctrico, salvo con fines demostrativos, ya que la carga puede tomar más de 15 horas. La recarga de un bus eléctrico en corriente directa requiere de un empalme trifásico, además de un ajuste en la capacidad de los bancos de transformadores y protecciones. El Plan Nacional de Transporte Eléctrico abre la posibilidad de brindar la infraestructura eléctrica adecuada a los planteles para recarga de buses. El reto podría estar en empresas pequeñas o rurales, con planteles muy alejados de la red trifásica y con pocos buses eléctricos para justificar una inversión en infraestructura eléctrica[10].

[10] De acuerdo con información brindada por Gerardo Guadamuz, ingeniero del Instituto Costarricense de Electricidad en agosto 17, 2020.

Respecto a los protocolos de carga, se recomienda el uso de un protocolo que permita carga en DC, ya sea CCS1 (Estados Unidos), CCS2 (Europa), GB/T (China) o CHAdeMO (Japón) siendo muy importante que se elija un solo protocolo de forma tal que permita el uso de los puntos de carga para todos los buses eléctricos operando en una misma ciudad.

Con el fin de lograr la mayor rentabilidad de la incorporación de los buses eléctricos, se debe definir una estrategia de carga que permita cumplir con la operación programada del servicio, sin que exista una degradación acelerada de las baterías ni una inversión muy grande en los sistemas de recarga. Para esto se debe definir una estrategia de carga, que debe coordinar la operación de los buses en la ruta con los períodos de carga en los planteles, maximizando la disponibilidad de los vehículos. En los países en que existen períodos del día con distintas tarifas eléctricas, como es el caso de Costa Rica, es necesario también introducir esta variable en la optimización de la estrategia de carga con el objetivo de reducir los costos.

5 Especificaciones técnicas para buses de transporte público

La adquisición de buses debe responder al desafío de mejorar el transporte público para transformarlo en una alternativa real al uso del automóvil, que ofrezca un transporte seguro, accesible, limpio y digno para sus usuarios. Desde el punto de vista estrictamente técnico de los buses, estos deben estar construidos de forma tal de ofrecer un mayor grado de confort, prestaciones operacionales compatibles con los programas de operación definidos por la autoridad, cero o bajas emisiones, tanto de contaminantes de aire como de ruido y un costo total de propiedad del vehículo que no signifique un incremento de las tarifas y que represente un servicio asequible para la población.

La práctica internacional es que estos desafíos se cumplen a través de exigencias definidas por la autoridad a través de normas técnicas, complementadas por las bases de los procesos de licitación para contratación de operadores y/o de proveedores de buses. Como referencia, la Unión Europea cuenta con normativas técnicas para buses, incluyendo los siguientes aspectos: dimensiones, pesos, asientos, cinturones de seguridad, tacógrafos digitales, emisiones y ruido. Además, existen normas que los afectan en forma indirecta, como normas de eficiencia energética, de calidad del aire y de promoción de fuentes de energía menos contaminantes.

En América Latina, países como Brasil, Colombia, Chile y Argentina cuentan también con normativas de dimensiones, equipamiento y características constructivas, así como también de emisiones, y en el caso de Santiago de Chile, de evaluación de consumo energético[11].

El cumplimiento de las normas técnicas es de responsabilidad de los fabricantes o importadores de buses y su control es dado por parte de la autoridad. Un aspecto central es la certificación del cumplimiento de las normas por parte de un modelo específico de bus que se desea comercializar. En este proceso, a través de distintos procedimientos y pruebas, la autoridad o un tercero acreditado para estos fines, evalúa el cumplimiento de la normativa por parte de una unidad correspondiente a un modelo de bus en particular. De obtenerse resultados compatibles con lo exigido por la normativa se emite un certificado de cumplimiento, el cual permite la venta de unidades correspondientes al mismo modelo del bus evaluado. Después de la venta de las unidades, el propietario debe hacerse responsable de mantener el bus en buenas condiciones mecánicas, acordes con las indicaciones del fabricante, las que se verifican periódicamente en los centros de inspección técnica.

Es importante entender la distinción de responsabilidades: el fabricante o importador del vehículo es responsable de que los vehículos que quiere comercializar estén construidos de acuerdo con las normas técnicas y el propietario es responsable de mantener el vehículo en buenas condiciones. Costa Rica no cuenta con un sistema de verificación del cumplimiento de normativas constructivas por parte de los importadores o fabricantes.

Respecto a las exigencias técnicas, en Costa Rica existe la normativa voluntaria "Tipos de Vehículos de Transporte Público Colectivo y Sus Especificaciones Técnicas Según el Sistema Unificado de Clasificación de Rutas", del año 2002. Esta normativa incorpora indicaciones de dimensiones exteriores e interiores, capacidad de pasajeros, pesos, emisiones (genérica), equipamiento mínimo y potencia del motor, este último en relación con las pendientes del tipo de rutas donde va a operar el bus.

[11] Resolución Exenta N° 2.243 de 2018 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones disponible en https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1121384

En la tabla siguiente se puede observar una comparación entre los requerimientos de la normativa voluntaria para buses de Costa Rica con los contenidos generales observados en normativas obligatorias como las de Brasil y Chile.

TABLA 3: COMPARACIÓN NORMATIVA CONSTRUCTIVA DE BUSES
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Referencia Internacional	Normativa voluntaria Costa Rica
Chasis	Sin exigencias de características constructivas
Ejes	Sin exigencias
Ruedas y Neumáticos	Sin exigencias
Sistema de tracción	Sin exigencias
Prestaciones mínimas de los vehículos	Potencia mínima y exigencia genérica de emisiones
Sistema de dirección	Sin exigencias
Maniobrabilidad	Radio de giro
Sistemas de suspensión	Sin exigencias
Sistemas de frenos	Sin exigencias
Carrocería	Sin exigencias de diseño
Capacidad y dimensiones	Alto, ancho y largo, capacidad mínima de pasajeros
Materialidad	Sin exigencias
Accesos y ventanas	Altura de pisaderas
Equipamiento y habitabilidad	Número y tipo de asientos, y disposición general de ellos, maleteros y portaequipajes
Sistemas de control de incendios	Sin exigencias

La normativa voluntaria[12] de Costa Rica considera solo algunos de los sistemas y componentes incorporados en normas de referencias, y dentro de estos se remite a unos pocos aspectos esenciales. La ausencia de requisitos sobre sistemas claves como chasis, ejes, ruedas, neumáticos, sistema de tracción, sistema de dirección, suspensión, frenos, control de incendios y aspectos importantes de la carrocería, permite la comercialización de buses que podrían tener problemas serios de confort y seguridad, pudiendo además presentar problemas de deterioro acelerado, afectando todo esto la calidad del servicio.

Estas deficiencias de la normativa voluntaria nacional también afectan la competencia leal en procesos de compra de buses, dado que buses de mejor estándar constructivo y técnico no pueden competir por precio con otros de baja calidad y equipamiento. Esto es, las tecnologías eléctricas y las asociadas al cumplimiento de normativas estrictas para vehículos diésel, como Euro VI, se presentan en un escenario desfavorable bajo la actual normativa. Por lo tanto, es necesario actualizar los requerimientos mínimos de los autobuses que operan en el país. Al momento de escribir este documento, este tema estaba siendo trabajado del proyecto MiTransporte de GIZ, asistiendo al Consejo de Transporte Público (CTP). Como parte de esta asistencia, se busca una actualizar la tipología de buses para garantizar la calidad del sistema.

La introducción de buses eléctricos abre la oportunidad de una mejora de la normativa nacional en todos los aspectos incorporados en la normativa de referencia internacional, de forma tal que los beneficios de esta nueva tecnología puedan ser percibidos por sus usuarios; junto con la incorporación de nuevos aspectos relacionados con esta tecnología y sus sistemas de carga.

[12] Tipos de vehículos de transporte público colectivo, sus especificaciones técnicas según el sistema unificado de clasificación de rutas – manual operativo. Se utiliza como referencia para la autorización del uso en transporte público (concesiones y permisos)

Es importante aclarar que las especificaciones brindadas en los Capítulos 5, 7 y 8 están basadas en las experiencias asociadas a los estudios y pilotos de buses eléctricos en Santiago de Chile desarrollados a partir del año 2016, a su posterior masificación en las flotas y planteles de tres operadores con un total de 500 buses, y a los requerimientos de las bases de licitación para la provisión de 2.000 buses actualmente en desarrollo.[13]

6 Especificaciones técnicas para buses eléctricos

Se presentan, a continuación, recomendaciones técnicas para especificar los aspectos relacionados con el tren de potencia para buses eléctricos a baterías y sus sistemas de carga, que permitan una operación exitosa en al menos el 40% de las rutas actuales de transporte púbico de San José de Costa Rica (Anexo 1: Lista de rutas analizadas).

Estas recomendaciones se basan en las exigencias incluidas en las bases técnicas para la provisión de buses eléctricos para el sistema de transporte público de Santiago de Chile, de los requisitos técnicos para buses eléctricos de la Prefectura de Sao Paulo, Brasil, y del proyecto *Sustainable Bus System* desarrollado como parte del Programa de Colaboración Técnica *"Advanced Motor Fuels"* de la Agencia Internacional de Energía[14]. Este último proyecto fue desarrollado por Centro Mario Molina Chile en colaboración con el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, la Autoridad de Transportes de Suecia TRAFIKVERKET y el Centro de Desarrollo Tecnológico de Finlandia VTT.

Estas recomendaciones corresponden a:

- Prestaciones apropiadas para operar con éxito en las condiciones particulares de las rutas de transporte público de San José.
- Requerimientos respecto de las garantías sobre componentes, sistemas y prestaciones de vehículos y sistemas de carga.
- Sistemas y prácticas de mantenimiento.
- Normativas de seguridad eléctrica.

6.1 Prestaciones apropiadas para operar con éxito en las condiciones particulares de las rutas de transporte público de San José, Costa Rica

Con base en el estudio de rutas realizado, se deben exigir vehículos que cuenten con un tren de potencia 100% eléctrico que le permita lograr una velocidad máxima de 90 km/h, a través de un limitador de velocidad configurada por defecto a 60 km/h. A plena carga, debe ser capaz de acelerar 0 a 20 km/h en 10 segundos y de 0 a 50 km/h en 30 segundos. El motor debe estar en la capacidad de alcanzar la velocidad de 40 km/h, desde un estado completamente detenido y en terreno plano, en menos de 23 segundos. Tiene que ser capaz de superar una pendiente de 20% a plena carga[15].

[13] Información extraída del informe "Diagnóstico, análisis de brechas, plan de acción y mejoramiento en la infraestructura eléctrica". Elaborado por SISERCOM para el Centro Mario Molina, 2020.
[14] https://www.iea-amf.org/content/projects/map_projects/53-1
[15] De acuerdo con información brindada por Andrea Denzinger del proyecto GIZ MiTransporte en agosto 28, 2020.

Se deberá exigir certificados de consumos de energía en kWh/km del bus bajo condiciones de prueba como "SORT 1 Heavy Urban Cycle" de la Asociación Internacional de Transporte Público (UITP) [16]..

Los certificados de los resultados de las pruebas deben explicitar las condiciones ambientales en el momento que fueron efectuadas, el estado inicial y final de carga de las baterías, el peso de prueba del vehículo y el consumo de energía medio.

El paquete de baterías deberá ser capaz de contar con una capacidad de almacenamiento (en kWh) que permita una autonomía mínima de 180 km a partir del consumo medio medido en el ciclo de conducción de buses de Santiago de Chile, descargando las baterías hasta el 20% de su capacidad nominal. El ciclo de buses de Santiago es exigente, por lo que los consumos de energía que se obtengan de él serán con probabilidad superiores a los que se observarán en el AMSJ. Por esta razón, se recomienda la exigencia de la autonomía de 180 km bajo los resultados de esta prueba.

Se debe solicitar una descripción del tren de potencia del bus con sus componentes, indicando las características principales de motores, sistemas de baterías, controlador, baterías y sistemas de gestión de las baterías.

El tren de potencia deberá incluir uno o varios motores, con sistemas de enfriamiento apropiados para la operación en zonas urbanas en las siguientes condiciones ambientales:

- Humedad relativa de 5 a 100%
- Temperatura ambiente de 5ºC a 45ºC

El bus deberá contar con advertencia térmica para evitar daños y riesgos de sobrecalentamiento de sus componentes de potencia.

Para el (los) motor(es), se debe solicitar, por lo menos, la siguiente información:

- Fabricante y Modelo
- Tipo de Motor
- Potencia nominal [kW]
- Potencia máxima [kW]
- Torque nominal [N m]

Se debe exigir que el motor tenga una potencia mínima nominal de 180 kW y una potencia pico mínima de 250 kW.

El vehículo deberá contar con un conjunto de baterías que permitan las prestaciones indicadas anteriormente y deben ser compatibles con los sistemas de recarga ofertados, debiendo ser capaz de soportar las corrientes, voltajes y temperaturas en distintos eventos de carga. El sistema de baterías debe contar con un sistema de gestión térmica que asegure que las baterías no excedan el intervalo de temperatura recomendado por su fabricante en condiciones de temperatura ambiente máximas de 40ºC por un período de 8 horas.

Respecto a las baterías, se debe exigir la siguiente información:

- Fabricante y Modelo
- Capacidad [kWh]
- Peso total [kg]
- Composición
- Voltaje nominal por celda [V]
- Voltaje nominal sistema de baterías [V]
- Capacidad máxima por celda [Ah]
- Capacidad máxima del sistema de baterías [Ah]
- Corriente de descarga máxima [A]
- Autonomía [km/carga] de acuerdo con los sistemas de recarga ofertados

[16] Si se desarrolla y valida un ciclo de conducción de buses representativo de la ciudad de San José Costa Rica, se debería utilizar para certificar los consumos de energía bajo las condiciones específicas de la ciudad.

Respecto al sistema de monitoreo y diagnóstico del vehículo y su paquete de baterías, este sistema debe considerar al menos los siguientes componentes:

- Toma de datos en el vehículo,
- Transmisión de datos
- Plataforma de procesamiento de datos y respaldo
- Despliegue de la información

Unido al punto anterior, se debe exigir como mínimo la siguiente información:

- Voltaje [V] y corriente [A] de cada paquete de baterías (frecuencia de muestreo 2Hz)
- Voltaje [V] y corriente [A] del (los) motor (es) (frecuencia de muestreo 2Hz)
- Voltaje [V] y corriente [A] de los accesorios eléctricos: compresor AA, servodirección, compresor de aire (frecuencia de muestreo 2Hz)
- Temperatura [ºC] de cada paquete de baterías (frecuencia de muestreo 0.5Hz)
- Estado de carga del paquete de baterías (SOC) [%] (frecuencia de muestreo 0.5HZ)

Se recomienda que el propietario del bus tenga acceso permanente a esta información.

7 Especificaciones técnicas para la infraestructura de carga

Estas recomendaciones técnicas están basadas en las experiencias asociadas a los estudios y pilotos de buses eléctricos en Santiago de Chile desarrollados a partir del año 2016, a su posterior masificación en las flotas y planteles de tres operadores con un total de 500 buses, y a los requerimientos de las bases de licitación para la provisión de 2.000 buses actualmente en desarrollo.[17]

7.1 Los sistemas de recarga de vehículos eléctricos en Costa Rica.

En general, para el escalamiento de la movilidad eléctrica en todos los modos, es necesario que la ciudad posea una red eléctrica robusta y una potencia instalada suficiente que ofrezca la oportuna carga de los vehículos, permitiendo así, en el caso de los buses del transporte público, aumentar los kilómetros comerciales y desarrollar un modelo de negocios atractivo para los operadores y para el sistema en general.

De acuerdo con el Balance Energético Nacional de Costa Rica, para el año 2018, el transporte terrestre consumió 81,953 Tera Joules, lo cual representa un 46.3% del consumo final de energía en el país – el cual está abastecido, casi en su totalidad, por combustibles fósiles importados. No obstante, de acuerdo con el Informe Anual de Generación y Demanda, elaborado por el Instituto Costarricense de Electricidad, para ese mismo año, Costa Rica produjo el 98.6% de electricidad basada en fuentes renovables (73.5% hidroeléctrica, 15.8% eólica, 8.5% geotérmica, 0.7% biomasa y 0.1% solar fotovoltaica). Entre los años 2015 y 2019, la generación eléctrica tuvo un promedio de 98.9% basado en fuentes renovables. Por este motivo, el Plan Nacional de Descarbonización y el Plan Nacional de Transporte Eléctrico, han definido metas graduales de electrificación del transporte, como una medida ambiciosa para mitigar la dependencia actual del petróleo y sus derivados.

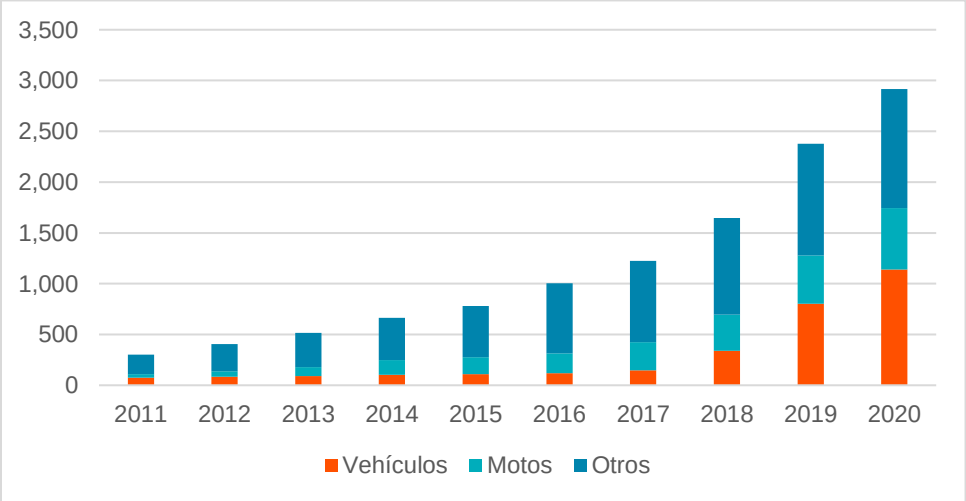


FIGURA 10: CRECIMIENTO DE LA FLOTA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN COSTA RICA ENTRE 2011 Y 2020
FUENTE: DIRECCIÓN DE ENERGÍA, MINAE [18, 19]

[17] Información extraída del informe "Diagnóstico, análisis de brechas, plan de acción y mejoramiento en la infraestructura eléctrica". Elaborado por SISERCOM para el Centro Mario Molina, 2020.
[18] Información extraída de "Lista actualizada del crecimiento de la flota Costarricense de Vehículos Eléctricos". Elaborada por la Dirección de Energía de MINAE. Disponible en: https://web.energia.go.cr/2020/06/09/movilidad-electrica-costa-rica/ Fecha de visita: 3/8/2020
[19] En la Figura 8: "Vehículos", incluye automóviles de uso diario con placa, "Motos" incluye Motos y Bicimotos con placa y "Otros", incluye carros de golf, cuadraciclos, montacargas, carros de trabajo, todos con placa.

Con relación a los vehículos eléctricos, de acuerdo con la Dirección de Energía de Costa Rica, en 2019 y en lo que va de 2020 (enero a julio 2020) se registraron 801 y 1,140 vehículos eléctricos, respectivamente – tal como se muestra en la figura 8. En el caso de buses eléctricos, en julio 2020, el país cuenta 2 unidades en operación, un bus eléctrico que pertenece a la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), así como otro bus eléctrico de demostración temporal.

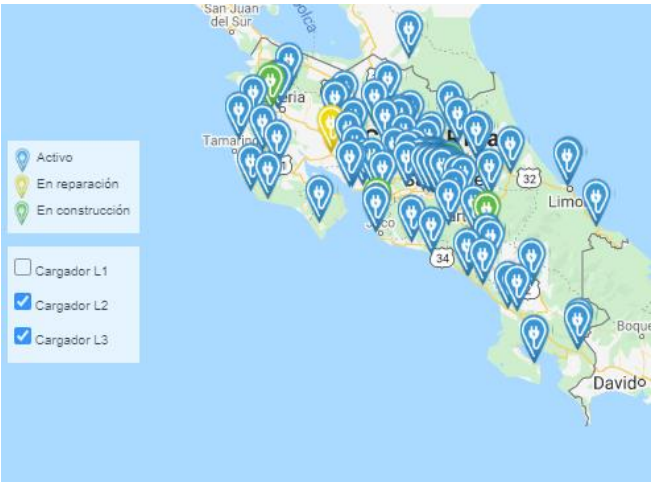


FIGURA 11. MAPA DE CENTROS DE RECARGA PÚBLICA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS LIVIANOS
FUENTE: CONECTAEV.COM

En el caso de infraestructura de carga pública de vehículos eléctricos livianos, Costa Rica cuenta con más de 130[20] unidades. Entre los conectores de las estaciones, un 63% corresponden al Tipo 1 (SAE J772), luego en menor cantidad se encuentran centros de carga NEMA 5-15 (US Plug), Tipo I (AU, NZ, CN Plug), y CCS. De acuerdo con INTECO[21], el país ha adoptado la normativa de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) para carga conductiva de vehículos eléctricos (IEC 61851) y para conectores (IEC 62196), también conocida como combo o CCS.

Con relación a la infraestructura eléctrica actual de los planteles de buses de combustión interna, y tal como se mencionó en apartados anteriores, la mayoría de los planteles de buses cuentan con redes de baja tensión, con sistema monofásico. Bajo este escenario, se debería realizar un mejoramiento del sistema, en términos de proveer de energía trifásica en los planteles, para que la electrificación de flotas de buses sea viable.

Para la construcción y funcionamiento de los centros de recarga para vehículos livianos, en julio del año 2019 se publicó el Decreto 41642 del MINAE, donde se definen los criterios para la construcción y funcionamiento de la red de centros de recarga para automóviles eléctricos, de forma tal que puedan operar en todo el territorio nacional. Este Decreto 41642, también tiene consideraciones para el funcionamiento de una plataforma informática única para la gestión operativa y de cobro de la red.

Con relación a las tarifas eléctricas, ARESEP ha propuesto una tarifa para los centros de carga de buses eléctricos (T-BE), fijándola en 60,25 colones por kWh (10.3 centavos USD por KWh)[22]. En el caso de la red nacional de los centros de carga rápida para vehículos livianos, la autoridad reguladora ya ha definido una tarifa única de 182,72 colones por kWh (31.7 centavos USD por KWh)[23].

---

[20] https://www.electromaps.com/puntos-de-recarga/costa-rica
[21] https://www.inteco.org/en_US/shop?search=veh%C3%ADculos+el%C3%A9ctricos
[22] Está en consulta.
[23] Resolución RE-0056-IE-2019.

7.2 Requisitos para sistemas de carga incluyendo protocolos que permitan la interoperabilidad y comunicación.

El sistema de distribución eléctrica en baja tensión de Costa Rica está definido por la norma técnica "Supervisión de la calidad del suministro eléctrico en baja y media tensión" (AR-NT-SUCAL) y su modificación en la RESOLUCIÓN RJD-205-2015. Los centros de carga para los buses deberán ser compatibles las normativas ICE 61851 y IEC 62196 mencionadas anteriormente, y deberán cumplir con las normativas de instalaciones eléctricas, para su instalación según las referencias suministradas a continuación. y acorde a dicha norma, sus modificaciones vigentes y cualquier exigencia de la autoridad de aplicación local:

- IEC 60068 referida a comportamiento de sistemas eléctricos en distintas condiciones ambientales
- IEC 60309 referida a seguridad de enchufes eléctricos de tipo industrial
- IEC 60364 referida a seguridad de instalaciones eléctricas de bajo voltaje
- IEC 60664 referida a seguridad de contenedores de equipos eléctricos
- IEC 60898 relativa a protección contra sobrecargas y cortocircuitos

El cargador deberá ser capaz de entregar el perfil óptimo de carga de la batería, según lo especificado por el fabricante, y llevar la batería del bus a un estado de carga completo desde el mínimo estado de carga recomendado por el fabricante, incluido un tiempo de enfriamiento necesario según lo especificado por el fabricante de la batería.

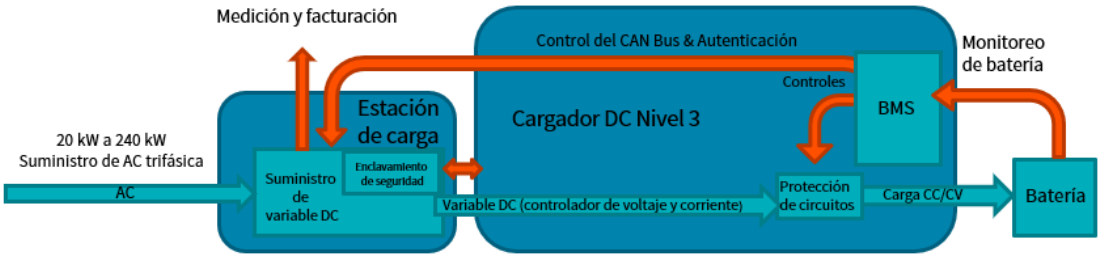


FIGURA 12: ESQUEMA DE RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO, NIVEL 3
FUENTE: BASADO EN ESQUEMA PRESENTADO EN WWW.MPOWERUK.COM/INFRASTRUCTURE.HTM

El cargador deberá estar configurado para aplicar automáticamente un protocolo de carga apropiado para el estado de carga de la batería, de conformidad con las prácticas recomendadas por el fabricante. El cargador deberá estar configurado para iniciar y sostener la carga de la batería en cualquier estado de carga, y deberá configurarse para que finalice automáticamente la carga al alcanzar un estado de carga completo o en caso de condiciones peligrosas o anómalas. También, deberán estar configurados para interconectar con los sistemas de gestión de las baterías de a bordo y sistemas de bloqueo.

El cable de conexión deberá cumplir con la norma IEC 62196-2[24] y deberá estar incorporado al cargador. La longitud de dicho cable, es decir, entre el cargador y el punto de conexión para carga del autobús, deberá ser de al menos 4 (cuatro) metros de longitud. Esta es la normativa vigente para conectores en el país, pero la autoridad podría requerir más adelante otras normativas internacionales para este mismo fin.

Se debe exigir un sistema de comunicación entre el bus y el sistema de carga, certificado bajo el protocolo OPCC 1.6 que tiene la ventaja de ser abierto y de uso muy extendido internacionalmente. Esto permite un protocolo común de administración y registro del proceso de carga entre el vehículo, el cargador y el sistema de administración de una red de centros de carga, facilitando la interoperabilidad de vehículos, centros de carga y proveedores de energía.

Se debe contar además un sistema de administración de la carga que considere los siguientes componentes:

- Toma de datos en el centro de carga. Corresponde al registro de toda la data de un evento de carga, incluyendo al menos fecha, hora, identificación del vehículo y cargador, el estado inicial de carga del pack de baterías, la energía transferida, el estado de carga al terminar el proceso. También debe capturarse la data del estado del cargador, permitiendo el registro de eventos tales como errores en la operación del cargador.
- Transmisión de datos. El sistema de administración de la data debe contar con un sistema de comunicación con los centros de carga disponibles en el plantel de buses, que permita la transmisión de la data de los eventos de carga y eventos asociados a la operación y estado del cargador.
- Plataforma de procesamiento de datos, almacenamiento y respaldo. La plataforma debe almacenar y procesar la data recabada de los centros de carga, permitiendo el monitoreo del proceso de carga de los buses con el fin de una optimización de los procesos de carga con el fin de maximizar el uso de centros de carga y la disponibilidad de los buses. La plataforma debe además facilitar la gestión de los centros de carga, incluyendo el monitoreo de su condición operacional incluyendo la administración de eventos de fallas.
- Despliegue de la información. El sistema debe contar con una interfaz de despliegue de la información para una gestión de la operación de los centros de carga y del proceso de carga de los vehículos.
- Seguridad y privacidad de los datos. El sistema debe contar con soluciones de respaldo de la data y con protocolos de seguridad de protección en la transmisión y almacenamiento.

Con relación a la interoperabilidad entre los sistemas de carga, tanto a nivel de comunicación, modo de carga y estándar de norma utilizado, permite la universalidad de la infraestructura para poder conectar los buses en cualquier plantel y asegurar el proceso de carga según las necesidades operacionales. En el escalamiento de la movilidad eléctrica, la falta de interoperabilidad significaría tener un plantel para cada una de las tecnologías, incrementando el costo del sistema y provocando poca flexibilidad a nivel operacional al no poder mover los buses de lugar según las definiciones de transporte necesarias.

[24] Norma IEC 62196-2, Bases, clavijas, conectores de vehículo y entradas de vehículo. Carga conductiva de vehículos eléctricos. Parte 3: Compatibilidad dimensional y requisitos de intercambiabilidad para acopladores de vehículo de espigas y alvéolos en d.c y corriente a.c/d.c.

7.3 Consideraciones constructivas para la infraestructura de carga

La construcción de un plantel para buses eléctricos debe tener ciertos parámetros y especificaciones en función de la instalación de la infraestructura de recarga y las demás estructuras que forman parte de sula marcha operacional. Deben establecerse, así mismo, de la misma; se deben establecer los enfoques y directrices básicas para la generación de un sistema adecuado, dimensionado y seguro.

FIGURA 13: PLANTEL DE BUSES ELÉCTRICOS EMPRESA VULE, SANTIAGO DE CHILE
CRÉDITO: CENTRO MARIO MOLINA, 2019

Es por lo anterior que se deben considerar los siguientes componentes en el desarrollo de un proyecto de plantel para buses eléctricos:

7.3.1 Consideraciones constructivas de los centros de carga:

- Construir una base de hormigón para el lugar de instalación de los centros de carga para su fijación, la cual debe tener mayor área que la del cargador.
- La ubicación de la base no puede estar emplazada en niveles inferiores del terreno para evitar posibles inundaciones.
- La base de hormigón debe tener por lo menos un espesor de 15 cm sobre el nivel de tierra.
- Para garantizar que el sistema de enfriamiento funcione sin inconvenientes, no deben existir obstrucciones a 1 m alrededor del cargador.
- Debe existir un dimensionamiento correcto de las cámaras de distribución e incluir drenajes ante posibles lluvias e inundaciones.

7.3.2 Consideraciones constructivas de plantel de buses eléctricos:

- Sala eléctrica, donde se ubicarán exclusivamente los tableros eléctricos.
- Sala de monitoreo, donde se registrará el control de equipos en el proceso de carga.
- Cubierta en los techos de los centros de carga con características para la protección de lluvia y de exposición directa al sol. directo.
- Un sistema contra incendio especial para las salas y los componentes eléctricos (polvo seco).
- Debe existir un dimensionamiento correcto de las cámaras de distribución e incluir drenajes ante posibles lluvias e inundaciones.
- Contar con los planos de los transformadores y los grupos electrógenos para que se realice el correcto dimensionamiento de las losas que soportarán estos equipos. Sobre estas losas se debe considerar, al igual que en los centros de carga, una altura de 15 cm sobre el nivel de tierra.
- Se debe contar con un plano con detalles de banco de ductos, trincheras, bases para centros de carga y losas de grupos electrógenos.

FIGURA 14: INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA, PLANTEL DE BUSES VULE, SANTIAGO DE CHILE
CRÉDITO: CENTRO MARIO MOLINA, 2019

7.4 Sistemas y prácticas de mantenimiento avanzadas, incluyendo manutención predictiva 25

El centro de recarga, como uno de los principales objetos operacionales, debe contar con la disponibilidad de mano de obra calificada para el mantenimiento, teniendo a disposición el sustento de acciones pertinentes para que su función sea la garantizada.

Para lo anterior, se deben realizar revisiones periódicas que permitan determinar la existencia de fallas que puedan provocar accidentes o un malfuncionamiento que implique una pérdida económica para el operador o al sistema. Las siguientes consideraciones, deben ser realizadas por personal calificado según lo dispuesto en el Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y la Propiedad (Nº 38440-MEIC):

7.4.1 Instrucción de Limpieza de Filtro Cargador

Basado en el grado de contaminación ambiental (resuspensión de polvo), se deben realizar limpiezas periódicas del polvo acumulado dentro del centro de carga, evitando la degradación del rendimiento del aislamiento interno. Se recomienda limpiar el interior del cargador una vez al mes y con el pasar del tiempo se recomienda limpiar una vez cada dos semanas para garantizar que el cargador pueda enfriarse eficazmente.

Para la limpieza se debe remover el conector de los ventiladores, para así poder realizar la operación segura procurando no tocar los módulos de carga interior. El procedimiento se puede llevar a cabo con un compresor de aire o aspirador, limpiando la parte externa del centro de carga, la malla de filtro de

[25] Información extraída del informe "Diagnóstico, análisis de brechas, plan de acción y mejoramiento en la infraestructura eléctrica", elaborado por SISERCOM para el Centro Mario Molina, 2020.

aire, los dispositivos internos, el punto de conexión entre los cables y los lugares que sean fáciles de acumular polvo. Es necesario verificar regularmente si el ventilador se para o se bloquea.

7.4.2 Componentes Eléctricos.

Se deben revisar regularmente las piezas eléctricas para observar si existen daños o signos de quemaduras, además realizar mediciones de voltaje, para determinar si se encuentran dentro de los parámetros normales. Las conexiones eléctricas se tienen que estar reapretando con periodicidad y se debe procurar que la alimentación de corriente alterna y puesta a tierra estén en buen estado[26]. También, se debe revisar que no exista humedad en el interior del cargador y no presente signos de oxidación.

Una vez al mes se debería presionar el botón de prueba del cargador para determinar si presenta un funcionamiento normal, de existir problemas se debería informar de inmediato al mantenedor del sistema.

Finalmente, el cable de la pistola de carga se debe revisar constantemente para asegurarse que no se encuentre quebrado o presente averías.

TABLA 4: FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO
Fuente: SISERCOM

Ítem	Mensual	Trimestral	Semestral	Procedimiento
Ventilador	✓			Limpiar
Filtro de polvo algodón			✓	Cambio
Conector de carga	✓			Verificar
Módulo de comunicación	✓			Verificar
Verificación de pantalla	✓			Verificar
Verificación línea secundaria		✓		Ajustar
Protección de botón de fuga	✓			Verificar
Verificación función de parada de emergencia	✓			Prueba
Inspección de polvo panel de control	✓			Verificar y limpiar

7.5 Seguridad eléctrica

Todo el personal encargado del proceso de carga debe contar con los elementos de protección personal (EPP), los que están diseñados para proteger la integridad física del operario. Uno de los ejes

[26] Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y la Propiedad (Nº 38440-MEIC). Disponible en: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=77291&nValor3=96805&strTipM=TC

primordiales para el funcionamiento de un electro terminal es contar con normas de seguridad, la cuales deben establecer procedimientos conocidos por los operarios. [27]

A continuación, se describen las condiciones de seguridad que debe contemplarse para el usuario y para la operación de carga, considerándose el uso de elementos de protección personal:

- Calzado Dieléctricos.
- Guantes Dieléctricos.
- Implementación de pértiga de salvamento.
- No usar anillos, cadenas, reloj, aros, bolsillos sin accesorios metálicos por el riesgo de "Arco Eléctrico".

7.5.1 Medidas de protección contra riesgos eléctricos en las instalaciones de centros de carga y en el funcionamiento de planteles de buses eléctricos

Con el fin de proteger a las personas y a los equipos instalados, el cargador eléctrico debe contener, según lo especifique la normativa, los siguientes componentes:

7.5.1.1 Protección Termo magnética

La norma UNE 20460, 05 indica que constituye un riesgo instalar un seccionamiento sin tensión del conductor neutro. Si este seccionamiento queda garantizado a través de una función de corte omnipolar, que se realiza al mismo tiempo el seccionamiento de las fases y el neutro, entonces aumenta la seguridad de las intervenciones sin tensión. Es por tanto necesario garantizar el seccionamiento con un interruptor automático tetrapolar que permita realizar el corte omnipolar. Es importante realizar una correcta selección de una protección tal que contemple el seccionamiento del conductor neutro.

7.5.1.2 Protección diferencial

La protección diferencial es un dispositivo electromecánico presente en las instalaciones eléctricas de corriente alterna, cuyo fin es proteger a las personas de accidentes provocados por el contacto con partes activas de la instalación (contacto directo) o con elementos sometidos a potencial debido, por ejemplo, a una derivación por falta de aislamiento de partes activas de la instalación (contacto indirecto).

Por este motivo se admite el empleo de los diferenciales con funcionamiento instantáneo frente a una corriente de fuga inferior 30mA, lo cual evita situaciones de riesgos. Efectuando una aproximación más general, en ocasiones también se emplea el set frente a una corriente de fuga a tierra de 300 mA, ya que, superpuesta a la corriente de carga normal del cable, puede efectivamente generar una sobre intensidad suficiente para que el aislante en el punto donde se produce la fuga se caliente.

Además de lo anteriormente descrito, existen categorías de las protecciones diferenciales, las cuales son específicas a los espectros de corrientes. Entre estos tenemos:

- Clase AC, para las corrientes alternas sinodales.
- Clase A, para las corrientes alternas sinodales, las continuas pulsantes, o continuas pulsantes con una componente continua, con o sin control del ángulo de fase que estén aplicadas bruscamente o que aumenten lentamente.

[27] Información extraída del informe "Diagnóstico, análisis de brechas, plan de acción y mejoramiento en la infraestructura eléctrica", elaborado por SISERCOM para el Centro Mario Molina, 2020.

- Clase B, para las mismas corrientes que la clase A. Además, para las procedentes de rectificadores de simple alternancia con una carga capacitiva que produce una corriente continua alisada y trifásicos de alternancia simple o doble.

Se debe realizar la selección de las protecciones basado en la determinación del modo de carga y la estructura interna de protecciones del cargador.

7.5.1.3 Supresor de transientes y relé de sobre voltajes

Los supresores de picos o transientes, conocidos también como supresor de picos de voltaje, son requeridos en instalaciones donde se utiliza un equipo electrónico sensible (crítico). Los transientes pueden presentarse de manera repetida como picos debido a la conmutación de voltaje, *switcheo* o conmutación de cargas inductivas, también de manera aleatoria tales como las descargas atmosféricas (rayos) o los provenientes de la red de alimentación.
Un relé de sobre voltaje opera cuando el voltaje entregado a una carga o equipo conectado a la salida de un circuito excede un valor predeterminado. El relé de sobre voltaje se conecta al transformador o al equipo que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro, el cual está calibrado para operar al mismo nivel o superior del voltaje preestablecido. Cuando el relé está encendido, uno o múltiples contactos viajan o abren un interruptor.

En los planteles se deben tener las siguientes consideraciones (extractos directos del Pliego Técnico Normativo RIC N°15: infraestructura para recarga de vehículos eléctricos)

- Los dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias deben ser instalados en la proximidad del origen de la instalación o en el tablero general, lo más cerca posible del origen de la instalación eléctrica. Según cuál sea la distancia entre la estación de recarga y el dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias situado aguas arriba, puede ser necesario proyectar la instalación con un dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias adicional junto a la estación de recarga. En este caso, los dos dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias deberán estar coordinados entre sí.
- Con el fin de optimizar la continuidad de servicio en caso de destrucción del dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias a causa de una descarga de rayo de intensidad superior a la máxima prevista, cuando el dispositivo de protección contra sobretensiones no lleve incorporada su propia protección, se debe instalar el dispositivo de protección recomendado por el fabricante, aguas arriba del dispositivo de protección contra sobretensiones, con objeto de mantener la continuidad de todo el sistema, evitando así el disparo del interruptor general.

7.5.1.4 Sistema de puesta a tierra

Respecto a la protección contra contactos indirectos, la normativa IEC 6036428 considera tres tipos de conexiones a tierra: esquema TT (Tierra-Tierra), el sistema TN (Tierra-Neutro) y IT (tierra aislada). En los casos de movilidad eléctrica depende primordialmente de las exigencias de los fabricantes para con sus centros de carga, pero en un gran porcentaje de los casos, se opta por la instalación de sistema del tipo TN, en sus dos variantes TN-C y TN-S.

La selección del régimen conexión de tierra dependerá la forma en la que son conectadas los distintos dispositivos de protección. En el caso que se opte por un esquema de conexión a tierra (muchos fabricantes sugieren la conexión TN-S neutro y tierra referenciados a un punto en común) lo recomendable es que las secciones del conductor de tierra de cada circuito de fuerza se igualen a la sección del neutro, en consecuencia, que posea la misma sección del conductor de tierra y además el neutro está dimensionado para soportar corrientes de componentes armónicas.

Para el dimensionamiento de los conductores de tierra de protección y tierra de servicio que conectan las barras de neutro y tierra de cada tablero general con la malla de tierra, se considera como valor de cálculo la máxima corriente de cortocircuito que podrá circular en baja tensión.

7.5.1.5 Consideraciones:

- La instalación de puesta a tierra se debe realizar de forma tal que la máxima resistencia de puesta a tierra a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24V en lugares húmedos o mojados o 50V en lugares secos, en las partes metálicas accesibles de la instalación (estaciones de recarga, tableros metálicos, etc.). Cada poste de recarga dispondrá de un borne de puesta a tierra, conectado al circuito general de puesta a tierra de la instalación. El valor resultante de la puesta a tierra de servicio no debe superar los 20 Ohm.
- Con objeto de permitir la protección contra contactos indirectos mediante el uso de dispositivos de protección diferencial en los casos especiales en los que la instalación esté alimentada por un esquema TN, solamente se utilizará en la forma TN-S. En el caso de potencias mayores a 150kW se permitirá el esquema TN-C.

[28] Instalaciones Eléctricas para Edificaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional.

8 Garantías de vehículos y sistemas de carga

8.1 Requerimientos respecto a las garantías sobre componentes, sistemas y prestaciones de vehículos y sistemas de carga.

Se deben exigir garantías sobre la degradación de las baterías, debiendo estar garantizado una pérdida máxima de la capacidad de carga de las baterías de un 25% durante los primeros 7 años de operación. De constatarse una pérdida mayor al 25% antes de este periodo, el proveedor del bus debe reemplazar el paquete de baterías a su costo.

Todos los componentes del tren de potencia deben estar garantizados contra cualquier tipo de desperfecto de fabricación por un período de al menos tres años. En el caso de las baterías, aparte de la garantía sobre la degradación de su capacidad de carga, también se debe garantizar que estarán libres de desperfectos por 7 años. El proveedor del bus debe hacerse responsable de la disposición o reutilización de las baterías.

Por otro lado, todos los centros de carga deberán estar garantizados por 24 meses luego de la puesta en marcha o 36 meses luego de la entrega del equipo, lo que ocurra primero. El equipo deberá tener una vida útil de 10 años y de acuerdo con el estudio de fallas histórico del modelo de cargador presentado se deberán disponer de los repuestos básicos que se desprendan de dicho análisis para poder asegurar la misma.

8.2 Sistemas y prácticas de mantenimiento avanzadas, incluyendo manutención predictiva a partir de *big data* obtenida de la telemetría del bus.

Se debe exigir al proveedor del bus un plan de mantenimiento preventivo/predictivo contemplando 10 años de funcionamiento del vehículo con su listado de repuestos asociado a cada intervención de mantenimiento planificada. El oferente deberá aportar el tipo y cantidad de piezas de desgaste y/o recambio, conforme el grado de uso de cada unidad, para un período de dos años.

Se debe contar también con un protocolo claro para la operación de buses y para el proceso de carga de éstos, donde esté presente el componente de la seguridad de la vida y del ambiente físico frente a una nueva tecnología. Además, elaborar un plan de entrenamiento para conductores y mecánicos que estarán a cargo de la operación, para esto es necesario desarrollar las capacidades técnicas en Costa Rica.

8.3 Normativas de seguridad eléctrica.

El paquete de baterías debe estar certificado bajo la normativa GB/T 31467, o GB/T 31485 u otra equivalente; mientras que, el vehículo debe estar certificado bajo la normativa JT/T 1026 u otra equivalente. Los centros de carga deberán contar con una “parada de emergencia” en formato golpe de puño, debidamente identificado para accionamiento rápido ante una emergencia.

El equipo de carga deberá cumplir con la norma IEC 61851 e IEC 62196 en las partes correspondientes, como así también las distintas normativas incluidas dentro de ambas normas. Se deberá cumplir también con la normativa local vigente que exija requisitos superiores a los exigidos por las normas internacionales mencionadas.

9 Comentarios y conclusiones

El despliegue de la movilidad eléctrica en el transporte público en el Área Metropolitana de San José, Costa Rica, puede contribuir significativamente a un servicio de mejor calidad para sus usuarios y en una reducción definitiva de sus impactos en la calidad de aire y en la salud de las personas. Gracias a que el país dispone de una matriz de generación con energías renovables, la electrificación de los buses permitirá mitigar significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero, en cumplimiento con el Plan Nacional de Descarbonización.

Desde el punto de vista económico, la electrificación de los buses de transporte público permitirá una reducción de los costos totales del sistema, gracias a la mayor eficiencia energética de esta tecnología en comparación con los buses diésel, lo que permite un menor costo de operación por kilómetro. También se reducirán sustantivamente los costos de mantenimiento. Todos estos beneficios permiten compensar el incremento de la inversión inicial en un bus eléctrico respecto de uno convencional, facilitando la sostenibilidad financiera del sistema en el largo plazo.

Para lograr los resultados positivos mencionados, es necesario establecer condiciones técnicas que permitan que los buses que se adquieran cuenten con un estándar adecuado de confort y equipamiento, que tengan prestaciones acordes a los requisitos que impone la operación en las rutas en el Área Metropolitana de San José, que las soluciones de recarga permitan la interoperabilidad entre todos los buses eléctricos y la infraestructura de carga asociada, que los centros de carga permitan una operación eficiente, y que todo el sistema de transporte cuente con normativas y prácticas que aseguren la mayor seguridad y confiabilidad del servicio.

Junto con lo anterior, deben existir garantías sobre las prestaciones operacionales y deterioro de componentes principales del sistema, como las baterías y centros de carga, asegurando que las prestaciones de los distintos equipos se mantengan dentro de rangos que les permitan operar eficientemente por al menos diez años, que es un período donde la movilidad eléctrica va a permitir ahorros económicos significativos respecto a un sistema de buses con tecnología de combustión.

Este informe presenta las condiciones técnicas para el éxito de esta transformación, obtenidas del proceso de despliegue de la movilidad eléctrica ya observado en otras ciudades, como es el caso de Santiago de Chile.

10 Referencias

- Annex 53-1Sustainable Bus System "Advanced Motor Fuels" de la Agencia Internacional de Energía. Disponible en: https://www.iea-amf.org/content/projects/map_projects/53-1
- Balance Energética Nacional 2018, Secretaría de Planificación del Subsector Energía, 2019. Disponible en: https://sepse.go.cr/documentos/Balance_Energetico_2018.xlsx
- Battery Electric Bus Dynamometer Test on Santiago Cycle, VTT, Centro Mario Molina Chile, 2017
- Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y la Propiedad (Nº 38440-MEIC). Disponible en: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=72027&nValor3=96807&strTipM=TC
- Diagnóstico, análisis de brechas, plan de acción y mejoramiento en la infraestructura eléctrica. Elaborado por SISERCOM para el Centro Mario Molina, 2020.
- Estudio para conocer la percepción sobre el transporte público en San José, Costa Rica. Mi Transporte Costa Rica. GIZ. Centro para la Sostenibilidad Urbana, 2018. Disponible en https://issuu.com/a-01net/docs/a01_giz_informe_final_web
- Informe Anual de Generación y Demanda 2018, Instituto Costarricense de Electricidad, 2019. Disponible en: https://apps.grupoice.com/CenceWeb/documentos/3/3008/11/BOLET%C3%83?N%20ANUAL%202018.pdf
- Norma IEC 60364, Instalaciones Eléctricas para Edificaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional.
- Norma IEC 62196-2, Bases, clavijas, conectores de vehículo y entradas de vehículo. Carga conductiva de vehículos eléctricos. Parte 3: Compatibilidad dimensional y requisitos de intercambiabilidad para acopladores de vehículo de espigas y alvéolos en d.c y corriente a.c/d.c. Disponible en: https://www.inteco.org/en_US/shop/product/inte-iec-62196-3-2017-bases-clavijas-conectores-de-vehiculo-y-entradas-de-vehiculo-carga-conductiva-de-vehiculos-electricos-parte-3-compatibilidad-dimensional-y-requisitos-de-intercambiabilidad-para-acopladores-de-vehiculo-de-espigas-y-alveolos-en-d-c-y-corriente-a-c-d-c-5?search=veh%C3%ADculos+el%C3%A9ctricos
- Plan de Nacional de Descarbonización, Gobierno de Costa Rica, 2019. Disponible en https://minae.go.cr/images/pdf/Plan-de-Descarbonizacion-1.pdf
- Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030, 2018. Disponible en https://sepse.go.cr/documentos/PlanTranspElect.pdf
- Portal de datos abiertos MOPT. Disponible en http://mopt.opendata.junar.com/home
- Resolución RE-0056-IE-2019. FIJACIÓN DE OFICIO DE LA TARIFA APLICABLE EN LOS CENTROS DE RECARGA RÁPIDA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS: Disponible en : http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=89413&nValor3=117351&strTipM=TC

11 Anexo 1: Lista de rutas analizadas

1	02A. Sabana - Cementerio Sentido Anti-Horario	37	400C. San José - Santa Cecilia por la Uruca	73	70-13. San José - Aserrí - Barrio Corazón de Jesús
2	03. San José - Barrio Cuba	38	400D. San José - Santa Cecilia por Pista	74	70-14. San José - Aserrí - Barrio María Auxiliadora
3	10A. San José - La Uruca - La Peregrina	39	400H. San José -La Aurora por Pista	75	70-15. San José - Lomas
4	10C. San José - La Uruca - León XIII	40	400I. San José -La Lilliana	76	70-1. San José - Desamparados - San Rafael
5	10D. San José - Hospital Mexico por Uruca	41	400 A. San José - Heredia por Tibás	77	70-2. San José - Desamparados - Monte Claro
6	10E. San José - Parque de Diversiones	42	40B. San José - Moravia - La Isla	78	70-5. San José - Desamparados - Porvenir
7	10F. San José - Urb. Rositer Carballo por Pista	43	40A. San José - Moravia - San Rafael - San Blas - Jardín	79	70-7. San José - Desamparados - Porvenir - Dos Cercas
8	10G. San José - La Carpio por Uruca	44	40D. San José - Moravia - Los Sitios - Urb. André Challé	80	70-9. San José - Desamparados - San Miguel - Urb. La Capri
9	10G. San José - La Carpio por Pista	45	40H. San José - Moravia - Dulce Nombre de Coronado - La Gallera	81	70.6 San José - Desamparados - Dos Cercas
10	120-A-I. SJ - Los Guido x Calle Cuba	46	40G. San José - Moravia - Dulce Nombre de Coronado	82	72-C. San José - Linda Vista por Desamparados
11	120-B. San José - El Huazo	47	40F. San José - Moravia - San Antonio - Romilios	83	72-D. San José - San Antonio - Barrio Fátima
12	120-C. San José - Encinales	48	43A. La Fabiola - Villa Margarita x Calderón	84	72. SJ - SA - Patarra - Guatuso
13	120-F. San José - Rodillal	49	43B. La Fabiola - Villa Margarita x Calle Blancos	85	75. San José - Paso Ancho - Santa Rosa
14	120A. SJ - Los Guido por Cementerio	50	43C. El Moral - El Ciprés	86	7A. San José - Cementerio - Sabana
15	13A. San José - Sabana - Estadio Sentido Horario	51	44. San José - Ipis - Facio - La Mora - Zetillal	87	80AA. San José - San Rafael Abajo
16	13B. San José - Sabana - Estadio Sentido Horario por La Salle	52	45A. San José - Ipis - Vista de Mar - La Isla	88	81. San José - López Mateos
17	14-C. San José - Pavas - Aeropuerto Tobías Bolaños	53	45. San José - Ipis - Vista de Mar	89	8A. Periferica sentido anti-horario L1
18	14-D. San José - Lomas del Río	54	50A. San José - San Pedro - Lourdes - Calle Siles	90	8C. Ruta Periférica Hatillo - Guadalupe L3
19	14. San José - Pavas Zona 1	55	50B. San José - San Pedro - San Rafael - Salitrillos	91	8D. Ruta Periférica Hatillo - U.C.R L4
20	16. San José - Barrio México	56	50C. San José - San Pedro - Cedros	92	90A. San José - Hatillo 1 y 2.
21	16. SJ - Barrio La Cruz por SC	57	50D. San José - San Pedro - Cedral - Urb. La Europa	93	90C. San José - Hatillo 5.
22	16. SJ - Barrio La Cruz por Seminario	58	50E. San José - San Pedro - Granadilla	94	90D. San José - Hatillo 6y7.
23	20I. San José - San Luis - Las Juntas	59	50F. San José - Cipreses	95	90F. San José - Colonia 15 de Setiembre.
24	20H. San José - San Miguel - San Luis - Los Ángeles	60	50H. San José - Urb. Las Mansiones - La Campiña	96	94A. San José - Alajuelita - El Llano

25	20C. San José - Barrio Virginia - Barrio Socorro por Pista 1	61	50I. San José - Sabanilla	97	94B. San José - Alajuelita - Tejarcillos
26	20F. San José - La Florida por Cruce	62	50J. San José - San Pedro - Curridabat	98	94C. San José - Alajuelita - Filtros
27	20B. San José - Cuatro Reinas por Tibás	63	58. San José - San Francisco	99	94E. San José - Alajuelita - Chorotega - Lagunilla
28	20C. San José - Cuatro Reinas por Cruce	64	58-II. San José - San Francisco	100	94F. San José - Alajuelita - Geranios
29	20L. San José - Santo Domingo - La Vigui	65	61-A. San José - Tirrases por San Francisco	101	94G. San José - Alajuelita - Esquipulas
30	30A.San José - El Alto - Heliconias	66	61A. San José - Curridabat - Tirrases	102	94H. San José - Alajuelita - San Felipe
31	31.San José - Guadalupe - El Carmen	67	64-A. San José - San Francisco - Barrio San José	103	94I. San José - Alajuelita - Calle Cochea
32	32. San José - Guadalupe - Barrio Pilar	68	65C. San José - Quesada Durán	104	94J. San José - Alajuelita - Concepción
33	33. San José - Guadalupe - San Antonio	69	66. San José - San Francisco - El Bosque - La Pacífica - La Cabaña		
34	30A. San José - Purral - Kuru	70	70-10. San José - Salitrillos de Aserrí		
35	34. San José - Purral - Los Cuadros	71	70-11. San José - Barrio Mercedes de Aserrí		
36	35.San José - Guadalupe - Mozotal	72	70-11. San José - Barrio Lourdes de Aserrí		