

www.electrologistica.cl/



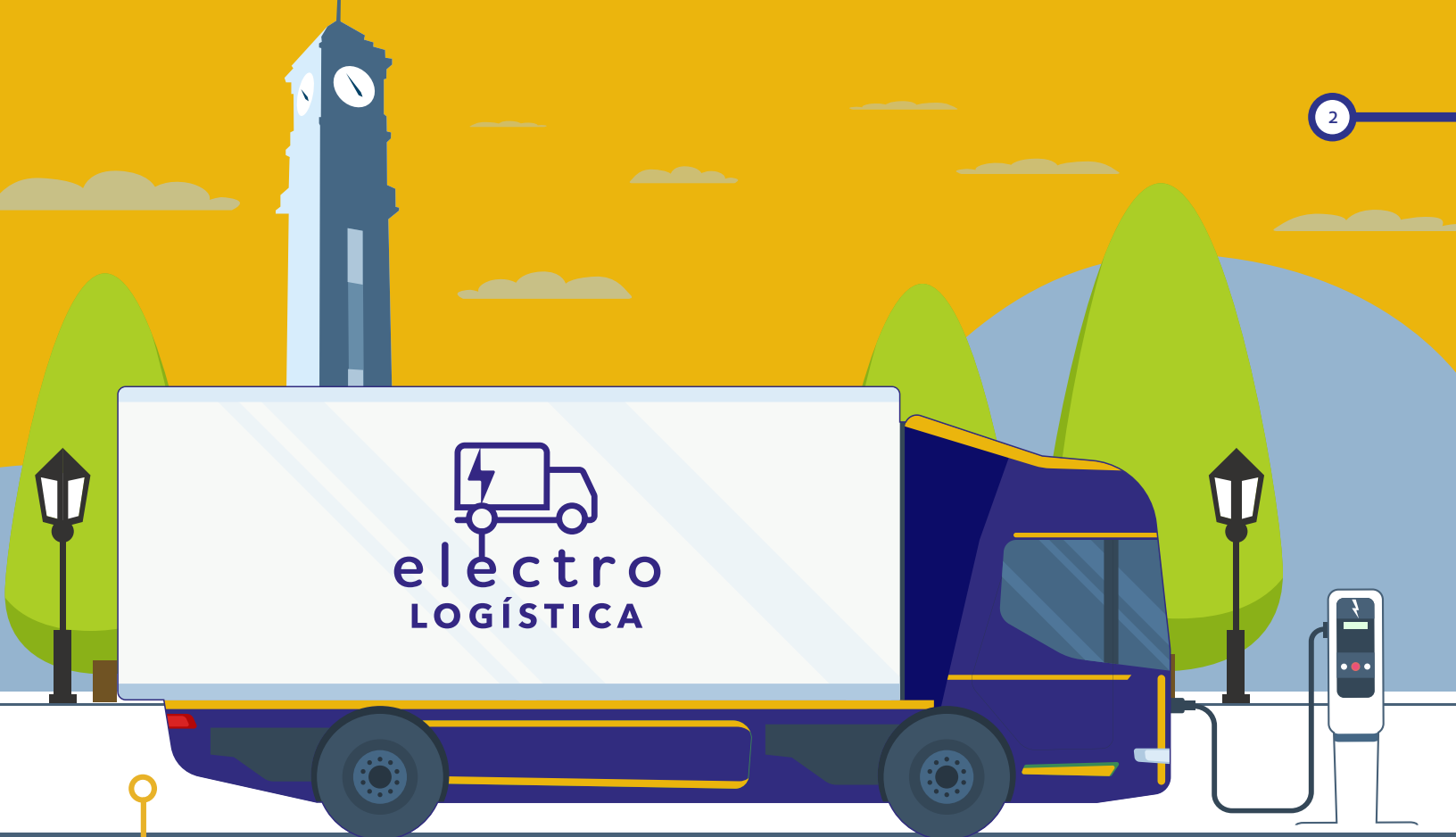
Guía de Electrologística 2 «

Segunda Experiencia Electrologística
(Provincia de Concepción – Chile)



» www.observatoriologistico.cl/





La Guía de Electrologística 2 se basa en la experiencia que se llevó a cabo en la región del Bío Bío, específicamente en la provincia de Concepción, durante noviembre del 2022. Esta guía fue desarrollada por la Fundación Conecta Logística y el Programa de Desarrollo Logístico del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones con el apoyo del Ministerio de Energía 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

- Carlos Ávila Gorostiaga
- Mauricio Casanova Galli
- Mabel Leva Henríquez
- Nicolás Lozano Pefaur
- Javier Rivera Briones
- Cristóbal Spoerer Hermanns

MINISTERIO DE ENERGÍA

- Marcelo Padilla Valdes
- Armando Pérez Pereira

AGENCIA DE SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA

- Luz Ubilla Bórquez
- Cristóbal Muñoz
- Víctor Toro Lara
- Matías Vera Zurita

DISEÑO GRÁFICO

- Marco Valdés Paillaqueo

Fecha de publicación: 3 de octubre de 2023.



Presentación

Durante los últimos años en Chile se han creado distintas instancias gubernamentales que buscan fomentar el uso de energías limpias en el transporte de carga, en particular el uso de energía eléctrica. Entre ellas destacan la Estrategia Nacional de Electromovilidad y el Acuerdo Público Privado por la Electromovilidad. La Estrategia Nacional de Electromovilidad busca acelerar el desarrollo de la electromovilidad en Chile con metas ambiciosas, donde el objetivo principal es que al 2035 las nuevas incorporaciones de vehículos sean cero emisiones en los siguientes segmentos: 100% de ventas de vehículos livianos y medianos, el 100% de las ventas de transporte público (buses, taxis y colectivos) y el 100% de las ventas de maquinaria móvil mayor. Para el año 2040 se establece que el 100% de las ventas de maquinaria móvil menor serán cero emisiones. Y para el 2045, el 100% de las ventas de transporte de carga y buses interurbanos serán cero emisiones [1].

Con el fin de avanzar en el cumplimiento de estas metas, en el año 2022 se publicó una nueva versión del Acuerdo por la Electromovilidad, en donde 142 actores firmaron su compromiso para desarrollar acciones y proyectos que contribuyan a implementar en Chile la movilidad eléctrica y promover este cambio en el transporte nacional. Así, las mencionadas iniciativas se encuentran en concordancia con las acciones necesarias para cumplir con los compromisos adquiridos por Chile en la Contribución Determinada a Nivel Na-

cional (NDC, por sus siglas en inglés) y lo propuesto en Estrategia Climática de Largo Plazo [2], los cuales buscan que el transporte de carga transite hacia una operación cero emisiones.

En este contexto, se destaca la iniciativa Experiencia Electrologística, un proyecto público-privado que busca fomentar el uso de vehículos eléctricos (VE) en la logística urbana, mediante la recopilación y divulgación de datos reales de su operación con el fin de ayudar a los interesados en adoptar la electromovilidad en este segmento.

Este documento comparte los resultados y lecciones aprendidas durante la implementación de la segunda versión de la Experiencia Electrologística, realizada en la Región del Bío Bío, Provincia de Concepción, Chile. La Guía de Electrologística 2 busca mostrar el conocimiento adquirido sobre los beneficios de la electromovilidad en el sector de transporte de carga de última milla, y entrega información de operación real de vehículos eléctricos para que más organizaciones conozcan y se involucren en el uso de este tipo de tecnología. El documento incluye una introducción a los conceptos clave de la electromovilidad para este tipo de flotas, una descripción detallada de la Experiencia Electrologística en Concepción, sus resultados, las experiencias de los usuarios, y finalmente, se presentan los desafíos a considerar para futuras iniciativas y adopción de la electromovilidad en el transporte de carga en Chile.

CONTENIDO



- 1 **Introducción**
- 2 **Vehículos eléctricos para el transporte de carga**
- 3 **Infraestructura de carga eléctrica y tiempos de carga**
- 4 **Experiencia Electrologística Concepción**
- 5 **Resultados Experiencia Electrologística Concepción**
- 6 **Aprendizajes Experiencia Electrologística Concepción**
- 7 **Bibliografía, glosario y agradecimientos**



1

Introducción

El sector transporte aporta un 25,5% del total de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del país [3]. Dentro de esta clasificación, se incluye la logística o transporte de carga. La logística es una parte crucial para el desarrollo y crecimiento de un país, ya que hace posible el traslado de bienes desde su origen hasta su destino final. En específico el transporte carretero de carga en Chile es responsable del 11% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Chile según datos de la EPA del 2020 [4], lo que entrega una importante oportunidad a los tomadores de decisiones para avanzar en la carbono neutralidad por medio de la electromovilidad.

A nivel público, en Chile existen diversos organismos que están asociados a la electromovilidad y al transporte de carga. El principal se asocia al Programa de Desarrollo Logístico (PDL) del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), que tiene como objetivo aumentar la competitividad de los distintos modos de transporte de carga, modernizando el marco regulatorio e institucional de los sectores marítimo portuario, ferroviario y camionero. Asimismo, la Agencia de Sostenibilidad Energética (AgenciaSE), cuyo rol es promover, fortalecer y consolidar el uso eficiente de la energía a nivel nacional, contribuyendo al desarrollo competitivo y sustentable del país, a través del Programa Giro Limpio, promueve la sostenibilidad del transporte de carga terrestre. Por otra parte, el Ministerio de Energía (MEN) se encarga de disponer de energía

limpia, confiable, sustentable, y a precios razonables, mediante una matriz energética diversificada, que garantice el desarrollo económico y social del país, respetando el medio ambiente, y fomentando la participación de la ciudadanía en el ámbito local, regional y nacional. Mientras que la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) busca mejorar la competitividad y la diversificación productiva en Chile a través de la inversión, la innovación y el emprendimiento, con el fin de fortalecer el capital humano y las capacidades tecnológicas para alcanzar el desarrollo sostenible y equilibrado en todo el territorio.

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 PDL del MTT, y es apoyada por CORFO y el mundo privado. Dentro de sus áreas de trabajo se encuentra la de Innovación y Prospectiva, la cual busca fomentar la sostenibilidad en el sector logístico y ha impulsado el fomento a la electromovilidad en el sector. Así, en este contexto, la Fundación lidera la iniciativa denominada "Experiencia Electrologística". Con el fin de gestionar el conocimiento generado, en esta oportunidad, se presenta esta nueva Guía Electrologística 2, la cual aborda los conocimientos adquiridos en esta Experiencia en la provincia de Concepción.

2

Vehículos eléctricos

para el transporte de carga

La electrificación se ha convertido en un camino atractivo para la descarbonización de las flotas en el transporte de carga. Según datos de la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA), ha destacado el notable aumento en la producción de energías renovable, en específico, la capacidad generación de energía solar se situó a la cabeza con un incremento de 19 por ciento, seguida de la energía eólica, cuya capacidad de generación se incrementó en un 13% [5]. Así, la electromovilidad aplicada al transporte de carga se vislumbra como una posibilidad de minimizar las emisiones contaminantes del sector logístico, buscando cumplir los objetivos ambientales y económicos relacionados al desafío de la descarbonización.

¿Qué tipo de VE existen?

En la actualidad, es posible encontrar variados tipos de clasificaciones de VE para el transporte de mercancías. Esta puede ser muy amplia y varía según cada país. Los factores son diversos tales como tamaño, capacidad de carga, peso, entre otros. De acuerdo a la clasificación del MTT, los VE se agrupan en las siguientes categorías:

Vehículos livianos

Son todos aquellos vehículos con un peso bruto de menos de 2.700 kilogramos [6].

Vehículo mediano

Vehículos motorizado destinado al transporte de personas o carga, por calles y caminos, que tiene un peso bruto vehicular igual o superior a 2.700 kilogramos e inferior a 3.860 kilogramos [7].

Vehículo 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 kilogramos [8].

¿Cuáles son los beneficios de un VE?

LOS BENEFICIOS DE UTILIZAR UN VE SON LOS SIGUIENTES [9]:

Emisiones



Distintos estudios han demostrado que los VE emiten efectivamente menos gases de efecto invernadero que los autos con motores de combustión interna.

Acústica



Los VE son significativamente más silenciosos, en comparación con un vehículo diésel convencional.

Regeneración de freno [10]



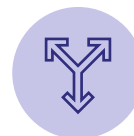
La tecnología de frenado regenerativo captura la energía creada por el proceso de frenado en el sistema en forma de carga de la batería para su uso posterior.

Menor cantidad de mantenencias



Debido a que tienen menor cantidad de partes móviles, la frecuencia requerida de mantención es menor en los VE en comparación con uno convencional.

Diversificación energética



La electromovilidad permite que la fuente energética que utilizan los vehículos sea menos dependiente de los combustibles fósiles, ya que en la generación eléctrica existen otras posibilidades como las energías renovables.

Mayor eficiencia energética



Un motor eléctrico es más eficiente que uno convencional implicando que para una determinada cantidad de mercancía transportada se utilice menor cantidad de energía.

CONSIDERACIONES AL SUMARSE A LA ELECTROMOVILIDAD A NIVEL TÉCNICO Y OPERACIONALES:

Capacidad de batería



Es relevante considerar la capacidad de batería del VE con el fin de obtener estimaciones de tiempos de carga eléctrica y autonomía del VE.

Infraestructura de carga eléctrica



Se debe evaluar la disponibilidad de la infraestructura de carga eléctrica en la zona de operación y asegurar que sea adecuada para el VE, tanto en voltaje máximo de carga como en la interfaz de conexión.

Rango de autonomía



Es conveniente verificar que el VE tenga una autonomía suficiente para cumplir con las necesidades de la operación logística.

Tiempo de carga eléctrica



Es fundamental analizar el impacto del tiempo de recarga eléctrica de los VE para planificación de ruta, el cual se encuentra en función de la potencia de carga, la capacidad de batería y la infraestructura de carga eléctrica.

¿Cuáles son las precauciones que debo tener cuando uso un VE?

Los VE representan una tecnología diferente en comparación con los motores de combustión interna. Esto significa que pueden presentarse nuevas consideraciones al operar y/o manipular un VE por primera vez, entre las cuales se destacan:



1

Protección contra el contacto directo:

El sistema de tracción eléctrica se encuentra protegido contra el contacto directo de personas dentro o fuera del vehículo, mediante aislamiento (siempre revestidas de un color anaranjado) o posición inaccesible, por lo que se debe tomar precaución de no manipularlas para evitar la electrocución.



2

Advertencia de activación del sistema:

Un VE, en la mayoría de los casos, es completamente silencioso. Para evitar el movimiento debido a la activación involuntaria del circuito de tracción, se debe tener especial atención al dispositivo de advertencia en el VE.



3

Remolcamiento de un VE:

Se advierte que remolcar un VE podría tener un impacto en algunos de sus sistemas, por ejemplo, se debe evitar que las ruedas no se encuentren en contacto con el suelo. Se advierte que pudiesen existir impactos en los sistemas del VE al ser remolcados de manera tradicional, como generalmente se hace con un vehículo convencional. Específicamente, se debe evitar que la ruedas se encuentren en contacto con el suelo al remolcar el VE, dado que estas girarán y provocarían regeneración de energía.

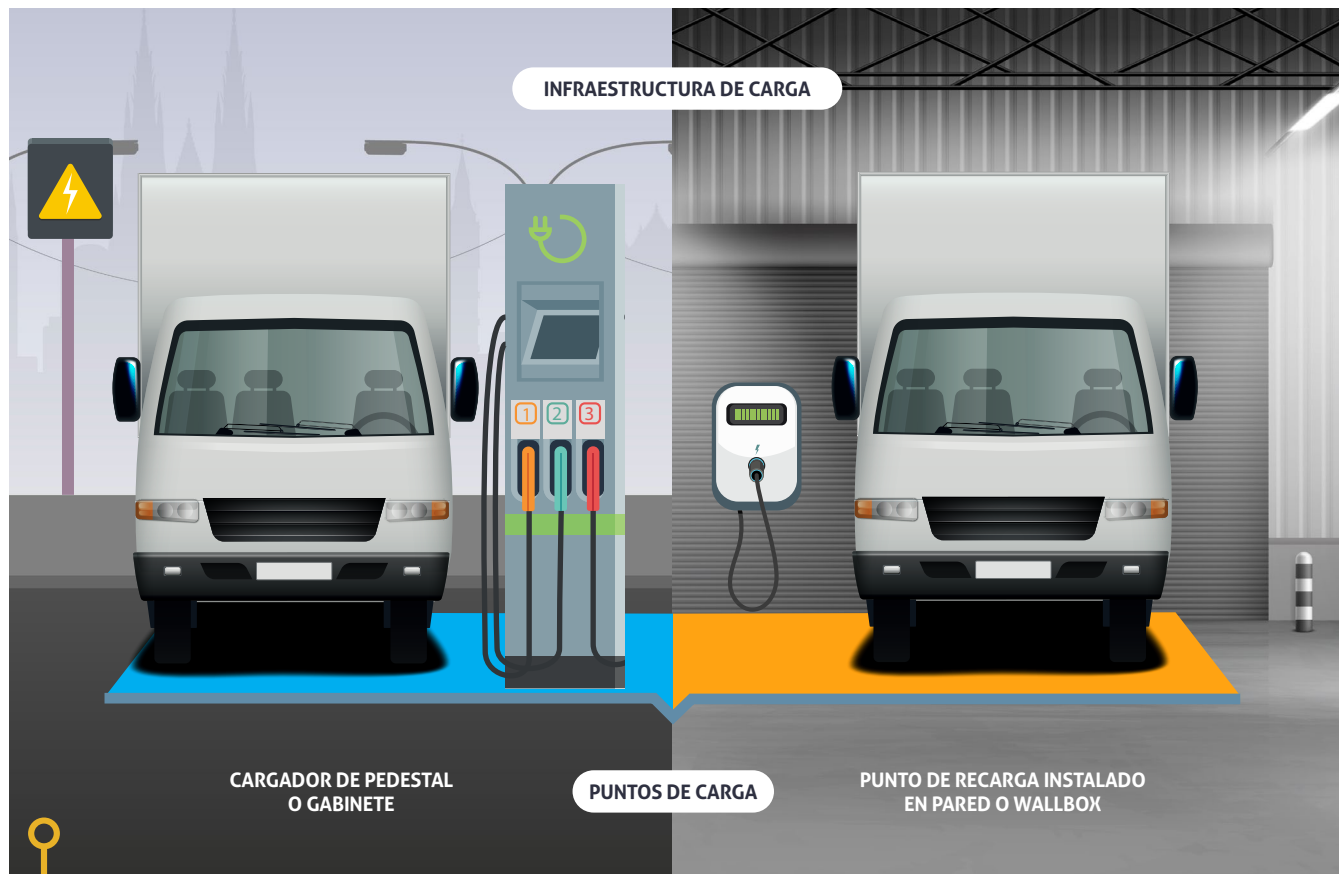
3

Infraestructura de carga eléctrica y tiempos de carga

Conceptos básicos de una batería y su proceso de carga eléctrica

La Infraestructura de Carga (IC) corresponde al conjunto de dispositivos destinados a la recarga eléctrica de un VE. En primer lugar, se debe entender los principios de recarga de una batería eléctrica convencional. Una batería almacena energía para poder emplearla cuando sea necesario, pudiendo repetir estos procesos de almacenamiento y entrega de energía un número determinado de veces. Normalmente, si la batería no admite más de un proceso de carga y descarga se le conoce como pila, mientras que si admite una cantidad deter-

minada de cargas y descargas se habla de baterías. Los distintos tipos de baterías que se emplean en la actualidad tienen diferentes características que son esenciales para entender la autonomía de los VE y su manera de cargar, considerando los parámetros básicos de estas: los ciclos, el voltaje, la capacidad y el rendimiento. En este sentido, se recomienda estar informado sobre la IC disponible a nivel nacional, así como de los tipos y definiciones de los cargadores y los modos de carga, incluyendo sus parámetros y tiempos de carga.



En la figura se muestran dos tipos de cargadores: de pedestal o gabinete (izquierda), y punto de recarga instalado en pared o wallbox (derecha), como también las ubicaciones de los conectores.



En las imágenes se observa el uso de cargadores portátiles para cargar eléctricamente los vehículos

Infraestructura de carga e instalación de cargadores de VE

La instalación de cargadores para suministrar energía a los VEs es una parte fundamental de la infraestructura de carga necesaria para migrar a la movilidad eléctrica. Al tomar la decisión de adquirir un VE, se debe considerar el sistema de carga que se utilizará para operarlo. La elección del cargador tiene implicaciones en el proceso y costo de operación, incluyendo el esquema de carga, disponibilidad del VE, costo de instalación, y eventuales

obras necesarias a ejecutar. Para instalar un cargador de manera adecuada, es necesario seguir ciertos pasos que serán evaluados y llevados a cabo por un electricista autorizado por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), según lo que propone el Ministerio de Energía. A continuación, se presentan los pasos esenciales que se deben seguir para poder instalar y operar un cargador de VE de manera eficiente.

1 ASESORAMIENTO PARA INSTALACIÓN

En primer lugar, se recomienda definir la potencia mínima del cargador a partir del rendimiento del VE seleccionado y el nivel de actividad diario [km/día], de acuerdo a los siguientes cálculos:

$$1. \text{Energía de recorrido [kWh]} = \left(\frac{\text{nivel de actividad diario [km]}}{\text{rendimiento del vehículo} \left[\frac{\text{km}}{\text{kWh}} \right]} \right)$$

$$2. \text{Calcular potencia mínima del cargador [kW]} = \left(\frac{\text{energía del recorrido [kWh]}}{\text{tiempo disponible carga [h]} \right) \times 1,2 \text{ (pérdidas instalaciones y equipos)}$$

NOTA: Si se desea alimentar una flota de vehículos eléctricos, es necesario repetir el proceso de cálculo de potencia requerida para cada uno de ellos y sumar para conocer el total de potencia necesaria. Cabe destacar que el ponderador de 1,2 corresponde a una corrección para considerar pérdidas de energía asociada a las instalaciones y equipos.

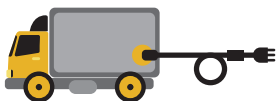
2 DEFINIR CARGADOR: CONECTOR Y MODO DE CARGA

Una vez que se ha definido la potencia mínima necesaria, se debe buscar un cargador que tenga una potencia adecuada para cubrir las necesidades de carga del VE. Asimismo, al seleccionar el cargador es necesario considerar que el tipo de conector sea compatible con el vehículo, y además, es importante definir un modo de carga, el cual dependerá de los requerimientos operacionales específicos AC o DC.

TIPO

REQUERIMIENTOS PARA INSTALACIÓN

MODO 1



No es recomendable por la incertidumbre de calidad y estado de la instalación eléctrica desde donde será tomada la energía. No permitida por seguridad para VE, pliego 15 de SEC. Modo no autorizado en Chile.

MODO 2



Instalación no dedicada. Cable de carga con protección y control incorporada. La carga ocurre en corriente alterna (AC) a 2,2 kW, conectándose directamente a un enchufe común.

MODO 3



Instalación dedicada con conversión AC/DC interna en el VE. La carga ocurre en corriente alterna a una potencia de hasta 44 kW.

MODO 4



Instalación dedicada con conversión AC/DC externa al VE. La carga se realiza en corriente continua (DC) a una potencia de 50 kW o más y un alto nivel de control de carga. También se puede realizar la carga con cargadores portátiles en DC de 15 kW.

3 VERIFICACIÓN DEL EMPALME ELÉCTRICO

Proceso en el cual se compara la potencia de recarga junto con la demanda de energía actual con la capacidad del empalme eléctrico de la industria o emplazamiento. Básicamente, consiste en verificar si el sistema eléctrico es capaz de soportar la carga adicional que requiere la recarga del VE, y si es necesario realizar algún tipo de adaptación o mejora en la instalación eléctrica.

Así mismo es importante tener presente aquellos componentes que conforman la infraestructura existente de un sistema. Lo anterior hace énfasis en los elementos o partes que podrían componer e integrar la infraestructura de un sistema.


a

Potencia de empalme

es la potencia eléctrica máxima que tiene la instalación de una industria.

b

Demanda de potencia existente

es la potencia eléctrica de los equipos eléctricos de una industria.

c

Potencia de recarga

es la potencia eléctrica del cargador al alimentar el vehículo.

4 POTENCIA DE EMPALME INSUFICIENTE

En caso de que el empalme eléctrico no tuviese la potencia necesaria para cargar un VE, es posible que sea necesario realizar algunas intervenciones en la instalación eléctrica para poder satisfacer los requerimientos de carga del vehículo. Esto podría incluir el aumento de potencia de la subestación eléctrica, la instalación de un nuevo circuito eléctrico, o la adaptación de la infraestructura existente para soportar la carga adicional.

La carga de un VE requiere una cantidad significativa de energía eléctrica, por lo que se debe evaluar cuidadosamente la capacidad del sistema eléctrico existente antes de proceder con la instalación de un cargador.

Solicitar un empalme nuevo

Para poder soportar la potencia del cargador de vehículos eléctricos, se instala un nuevo empalme eléctrico con una capacidad adecuada. Además, se incorpora un medidor de consumo independiente que permite llevar un control preciso de la energía eléctrica que se utiliza para la carga del vehículo. De esta manera, se asegura que la instalación eléctrica cumpla con los requerimientos necesarios para garantizar una carga eficiente y segura del vehículo eléctrico.

1

Ampliar capacidad del empalme existente

Para permitir la carga de un vehículo eléctrico, se necesita aumentar la capacidad del empalme eléctrico mediante una intervención para que pueda soportar la potencia requerida por el cargador.

2

3

Instalar un sistema de gestión de carga

Un sistema de carga para VE permite seleccionar horarios de recarga convenientes (por tarifas) y limitar el consumo para evitar sobrecargas en el empalme eléctrico. También se puede ajustar la potencia de carga de acuerdo con las necesidades reales del vehículo eléctrico.

4

Utilizar el empalme existente

Requerimientos para instalar un cargador de vehículo eléctrico sin modificar el empalme eléctrico existente:

- Circuito exclusivo para la instalación del cargador
- Circuito exclusivo para la toma de corriente del cargador de viaje

Beneficios de esta solución:

- Proporciona una carga segura y eficiente del VE
- No requiere modificar la infraestructura eléctrica existente

5 NORMAS TÉCNICAS PARA TRAMITAR LA INSTALACIÓN DE UN CARGADOR [11]:

Se debe cumplir con la norma técnica de calidad de servicio para sistemas de distribución vigente, lo cual incluye solicitud a empresa de distribución respectiva, el diseño y requerimientos del Pliego Técnico Normativo N° 15 Electromovilidad (o normativa legal vigente) y declaración de la instalación ante SEC.

Tiempos de carga

El tiempo de carga de una batería depende de varios factores, como la potencia del cargador, la capacidad de almacenamiento de energía de la batería y el tipo de cargador utilizado [12]. Se pueden establecer tiempos de carga variables en función de la potencia de los cargadores, considerando la capacidad de almacenamiento de energía de las baterías como un factor constante. Los cargadores lentos son los más adecuados para cargas durante la noche o en periodos de tiempo más largos, mientras que los cargadores ultra rápidos son ideales para situaciones en ruta u operaciones que tienen menos ventanas para este proceso generalmente. En la siguiente tabla se muestran las combinaciones de los factores mencionados anteriormente y el tiempo de carga estimado para cada caso:

POTENCIA DISPONIBLE EN EL CARGADOR

Batería (kWh)	Potencia de cargadores (kW)							
	2,2	3,5	7	11	22	43	50	75
24	8,7 h	5,5 h	2,7 h	1,7 h	52,4 min	26,8 min	23,04 min	6,6 min
30	10,9 h	6,9 h	3,4 h	2,2	1,1 h	33,5 min	28,8 min	8,2 min
40	14,5 h	9,1 h	4,6 h	2,9 h	1,5 h	44,7 min	38,4 min	11,0 min
53	19,3 h	12,1 h	6,1 h	3,9 h	1,9 h	59,2 min	50,9 min	14,5 min
85	30,9 h	19,4 h	9,7 h	6,2 h	3,1 h	1,6 h	1,3 h	23,3 min
90	32,7 h	20,6 h	10,3 h	6,5 h	3,3 h	1,7 h	1,4 h	24,7 min



4

Experiencia *Electrológica Concepción*

La Experiencia Electrologística es una iniciativa público-privada cuyo propósito es fomentar el uso de VE para la logística urbana y capturar datos de su operación con el fin de generar información para ayudar en la toma de decisiones a organizaciones interesadas a sumarse a la electromovilidad. Su objetivo es promover el uso de VE en diversos contextos de distribución de carga en áreas urbanas, obteniendo y ofreciendo información de las operaciones de los VE mediante sensores ubicados en los mismos. Además, se obtienen registros de carga y descarga de las mercancías (a partir de registros manuales).

Esta iniciativa es articulada por la Fundación Conecta Logística, apoyada por CORFO, el PDL del MTT, el Ministerio de Energía y la Agencia de Sostenibilidad Energética a través del Programa Giro Limpio. La Experiencia Electrologística versión 2022 fue posible gracias al compromiso y apoyo de proveedores de vehículos de distribución urbana eléctricos, empresas de energía, empresas de telemetría, empresas de infraestructura de carga eléctrica y la municipalidad de Concepción. La Fundación Conecta Logística, en conjunto con los actores anteriormente mencionados, generaron la primera experiencia Electrologística en

Santiago en el 2021, cuyos resultados se encuentran en el documento “Guía de Electrologística” (disponible en www.electrologistica.cl). Dados los satisfactorios resultados de la Experiencia realizada en el 2021, Conecta Logística articuló al ecosistema electrologístico generado para buscar un nuevo lugar desafiante para explorar y obtener nueva información de VE en el transporte de carga urbana. En este contexto, se tomó la decisión de realizar una nueva Experiencia en la provincia de Concepción. Esta región, ubicada en la zona centro sur de Chile, tiene como capital a la ciudad de Concepción, que se ubica a 519 kilómetros de la capital nacional, Santiago. Luego de Santiago, la metrópolis de Concepción es el segundo conglomerado urbano más grande de Chile [13], además concentra importantes actividades económicas.

Así durante el mes de noviembre de 2022, operaron tres camiones eléctricos y un furgón eléctrico en la Provincia de Concepción. Estos vehículos se monitorearon a través de sensores de telemetría, lo que permitió recopilar datos valiosos sobre su operación. La información sobre la experiencia realizada en Concepción se encuentra disponible en línea de forma gratuita en el sitio web www.observatoriologistico.cl.

Proceso selección beneficiados

Para lograr los objetivos descritos anteriormente, se realizó una invitación pública para las empresas generadoras de carga o empresas de transporte que presentaran las siguientes características:

- a. Sean generadoras de carga** o empresas de transporte que contaran con patrocinio de un generador de carga.
- b. Realicen operaciones de distribución** en la Provincia de Concepción.
- c. Disponer** al menos de 2 conductores con licencia clase A4 o A5. En el caso del furgón, fue requisito mínimo contar con licencia clase B.

Las postulaciones calificadas como admisibles, fueron evaluadas, de acuerdo con los criterios establecidos en las bases de la convocatoria, por una comisión evaluadora conformada por un miembro de la Fundación Conecta Logística, un miembro del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, un miembro del Ministerio de Energía, y un miembro de la Agencia de Sostenibilidad Energética.

Como resultado de este proceso Brumag (patrocinada por Nestlé), Transportes Juan Carlos Pino (patrocinada por CCU), E-Mov (patrocinada por Falabella) y Chilexpress, fueron las empresas adjudicadas para utilizar gratuitamente durante cuatro semanas los VE y conocer de primera fuente los beneficios de la electromovilidad.

Actores involucrados

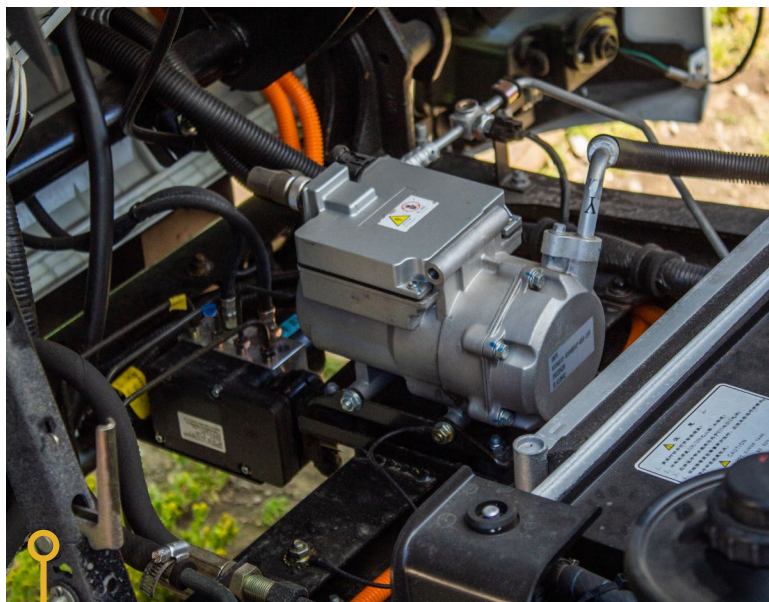
Los actores involucrados en la Experiencia Electrologística versión 2022 fueron los siguientes:

ACTOR	COLABORACIÓN	ORGANIZACIONES ENCARGADAS
Proveedores de vehículos	<ul style="list-style-type: none"> Disponibilización gratuita de vehículos Capacitación al conductor 	Andes Motors, Dercomaq, Indumotora
Distribuidoras de energía	<ul style="list-style-type: none"> Acceso gratuito a cargadores eléctricos compatibles Acceso a cargadores públicos de carga en estaciones de servicio 	Copec Voltex, Enel X Way
Cargadores privados	<ul style="list-style-type: none"> Acceso gratuito a cargadores eléctricos privados compatibles 	Thunder
Empresas de telemetría	<ul style="list-style-type: none"> Instalación de sensores de telemetría y monitoreo de la operación de VE y sistemas de carga 	Tracktec, eTrans, Movia, Geotab
Sector público y organizaciones público-privada-academia	<ul style="list-style-type: none"> Organización de la Experiencia Electrologística Análisis de datos y publicación de información en www.observatoriologistico.cl 	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; y Conecta Logística
	<ul style="list-style-type: none"> Apoyo con retroalimentación enfocada a la eficiencia energética en el sector Apoyo en revisión de postulaciones Apoyo en revisión de documentos publicables 	Ministerio de Energía y Agencia de Sostenibilidad Energética a través del programa Giro Limpio
	<ul style="list-style-type: none"> Disponibilización de estacionamientos prioritarios para facilitar operaciones 	Municipalidad de Concepción
Otras empresas colaboradoras	<ul style="list-style-type: none"> Servicios para aportar en la eficiencia de las rutas de operación de los vehículos eléctricos de carga 	Simpliroute, TKontrol

Programa de Inducción

Previo al desarrollo de la Experiencia se realizó un programa de capacitación mediante un proceso participativo en conjunto con los conductores y cada empresa proveedora de VE, con el objetivo de que los conductores comprendan la composición estructural interna y externa de los VE. Esta acción contribuyó a fortalecer la formación del capital humano en la conducción eficiente de los VE. Lo anterior incluyó la adquisición de nuevos conocimientos fundamentales sobre las normas y señales, habilidades o aptitudes para manejar un VE y comportamientos seguros al conducir. De esta instancia, se destacan los siguientes tópicos a recalcar para realizar la operación segura de un VE:

- 1. Diferencias entre VE:** La composición de los VEs entre sí puede ser muy similar, pero el funcionamiento interno del sistema varía en función de los vehículos de cada proveedor (el tipo de cargador que utiliza es un ejemplo).
- 2. Estructura de un VE:** Conocer la disposición y distribución de los componentes de un VE, los cuales podrían variar en algunos casos, por ejemplo, en la parte frontal de los VE no se encuentran las baterías, sino que estas se encuentran posicionadas en la parte céntrica de los vehículos.
- 3. Mantenimiento diario:** El mantenimiento de un VE incluye la carga regular de la batería, el mantenimiento adecuado de los neumáticos, la revisión de los frenos y la suspensión, el cierre del sistema de aire acondicionado.
- 4. Consejos para mejorar el rendimiento:** Para un mejor aprovechamiento del potencial del VE, se recomienda el uso de técnicas de conducción eficientes, la planificación de rutas eficientes y el mantenimiento regular del VE.



En las imágenes se muestran parte de las etapas del proceso de inducción a los conductores, las cuales se enfocan en la familiarización con el sistema de carga eléctrica, precauciones de seguridad necesarias y los componentes asociados.

Estacionamientos prioritarios

En la experiencia se generaron incentivos no monetarios para facilitar la operación de los VEs, los cuales pueden ser muy efectivos para motivar a las organizaciones a adquirir un VE y a utilizarlos de manera más frecuente en espacios urbanos y públicos. En concreto, a través de la Municipalidad de Concepción, se aportaron cuatro estacionamientos prioritarios para VE en sitios estratégicos para facilitar la operación de los participantes de la Experiencia Electrologística





5

Resultados

Experiencia Electrologística Concepción

Metodología

SELECCIÓN DE RUTAS

1



Se presenta en este documento, **una ruta por tipo de vehículo y empresa adjudicada**. 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 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 validó que los datos fueran consistentes entre sí. Se selecciona la operación del día más representativo, considerando aquel que tenga menor diferencia con respecto a la media en las variables de distancia recorrida (km) y consumo energético (kWh) para cada VE.

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]



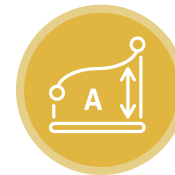
Cantidad de cargas de la batería



Cantidad de detenciones durante operación



Mercancías movilizadas [kg] (peso de carga transportada)



Variación Altura Operación [m]

INDICADORES CALCULADOS



$$\text{Consumo [kWh]} = \text{Batería Consumida [\%]} \cdot \text{Capacidad de Carga VE [kWh]}$$



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



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

ALTERNATIVA DIÉSEL



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

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

$$\text{Emisiones Operación Diésel [kg CO}_{2e}] = \text{Consumo Diésel [L]} \cdot \text{Factor de emisión} \left[\frac{\text{kg CO}_{2e}}{\text{L}} \right]$$

COMPARACIÓN

Indicadores económicos



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



$$\text{Ahorro en costo operación [\%]} = \left(1 - \frac{\text{Costo Operación VE [\$]}}{\text{Costo Operación Diésel [\$]}} \right) \cdot 100$$

NOTA: La fórmula de Ahorro en costo operación [%] se plantea de forma tal que al obtener un valor positivo indica que la operación del VE implicó un menor costo.

INDICADORES AMBIENTALES



$$\text{Ahorro de emisiones [\%]} = \left(1 - \frac{\text{Emisiones Operación VE [kg CO}_{2e}]}}{\text{Emisiones Operación Diésel [kg CO}_{2e}]}} \right) \cdot 100$$

$$\text{Emisiones Operación VE [kg CO}_{2e}] = \text{Consumo [kWh]} \cdot \text{Factor de emisión del SEN} \left[\frac{\text{kg CO}_{2e}}{\text{kWh}} \right]$$

$$\text{Ahorro [kg CO}_{2e}] = \text{Emisiones Operación Diésel [kg CO}_{2e}] - \text{Emisiones Operación VE [kg CO}_{2e}]$$

NOTA: La fórmula de Ahorro de emisiones [%] se plantea de forma tal que al obtener un valor positivo indica que la operación del VE implicó una menor emisión.

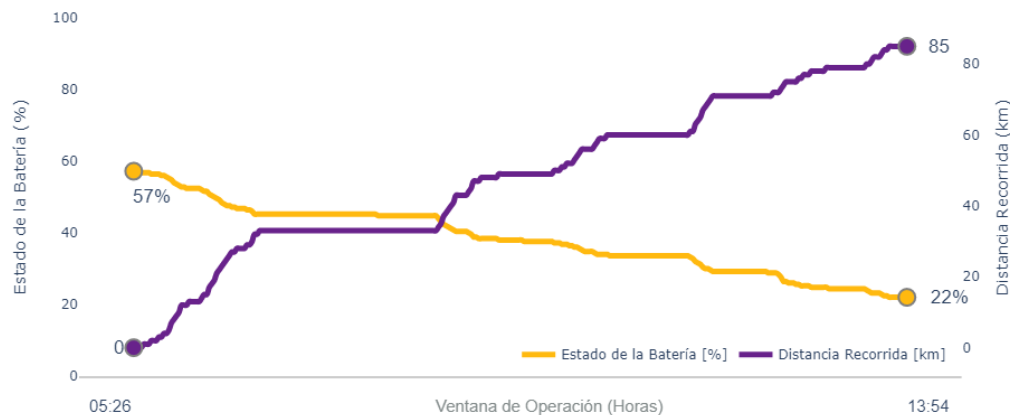
SUPUESTOS: Costo Electricidad: 130 [\$/kWh] (Fuente: Enel); Costo Diésel: 1.210 [\$/L] (Fuente: ENAP); Factor de Emisión: 2,74 [kg CO_{2e}/L] (Fuente: Programa Giro Limpio, AgenciaSE); Factor de Emisión SEN: 0,1872 [kg CO_{2e}/kWh] (Fuente: CNE). El valor de la eficiencia reportada diésel asignado para cada VE fue el utilizado en la Guía de Electrologística 1. Los datos brutos de la Experiencia Electrologística Concepción pueden encontrarse en www.observatoriologistico.cl para análisis propios en base a distintos supuestos.

Gráficos asociados

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

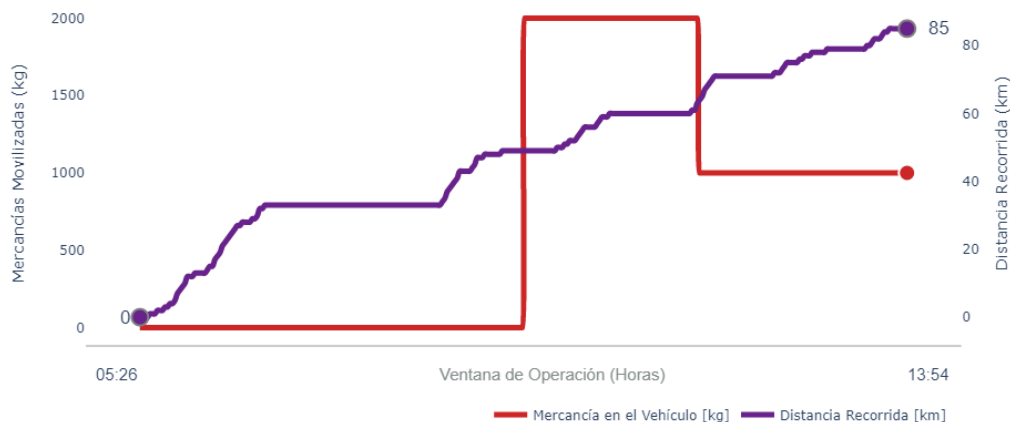
DISTANCIA RECORRIDA VS SOC

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. En el gráfico se evidencia que, a medida que el vehículo recorre más distancia, el SOC disminuye.



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 descarga la mercancía en su operación.



Resultados globales y por VE

RESULTADOS GLOBALES

Entre los principales datos recolectados durante la Experiencia Electrologística versión 2022, se destaca el total de kilómetros recorridos, cantidad de energía utilizada, ahorro en costos operacionales, y disminución neta de emisiones equivalentes de CO₂. En específico, los 4 VE monitoreados recorrieron un total de 8.294 km. Asimismo, estos vehículos consumieron un total de 3.058 kWh durante las 4 semanas de operación. Al comparar con un vehículo de características similares, pero que opera con diésel, el ahorro por cada kilómetro recorrido es de \$108, lo que suma un total de \$900.794 para la Experiencia Electrologística versión 2022, lo que se traduce en un ahorro en costos operacionales, en promedio, del 69% en comparación a la alternativa diésel. En tanto, la disminución neta de emisión de CO₂, como resultado de la Experiencia Electrologística, fue de 2,4 toneladas.



RESULTADOS POR VE

Experiencia ZEDO300EV

EMPRESA OPERADORA

Transportes BRUMAG

EMPRESA GENERADORA DE CARGA

Nestlé

TIPO DE CARGA

Alimentos en seco

RESUMEN TOTAL OPERACIÓN

	Distancia recorrida (km)	1.879
	Energía Consumida (kWh)	824
	Costo operacional VE (\$)	107.120
	Ahorro de emisiones (%)	73
	Ahorro en costo operación (\$)	137.352
	Consumo equivalente en combustible (L)	202

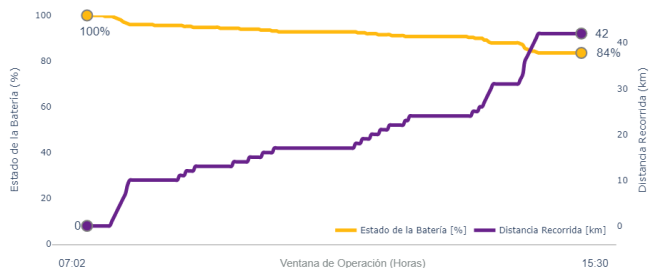


RUTA SELECCIONADA

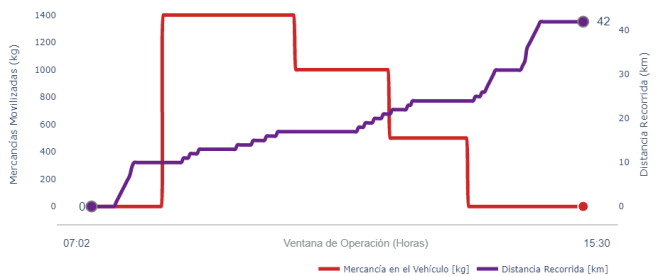
	Cantidad de carga de batería	1
	Cantidad de detenciones durante la operación	4
	Mercancías movilizadas (kg)	1.400
	Variación altura operación (m)	86

GRÁFICOS

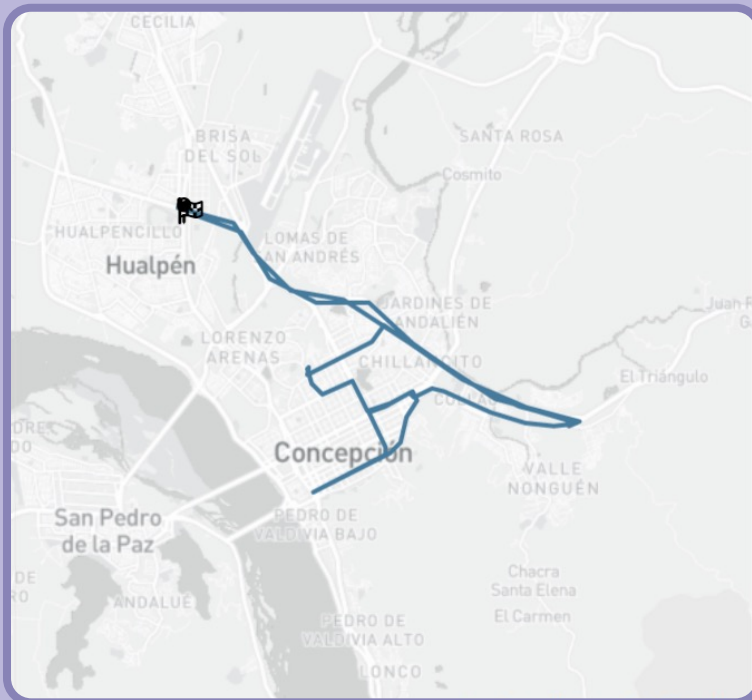
Estado de la Batería [%] y Distancia Recorrida [Km] - ZEDO300EV



Mercancías Movilizadas [kg] y Distancia Recorrida [Km] - ZEDO300EV



	Distancia recorrida (km)	42
	Energía Consumida (kWh)	18
	Costo operacional VE (\$)	2.340
	Ahorro de emisiones (%)	74
	Ahorro en costo operación (%)	57%
	Eficiencia estimada (km/kWh)	2,33



RESULTADOS POR VE

Experiencia JACN55

EMPRESA OPERADORA	EMPRESA GENERADORA DE CARGA	TIPO DE CARGA
E-mov	Falabella	Retail

RESUMEN TOTAL OPERACIÓN

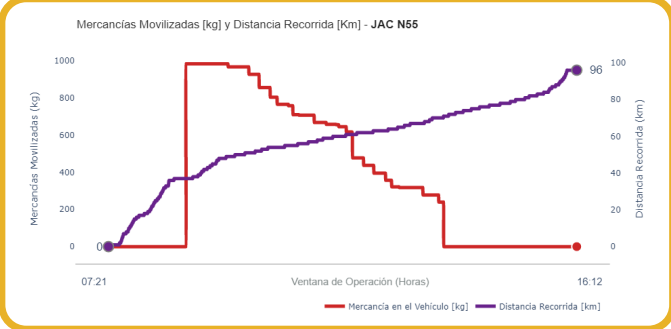
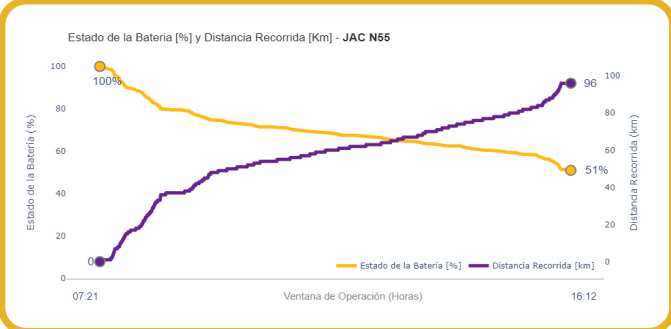
	Distancia recorrida (km)	2.437
	Energía Consumida (kWh)	952
	Costo operacional VE (\$)	123.760
	Ahorro de emisiones (%)	79
	Ahorro en costo operación (\$)	244.836
	Consumo equivalente en combustible (L)	305



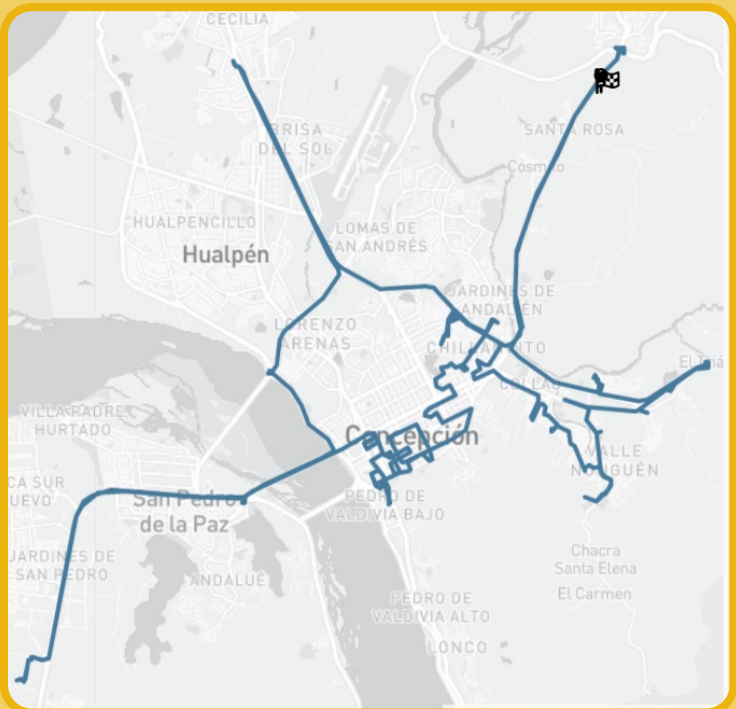
RUTA SELECCIONADA

	Cantidad de carga de batería	1
	Cantidad de detenciones durante la operación	20
	Mercancías movilizadas (kg)	983
	Variación altura operación (m)	49

GRÁFICOS



	Distancia recorrida (km)	96
	Energía Consumida (kWh)	36
	Costo operacional VE (\$)	4.680
	Ahorro de emisiones (%)	80
	Ahorro en costo operación (%)	68
	Eficiencia estimada (km/kWh)	2,67



RESULTADOS POR VE

Experiencia EDELIVER3

EMPRESA OPERADORA

Chilexpress


EMPRESA GENERADORA DE CARGA

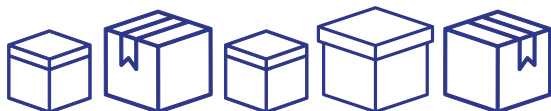
Chilexpress

TIPO DE CARGA

Paquetería

RESUMEN TOTAL OPERACIÓN

	Distancia recorrida (km)	1.853
	Energía Consumida (kWh)	383
	Costo operacional VE (\$)	49.790
	Ahorro de emisiones (%)	90
	Ahorro en costo operación (\$)	257.351
	Consumo equivalente en combustible (L)	254



RUTA SELECCIONADA

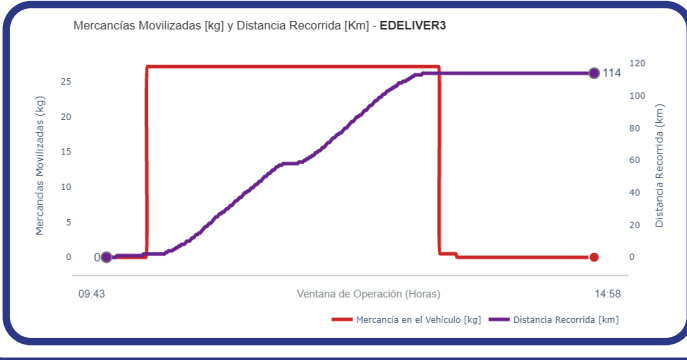
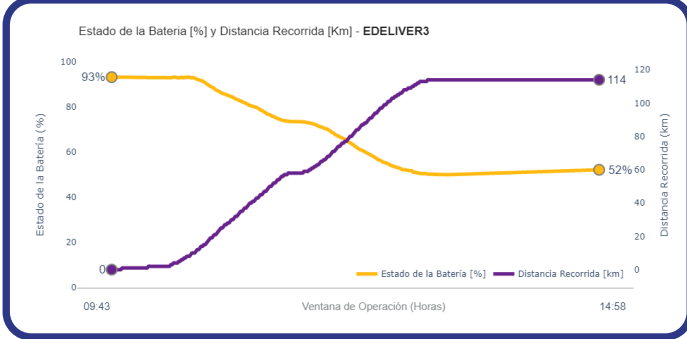
- Cantidad de carga de batería 1

- Cantidad de detenciones durante la operación 2

- Mercancías movilizadas (kg) 27

- Variación altura operación (m) 51

GRÁFICOS



- Distancia recorrida (km) 114

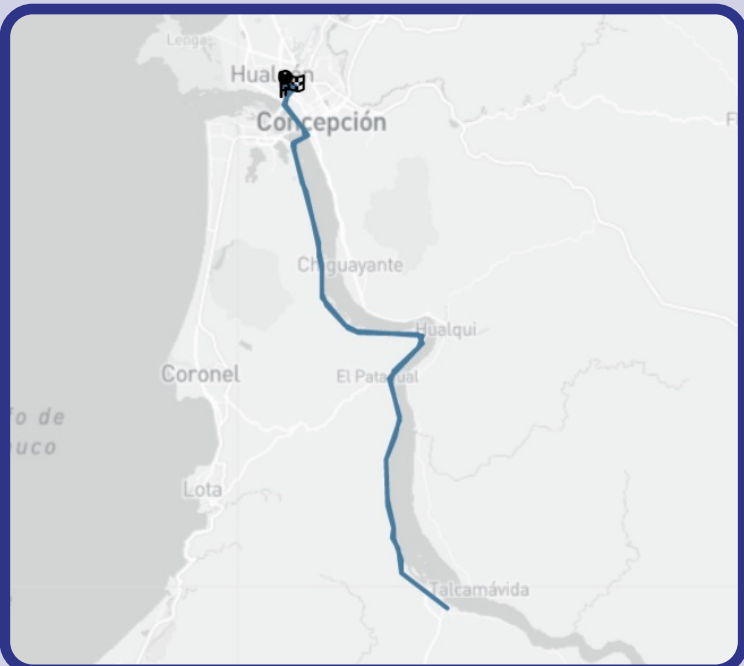
- Energía Consumida (kWh) 22

- Costo operacional VE (\$) 2.860

- Ahorro de emisiones (%) 91

- Ahorro en costo operación (%) 85

- Eficiencia estimada (km/kWh) 5,18



RESULTADOS POR VE

Experiencia EAUMARK

EMPRESA OPERADORA	EMPRESA GENERADORA DE CARGA	TIPO DE CARGA
Transportes Pino	CCU	Líquidos embotellados

RESUMEN TOTAL OPERACIÓN

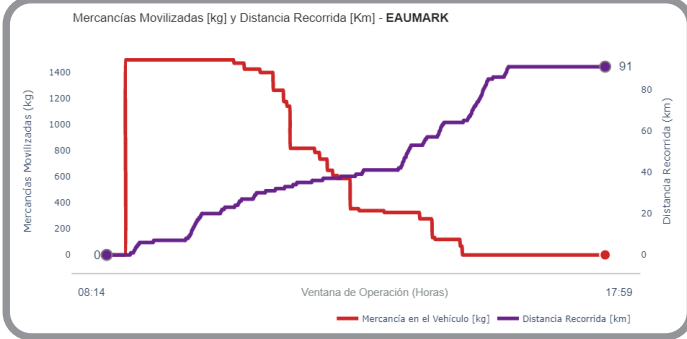
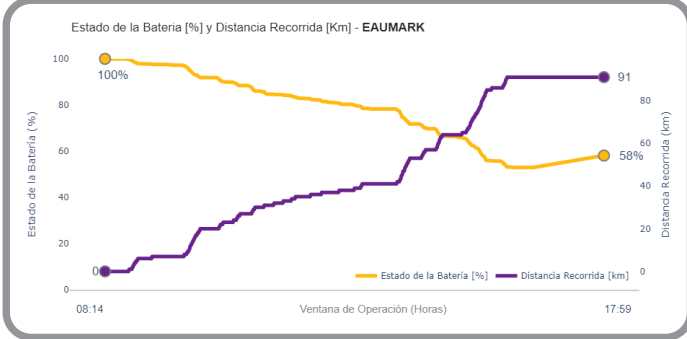
	Distancia recorrida (km)	2.125
	Energía Consumida (kWh)	899
	Costo operacional VE (\$)	116.870
	Ahorro de emisiones (%)	81
	Ahorro en costo operación (\$)	261.255
	Consumo equivalente en combustible (L)	313



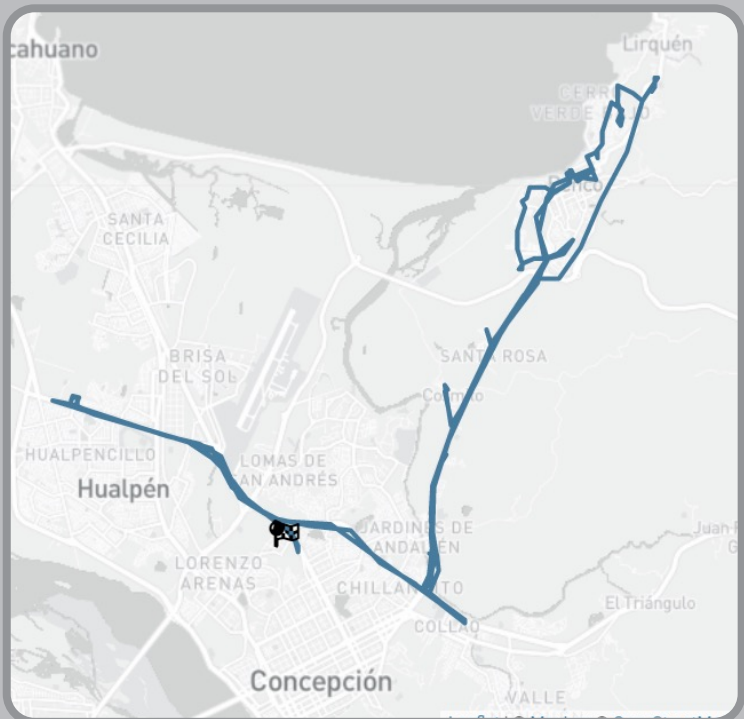
RUTA SELECCIONADA

	Cantidad de carga de batería	1
	Cantidad de detenciones durante la operación	20
	Mercancías movilizadas (kg)	1.497
	Variación altura operación (m)	116

GRÁFICOS



	Distancia recorrida (km)	91
	Energía Consumida (kWh)	38
	Costo operacional VE (\$)	4.940
	Ahorro de emisiones (%)	81
	Ahorro en costo operación (%)	69
	Eficiencia estimada (km/kWh)	2,39





6

Aprendizajes

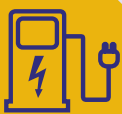
Experiencia Electrologística Concepción

Luego de la Experiencia Electrologística aplicada en Concepción, se identificaron impresiones positivas de sus colaboradores debido al aprendizaje que significó para ellos. Los participantes compartieron sus comentarios y valoraciones sobre la experiencia a través de una encuesta enviada al finalizar su participación. En general, los conductores no tenían conocimiento previo en VE (más del 70% de los conductores), por lo que esta experiencia permitió conocer y entender el funcionamiento de estos. Además, se derribaron ciertas incertidumbres sobre la autonomía, el ruido y la capacidad de maniobra. Asimismo, las empresas que vivieron la experiencia valoraron la presencia de otros actores que están relacionados con la electromovilidad. Sin embargo, algunos colaboradores sugirieron que la experiencia debería prolongarse para reflexionar sobre distintos desafíos existentes, y al mismo tiempo, para incorporar una rotación de conductores permitiendo analizar cómo puede impactar el conocimiento y las habilidades de un conductor en el rendimiento de los VE. A continuación, se presentan las principales lecciones aprendidas durante la experiencia:



Incentivar programa de inducción a conductores: El programa de inducción fue bien valorado por los actores participantes ya que permitió desarrollar las habilidades requeridas del capital humano en el uso de los VE.

Fomentar la conducción eficiente de VE: Se requiere profundizar en la divulgación y concientización en conceptos de conducción eficiente para aumentar la eficacia y el rendimiento energético de los VE a partir de técnicas básicas, como por ejemplo, el uso de frenos y regulación de la velocidad.



Aumentar cobertura para el proceso de carga eléctrica: Con el fin de tener la oportunidad de realizar en forma recurrente el proceso de carga eléctrica de los VE en la red pública y disminuir el temor sobre quedarse sin energía al circular (lo que se conoce como ansiedad de rango), se propone avanzar en la instalación de más puntos de carga eléctrica pública y que sean adecuados para los voltajes requeridos para todo tipo de VE que exista en el mercado. En esta línea, el MEN se encuentra trabajando en la adecuar los voltajes de la red de carga pública y desarrollar la IC a través de la Hoja de Ruta para el avance de la electromovilidad en Chile, lanzada durante 2023.



Impulsar los estacionamientos prioritarios y su monitoreo: Es clave contar como incentivo estacionamientos prioritarios para VE en zonas estratégicas, ya que esta medida puede contribuir significativamente a la promoción y adopción de estos vehículos en el espacio urbano y público, ya que ofrecen ventajas como la accesibilidad de zonas de carga y descarga de mercancía. Así, la implementación de este tipo de estacionamientos y que los usuarios puedan consultar su disponibilidad a través de un monitoreo efectivo contribuiría a facilitar la operación de VE en el transporte de carga.

Desafíos para la política pública

Dentro de los principales desafíos expuestos por los colaboradores de la Experiencia, y de acuerdo a revisión de antecedentes en esas temáticas[14][15], se propone analizar y avanzar en los siguientes aspectos para implementaciones de posibles futuras política públicas a nivel nacional:

1. ¿Cuál es el impacto ambiental y económico de la producción y uso de baterías en la transición hacia un modelo energético sostenible? o ¿Cómo se puede mejorar la sostenibilidad de las baterías y reducir su impacto ambiental?
2. ¿Cómo afecta el uso de energías renovables y no renovables para cargar un VE a la estabilidad y sostenibilidad de la red pública de energía? o ¿Cuáles son las implicaciones en la red pública de la creciente demanda de energía eléctrica para cargar un VE y cómo se puede abordar este desafío de manera sostenible?

Para finalizar, la Experiencia Electrologística reveló aspectos relevantes para avanzar en la electromovilidad de transporte de carga en el país. Para lograrlo, la integración entre los distintos actores del mundo público, privado y la academia es clave para crear un ambiente propicio para el intercambio de información y conocimiento, lo cual es fundamental para el desarrollo de experiencias en cualquier ámbito. Al reunir a actores con intereses similares y un propósito en común, se puede crear un ecosistema favorable que permite desarrollar experiencias invaluable que atiendan las necesidades acordes a cada sector y región. Así, al unir esfuerzos y conocimientos, es posible obtener una perspectiva más completa y precisa de la situación, entregando soluciones efectivas y relevantes para cada contexto en particular. Por lo tanto, es importante fomentar este tipo de espacios en que la integración y el trabajo colaborativo sean protagonistas para lograr un futuro mejor.

7

Bibliografía, glosario y agradecimientos

Bibliografía

- [1] Ministerio de Energía, «Estrategia de Electromovilidad». Santiago, Chile, 2022.
- [2] Ministerio del Medio Ambiente, «Estrategia Climática de Largo Plazo de Chile». Santiago, Chile, 2021.
- [3] Gobierno de Chile, «Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile». Santiago, Chile, 2020.
- [4] EPA, «Una evaluación nacional del transporte de carga para Chile: Estableciendo fundamentos para una industria de carga más verde» 2020.
- [5] IRENA, «Las renovables registran la mayor parte de las adiciones de la energía mundial en 2021». 2022.
- [6] Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Decreto 211 Normas sobre emisiones de vehículos motorizados livianos. 2020.
- [7] Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Decreto 54 Establece normas de emisión aplicables a vehículos motorizados medianos que indica. 2020.
- [8] Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Decreto 55 Establece normas de emisión aplicables a vehículos motorizados pesados que indica. 2012.
- [9] International Council on Clean Transportation y Regulatory Assistance Project, «ELECTRIFYING LAST-MILE DELIVERY A total cost of ownership comparison of battery-electric and diesel trucks in Europe». 2022.
- [10] Monroy, Cristian Camilo, et al. Estudio comparativo de un sistema de freno regenerativo y regeneración con energía cinética constante en vehículos eléctricos de batería. Ingeniería, vol. 25, no 3, p. 305-322. 2020.
- [11] Ministerio de Energía, «Instalación de cargadores de vehículos eléctricos». 2022.
- [12] Ministerio de Energía, «Modos de carga para vehículos eléctricos». 2022.
- [13] Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, «Región del Biobío». 2023.

[14] Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, «Movilidad Sostenible Experiencia de política y regulación en España». 2019.

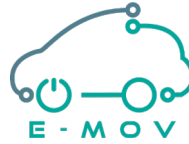
[15] Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, «Baterías y Pilas: Impacto sobre el Medio Ambiente». 2012.

Glosario

- **AgenciaSE:** Agencia Chilena de Eficiencia Energética también conocida como Agencia de Sostenibilidad Energética.
- **CORFO:** Corporación de Fomento de la Producción.
- **Empresa de transporte:** Empresa que entrega servicio de distribución de productos de empresa generadora de carga.
- **Empresa generadora de carga:** 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.
- **IC:** Infraestructura de Carga
- **Logística verde:** Estrategias y prácticas de manejo eficiente de la cadena de suministros que reducen la huella ambiental y energética en la distribución de carga
- **MEN:** Ministerio de Energía.
- **MTT:** Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.
- **PDL:** Programa de Desarrollo Logístico.
- **SEC:** Superintendencia de Electricidad y Combustibles.
- **VE:** Vehículo Eléctrico.

Agradecimientos

ENTIDADES PARTICIPANTES





electro
LOGÍSTICA

