

Guía de Electrologística

Primera Experiencia Electrologística
(Región Metropolitana de Santiago – Chile)



electro
LOGÍSTICA

<https://electrologistica.cl>





“Guía Primera Experiencia Electrologística (Región Metropolitana de Santiago – Chile)” ha sido desarrollada por la Agencia de Sostenibilidad Energética, la Fundación Conecta Logística y el Programa de Desarrollo Logístico del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. En el marco de las acciones del Equipo de Transporte Eficiente de la AgenciaSE financiado por el Ministerio de Energía de Chile, respondiendo a las acciones del eje 1 de la Estrategia Nacional de Electromovilidad para la aceleración del transporte cero emisiones por segmentos. La Experiencia Electrologística fue liderada por el Programa de Desarrollo Logístico del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, la Fundación Conecta Logística, la cual cuenta con apoyo de la Corporación de Fomento a la Producción (CORFO) y la Agencia de Sostenibilidad Energética.

Autores y revisores

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

Programa de Desarrollo Logístico

Pablo Manterola Blanquer
Ana Pezo Pinto

Fundación Chilena de Eficiencia Logística

Conecta Logística

Mabel Leva Henríquez
Carlos Ávila Gorostiaga
Javier Rivera Briones
Nicolás Lozano Pefaur
Guillermo Richard Heufemann Fritz

Ministerio de Energía

Daniela Soler Lavín
Armando Pérez Pereira
Luz Ubilla Bórquez

Agencia de Sostenibilidad Energética

Carolina Parra Miranda
Cristina Victoriano Bugeño
Matías Vera Zurita
Fernanda Cabañas Gac
Francisca Barriga Concha
Javier Contador Labbé
Javier Rojas Jeanneret
Margarita Amaya Torres

Diseño gráfico:

Tamara Osses
Marco Valdés

Presentación

Con la implementación de la Estrategia Nacional de Electromovilidad, lanzada el año recién pasado (2021), se busca que el número de vehículos eléctricos en circulación aumente considerablemente en los próximos años. Se ha fijado como meta que, al año 2035, el 100% de las ventas de vehículos livianos y medianos sean vehículos eléctricos y al año 2045 el 100% de las ventas de vehículos transporte de carga sean cero emisiones [1].

En busca de estos objetivos, Chile ha focalizado sus esfuerzos en incorporar la electrificación en vehículos de transporte público (buses y taxis) y en vehículos medianos para el transporte de carga. Dentro de este contexto destaca la Experiencia Electrologística, iniciativa público-privada que busca promover el uso de furgones y camiones eléctricos en la logística urbana, además de generar y disponibilizar datos que faciliten la toma de decisión para quienes quieran sumarse a la electromovilidad en este segmento.

El objetivo de este documento es compartir experiencias y lecciones identificadas durante el proceso de puesta en marcha de la primera Experiencia Electrologística, desarrollada en la Región Metropolitana de Santiago, Chile. Así como también los principales indicadores de dicha experiencia. Esta publicación abarca el origen de la iniciativa, la selección de beneficiarios, los actores involucrados, los resultados y algunas lecciones aprendidas de la Experiencia Electrologística. Se busca, por medio de la publicación de este documento, generar

un mayor conocimiento acerca de los beneficios de la electromovilidad en el sector transporte de última milla; que esta experiencia sirva de antecedente para que las organizaciones generadoras de carga a nivel nacional se involucren en este tipo de iniciativas.

El documento inicia con una introducción de los principales conceptos a abordar dentro de la electromovilidad para este tipo de flotas comerciales y luego se describe la Experiencia Electrologística, detallando cada una de las rutas seleccionadas por tipo de vehículo, fórmulas de cálculo de los principales indicadores y resultados obtenidos. Además, se indican las experiencias de los usuarios. Para concluir, se presentan los principales desafíos a considerar para una próxima experiencia.

Con esta publicación se pretende contribuir a un mejor entendimiento de la Experiencia Electrologística y se espera fomentar nuevas iniciativas y proyectos piloto que sirvan como catalizadores para la electrificación del transporte de carga y el cumplimiento de las metas de la nueva estrategia de Electromovilidad y Carbono Neutralidad al 2050.

Contenido

1. Introducción
2. Vehículos eléctricos
3. Experiencia Electrologística
4. Selección de rutas e indicadores de la Experiencia Electrologística
5. Resultados de la Experiencia Electrologística
6. Experiencias de los usuarios
7. Aprendizajes de la Experiencia Electrologística
8. Palabras finales y principales desafíos
9. Bibliografía, glosario y agradecimientos

Introducción

La logística y el transporte de carga forman parte de un sector clave en la economía global y son contribuidores importantes en el progreso social y económico.

Según un estudio del Smart Freight Centre [2], en la mayoría de las ciudades, entre el 15% y el 25% de los kilómetros urbanos recorridos por vehículos pueden atribuirse a los vehículos comerciales, se estima que ocupan aproximadamente entre el 20% y el 40% del espacio vial motorizado y que causan entre el 20% y el 40% de las emisiones de CO₂e del transporte urbano. Los vehículos comerciales también son responsables de aproximadamente entre el 30% y el 50% de los contaminantes atmosféricos (como el material particulado (PM) y los óxidos de nitrógeno (NO_x)), en las ciudades de las economías desarrolladas, y de más del 50% en las ciudades de los países en desarrollo.

Para lograr que Chile avance en su desempeño logístico y sea un actor relevante a nivel global en esta materia, uno de los temas que no se puede dejar atrás es la sostenibilidad. Los consumidores demandan productos ya no solo centrándose en su precio o la rapidez de la entrega; se observa una preocupación creciente por conocer el eventual impacto ambiental provocado en el ciclo de vida del producto, incluyendo procesos productivos y el transporte. Adicionalmente, el país ha adherido compromisos en este campo que, en conjunto con lo

anterior, induce a los actores del sistema a buscar alternativas más sostenibles para llevar a cabo la distribución.

En el país, la mayoría de los generadores de carga, es decir, las empresas de cualquier rubro que requieran mover productos, materia prima, entre otros; han optado por tercerizar la logística necesaria para dichos fines. Debido a su naturaleza, la logística de última milla opera principalmente en ciudades, desde los centros de distribución al consumidor u destino final, por lo que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes locales son un obstáculo en ciertos sectores de la ciudad, que tienen mayores restricciones de emisiones vehiculares.

En este contexto, la electromovilidad de última milla se presenta como clave para reducir la huella de carbono de la cadena logística de las organizaciones, así como también para la descontaminación de nuestras ciudades.

Como una forma de apoyar una decisión informada de adoptar la electromovilidad por parte de las organizaciones, se impulsó la Experiencia Electrologística para probar y documentar, las ventajas tanto económicas como ambientales de los vehículos eléctricos para distribución logística. Este documento aborda los procesos, resultados y lecciones de esta iniciativa.

2.

Vehículos Eléctricos

Los vehículos eléctricos pueden ser clasificados en tres tipos principales de tecnologías: eléctricos a batería, eléctricos híbridos enchufables y eléctricos con celdas de combustible de hidrógeno [1]. En los tres casos se utiliza un motor eléctrico que proporciona movimiento al vehículo utilizando electricidad como fuente de energía. De acuerdo con el alcance de este estudio, se entenderá como VE al tipo de vehículo eléctrico a baterías.

Vehículo Eléctrico a Baterías

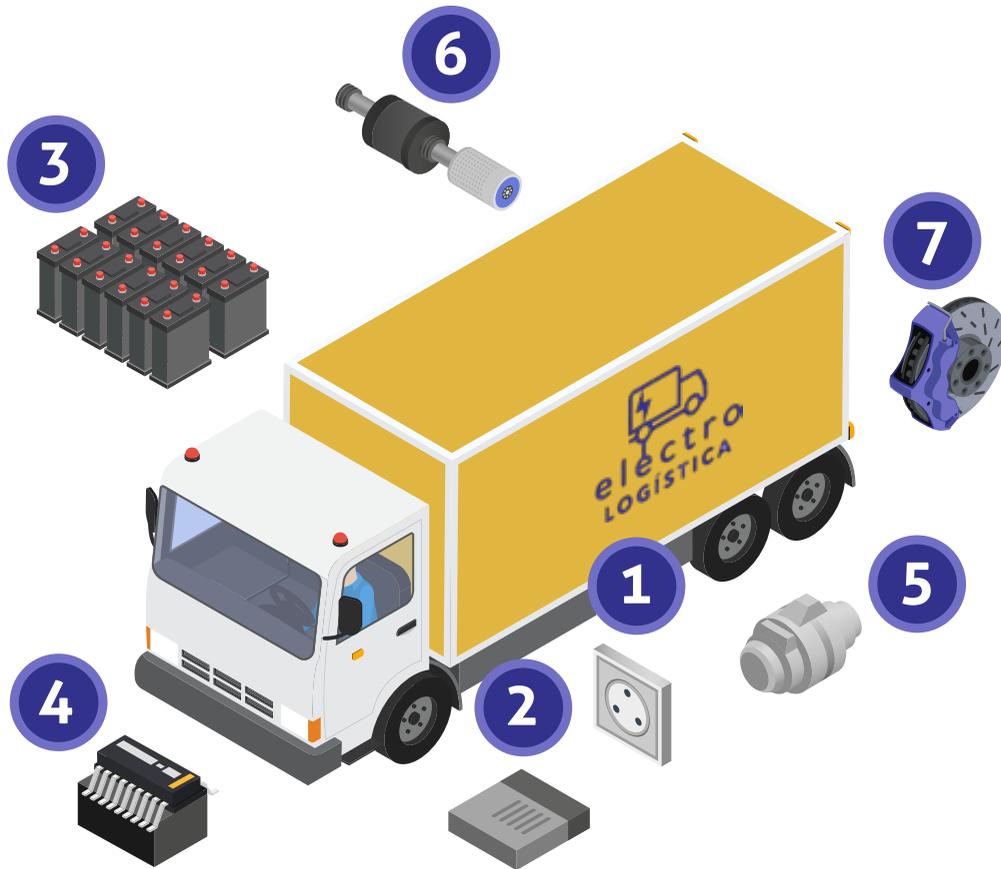
Los vehículos de transporte de carga convencionales, en general que utilizan motores diésel, son altamente contaminantes [2], lo que resulta especialmente problemático en zonas urbanas con alta densidad de población y donde la calidad del aire ya está comprometida, por ejemplo, en la Región Metropolitana en donde se llevó a cabo la Experiencia. En ese contexto, los vehículos eléctricos a baterías se presentan como una gran oportunidad para descarbonizar la logística urbana y, más concretamente, para la logística de última milla.

- **Emisiones:** sin tubo de escape al no contar con productos de combustión. No genera contaminación asociada a los contaminantes locales. Se generan emisiones indirectas de GEI [3],

asociadas al proceso de carga, ya que la electricidad que carga al VE, proviene del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), el cual cuenta con un mix de centrales de generación a partir de ERNC y Combustibles Fósiles [4].

- **Ruido:** no emite ruido por vibraciones del motor.
- **Mantenimiento:** una de las principales ventajas de un vehículo eléctrico es que sus costos de operación y mantenimiento son más bajos que los de un vehículo convencional. Al tener menos partes móviles, la complejidad y frecuencia con que se requiere de mantenimiento disminuye en los vehículos eléctricos [5]. Lo anterior se debe a que no cuenta con caja de cambios ni sistemas de lubricación por aceite como un Vehículo a Combustión Interna (VCI).

Existen tres características esenciales para determinar la viabilidad de un camión eléctrico según necesidades operativas en la última milla: (i) El rango de autonomía; (ii) La capacidad de carga; (ii) El tipo de carga. Con esto último es esencial notar que un factor importante es el cargador, ya que el vehículo determina el cargador [6]. Más adelante se describen los diferentes camiones utilizados en la experiencia con sus diferentes tipos de carga. Con respecto a las partes de un camión eléctrico estas se describen en la Figura 1.



1

Puerto de carga o entrada del vehículo

Es un conector presente en el vehículo eléctrico que permite conectarlo a una fuente externa de electricidad para su carga.

2

Cargador AC & DC

Convierte la corriente alterna (AC) del cargador a corriente continua (DC) para recargar la batería tractora. Monitorea el voltaje, corriente, estado de carga, entre otros.

3

Pack de baterías

Almacenan la energía para impulsar el vehículo.

4

Controlador

Dispositivo de control central que se encarga de manejar el flujo eléctrico y refrigeración.

5

Motor eléctrico

A partir del suministro de energía eléctrica crea campos magnéticos giratorios, que permiten el giro del rotor, convirtiendo la energía eléctrica en mecánica.

6

Compresor de aire

Suministra aire a los frenos de aire.

7

Frenos

En los camiones eléctricos, el frenado regenerativo utiliza el motor eléctrico como generador para convertir gran parte de la energía cinética que normalmente se pierde al frenar.

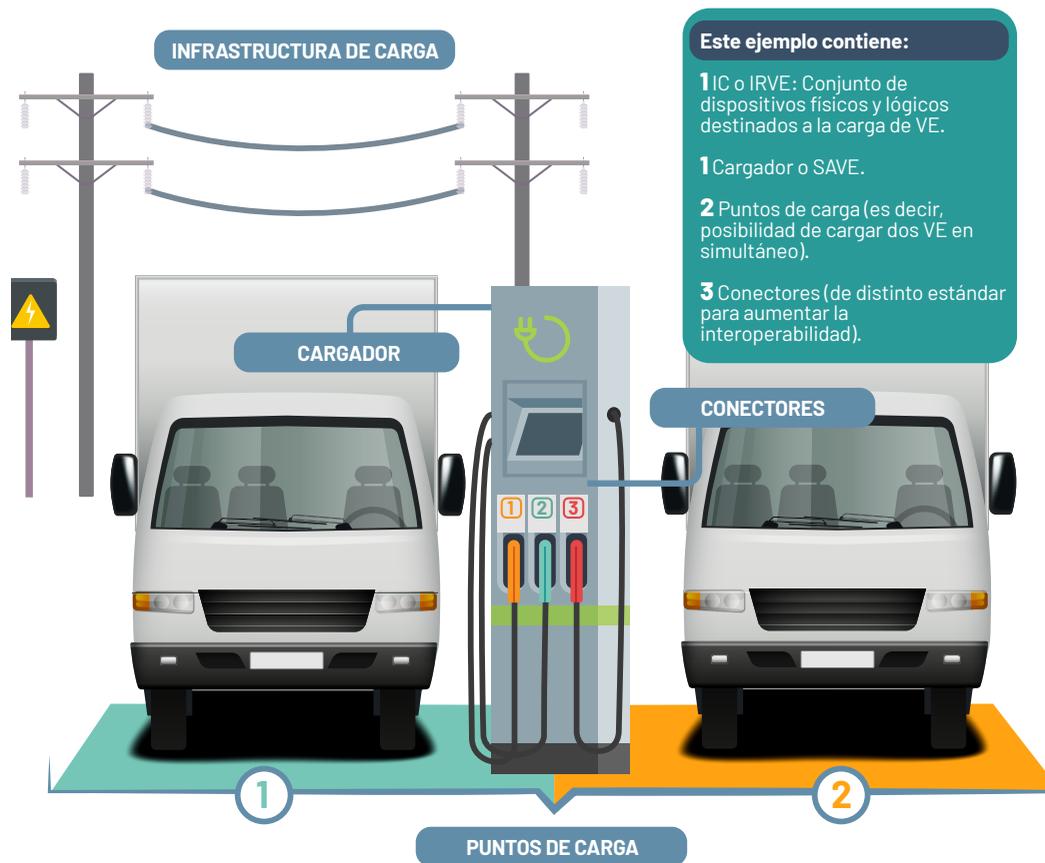
Figura 1. Esquema referencial de un camión eléctrico de última milla.

Infraestructura de Carga

La infraestructura de carga (IC) corresponde al conjunto de dispositivos físicos y lógicos destinados a la recarga de VE.

Además de la autonomía y la ruta de operación del VE, existen 3 elementos importantes en consideración al momento de evaluar y planificar un proyecto asociado al desarrollo de la IC. Además, es vital focalizar estos elementos de acuerdo con la actividad de logística, es decir para adecuar la ruta de operación.

1. Cargadores en la ruta de operación: Número de cargadores de acceso público para vehículos eléctricos.
2. Puntos de carga (PC): Número de vehículos que se pueden cargar simultáneamente.
3. Conector: Dispositivos por los cuales se establece la alimentación del VE en corriente alterna (AC) o corriente continua (DC).



Existen múltiples configuraciones que se pueden generar entre una IC, el número de cargadores, número de puntos de carga y número de conectores. Por norma general será deseable que un cargador disponga más de un conector y puntos de carga para aumentar la eficiencia de este. Dentro de los tipos de carga para VE, existen dos grandes categorías: la de acceso público y la de acceso privado [7] (ver Figura 2).

- **Carga de acceso público:** Electrolinera, Carga de destino de acceso público y carga pública (ICP). Información que se encuentra disponible en la APP Ecocarga.
- **Carga de acceso privado:** Carga para flotas, Carga de destino de acceso privado y Carga residencial.

CARGA DE ACCESO PÚBLICO



ELECTROLINERA

Recintos destinados para la carga de VE, equivalentes a las bencineras actuales.



CARGA DE DESTINO DE ACCESO PÚBLICO

El VE carga mientras el usuario realiza otras actividades de acceso público, como por ejemplo: supermercado, centros comerciales, restaurantes.



CARGA PÚBLICA (ICP)

La carga ocurre en estacionamientos ubicados en espacios públicos.



CARGA PARA FLOTAS

Dedicada a cargar flotas de VE, como por ejemplo flotas de empresas, taxis colectivos, flotas municipales.



CARGA DE DESTINO DE ACCESO PRIVADO

El VE carga mientras el usuario realiza otras actividades de acceso privado, como por ejemplo: lugar de trabajo, club privado.



CARGA RESIDENCIAL

La carga ocurre mientras el vehículo está estacionado en el hogar.

Figura 2. Tipos de Carga

CARGA DE ACCESO PRIVADO

La Ley de Eficiencia Energética de Chile 21.305, aprobada por el Ministerio de Energía en 2021, permite la regulación de interoperabilidad de cargadores de vehículos eléctricos. La ley facilita un mayor acceso a la red de carga y apunta a una mejor experiencia de usuario a través de una infraestructura integrada y homogénea, asegurando el acceso a los cargadores públicos.

El artículo 6 de la Ley 21.305-2021 de eficiencia energética establece que el Ministerio de Energía regulará la interoperabilidad de los sistemas de carga de vehículos eléctricos¹. Un proyecto de reglamento está en proceso de consulta ciudadana y está siendo procesado por el gobierno². Este reglamento tiene como objetivo establecer y regular la interoperabilidad de los sistemas de carga de vehículos eléctricos y los sistemas de información y operación, así como imponer requisitos de servicio de carga, protocolos de comunicación y simplificación del proceso de pago del usuario. El proceso de pago es un aspecto clave que la normativa en cuestión busca regular, eliminando barreras y promoviendo la electromovilidad en Chile³.

Además de los avances del gobierno en esta materia, existen varias iniciativas y plataformas público-privadas de difusión de contenidos para usuarios de vehículos eléctricos, como la Plataforma de Electromovilidad, EcoCarga (una aplicación para teléfonos inteligentes) y el Compromiso Público-Privado por la Electromovilidad.

En pos de promover la sostenibilidad y coherencia del sistema de carga con las metas de ventas de VE y bajos en emisiones de Chile a los años 2035 y 2045, a mayo de 2022, está representada por 329 cargadores de acceso público y 444 puntos de carga. Lo anterior representa un crecimiento de la oferta de conectores de 2012 a 2022 de más de 44 veces.

Por lo antes señalado, proyectos como “Experiencia Electrologística”, cobran un gran valor en términos de la información que se puede levantar a fin de entender cómo funcionan los procesos de gestión de carga en las operaciones de última milla y de esta forma poder planificar un aumento de IC que dé solución a diversos segmentos de la electromovilidad.



1. Ley 21.035, de Eficiencia Energética, Ministerio de Energía de Chile.

2. Reglamento que establece la interoperabilidad de los sistemas de carga de vehículos eléctricos, Ministerio de Energía de Chile

3. Proyecto de Reglamento, Aprueba Reglamento que establece la interoperabilidad de los sistemas de recarga de vehículos eléctricos, Ministerio de Energía de Chile.

Modos de Carga

Existen 4 modos de carga sin embargo, solo 3 están autorizados en Chile para vehículos de carretera (Modos 2, 3 y 4) [8].



Figura 3. Modos de carga

En la normativa chilena existen 3 modos de carga asociados a la conectividad y comunicación entre el cargador y el vehículo. Para cada caso, se presenta el rango de tiempo necesario para pasar de 0% a 100% de carga. Para más información, visita la página energia.gob.cl/electromovilidad



Cargadores y Conectores

Cargadores de VE

Los cargadores utilizados en Chile deben contar con previa autorización de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) para su comercialización y la instalación debe ser inscrita según las indicaciones establecidas en el pliego técnico normativo RIC N° 15. Actualmente, para autorizar la energización de un cargador, es necesario que este sea inscrito a través del Trámite Eléctrico 6 (TE-6). Con Resolución Exenta N°33.675 del 27 de noviembre de 2020 de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles establece régimen para la autorización de productos de uso en infraestructura de recarga de vehículos eléctricos cuyo objetivo es verificar la calidad y seguridad de los equipos antes que sean conectados a la red eléctrica.

		<p>Los cargadores Modo 2 son dispositivos que suministran energía eléctrica en AC a través de un enchufe común de pared, contando con funciones de control piloto, proximidad y seguridad. La potencia máxima de carga es de 2,2 kW según la normativa chilena para enchufes de pared.</p>
<p>CARGA Corriente Alterna AC</p>	 <p>“Totem” Modo 3</p> <p>“Wallbox” Modo 3</p>	<p>Los cargadores Modo 3 son generalmente tipo Totem o Wallbox. Son equipos de tamaño reducido, de precio asequible, donde la máxima velocidad de carga dependerá del convertidor AC/DC interno del vehículo.</p>
<p>CARGA Corriente Continua DC</p>	 <p>“Cargador DC” Modo 4</p>	<p>Los cargadores en Corriente Continua son equipos más robustos, con un alto nivel de tecnología que permiten realizar la carga en menor tiempo debido a que cuentan con convertidores de mayor tamaño, sin embargo, tienen costos elevados.</p>

Figura 4. Tipos de cargadores

Tipos de Conectores

Cada cargador tiene un cable con un conector determinado que comunica y transfiere energía del cargador al vehículo eléctrico. El conector puede variar según el tipo de estándar de fabricación, por lo que no todos los conectores servirán para cada vehículo.

En la actualidad existe una amplia variedad de conectores para la recarga de VE. Cada conector se usa en función del modo de carga con el que son compatibles. Actualmente existen tres tipos de conectores AC autorizados en Chile, según DS N°145 de MTT⁴: Tipo 1, Tipo 2 y GB/T-AC.

Como se detalló en el punto anterior existen cargadores que funcionan con corriente alterna (AC) y con corriente continua (DC). Usualmente se asocia a una carga lenta a una carga AC y la rápida a la DC, ya que el poder de salida eléctrico del AC es usualmente entre 2 kW a 22 kW debido a limitantes en el transformador a bordo del vehículo por espacio y costos, en cambio DC va desde los 24 kW a potencias superiores a 150 kW. Los principales conectores se observan en la siguiente figura.

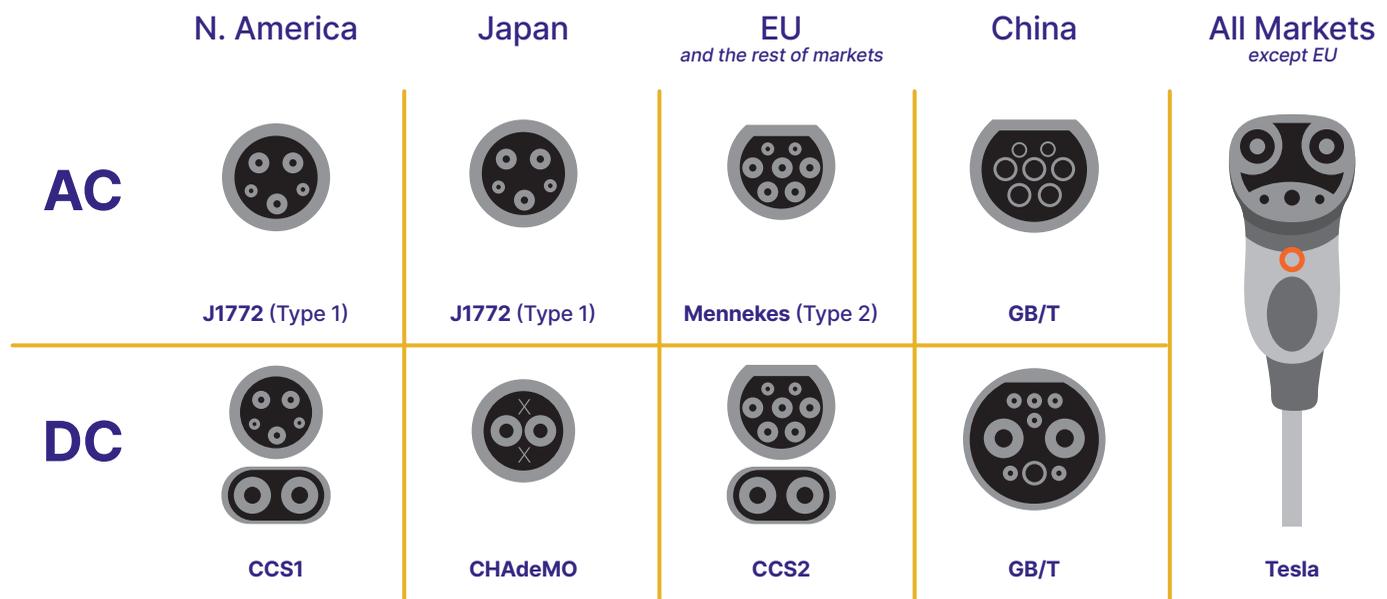


Figura 5. Tipos de conectores para vehículos eléctricos

A mayo de 2022, nuestro país contaba con 329 cargadores de acceso público para vehículos ligeros. Estos últimos tienen un total de 574 conectores disponibles. 436 de estos conectores son AC (37 Tipo 1; 399 Tipo 2) y 138 son DC (68 CHAdEMO; 68 CCS Tipo 2; 2 GB/T DC) lo antes señalado se presenta en la figura 6.



4. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Subsecretaría de Transportes. Modifica decreto supremo n° 145, de 2017.

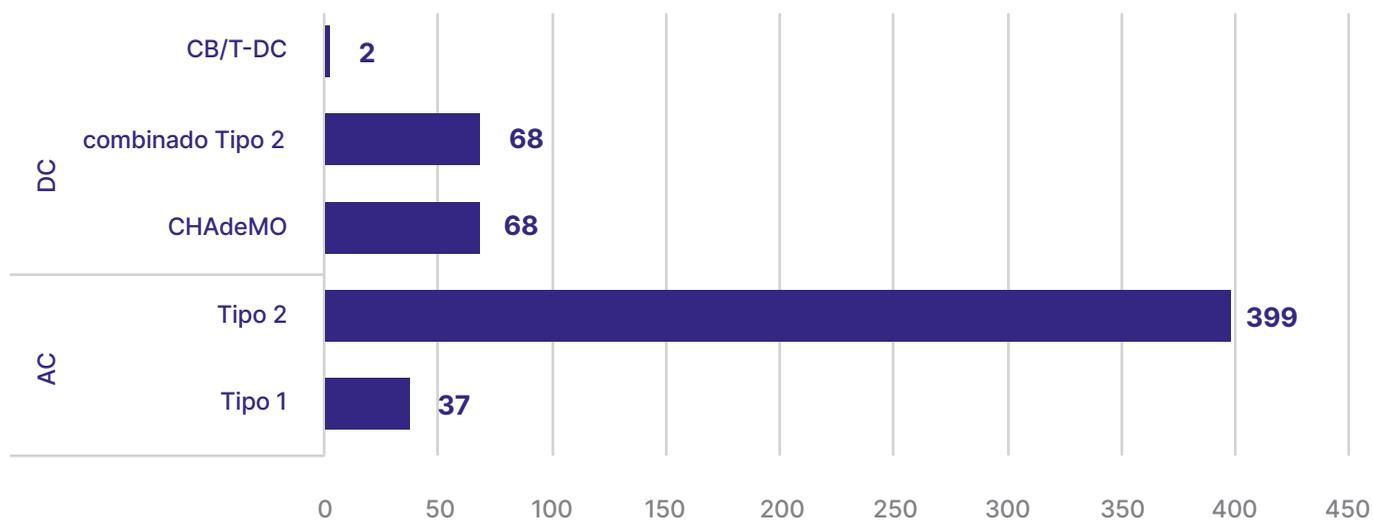


Figura 6. Número de conectores de vehículos eléctricos ligeros públicos en Chile por tipo.
Fuente: Plataforma de Herramientas Digitales de la Electromovilidad, AgenciaSE 2022

Como se mencionó anteriormente, la velocidad de carga se asocia al tipo de carga y a la potencia con la cual cuenta el cargador. El detalle de oferta en Chile de conectores por potencia se presenta a continuación en la figura número 7:

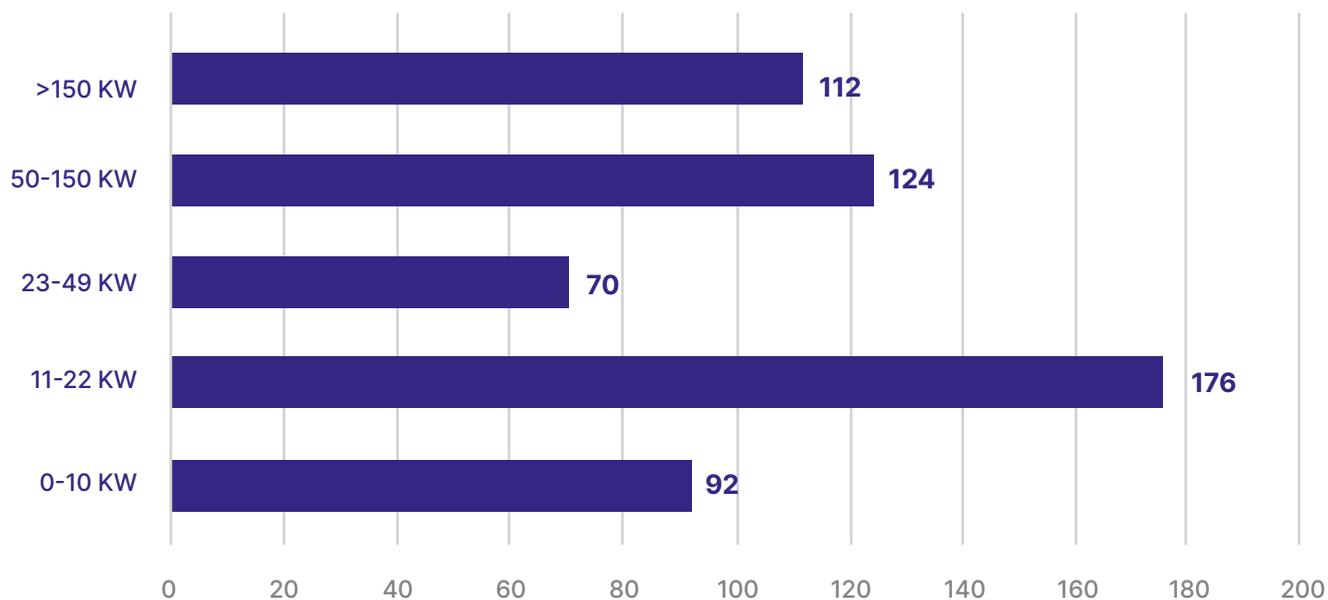


Figura 7. Número de conectores públicos de vehículos eléctricos ligeros en Chile por potencia.
Fuente: Plataforma de Herramientas Digitales de la Electromovilidad, AgenciaSE 2022

3.

Experiencia Electrologística

Antecedentes

Experiencia Electrologística es el resultado de la colaboración público-privada, articulada por la fundación Conecta Logística, el Programa de Desarrollo Logístico del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, y la Agencia de Sostenibilidad Energética.

La Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE), es una fundación de derecho privado sin fines de lucro. Es un organismo autónomo, técnico y ejecutor de políticas públicas en torno a la Eficiencia Energética, que recibe financiamiento público y privado. Dentro de su marco de acción, la Agencia tiene como misión promover, fortalecer y consolidar el uso eficiente de la energía, articulando e implementando, tanto a nivel nacional como internacional, iniciativas público – privadas en los distintos sectores de consumo energético, contribuyendo al desarrollo sustentable del país.

La Línea de Transporte Eficiente de la AgenciaSE desarrolla acciones y programas con el objetivo de promover el uso eficiente y sostenible de la energía en el sector de transporte, tanto en la gestión de la energía, como en la promoción y fomento de nuevas y mejores tecnologías en el sector.

Una de las iniciativas programas de la Línea de Transporte es el programa nacional de transporte de carga eficiente Giro Limpio, el cual busca certificar y reconocer los esfuerzos realizados por las empresas de transporte de carga en el ámbito de la sustentabilidad y la eficiencia energética. Por otro lado, una de las tecnologías que Giro Limpio busca fomentar es la electromovilidad, esta nueva forma de movilidad conlleva importantes beneficios asociados a un uso más eficiente de la energía, lo que resulta en menos emisiones GEI, contaminantes locales, además de menores costos operacionales por km recorrido.

Producto de lo anterior es que el Programa Giro Limpio está comprometido con la Estrategia Nacional de Electromovilidad del Ministerio de Energía (MEN) a través la formulación, articulación y potenciamiento de pilotos

de electromovilidad y logística. Dentro de este contexto, esta guía presenta la Experiencia Electrologística del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), con el objetivo de fomentar el uso de vehículos eléctricos de distribución urbana, poniendo a disposición información de su uso en distintas condiciones de operación logística.

La Experiencia Electrologística nace por medio de la colaboración que se genera con de la Fundación Chilena de Eficiencia Logística - Conecta Logística. La Fundación Conecta Logística es una fundación de derecho privado, sin fines de lucro, que articula y reúne al mundo privado, público y la academia con el objeto de fomentar la eficiencia competitividad, productividad y sostenibilidad del sector logístico del país. La Fundación fue diseñada por el Programa de Desarrollo Logístico del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, y es apoyada por CORFO y el mundo privado.

En 2020, el MTT, a través de Conecta Logística, convocó a la primera Mesa de Electromovilidad Logística (MEL), una iniciativa que reunió a proveedores de vehículos, distribuidoras de energía, generadores de carga, empresas de telemetría y actores públicos. En esta instancia se compartieron aprendizajes, experiencias, y se planteó el desafío de cómo generar las condiciones para acelerar la adopción de la electromovilidad en el sector de transporte de carga. Las principales conclusiones de la MEL fueron las siguientes:

- Falta de información de operación real de vehículos que permita a privados evaluar cambio tecnológico.
- Incertidumbre en depreciación (vida útil de baterías).
- Incertidumbre en estándares a adoptar.
- Desconocimiento de los beneficios de la electromovilidad dentro de este sector.
- Necesidad de capital humano especializado.

Uno de los productos de la instancia fue proponer la organización de una experiencia de uso que permitiera recabar datos de operaciones reales en contexto local

para, sobre la base de esa información, apoyar la decisión de las empresas de incorporar este tipo de vehículos a sus operaciones. De este modo, se inició un trabajo de parte de la MEL para invitar a proveedores de vehículos a facilitar por un periodo acotado de tiempo el uso de sus camiones eléctricos, para que empresas del sector

transporte de carga postularan a dicha experiencia de uso. Esto en un entorno colaborativo donde también empresas de energía, empresas de telemetría, empresas de infraestructura de carga eléctrica y municipalidades pusieron a disposición de manera gratuita sus productos, servicios y/o instalaciones.



Descripción de la Experiencia

La Experiencia Electrologística es una iniciativa público-privada que busca promover el uso de VE para la logística urbana, además de generar y disponibilizar datos que apoyen la toma de decisión para quienes quieran sumarse a la electromovilidad. Tiene por objetivo fomentar el uso de vehículos medianos y pesados en distintas condiciones de distribución de carga urbana, poniendo a disposición la información operación de los vehículos y su sistema de carga, obtenida de sensores ubicados en los vehículos y del registro de carga y descarga por parte de los conductores.

Esta convocatoria fue apoyada por la Fundación Conecta Logística que es financiada por CORFO, el Programa de Desarrollo Logístico del MTT y por la Agencia SE. La Experiencia Electrologística fue posible gracias al compromiso y el apoyo de empresas proveedoras de vehículos de distribución urbana eléctricos, empresas de energía, empresas de telemetría, empresas de infraestructura de carga eléctrica y municipalidades.



Proceso de Selección de los Beneficiados

Para lograr los objetivos descritos anteriormente, se realizó una invitación pública para todas aquellas empresas generadoras de carga o empresas de transporte que contaran con patrocinio de un generador de carga y que presentaran las siguientes características:

- Antigüedad mínima de 2 años de la empresa postulante.
- Realicen operaciones de distribución de carga en la Región Metropolitana.
- Pongan a disposición del proyecto al menos 2 conductores con licencia A4-A5, que tengan un mínimo de 3 años de experiencia como conductor profesional.

Actores Involucrados

Para el desarrollo de esta experiencia, se contó con la colaboración de los siguientes actores:



Imagen de estacionamientos prioritarios, para facilitar las operaciones.

ACTOR	TIPO DE COLABORACIÓN
Proveedores de vehículos	Uso gratuito de vehículos por 8 semanas. Capacitación al conductor. Autorización para disponibilizar información de operación del vehículo.
Distribuidoras de energía	Acceso gratuito a cargadores eléctricos compatibles. Cargadores públicos de carga rápida en estaciones de servicio.
Cargadores privados	Acceso gratuito a cargadores eléctricos privados compatibles con el VE seleccionado.
Empresas de telemetría	Instalación de sensores de telemetría y monitoreo de la operación de VE y sistemas de carga. Análisis de datos y entrega de indicadores.
Asesoría implementación de flota eléctrica	Asesoría en diseño e implementación flota eléctrica. Uso gratuito por 1 año de software de monitoreo de operación.
MTT y Conecta Logística, con apoyo de CORFO	Organización experiencia. Seguimiento. Análisis de datos y disponibilización de información en www.observatoriologistico.cl
Agencia de Sostenibilidad Energética	Apoyo a través del programa Giro Limpio. Apoyo para definir métricas de evaluación. Asesoría técnica y apoyo en la implementación del piloto.
Municipalidades	Participación de 2 municipios: Providencia y Santiago. Estacionamientos prioritarios para facilitar operaciones en zonas de alta demanda.

4.

Selección de Rutas e Indicadores de la Experiencia Electrologística

Criterios de selección de Rutas

A continuación, se detallan los criterios de selección de aquellas rutas que fueron utilizadas para mostrar los resultados obtenidos de la Experiencia Electrologística. Adicionalmente, se muestran los principales indicadores asociados a las rutas seleccionadas y las consideraciones necesarias para el correcto análisis y exposición de los resultados.

La información analizada corresponde a aquella que fue obtenida de los VE que participaron de la experiencia entre los meses de agosto y septiembre de 2021. Los resultados expuestos se construyeron a partir de los datos obtenidos de la experiencia, gracias a las empresas de telemetría, y datos reportados por las empresas beneficiadas. La muestra se compone de 7 VE operados por empresas de distintos sectores de la Región Metropolitana.

1



En primer lugar, se buscó elegir, al menos una ruta por tipo de vehículo y/o empresa patrocinante. Esto tiene como objetivo entregar mayor diversidad en los resultados expuestos y encontrar valor para distintos tipos de industrias o tipos de negocio.

2



Se seleccionaron aquellas rutas que registraron la mayor cantidad de datos de para cada momento del día, es decir, aquellas rutas con mayor precisión de la ubicación del vehículo, la distancia recorrida, el estado de la carga de la batería y el reporte de operación.

3



Para las rutas que cumplieron los criterios anteriores se valida que los datos sean consistentes entre sí. Así, se pretende eliminar o minimizar al máximo las desviaciones de las mediciones que podrían estar segando los resultados de la muestra.

Nomenclatura

Para cada una de las rutas seleccionadas, se presentarán iconos los cuales tienen el siguiente significado:



Distancia Recorrida [km]



Ahorro del Costo Operación [\\$]



Energía Consumida [kWh]



Porcentaje de Ahorro del costo operación [% \$]



Costo Operación VE [\\$ CLP]



Consumo de la alternativa diésel [L]



Porcentaje de Ahorro de Emisiones GEI [% kg CO2e]



Eficiencia estimada [km/kWh]



Cantidad de cargas de la batería



Cantidad de detenciones durante operación



Mercancías movilizadas [kg]



Variación Altura Operación [m]

Cálculo de indicadores

Para la obtención de cada uno de los parámetros definidos anteriormente, se realizaron los cálculos que se presentan a continuación. Cabe destacar que solamente las fórmulas que contienen iconos corresponden a los resultados presentados en la siguiente sección.

Para cada VE se aplicaron las siguientes fórmulas para la obtención de los cálculos⁵. Cabe destacar que el Consumo [kWh] se estima en base al uso de batería y la eficiencia se estimó a partir de este valor.



Consumo [kWh] = Batería Consumida [%] * Capacidad de Carga VE [kWh]



Eficiencia Estimada $\left[\frac{km}{kWh} \right] = \frac{Distancia Recorrida [km]}{Consumo [kWh]}$

5. Supuestos: Costo Electricidad 90 [\$/kWh]; Factor de emisión SEN Promedio del año 2021 0,3907 [tCO2e/ MWh] (Ministerio de Energía).



$$\text{Costo Operación VE } [\$] = \text{Consumo } [kWh] * \text{Costo Electricidad } \left[\frac{\$}{kWh} \right]$$

$$\text{Emisiones Operación VE } [kg CO_2e] = \text{Consumo } [kWh] * \text{Factor de emisión del SEN } \left[\frac{kgCO_2e}{kWh} \right]$$

Alternativa Diésel

Además del cálculo de indicadores asociados al VE, se calcularon los indicadores correspondientes al símil de cada VE, pero en su alternativa diésel (versión VCI)⁶.



$$\text{Consumo Diésel } [L] = \frac{\text{Distancia Recorrida } [km]}{\text{Eficiencia reportada Diésel } \left[\frac{km}{L} \right]}$$

$$\text{Costo Operación Diésel } [\$] = \text{Consumo Diésel } [L] * \text{Costo Diésel } \left[\frac{\$}{L} \right]$$

$$\text{Emisiones Operación Diésel } [kg CO_2e] = \text{Consumo Diésel } [L] * \text{Factor de emisión } \left[\frac{kg CO_2e}{L} \right]$$

Comparación

Con el objetivo de comparar los ahorros tanto económicos como ambientales, se calcularon los siguientes indicadores:

Indicadores económicos:



$$\text{Ahorro } [\$] = \text{Costo Operación Diésel } [L] - \text{Costo Operación VE } [\$]$$



$$\text{Ahorro } (\%) = 1 - \frac{\text{Costo Operación VE } (L)}{\text{Costo Operación Diésel } (L)} * 100$$

Indicadores ambientales:

$$\text{Ahorro } [kg CO_2e] = \text{Emisiones Operación Diésel } [kg CO_2e] - \text{Emisiones Operación VE } [kg CO_2e]$$



$$\text{Ahorro } (\%) = 1 - \frac{\text{Emisiones Operación VE } (kg CO_2e)}{\text{Emisiones Operación Diésel } (kg CO_2e)} * 100$$

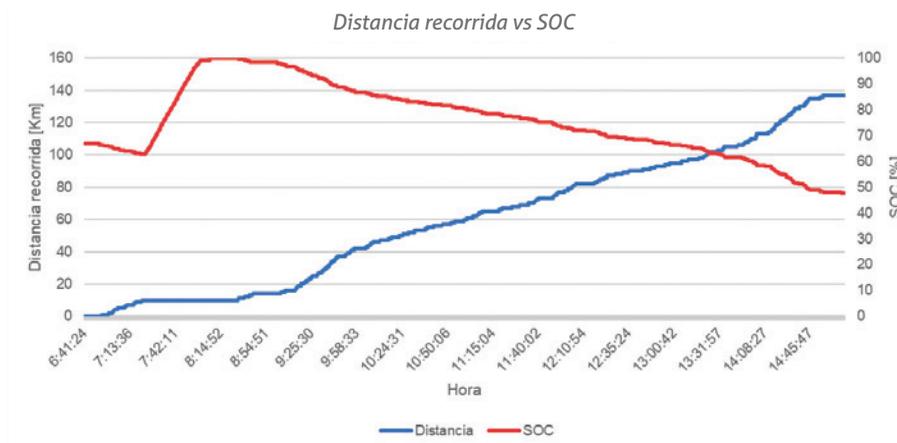
6. Supuestos: Costo Diésel 701 [\$/L], Factor de Emisión 2,84 [kg CO₂ e/L] (Programa Giro Limpio, AgenciaSE).

Gráficos asociados

Para cada una de las rutas seleccionadas se presentan los gráficos de distancia recorrida vs SOC y distancia recorrida vs peso descargado.

Distancia recorrida vs SOC

En este tipo de gráfico se observa el estado de carga de la batería (SOC, por su sigla en inglés) en cada momento del recorrido, medida como porcentaje del total de carga. También se muestra la distancia recorrida (kilómetros) por el vehículo a lo largo del día. Es posible notar cómo, a medida que el vehículo recorre más distancia, el SOC disminuye hasta la mitad del máximo al finalizar el recorrido.



Distancia Recorrida vs Peso Descargado

En este gráfico se observa la operación de carga y descarga del vehículo, mostrando el peso total de la carga (kg) en todo momento. Se observa cómo ocurre una carga o consolidación al inicio de la jornada y cómo el vehículo va descargando peso a medida que avanza el día.



5.

Resultados de la Experiencia Electrologística

A continuación, se mostrarán los principales resultados totales por experiencia e inmediatamente los datos detallados de la ruta de una jornada. Para más información visitar los sitios web www.electrologistica.cl y www.observatoriologistico.cl.



100% eléctrico

EXPERIENCIA 1

Hyundai ZEDO EV300

Marca	Modelo	Tipo	Capacidad de Carga [kg]	Volumen Carga [m ³]	Autonomía ⁷ [km]	Tipo de Cargador [AC/DC]
Hyundai	EV300	Camión	1.685	18,8	275	-/GBT

⁷Datos del catálogo

Tipo de carga: **Paquetería**
 Empresa operadora: **Transportes Juan Pablo Gonzalez Schurter E.I.R.L.**
 Empresa generadora de carga: **SODIMAC**

Resumen Total Operación Piloto (28 jornadas)

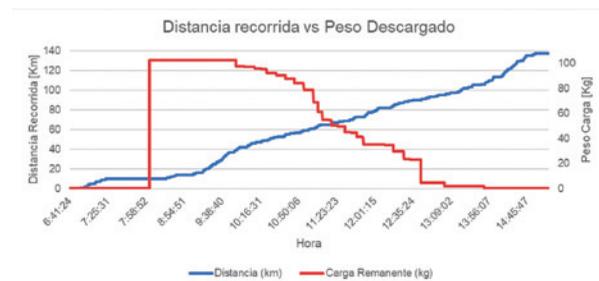
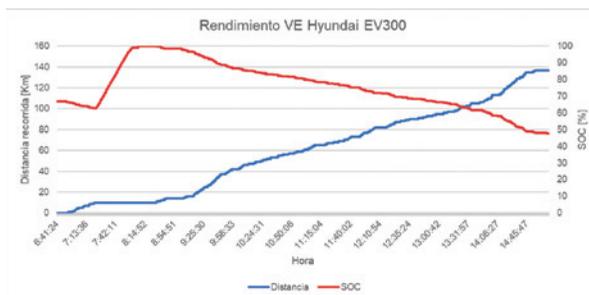
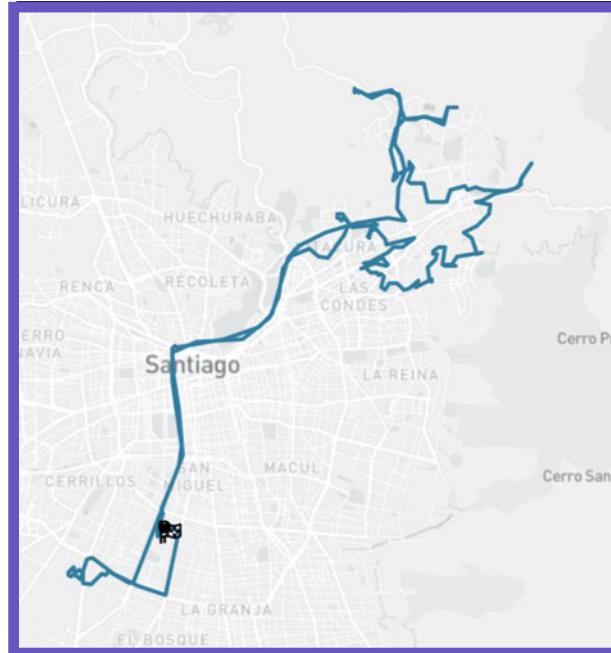
Recorrido	Consumo	Costo Total
 Distancia 2.716 km	 Energía 1.385,7 kWh	 Dinero \$124.714
Ahorro (VE vs Convencional)		
 Emisiones 49%	 Dinero \$136.096	 Combustible 372,1 L



7. (*) Para todos los vehículos descritos los valores de autonomía son referenciales y pueden variar según el estilo de conducción, uso de calefacción, aire acondicionado, entre otros.

RUTA 1

Hyundai ZEDO - 07 de Septiembre, 2021



<p>Recorrido</p> <p> Distancia 137 km</p>	<p>Electrolineras</p> <p> Energía 66,0 kWh</p>	<p>Costo Total</p> <p> Dinero \$5.490</p>
<p>Ahorro [%]</p> <p> Emisiones 52%</p>	<p>Dinero 55%</p>	<p>Eficiencia</p> <p> Estimada 2,08 km/kWh</p>

EXPERIENCIA 2

JAC N55

Marca	Modelo	Tipo	Capacidad de Carga [kg]	Volumen Carga [m ³]	Autonomía [km]	Tipo de Cargador [AC/DC]
JAC	N55	Camión	2.150	18,0	190	Tipo 2 / CCS2

*Datos del catálogo

Tipo de carga: **Líquidos embotellados**
 Empresa operadora: **Rubén Martínez y Compañía Ltda.**
 Empresa generadora de carga: **CCU**

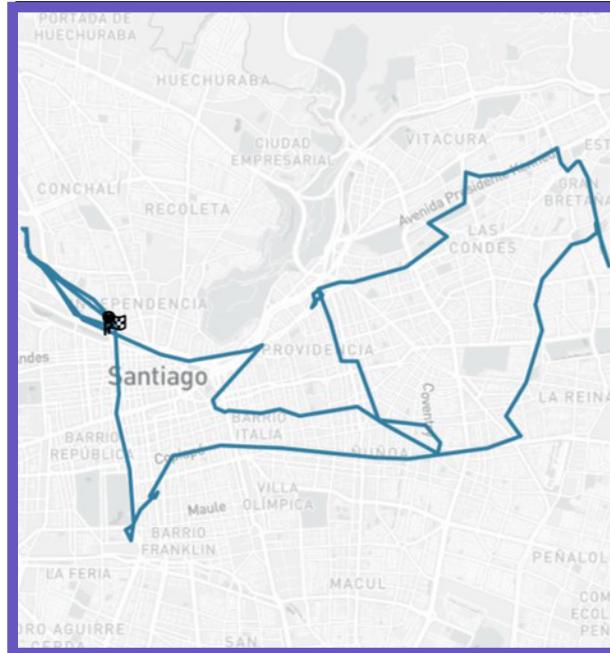
Resumen Total Operación Piloto (21 jornadas)

Recorrido	Consumo	Costo Total
 Distancia 1.671 km	 Energía 799,5 kWh	 Dinero \$71.957
Ahorro (VE vs Convencional)		
 Emisiones 47%	 Dinero \$74.464	 Combustible 208,9 L

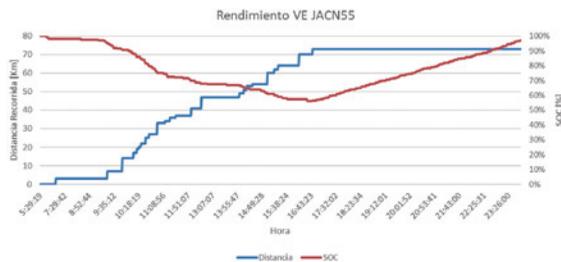


RUTA 2

JAC N55 - 31 de Agosto, 2021



- 
1
- 
6
- 
2.292 kg
- 
301 m



Recorrido	Electrolineras	Costo Total
 Distancia 73 km	 Energía 35 kWh	 Dinero \$3.150
Ahorro [%]		Eficiencia
 Emisiones 47%	 Dinero 51%	 Estimada 2,09 km/kWh

EXPERIENCIA 3

Maxus EV80

Marca	Modelo	Tipo	Capacidad de Carga [kg]	Volumen Carga [m ³]	Autonomía [km]	Tipo de Cargador [AC/DC]
Maxus	EV80	Furgón	1.060	10,5	170	Tipo 2 / CCS2

*Datos del catálogo

Tipo de carga: **Paquetería**
 Empresa operadora: **Transportes Ebenezer Limitada**
 Empresa generadora de carga: **DHL**

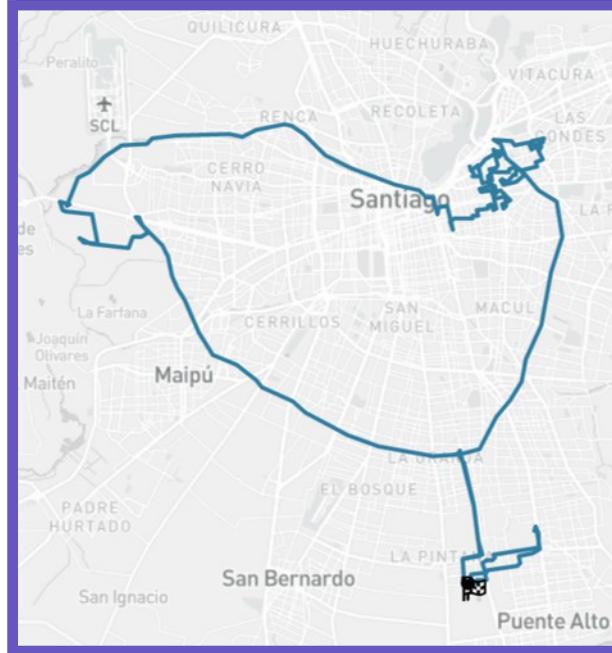
Resumen Total Operación Piloto (21 jornadas)

Recorrido	Consumo	Costo Total
 Distancia 2.880 km	 Energía 950,5 kWh	 Dinero \$85.545
Ahorro (VE vs Convencional)		
 Emisiones 58%	 Dinero \$133.899	 Combustible 313 L



RUTA 3

Maxus EV80 - 05 de Agosto, 2021

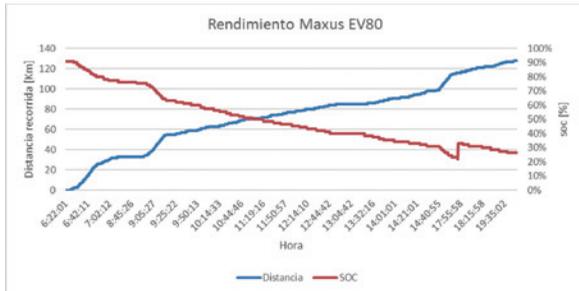


1

37

130 kg

229 m



Recorrido	Electrolineras	Costo Total
Distancia 128 km	Energía 44 kWh	Dinero \$3.960
Ahorro [%]	Eficiencia	
Emisiones 56%	Dinero 59%	Estimada 2,91 km/kWh

EXPERIENCIA 4

Maxus EV30

Marca	Modelo	Tipo	Capacidad de Carga [kg]	Volumen Carga [m ³]	Autonomía [km]	Tipo de Cargador [AC/DC]
Maxus	EV30	Furgón	850	4,8	160	Tipo 2 / CCS2

*Datos del catálogo

Tipo de carga: **Paquetería** (valijas y documentos)
 Empresa operadora: **PENTACROM S.A.**
 Empresa generadora de carga: **PENTACROM S.A.**

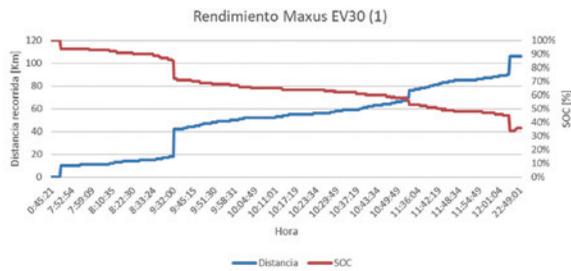
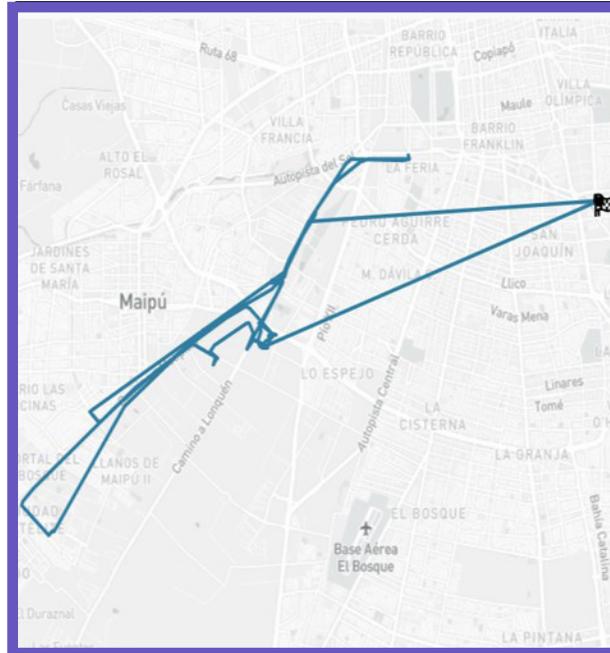
Resumen Total Operación Piloto (25 jornadas)

Recorrido	Consumo	Costo Total
 Distancia 2.137 km	 Energía 512,5 kWh	 Dinero \$46.122
Ahorro (VE vs Convencional)		
 Emisiones 63%	 Dinero \$86.447	 Combustible 189, 1 L



RUTA 4

Maxus EV30 (1) - 10 de Agosto, 2021



<p>Recorrido</p> <p> Distancia 106 km</p>	<p>Electrolineras</p> <p> Energía 23 kWh</p>	<p>Costo Total</p> <p> Dinero \$2.070</p>
<p>Ahorro [%]</p> <p> Emisiones 66%</p>	<p>Dinero 69%</p>	<p>Eficiencia</p> <p> Estimada 4,61 km/kWh</p>

EXPERIENCIA 5

JMC Conquer (1)

Marca	Modelo	Tipo	Capacidad de Carga [kg]	Volumen Carga [m ³]	Autonomía [km]	Tipo de Cargador [AC/DC]
JMC	Conquer	Camión	2.650	18,7	170	- / GBT

*Datos del catálogo

Tipo de carga: **Repuestos automotrices**
 Empresa operadora: **Transportes y Servicios Santa Ines SpA**
 Empresa generadora de carga: **Emasa**

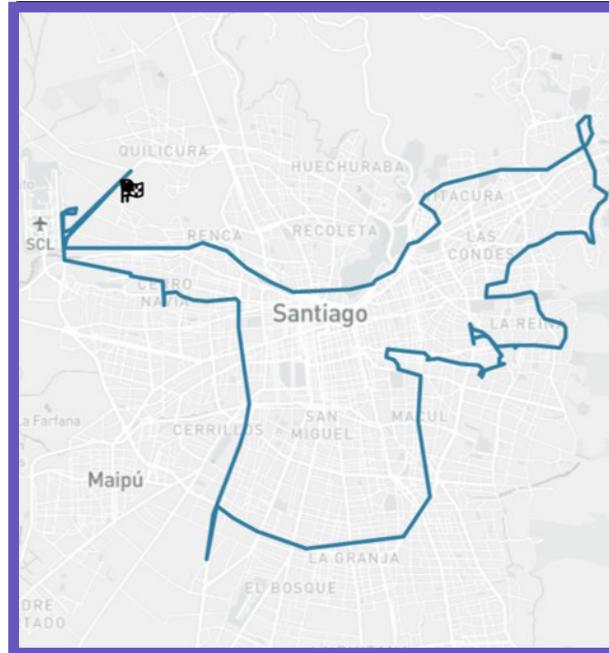
Resumen Total Operación Piloto (6 jornadas)

Recorrido	Consumo	Costo Total
Distancia 783 km	Energía 391,5 kWh	Dinero \$35.235
Ahorro (VE vs Convencional)		
Emisiones 52%	Dinero \$43.177	Combustible 111,9 L



RUTA 5

JMC Conquer (1) - 26 de Agosto, 2021



<p>Recorrido</p> <p> Distancia 140 km</p>	<p>Electrolineras</p> <p> Energía 58 kWh</p>	<p>Costo Total</p> <p> Dinero \$5.220</p>
<p>Ahorro [%]</p> <p> Emisiones 60%</p>	<p>Dinero 63%</p>	<p>Eficiencia</p> <p> Estimada 2,41 km/kWh</p>

EXPERIENCIA 6

JMC Conquer (2)

Marca	Modelo	Tipo	Capacidad de Carga [kg]	Volumen Carga [m ³]	Autonomía [km]	Tipo de Cargador [AC/DC]
JMC	Conquer	Camión	2.650	18,7	170	- / GBT

*Datos del catálogo

Tipo de carga: **Sacos de cemento (pallets con sacos)**
 Empresa operadora: **Melón S.A.**
 Empresa generadora de carga: **Melón S.A.**

Resumen Total Operación Piloto (5 jornadas)

Recorrido	Consumo	Costo Total
Distancia 163 km	Energía 53,6 kWh	Dinero \$4.826
Ahorro (VE vs Convencional)		
Emisiones 68%	Dinero \$11.498	Combustible 23,3 L



EXPERIENCIA 7

Foton E-Aumark

Marca	Modelo	Tipo	Capacidad de Carga [kg]	Volumen Carga [m ³]	Autonomía [km]	Tipo de Cargador [AC/DC]
Foton	E Aumark	Camión	3.440	20	250	GBT / GBT

*Datos del catálogo

Tipo de carga: **Poliestireno expandido** (Plumavit)
 Empresa operadora: **Sociedad de Transportes Hart Limitada**
 Empresa generadora de carga: **Aislapol**

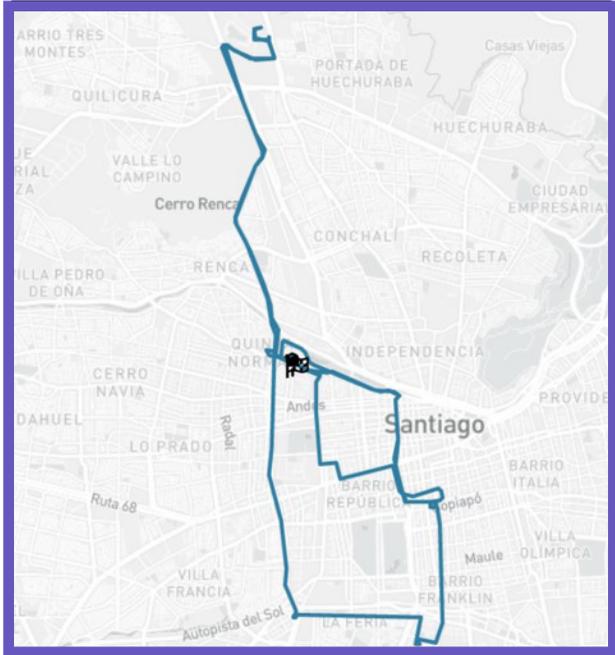
Resumen Total Operación Piloto (10 jornadas)

Recorrido	Consumo	Costo Total
 Distancia 810 km	 Energía 267,3 kWh	 Dinero \$24.059
Ahorro (VE vs Convencional)		
 Emisiones 68%	 Dinero \$57.056	 Combustible 115,7 L



ruta 7

Foton E-Aumark - 08 de Septiembre, 2021



- 
s.i.
- 
1
- 
285 kg
- 
138 m

**Debido a un problema del dispositivo de telemetría, no fue posible obtener todos los datos en esta oportunidad.*



Recorrido	Electrolineras	Costo Total
 Distancia 59 km	 Energía 20 kWh	 Dinero \$1.800
Ahorro [%]	Eficiencia	
 Emisiones 67%	 Dinero 70%	 Estimada 2,95 km/kWh

A continuación, se presenta el resumen asociado a los indicadores asociados a las 7 rutas seleccionadas.

Indicadores Globales 7 Rutas Recorridas Seleccionadas



Distancia recorrida total

714 km totales recorridos en total



Promedio de Eficiencia Estimada

2,76 [km/kWh] en promedio



Ahorro total en emisiones de CO2e

146,7 kg CO2e



Ahorro total en costos

60% ahorro del costo de operación comparado con vehículo a diésel

6.

Experiencias de los Usuarios

Empresa

“Como piloto fue una excelente experiencia, que nos llevó a incluir en nuestra operación el primer camión eléctrico de similares características, ahora vamos por un camión de 10 Toneladas que se acerca más a la realidad de nuestra operación con un producto de alta densidad”.

Conductores

“El camión eléctrico tiene muchas ventajas, es muy cómodo y maniobrable. Con los frenos hay que tener atención ya que frena abruptamente”.

“Vehículo cómodo, ágil, liviano. Lo negativo tiene que ver con los pocos puntos de carga y el tiempo de carga es demasiado en comparación con la carga de petróleo”.

“Fue una buena experiencia por su poco ruido al conducir”.

7.

Aprendizajes de La Experiencia

A través de la Experiencia Electrologística, se logró una verificación efectiva de ahorros de los rendimientos de los VE por medio de la comparación de costo eléctrico versus costo del diésel para igual kilometraje.

A continuación, se presentan los principales aprendizajes seccionados por tópicos para futuros usuarios de VE:

Proceso de carga de la Batería

- La mejor experiencia de usuario, se dio con soluciones de carga dedicada (Cargadores privados), los cuales no tienen tiempos de espera adicionales.
- En particular, utilizar los “tiempos muertos” durante la noche o durante el proceso de carga/descarga logística, es lo óptimo para no sumar tiempos de recarga eléctrica ni viajes en vacío hacia los puntos de suministro.
- La carga pública tiene horarios peak donde se comparte con vehículos livianos, por lo que los tiempos asociados y viajes en vacío pueden aumentar considerablemente, además requieren activación y pago con Tarjetas/App.

Autonomía y experiencia de manejo

- La autonomía de los vehículos utilizados fue suficiente para operación logística urbana regular en Santiago. Considerando suministro eléctrico a través de carga dedicada y carga pública como complemento.
- Los conductores califican de muy buena forma las prestaciones (velocidad, potencia y ruido del motor) que tienen los VE, además de las capacidades logísticas de los VE (kg y m³).

En el marco de futuras experiencias de esta índole, se reporta los siguientes aprendizajes:

Mediciones de Telemetría

- Se requiere un monitoreo activo de los sensores para asegurar la calidad de los datos, debido a que la tecnología de telemetría para los VE aún sigue en desarrollo y la baja estandarización en las integraciones sensores - ECM (Engine Control Module).
- Para poder contar con los registros de desempeño de los vehículos en cuanto a las cargas logísticas, se requiere generar un complemento con información directa de la empresa, como por ejemplo para el caso de las toneladas transportadas (lo que se denominó como “bitácora de viajes”).
- Se debe realizar un análisis posterior de los datos obtenidos (altimetría, AC, Carga kg), para generar evidencia para posibles usuarios o compradores de los VE.



8.

Palabras finales y principales desafíos

La Primera Experiencia Electrologística en la Región Metropolitana de Santiago de Chile el 2021 fue un primer paso para demostrar que es posible reunir a distintos actores en un propósito común, que es conocer nuevas tecnologías de primera fuente, capturar información, y ponerla a disposición para quienes lo requieran y tengan interés en cambiar su matriz logística y un tipo de energía que apuntan a la reducción de emisiones y contaminantes.

Dentro de los principales desafíos para una próxima experiencia se consideran los siguientes aspectos:

- Incorporación de la academia en la Experiencia, de modo de ir revisando los datos y que tengan un fin de investigación y desarrollo en paralelo.

- Incorporar mayor variedad de camiones eléctricos (camiones pesados), para dar distintas perspectivas de uso de estas tecnologías para transportistas y generadores de carga.
- Replicar la experiencia en otras condiciones, principalmente en otras ciudades de Chile, de forma de transmitir los conocimientos asociados.

Se espera que estos aprendizajes sean abordados más adelante, para poder replicar colaboraciones público-privadas que activen los distintos sectores del mundo logístico.

Una Logica sostenible es posible



9.

Bibliografía y Glosario

Bibliografía

- [1] Ministerio de Energía, «Estrategia de Electromovilidad,» Santiago, Chile, 2021.
- [2] Smart Freight Centre, «Developing a Sustainable Urban Freight Plan – a review of good practices,» Amsterdam, Netherlands, 2017.
- [3] Comisión Nacional de Energía, «Energía Abierta,»
- [4] Ministerio de Energía, «Indicadores Ambientales - Factor de emisiones GEI del Sistema Eléctrico Nacional,»
- [5] Ministerio de Energía, «Plataforma de Electromovilidad,»
- [6] F. Basaure, «Evaluación de factibilidad técnica-económica de camiones eléctricos para uso en logística de última milla,» Universidad de Chile, Santiago, 2021.
- [7] AgenciaSE, «Guía de infraestructura de carga pública: Apoyo para la toma de decisiones en etapas tempranas de la electromovilidad,» Santiago, Chile, 2022.
- [8] Superintendencia de Electricidad y Combustible, «Pliego Técnico Normativo RIC N°15,» Santiago, Chile, 2020.
- [9] Ministerio de Energía, «Plataforma de Electromovilidad,»
- [10] ENEL X, «The Different EV Charging Connector Types,» 2019.

Glosario

- **AgenciaSE:** Agencia Chilena de Eficiencia Energética también conocida como Agencia de Sostenibilidad Energética.
- **Empresa de transporte:** Empresa que entrega servicio de distribución de productos de empresa generadora de carga.
- **Empresa generadora de carga o Empresa productiva:** Empresa que produce y/o vende productos y requiere distribuirlos. Esta distribución puede realizarla con flota propia o contratar el servicio de distribución de productos.
- **ERNC:** Energías Renovables No Convencionales.
- **GEI:** Gases de Efecto Invernadero.
- **IRVE:** Infraestructura de recarga de vehículos eléctricos
- **MTT:** Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.
- **SAVE:** Sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico.
- **SEN:** Sistema Eléctrico Nacional.
- **SOC:** Estado de Carga (State of charge, en inglés).
- **VCI:** Vehículo a Combustión Interna.
- **VE:** Vehículo Eléctrico.
- **Vehículo motorizado mediano:** todo vehículo motorizado destinado al transporte de personas o carga, por calles y caminos y que tiene un peso bruto vehicular igual o superior a 2.700 kg. e inferior a 3.860 kg.
- **Vehículo motorizado pesado:** vehículo motorizado destinado al transporte de personas o carga, por calles y caminos, y que tiene un peso bruto vehicular igual o superior a 3.860 kg.
- **Vehículos comerciales:** son aquellos vehículos que suelen llevar remolques o semirremolques. Normalmente se emplean para el transporte de personas o mercancías. Este grupo lo componen: camiones, trenes de carretera, autobuses, camiones articulados y vehículos especiales.

Agradecimientos a quienes hicieron posible Electrologística

Entidades participantes



TRANSPORTES EBENEZER LTDA.



Empresas de telemetría

Empresas de energía

Cargadores privados

GEOTAB

eTrans

MOVIA

enel x



COPEC VOLTEX

WP VIVIPRA

VOLTERA

Empresas proveedores de vehículos





electro
LOGÍSTICA

