



**GUÍA DE
ELECTROMOVILIDAD**

ÍNDICE

01. INTRODUCCIÓN	01
02. DEFINICIONES	03
03. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	05
04. OBJETIVOS	07
05. ALCANCES	07
06. ASPECTOS NORMATIVOS.....	08
07. PRODUCCIÓN Y ABASTECIMIENTO.....	10
07.01 FLUJOGRAMA DEL PROCESO.....	10
07.02 INFRAESTRUCTURA DE CARGA	11
07.03 TIPOS DE CARGA	17
07.04 BATERÍAS.....	21
08. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS CRÍTICOS DEL SISTEMA.....	27
08.01 PELIGROS CRÍTICOS	27
08.02 CONTROLES OPERACIONALES	28
09. ESTADÍSTICAS INTERNACIONALES	37
10. BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXO N°1: CHECKLIST DE INSPECCIÓN TALLER DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	41
ANEXO N°2: REACCIÓN FRENTE A EMERGENCIAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	43

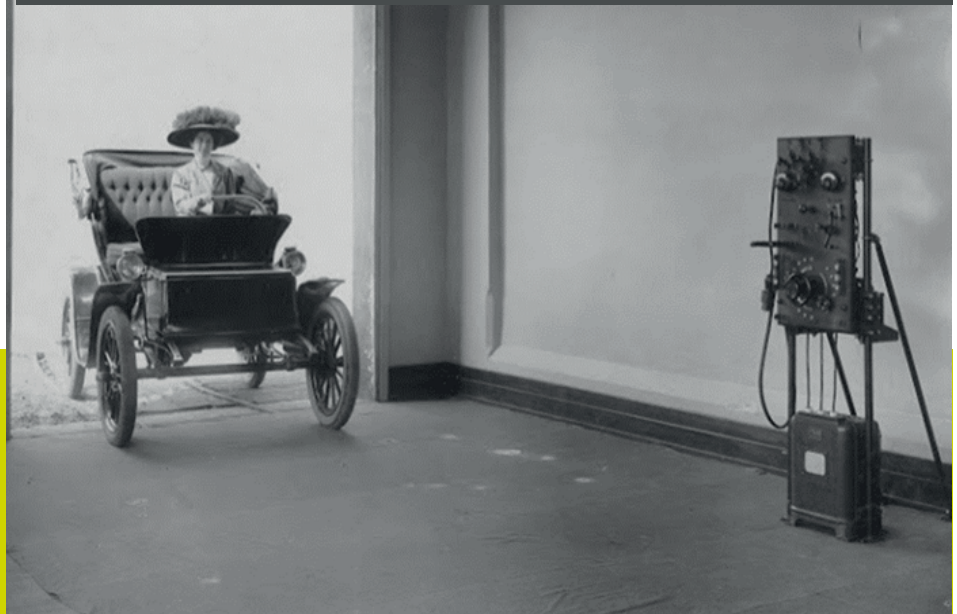
01. INTRODUCCIÓN

El consumo energético del transporte contribuye directamente a las emisiones globales y locales que se generan con los vehículos que circulan por las ciudades utilizando combustibles tradicionales. En respuesta a esta problemática, es que surge la electromovilidad como una manera eficiente para reducir la contaminación atmosférica, sí y solo sí, tal electricidad proviene de fuentes renovables de energía.

Esta tecnología de motorización surge cerca de 1900. Edison Electric Car fabrica el primer auto eléctrico, sin embargo, luego de 100 años de esfuerzos y avances tecnológicos aún quedan espacios de mejora de autonomía, peso, volumen y costos.

01

Ilustración 1: Una mujer conduciendo su auto eléctrico en 1910.



Fuente:
<https://artsandculture.google.com/asset/woman-drives-into-garage-with-an-electric-car-general-electric-company/kgGOwIuStxfdbw?hl=en>

Chile, por su potencialidad de producción de energías renovables (solar y eólica), es un candidato ideal para el uso de esta electricidad en la movilidad, siempre y cuando exista la oferta de vehículos que utilicen este energético, así como también se desarrolle una infraestructura de carga segura, eficiente y rentable para cargar a tales vehículos eléctricos. Los importadores de vehículos del país reportan un aumento en la comercialización de este tipo de vehículos, y las ciudades más urbanizadas agradecen la mejora de la calidad de vida cuando son rodeados por este tipo de vehículos que, además, reducen la contaminación acústica.

La presencia de vehículos eléctricos livianos en el mundo va en un aumento sostenido. Entre el 2015 y 2017, la tasa anual de crecimiento fue del 60%. Este año 2021, el Gobierno de Chile a través del Ministerio de Energía estableció como estrategia que al año 2035 sólo se venderán autos eléctricos.

En relación con la Seguridad, se presenta como una tecnología que no tiene riesgos en su uso, las variaciones de temperatura ambiente no generan peligro y pasan por un riguroso proceso de certificación en el Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV).

Pero si es necesario tener algunas precauciones con la disposición final de los vehículos cuando terminan su vida útil; un estudio de Allianz Global Corporate & Speciality, publicado el año 2020, se afirma que “Los componentes eléctricos defectuosos y los cortocircuitos pueden provocar un incendio”.

En cuanto a temas de mantenimiento y reparación de vehículos eléctricos es un territorio totalmente nuevo para muchos talleres, que deben modernizar gran parte de su equipamiento para atender a este tipo de vehículos, en atención a esto, es que generalmente la postventa queda en responsabilidad del mismo importador.

02. DEFINICIONES

1) **Tensión o voltaje de funcionamiento:** es el valor eficaz más alto de la tensión de un circuito eléctrico, especificado por el fabricante, que puede producirse entre dos elementos conductivos cualesquiera en condiciones de circuito abierto o en condiciones normales de funcionamiento. Si el circuito eléctrico está dividido por aislamiento galvánico, la tensión de funcionamiento se define respectivamente por cada circuito dividido.

2) **Conexión conductiva:** es el tipo de conexión que utiliza conectores con una fuente de alimentación externa cuando el sistema de acumulación de energía recargable está cargado.

3) **Contacto directo:** interacción de personas con partes activas.

4) **Chasis eléctrico:** es el conjunto formado por las partes conductoras conectadas eléctricamente, cuyo potencial se toma como referencia.

5) **Circuito eléctrico:** es el conjunto de partes activas conectadas a través de las cuales está previsto que pase corriente eléctrica en condiciones normales de funcionamiento.

6) **Convertidor electrónico:** es un instrumento que permite controlar o convertir la energía eléctrica para la propulsión eléctrica.

7) **Envolvente:** es el elemento que confina las unidades internas y protege contra el contacto directo desde cualquier dirección de acceso.

8) **Alta tensión o alto voltaje:** es una clasificación del componente o circuito eléctrico de acuerdo con la normativa ISO6469-3. Se considera alto en caso de que su tensión de funcionamiento se encuentre entre 60 V y 1 500 V en corriente continua o entre 30 V y 1 000 V en valor eficaz (rms) en corriente alterna.

9) **Bus de alta tensión:** es el circuito eléctrico, incluido el sistema de acoplamiento para cargar el RESS que funciona con alta tensión.

10) **Contacto indirecto:** es el contacto de personas con partes conductoras expuestas.

11) **Partes activas:** se considera parte activa a cualquier parte conductora destinada a activarse eléctricamente en su uso normal.

12) **Sistema a bordo para la supervisión de la resistencia de aislamiento:** es el dispositivo que supervisa la resistencia de aislamiento entre los buses de alta tensión y el chasis eléctrico.

13) **Desconexión del servicio:** es un dispositivo de desactivación del circuito eléctrico que se utiliza para desenergizar el sistema cuando se realizan controles y servicios de los sistemas de alto voltaje.

14) **Aislante sólido:** es un tipo de revestimiento aislante de los juegos de cables destinado a cubrir y proteger las partes activas contra el contacto directo desde cualquier dirección de acceso, las tapas para aislar las partes activas de los conectores y el barniz o la pintura con fines de aislamiento.

03. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La electromovilidad es una tendencia que lleva pocos años de uso en Chile, y por lo tanto se visualiza un déficit de evidencia o de información respecto a temas importantes para un usuario de este tipo de vehículos, tales como prevención de riesgos, seguridad ante choques, mantenimientos y sus costos, vida útil, valor residual, entre otros. Si bien, el gobierno ha puesto a disposición información respecto a una guía sobre buenas prácticas sobre la electromovilidad, ésta se desarrolla desde la mirada de usuario de un vehículo eléctrico nuevo, el tipo de cargador que debe usar, funcionamiento y recomendaciones generales.

La circulación de vehículos, independiente de la energía que utilice, requiere la convivencia vial con otros vehículos y personas. Cuando se produce alguna falla mecánica del vehículo o alguna equivocación del conductor, se enfrenta un riesgo potencial de accidentes (leve, grave o fatal); pero, además, existen otro tipo de riesgos en los procesos de mantención y reparación de vehículos.

En el caso de los vehículos eléctricos, podría ocurrir (en un escenario con déficit de mantenimiento o infraestructura de carga deficiente) un accidente en la vía pública por descargas eléctricas para conductores de locomoción colectiva, incluso para el público en general, en la carga de baterías para estos vehículos, es que se hace necesario la contribución de un material preventivo básico que permita la educación en general sobre el uso de esta nueva tecnología.

Es importante considerar que no existe referencia técnica legal que se pueda considerar como base, o alguna estadística que pueda fundamentar desde algún organismo estatal; más bien, solo se visualizan algunos estudios o pruebas en espacios controlados de manera experimental que considere tipos de accidentes más comunes o que hayan ocasionado accidentes fatales o graves.

Es por eso, que hacemos referencia a que no existen Organismos Administradores de la Ley (OAL) que entreguen, faciliten, capaciten, difundan; información, señalética, referente a los procesos de uso, comercialización, mantención, revisión, almacenamiento de materiales, baterías, estaciones de carga, con respecto a los riesgos asociados inherentes de lo mencionado.

Sin perjuicio de aquello, debemos desarrollar educación preventiva en esta nueva tecnología limpia que llega para quedarse en el desarrollo del mercado vehicular chileno.

04. OBJETIVOS

- Definir el alcance y las actividades económicas asociadas en un flujograma de los procesos asociados con la electromovilidad.
- Identificar los riesgos más recurrentes asociados a dichos procesos.
- Proponer, para cada riesgo identificado, controles operacionales con vistas a una futura implementación
- Proveer estadísticas internacionales de ocurrencia de accidentes de los riesgos identificados.

05. ALCANCE

El alcance de la guía abarca los riesgos presentes en la industria de la electromovilidad desde un punto de vista multisectorial.

En particular, esta abarca las áreas de fabricación, traslado de componentes, recarga energética, uso y mantenimiento de vehículos eléctricos.

Bajo esta mirada integral, se podrá realizar un análisis claro sobre los controles operacionales que eviten los principales riesgos encontrados en las actividades mencionadas, con vistas a una implementación en alguna de las empresas asociadas.

06. ASPECTOS NORMATIVOS

El entorno de la electromovilidad posee un maduro marco normativo, tanto nacional como internacional, que puede ser utilizado como referencia. Esto además de la “Hoja de ruta” recientemente publicada en agosto de 2023, que marca un camino a seguir hasta el año 2026.

A continuación, se nombran los principales cuerpos legales:

- 1) Dada la necesidad de declarar la infraestructura de recarga se crea el trámite TE6 y el Manual del usuario de plataforma TE6 para usuario declarador que fija el trámite para comunicación de energización de infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos, el que fue desarrollado por la unidad de energías renovables y electromovilidad de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).

El TE6 está vigente desde diciembre del 2018 y está contemplado en la Resolución Exenta N°26.339 de fecha 15 de noviembre de 2018 emitida por la SEC.

- 2) Pliego técnico RIC N°15, que establece los requisitos de seguridad que deberán cumplir las instalaciones de consumo de energía eléctrica destinadas a la recarga de vehículos eléctricos, ubicadas en lugares públicos y privados del país, en específico las instalaciones ubicadas en los lugares indicados a continuación:
 - a. Estacionamientos de viviendas individuales.
 - b. Estacionamientos de edificios y conjuntos habitacionales
 - c. Estacionamientos de oficinas, locales comerciales, asistenciales, industriales.
 - d. Estacionamientos de uso privado.
 - e. Estacionamientos públicos, sean gratuitos o de pago.
 - f. Estaciones de carga en vías de tránsito de uso público y/o privado.
 - g. Electrolineras destinadas a prestar el servicio de carga de vehículos eléctricos.
 - h. Electroterminales y centros de carga para transporte público.

- 3) Hoja De Ruta para el avance de la electromovilidad en Chile, acciones concretas al 2026 para masificar el uso de esta tecnología.
- 4) Adicionalmente se revisarán algunas normas internacionales, que son consideradas como parte integral del marco normativo aplicable en Chile:

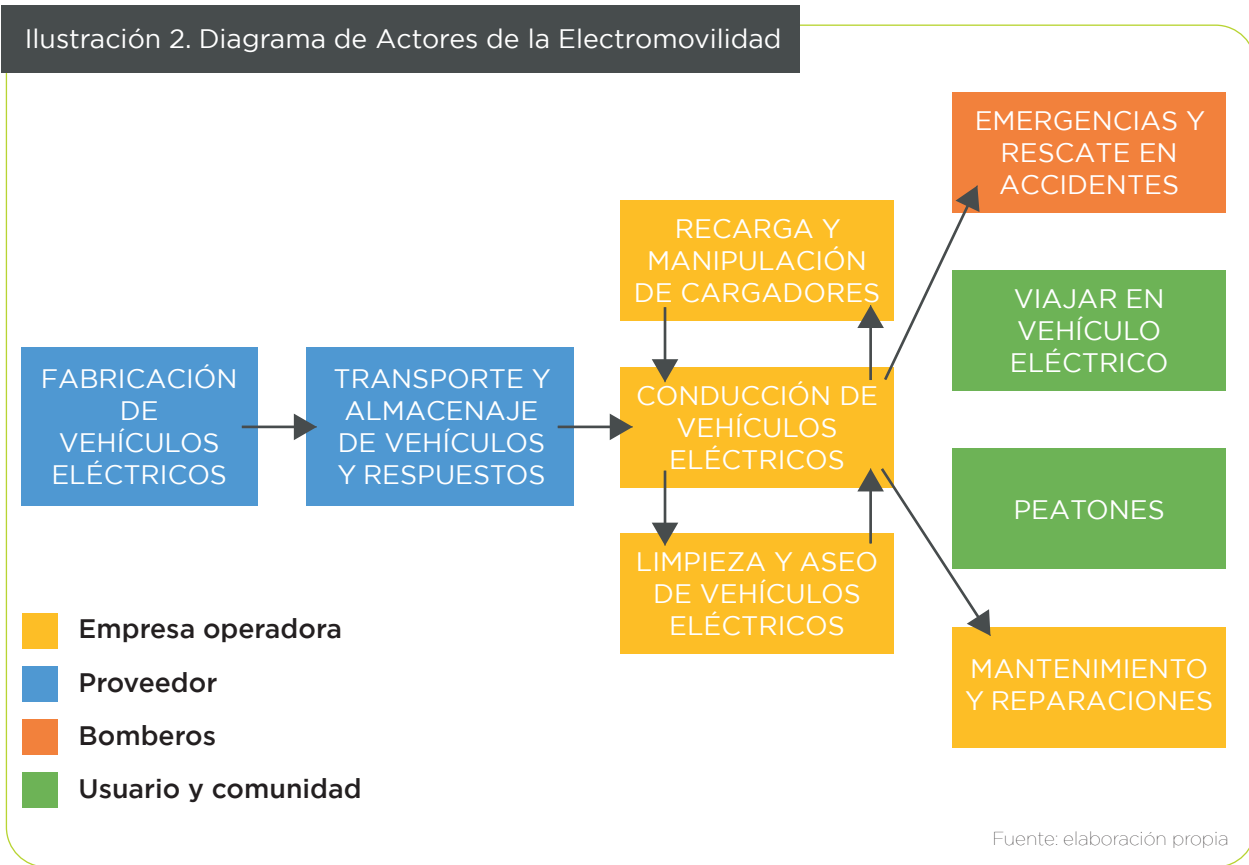
Tabla 1. Normativas Internacionales entorno a la Electromovilidad.

NORMA	AÑO	DETALLE
IEC 61851-1	2017	Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements.
IEC 61851-23	2014	Electric vehicle conductive charging system - Part 23: DC electric vehicle charging station.
IEC 62196-1	2014	Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 1: General requirements.
IEC 62196-2	2016	Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 2: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for a.c. pin and contact-tube accessories.
IEC 62196-3	2014	Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 3: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for d.c. and a.c./d.c. pin and contact-tube vehicle couplers.
IEC 61851-21-2	2018	Electric vehicle requirements for conductive connection to an AC/DC supply- EMC requirements for off-board electric vehicle charging systems.
IEC 62752	2018	In-cable control and protection device for mode two charging of electric road vehicles (IC-CPD).
IEC 61643-11	2011	Low-voltage surge protective devices - Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems - Requirements and test methods.
IEC 62053-21	2020	Electricity metering equipment - Part 21: Static meters for AC active energy (classes 0,5, 1 and 2).
ISO 15118-2	2019	Road vehicles -- Vehicle-to-Grid Communication Interface - Part 2: Network and application protocol requirements.
UL 2594	2016	Standard for Safety Electric Vehicle Supply Equipment.
UL 2202	2018	Standard for Safety Electric Vehicle (EV) Charging System Equipment.

07. PRODUCCIÓN Y ABASTECIMIENTO

07.01. FLUJOGRAMA DEL PROCESO

Dentro del ecosistema de la electromovilidad existe una multiplicidad de roles y funciones, los cuales varían ampliamente en cuanto a los riesgos para las personas que se ven expuestas. A continuación, se presenta un diagrama de proceso donde se identifican distintos actores de dicho mercado, las cuales serán claves para posteriormente poder identificar de manera completa los diversos riesgos asociados.

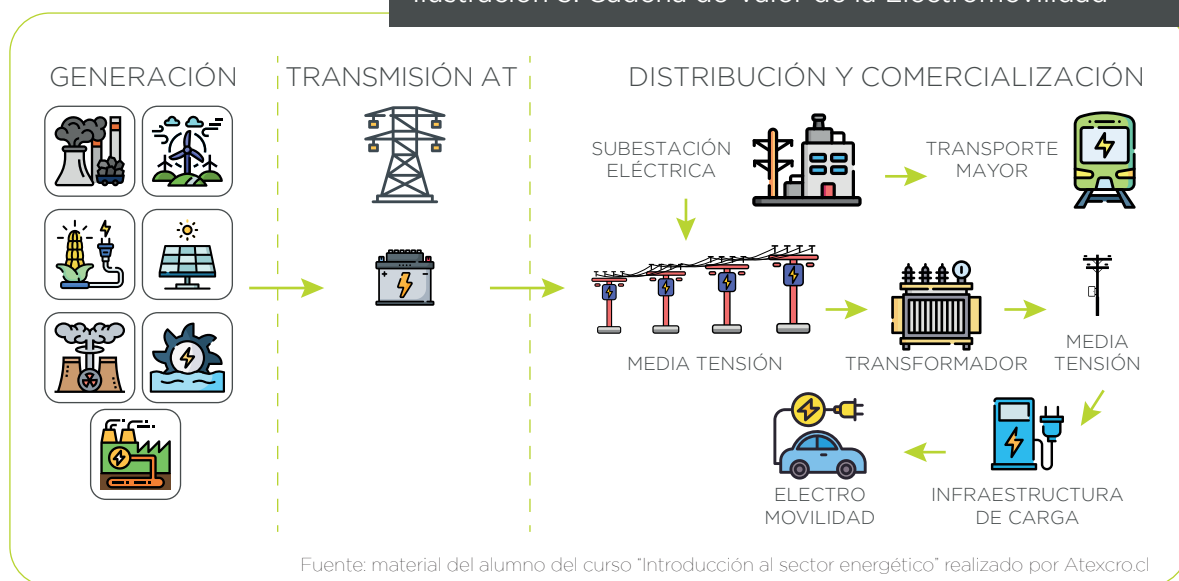


07.02. INFRAESTRUCTURA DE CARGA

La infraestructura de carga o comercialmente llamada “Electrolinera” es un pilar fundamental para el desarrollo de la electromovilidad, ya que, el desarrollo de este importante eslabón de la cadena de valor debe ir acompañado por el aumento de la oferta vehicular y la red de estaciones existente.

Este punto es el último eslabón en el proceso industrial de la energía, antes de llegar al usuario final, siendo el último punto de la infraestructura eléctrica. A continuación, podemos ver el diagrama del proceso eléctrico desde la generación hasta el uso en automoción.

Ilustración 3. Cadena de Valor de la Electromovilidad



Es por lo antes mencionado que se debe diseñar eficientemente una red de suministro que permita la fluidez del servicio de recarga para aquellos usuarios que opten por esta alternativa.

Para la implementación de un punto de carga eléctrica para vehículos se debe tener en cuenta 3 aspectos:

- ¿Dónde se instalará?
- ¿Cómo será el tipo de carga (rápida o lenta)?
- ¿Cuándo se esperan las cargas (horarios punta o valle)?

La tecnología de carga existe y está disponible, a pesar de su elevado costo, pero se debe informar oportunamente a los usuarios sobre sus capacidades y restricciones, de manera que pueda conseguir ahorros para el usuario.

A su vez el diseño de infraestructura de carga deberá ser declarado ante la SEC según el trámite TC6 y cumplir los estándares legales y normativos establecidos. Actualmente en Chile, el Pliego técnico RIC 15 fija los requisitos de seguridad que deberán cumplir las instalaciones de consumo de energía eléctrica destinadas a la recarga de vehículos eléctricos, ubicadas en lugares públicos y privados del país; se debe considerar que si bien este documento es sumamente completo, ya se encuentran definidas sus modificaciones según lo establecidos en la “Hoja De Ruta Para El Avance De La Electromovilidad En Chile” publicada en agosto de 2023, y donde se trazan los futuros pasos y las acciones a seguir para potenciar la electromovilidad con cara al 2026.

Esta Infraestructura de Recarga de Vehículos Eléctricos (IRVE) al momento de la declaración se podrá segmentar su uso en Públicas y Privadas según se indica:

Ilustración 4. Declaración de Infraestructura de Recarga Privada

Flota para transporte de pasajeros	<p>“Electroterminales” (p. ej. flota de taxis privados, flota de buses privados) Se refiere a una estación de servicio que cuenta con infraestructura de carga para flotas de vehículos eléctricos de transporte de pasajeros público o privado.</p>
	<p>“Centros de carga para transporte Público” (p. ej. transporte DTPM, DTPR) Se refiere a infraestructura de recarga de flotas de autobuses eléctricos que operan en el sistema de transporte público.</p>
Particulares	<p>“Edificios o conjunto habitacional” (p. ej. Edificios habitacionales horizontales o verticales, viviendas que comparten instalaciones eléctricas comunes)</p>
	<p>“Instalaciones individuales” (p. ej. Casa unitaria, oficinas particulares, edificaciones municipalidades, hospitales, empresas para vehículos de carga, camiones eléctricos, etc.)</p>

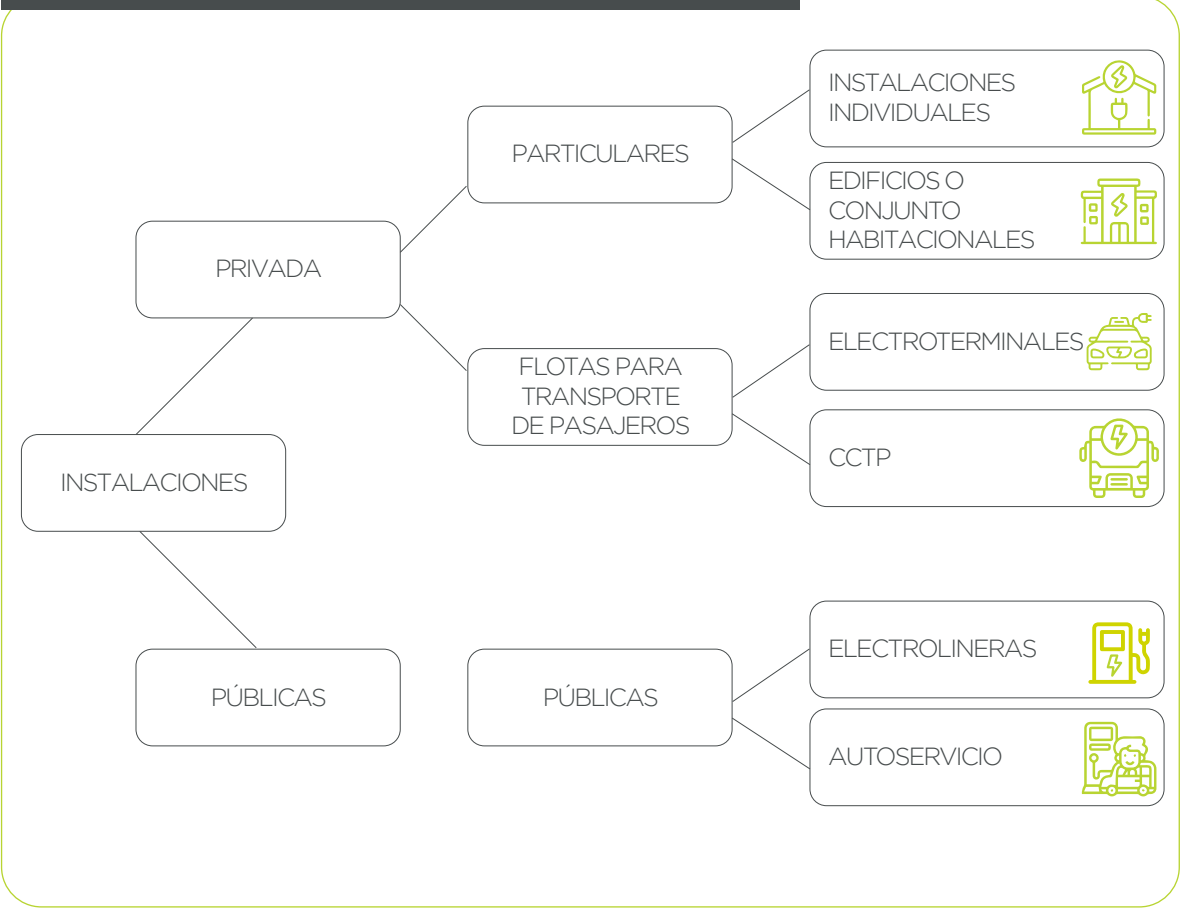
Fuente: Manual del usuario de plataforma TE6

Ilustración 5. Declaración de Infraestructura de Recarga Pública.

Públicas en estaciones de servicios	<p>“Electrolineras” Estación de servicio de recarga que cuenta con infraestructura de recarga de vehículos eléctricos con energía eléctrica en CA y CC, y que puede contar con sistemas de alimentación de vehículos eléctricos rápidos de alta potencia (mayor a 22kW).</p> <p>Corresponde a las instalaciones ubicadas en estaciones de servicio u otro recinto destinado principalmente a la recarga de vehículos eléctricos, en el cual se cuente con al menos un operador.</p>
Públicas en BNUP y otros	<p>“Autoservicio con Acceso a público” Corresponden a instalaciones ubicadas en la vía pública o bienes nacionales de uso público (BNUP), calles, parques, en estacionamientos de restaurantes, hoteles, mall, oficinas y en estacionamientos públicos (gratuitos o de pago), que están destinados a ser utilizados por usuarios no familiarizados con los riesgos de la energía eléctrica.</p>

Fuente: Manual del usuario de plataforma TE6

Ilustración 6. Tipos de Instalaciones según su uso final



En general un vehículo particular pasa más tiempo detenido que en uso, ya que habitualmente se utiliza solamente como transporte desde la casa al trabajo y viceversa, al momento de considerar la opción de un vehículo eléctrico se deberá analizar el radio de acción que este tendría y la disponibilidad de infraestructura de carga adecuada.

Los cargadores de carga rápida requieren elevadas intensidades (32 a 64 amperes) por lo que el sistema actual podría presentar problemas frente a la carga simultánea de varios vehículos en estas condiciones. Entonces en la medida que el parque automotor vaya creciendo, se producirán colapsos en el sistema.

Ilustración 7. Tipos de cargadores disponibles en Chile



Fuente: página corporativa de Enel X.

Las electrolineras, como punto de carga público, se recomiendan solo para cargas parciales debido a un mayor costo de la energía y la necesidad de “un punto de carga por vehículo”, es por ello que en lo cotidiano se propone cargar en estacionamientos, donde el vehículo necesariamente se encontrará detenido por un tiempo determinado.

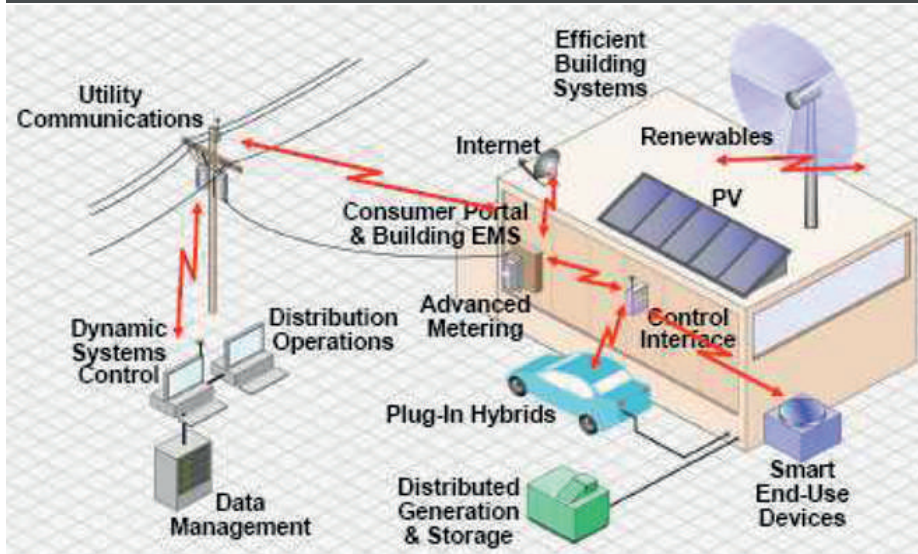
La complejidad de los modelos que se sustentan en generación a partir de fuentes renovables se encuentra en el almacenamiento de esta energía, pues debe estar disponible en cualquier periodo de demanda, por lo que se hace patente la necesidad de establecer almacenamientos a gran escala de la energía generada a partir de fuentes renovables. De esta manera se podría asegurar el aporte de los VE para la descarbonización del transporte y disminuir la dependencia de combustibles fósiles.

Contar con un almacenamiento a gran escala de energía renovable también permitiría regular el sistema tarifario eléctrico, ya que estaría disponible en horarios punta a un costo de horario valle. Esto se explica con la gestión y logística de tales almacenamientos, que deben ser recargados en horarios valle o con los excedentes de energía del sistema, asegurando así el menor costo posible.

Los incentivos que se pueden crear a partir de estos almacenamientos podrían impulsar un desarrollo integral de la electromovilidad a un reducido costo ambiental, siempre y cuando también se piense en el reciclaje responsable de las baterías de almacenamiento y otros componentes al final de su vida útil.

En un entorno de red inteligente, cuando la cuota de mercado de vehículos eléctricos se encuentre más nivelada con el resto de los energéticos, se podrían usar sistemas V2G (Vehicule to Grid), que permiten entregar energía eléctrica desde el vehículo al sistema interconectado en periodos de alta demanda.

Ilustración 8. Sistema V2G



Fuente: Guía del Vehículo Eléctrico, 2009.

La disposición de flotas comerciales eléctricas en las ciudades podría funcionar como un almacenamiento móvil de energía, otorgando la posibilidad de alimentar microrredes en zonas con alta variabilidad de demanda.

La batería de un VE es capaz de satisfacer las necesidades energéticas de un hogar en sus servicios básicos como encender una ampolleta, algunos electrodomésticos y recargar un teléfono móvil, asegurando el funcionamiento continuo frente a cortes de electricidad; u optimizando la matriz de costos usando las baterías en periodos de tarifa punta, exceso de demanda o disminución de potencia.

07.03. TIPOS DE RECARGA

La carga de los vehículos estará determinada por una serie de factores, para los efectos de esta guía, se revisarán aquellos que repercuten en la seguridad del proceso de carga. El principal componente diferenciador es el tipo de conector de carga, esto es de suma importancia porque repercutirá en la compatibilidad del vehículo a cargar con la infraestructura de carga.

Ilustración 9. Tipos de Conectores de Carga para un Vehículo Eléctrico.

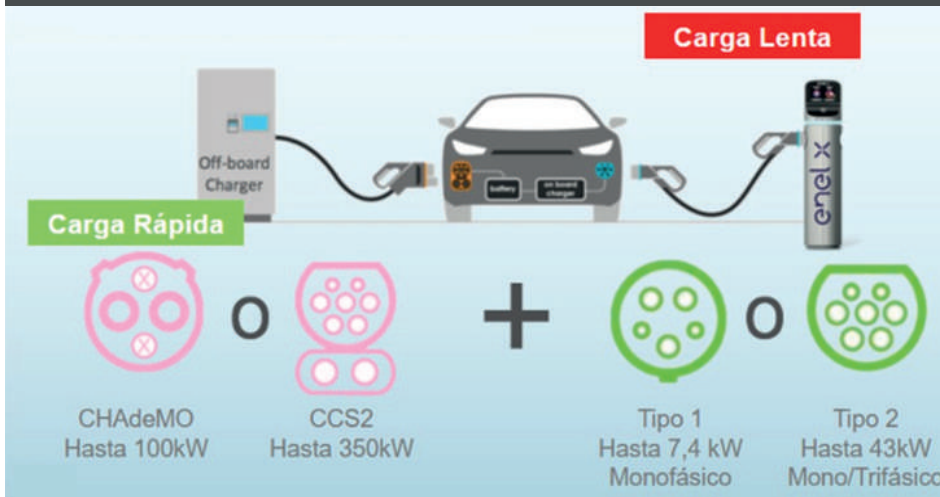


Si bien pueden existir diversos tipos de conectores, y no cabe duda de que en el futuro aparecerán muchos más, desde la perspectiva de seguridad debemos considerar las siguientes variables, que son aplicables de manera transversal:

- 1) Conectores eléctricos e instalaciones certificadas o autorizadas por la SEC.
- 2) Nunca modificar las instalaciones sin seguir las directrices entregadas por la SEC.
- 3) Nunca intervenga los conectores de forma de forzarlos a coincidir.

En la actualidad es muy común que los vehículos tengan un conector para carga rápida y uno para carga lenta, siendo los posibles conectores los que se indican en la imagen:

Ilustración 10. Ejemplo de un vehículo con distintos tipos de conector de carga



Fuente: Material del curso "Respuesta a emergencias eléctricas" realizado por ENEL

Como se ha mencionado, el tipo de carga que selecciona el usuario de un VE, tendrá consecuencias económicas, técnicas, sociales y de seguridad, es por ello que resulta fundamental conocerlos desde la perspectiva de la velocidad o tipo de carga:

Tabla 2. Características de cada tipo de carga.

TIPO DE CARGA	TIPO DE ENCHUFE (CONVENCIONAL)	TENSIÓN (V)	POTENCIA (KW)	TIEMPO DE RECARGA (MINUTOS)	RECARGA (%)
Lenta	Monofásico	230	4-8	300-420	100%
Rápida	Trifásico	400	20-300	10-30	50-80%
Cambio de Batería	-	-	-	2	100%

- 1) **Recarga Lenta:** o carga vinculada es una carga en el lugar de estacionamiento habitual. Se considera con carga normal (hasta 22 KW en corriente alterna) y usa entre 3,7 y 7,4 KW para cargar una batería.

Recarga Rápida: también llamada carga de oportunidad, ya que depende de la red de carga y su distribución en la ruta de los usuarios, regularmente se encuentra en espacios públicos y puede cargar el 80% de una batería en tan solo 15 minutos. Su capacidad de carga es de hasta 50 KW en corriente alterna o continua.

- 2) **Recarga Inductiva:** o carga inalámbrica es una solución de carga sin cables por sistemas de microondas que aún se encuentra en etapa de desarrollo. Permitiría reducir el peso de las baterías del vehículo, además de reducir su costo; recarga constantemente el vehículo en semáforos o durante la ruta (siempre y cuando el asfalto tenga los respectivos embobinados) o estará disponible en zonas de estacionamiento, promete ser una de las soluciones más potente para los tiempos de carga.

- 3) **Cambio de batería:** es la manera más rápida para volver a contar con el 100% de la carga del vehículo. Esta opción es ideal a nivel de movilidad de carga interna, ya que permite aumentar los tiempos de operatividad de la flota. Actualmente esta modalidad es la que se está utilizando en los equipos de transporte mayor como camiones y tractocamiones de faenas internas, se debe considerar que en estos casos los equipos de levante y manipulación de cargas forman parte integral de la infraestructura de carga y cuenten con todas las medidas de seguridad.

En la siguiente imagen es posible ver un camión con sus baterías en la parte posterior de la cabina, una configuración que facilita la operación de recambio.

Ilustración 11. Tractocamión pesado con baterías de recambio.



Fuente: Brochure Sany Trucks


07.04. BATERÍAS

Las baterías cumplen un papel fundamental en el desarrollo y funcionamiento de los vehículos eléctricos, ya que tienen la función de almacenar y proveer la energía para que el vehículo pueda generar su desplazamiento y su funcionamiento. Definirá parámetros tan relevantes como el rendimiento, la autonomía (kWh/Km) o el impacto ambiental.

Es por lo antes mencionado que uno de los mayores desafíos de la electromovilidad se encuentra en el desarrollo tecnológico de las baterías, las que aun presentan posibilidades de mejora en su capacidad de almacenamiento, densidad de potencia, volumen, tiempo de recarga, número de ciclos, peso y costos.


Ilustración 12. Principales características de las baterías

CICLOS DE CARGA

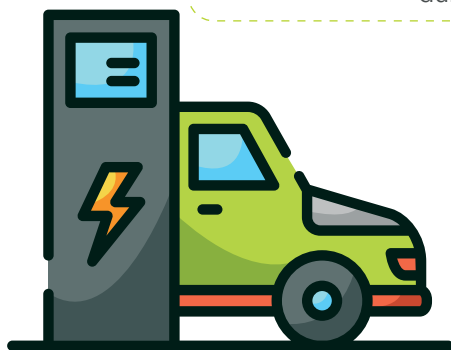


Las baterías de litio funcionan en ciclos compuestos por una carga y una descarga. A mayor cantidad de ciclos, decrece la capacidad de la batería de cargarse completamente. Se aconseja mantener las baterías entre un 30 y un 90% de su capacidad de carga.


CUIDADO Y VIDA ÚTIL



No exponer el vehículo a altas temperaturas porque el calor disminuye la vida útil de las baterías que en la actualidad, duran aproximadamente 8 años o 241.400 km. Estas cifras son utilizadas actualmente como estándar de duración por los principales fabricantes.



DURACIÓN DE LA CARGA



La carga de una batería es variable y depende de varios factores, como la potencia del punto de carga, la capacidad de la batería y la potencia de carga del vehículo.

Fuente: Material del alumno del curso "Introducción al sector energético" realizado por Atexcro.cl

El tipo de batería influirá notablemente en el desempeño del vehículo, así como también en su costo. A continuación, se presentan las características y aplicaciones de cada una de las baterías según sus compuestos químicos de fabricación.

Tabla 3. Tipos de batería según su composición.

SISTEMA	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
Plomo-Ácido (automoción)	Bajo costo, rendimiento moderado con baja energía específica y a baja temperatura; sin mantenimiento; componentes fácilmente reciclables; puede emanar hidrogeno (inflamable); solo admite cargas lentas.	Arranque de automóviles, carros de golf, cortacéspedes, tractores, aeronaves, marina.
Plomo-Ácido (tracción de motores)	Diseñadas para descargas intensas de 6 a 9 horas; servicio en ciclos.	Carretillas, manejo de materiales, vehículos eléctricos e híbridos, tipos especiales para energía submarina.
Plomo-Ácido (estacionario)	Diseñadas para flotas en espera, larga duración.	Energía de emergencia, servicios auxiliares, telecomunicaciones, nivelación de carga, almacenamiento de energía.
Plomo-Ácido (portátil)	Herméticas, sin mantenimiento, bajo costo, ciclo de vida moderado.	Herramientas portátiles, aparatos y dispositivos pequeños, televisores y equipos electrónicos portátiles.
Níquel-Cadmio (industrial)	Buena capacidad a alta potencia y baja temperatura, tensión plana, ciclo de vida excelente	Baterías para aeronaves, aplicaciones industriales y de emergencia, equipos de comunicación
Níquel-Cadmio (portátil)	Herméticas, sin mantenimiento, buen rendimiento a alta frecuencia y baja temperatura, ciclo de vida excelente.	Equipos ferroviarios, electrónica de consumo, herramientas portátiles, dispositivos, equipos fotográficos, potencias de reserva, memorias de seguridad.
Níquel-Hidruros Metálicos	Herméticas, sin mantenimiento, más capacidad que las baterías de níquel-cadmio, admite cargas rápidas; bajo impacto ambiental (libre de plomo, cadmio y mercurio).	Electrónica de consumo y otras aplicaciones portátiles, vehículos eléctricos e híbridos.
Hierro-Níquel	Duraderas, de fabricación resistente, larga vida útil, baja energía específica.	Manejo de materiales, aplicaciones estacionarias, vagones ferroviarios.
Níquel-Cinc	Elevada energía específica, corto ciclo de vida, y gran capacidad.	Bicicletas, motocicletas, motores de arrastre.

Tabla 3. Tipos de batería según su composición.

SISTEMA	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
Plata-Cinc	Energía específica más elevada, muy buena capacidad a alta frecuencia, bajo ciclo de vida, costos elevados.	Electrónica portátil ligera y otros equipos, aviones telecontrolados, submarinos, otros equipos militares y sondas espaciales.
Plata-Cadmio	Elevada energía específica, buena retención de carga, ciclo de vida moderado, costo elevado.	Equipos portátiles que requieren una batería ligera y de alta capacidad, satélites espaciales.
Níquel-Hidrógeno	Largo ciclo de vida bajo descargas poco profunda, larga duración.	Especialmente para aplicaciones aeroespaciales, como satélites.
Tipos primarios recargables a temperatura ambiente (Zn/MnO ₂)	Bajo costo, buena retención de carga, herméticas, sin mantenimiento, ciclo de vida y duración de descargas limitados.	Aplicaciones de pilas cilíndricas, sustitución recargable para baterías primarias alcalinas, electrónica de consumo.
Litio-Ion	Elevada energía específica y densidad de energía, largo ciclo de vida, bajo impacto ambiental (libre de plomo, cadmio y mercurio); pérdida de prestaciones a altas temperaturas; baja tolerancia al abuso (sobrecarga-sobredescarga).	Equipos electrónicos portátiles y de consumo, vehículos eléctricos y aplicaciones espaciales.

Luego, como no todas las baterías pueden ser utilizadas en vehículos, es importante resaltar algunas de las propiedades más importantes de aquellas que permiten su uso en automoción.

Tabla 4. Propiedades de las baterías según su composición.

CARACTERÍSTICA/BATERÍA		Pb-Acido	NiMH	Li-on
Voltaje (v)		2	1.2	3.5-4.5
Energía	WhKg-1	10-40	60-80	80-170
	Whl-1	50-100	250	170-450
Densidad Energética (Wh/kg)		-	50	150
Número de Ciclos (80%)		400-800	300-600	500-3000
Costo (USD/KWh)		100-125	220-400	250-800
Impacto Ambiental		Alto	Bajo	Medio

Peligros y riesgos de las Batería Pb-Ácido

En este tipo de baterías no existe peligro durante el funcionamiento normal de la batería plomo-ácido como se indica en las instrucciones de uso proporcionadas con la batería.

Las baterías plomo-ácido presentan dos características significativas:

- 1) Contienen ácido sulfúrico diluido, que puede producir importantes quemaduras ácidas y podría generar reacciones exotérmicas resultantes en inflamaciones, por lo que es de suma importancia utilizar ropa adecuada en su manipulación.
- 2) Durante el proceso de carga se desprenden hidrógeno y oxígeno gaseosos que, en determinadas circunstancias, pueden dar lugar a una mezcla explosiva, por lo que los bancos de carga deben ser evaluados si corresponden atmosferas explosivas y tomar las medidas según corresponda.

Además, estas baterías debido a su contenido de plomo a largo plazo, se considera que algunos modelos pueden tener compuestos capaces de ser teratógenos y múgatenos, pero esta condición debe ser revisada caso a caso en las hojas de seguridad de la batería.

Se debe tener precaución al momento de su disposición final, ya que debido a su composición se consideran residuo peligroso.

Peligros y riesgos de las Batería NiMH.

En este tipo de baterías no existe peligro durante el funcionamiento normal de la batería, pero se deben considerar las siguientes precauciones:

- 1) Nunca se debe mezclar baterías NiMH con NiCd u otro tipo de baterías y no utilice nunca diferentes tipos de baterías s o sistemas a la vez.
- 2) Se debe mantener las baterías alejadas del fuego para impedir que se produzcan explosiones.
- 3) Al colocar el elemento correctamente, por favor, tenga en cuenta la indicación de polaridad (+/-).
- 4) En caso de abrir la pila de manera forzada, los electrodos pueden reaccionar con el aire y provocar su inflamación.
- 5) Contienen níquel e hidróxidos de sodio y de potasio, los que según la concentración pueden comportarse como tóxicos agudos.

Los componentes químicos y metálicos de este tipo de baterías están contenidos en un recipiente hermético por lo que no será posible quedar expuesto a los contenidos, a menos que se produzca una fuga, ésta sea expuesta a altas temperaturas, o bien sufra una sobrecarga mecánica, física, o eléctrica.

Las baterías dañadas liberarán hidróxidos de sodio y de potasio concentrados, que tienen propiedades cáusticas.

Si hay una fuga en la batería y el material entra en contacto con los ojos, se debe enjuagar minuciosamente con abundante agua corriente durante 30 minutos. Buscar asistencia médica inmediata.

Si la batería presenta una fuga y el material entra en contacto con la piel, retirar cualquier ropa contaminada y enjuagar la piel expuesta con abundante agua corriente durante al menos 15 minutos, si la irritación, herida o dolor persiste, buscar asistencia médica.

Peligros y riesgos de las Batería Li-on

Baterías de iones de litio que experimentan un sobrecalentamiento pueden ocasionar incendios. Sin embargo, puede reducir el riesgo siguiendo algunas instrucciones de seguridad importantes:

- 1) Evite utilizar la carga rápida.
- 2) No coloque los dispositivos que funcionan con baterías bajo el sol.
- 3) Solo use infraestructura de carga adecuada al tipo de vehículo.

08. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS CRÍTICOS DEL SISTEMA.

08.01. PELIGROS CRÍTICOS

A continuación, se presenta una lista de los principales peligros críticos derivados de la electromovilidad, los cuales pudieran conllevar fatalidad o accidentes graves:

RIESGO IDENTIFICADO

La presencia de componentes y cableado de alto voltaje son capaces de producir una descarga eléctrica fatal.

Baterías almacenan energía eléctrica con el potencial de causar explosión o incendio.

Componentes que pueden retener un voltaje peligroso incluso cuando el vehículo está apagado y/o 'descargado'.

Motores eléctricos o el propio vehículo que puede moverse inesperadamente debido a las fuerzas magnéticas dentro de los motores.

Riesgos de manejo manual asociados con el reemplazo o manipulación de paquetes de baterías, debido a su peso excesivo.

Potencial de liberación de gases y líquidos nocivos si las baterías se dañan o se manipulan de forma incorrecta.

La posibilidad de que las personas no se den cuenta de los vehículos en movimiento, ya que cuando son eléctricos, son silenciosos en funcionamiento.

ACTIVIDAD LABORAL ASOCIADA

- Fabricación de Vehículos Eléctricos
- Mantenimiento y Reparaciones
- Emergencias y rescate en Accidentes.

- Fabricación de Vehículos Eléctricos
- Transporte y almacenaje de vehículos y repuestos
- Recarga y manipulación de cargadores

- Fabricación de Vehículos Eléctricos
- Mantenimiento y Reparaciones
- Emergencias y rescate en Accidentes

- Fabricación de Vehículos Eléctricos
- Mantenimiento y Reparaciones
- Emergencias y rescate en Accidentes

- Fabricación de Vehículos Eléctricos
- Mantenimiento y Reparaciones

- Emergencias y rescate en Accidentes

- Conducción de vehículos eléctricos
- Peatones

08.02. CONTROLES OPERACIONALES

Son todas las medidas de control esperables de la guía o programa para abordar específicamente los “peligros críticos” y debe centrarse fundamentalmente en la jerarquía del control y no dejar de lado los controles con foco en la organización.

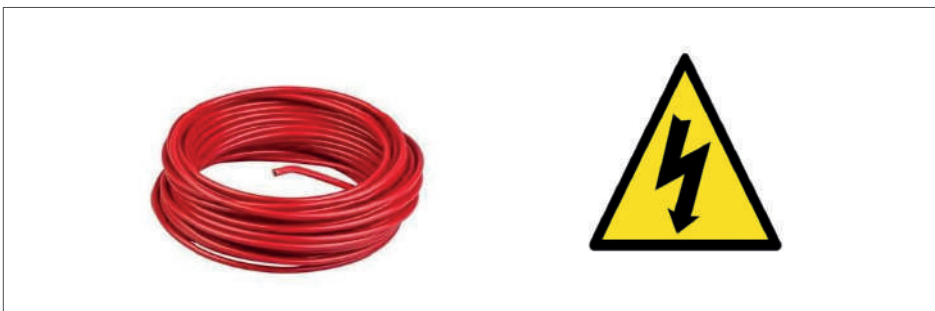
LA PRESENCIA DE COMPONENTES Y CABLEADO DE ALTO VOLTAJE SON CAPACES DE PRODUCIR UNA DESCARGA ELÉCTRICA FATAL.

Según la normativa UNECE-R100, se denomina voltaje clase B cualquiera que represente un riesgo para una persona que se ve expuesta, ya sea a través de un contacto directo o indirecto. Para estos efectos se considera voltaje clase B a cualquiera que se encuentre sobre los 60 volts en corriente continua o 30 volts en corriente alterna. La exposición a dichos voltajes puede provocar la muerte por fibrilación ventricular, quemaduras entre otros.

28

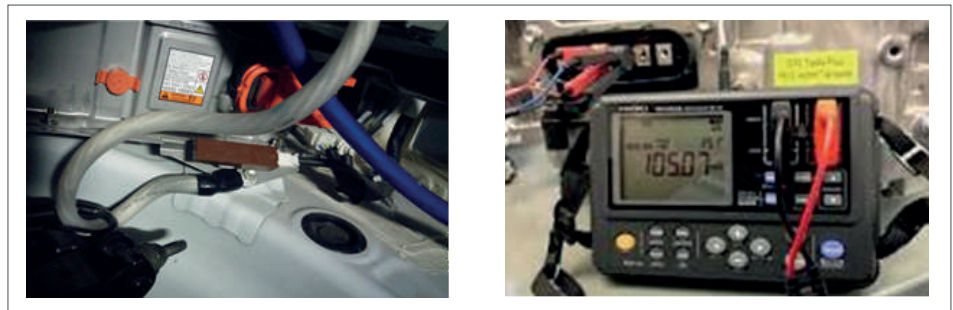
CONTROLES OPERACIONALES:

Rotulación: El cableado de alto voltaje se denota de color naranja, y los módulos con una demarcación con un triángulo amarillo.



Aislación del chasis: Según la normativa ISO6469-3 los vehículos deben mantener su sistema de alto voltaje aislado del chasis en todo momento, de forma de que en el caso que una persona entre en contacto con este, no haya un punto de retorno, y por consiguiente no haya una circulación de corriente por la persona.

Puesta a tierra de carcasas: Todo componente que en su interior opere con alto voltaje o que eventualmente pudiera ser energizado con este debe estar rodeado por una carcasa conductora metálica sólidamente conectada al chasis del vehículo. Esto asegura que no existan diferencias de voltaje peligrosas al contacto humano. Según la normativa ISO6469-3, la resistencia al chasis de cualquiera de estos módulos no puede exceder los 0.1 Ohm. Se recomienda medir y registrar regularmente las resistencias a tierra durante las mantenciones de los vehículos utilizando un Miliohmetro.



Monitor de aislación: Con la finalidad de mantener un monitoreo permanente de la aislación del sistema de alto voltaje respecto del chasis, los vehículos eléctricos mantienen un monitoreo constante. Es recomendable verificar de manera regular que la aislación se mantenga por sobre los 500 Ohm/volt.

Cables con doble aislación con pantallas puestas a tierra: Los cables de alto voltaje están recubiertos con una pantalla metálica aterrizada, que previene de que en el caso de una perforación de la aislación una persona pudiese verse expuesta al contacto con un voltaje peligroso. Adicionalmente el contacto con esta pantalla gatilla el monitor de aislación, lo que sin representar un peligro gatilla una alerta de seguridad del sistema.

LAS BATERÍAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PRESENTAN EN MUCHOS DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS TIENEN EL POTENCIAL DE CAUSAR EXPLOSIÓN O INCENDIO.

Dentro de las baterías de ion litio, que son las comúnmente utilizadas en los vehículos eléctricos modernos, existen distintos tipos que se clasifican mayoritariamente de acuerdo con la composición química de su cátodo, siendo algunos ejemplos las baterías de NMC (Níquel Manganese Cobalto), LFP (Litio Fierro Fosfato), LCO (Litio Oxido de Cobalto), LTO (Litio Oxido de Titanio), entre otras.

Las características de estas baterías dependen fuertemente de a que categoría pertenecen, pudiendo variar su densidad energética, temperatura de autoignición, estabilidad química. A modo general se podrían categorizar de más seguras a más inestables de acuerdo con la siguiente tabla.

No obstante, todas las baterías finalmente contienen grandes cantidades de energía que eventualmente se pueden liberar de manera exotérmica.

CONTROLES OPERACIONALES:

- Sistemas activos de control térmico.
- Ubicación en sectores protegidos de los vehículos.
- Vigilancia de la integridad eléctrica mediante un monitor de aislación.
- Almacenamiento en zonas de temperatura controlada.
- Presencia de fusibles que limiten su corriente en caso de corto circuito.
- Presencia de un BMS que monitoree la temperatura de las celdas y limite la potencia entregable.
- Transporte de baterías debe realizarse con un nivel de carga bajo en las baterías, para disminuir la energía almacenada al interior.

MOVIMIENTO INESPERADO DE MOTORES ELÉCTRICOS O EL PROPIO VEHÍCULO DEBIDO A LAS FUERZAS MAGNÉTICAS DENTRO DE LOS MOTORES.

A diferencia de los motores de combustión, los motores eléctricos utilizan la interacción entre campos magnéticos para impulsar el movimiento. Este proceso es absolutamente silencioso, en contraste con la explosión generada en los pistones que encontramos en los motores de combustión. Esto genera vehículos mucho más silenciosos y amigables con su entorno. Sin embargo, también reviste peligros adicionales asociados a que el personal esté manipulando un motor encendido sin saberlo.

CONTROLES OPERACIONALES:

- Acordonamiento de zonas de trabajo.
- Remoción del fusible desconector de servicio principal MSD para la realización de tareas simples, incluso las que no involucran los sistemas de alto voltaje.
- Uso de candado de bloqueo para impedir energización involuntaria de un vehículo que se encuentra siendo trabajado.

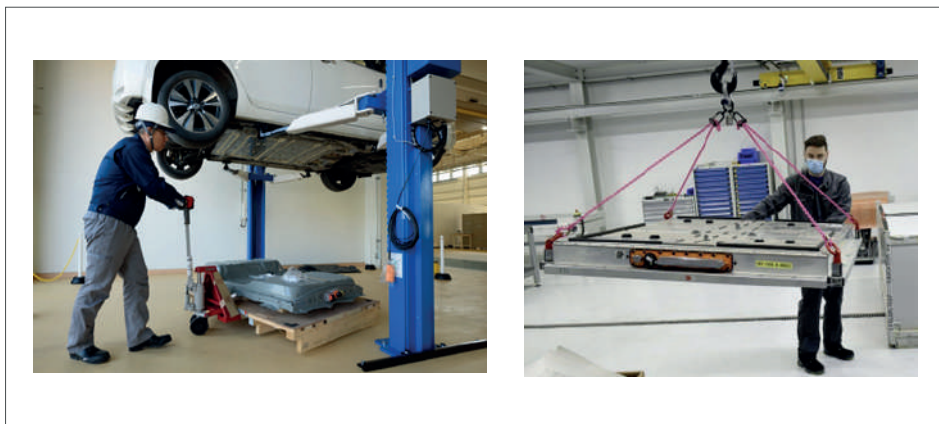


RIESGOS DE MANEJO MANUAL ASOCIADOS CON EL REEMPLAZO O MANIPULACIÓN DE PAQUETES DE BATERÍAS, DEBIDO A SU PESO EXCESIVO.

Parte fundamental de los vehículos eléctricos son las baterías, que son los componentes que almacenan la energía que hace mover al vehículo. A diferencia de lo que ocurre en un vehículo de combustión interna donde el combustible se encuentra en estado líquido, las baterías son componentes sólidos de gran envergadura y peso. Normalmente se manejan en paquetes que pueden pesar individualmente hasta 200 kilos o más. Especialmente en buses la manipulación de estos componentes durante los procesos de mantenimiento, reparación, fabricación o traslado generan riesgos importantes de aplastamiento, atrapamiento y golpes que pudieran implicar riesgo. Adicionalmente la manipulación manual de equipos pesado en el largo plazo puede producir problemas traumatológicos crónicos.

CONTROLES OPERACIONALES:

- Uso de equipamiento que facilite y asista los movimientos de carga pesada.
- Acondonamiento de zonas de trabajo.
- Uso obligatorio de guantes y zapatos de seguridad durante las maniobras.

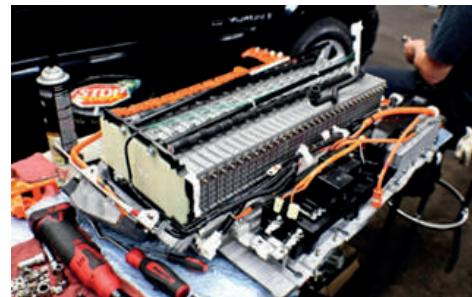


POTENCIAL DE LIBERACIÓN DE GASES Y LÍQUIDOS NOCIVOS SI LAS BATERÍAS SE DAÑAN O SE MANIPULAN DE FORMA INCORRECTA.

A modo general, algunos tipos de baterías utilizadas por los vehículos eléctricos tienen un electrolito líquido que permite el movimiento de los iones entre el cátodo y el ánodo de la batería. En caso de un impacto de alta energía, una perforación de las celdas presentes en las baterías podría liberar este electrolito líquido. Debido a la dificultad para determinar la composición de una batería específica de modo externo, en el caso de fuga del electrolito debe considerarse como potencialmente corrosivo, tóxico y/o inflamable. Sin perjuicio de lo anterior, las baterías de ion litio (Li-Ion) utilizan celdas secas. Es por esto que, al ser dañadas o perforadas, la fuga de electrolito debiese ser mínima. Algunas baterías están refrigeradas por líquido, que en caso de daño podría fugarse refrigerante. El refrigerante es similar al que se encuentra en los radiadores de vehículos convencionales y no debe confundirse con el electrolito de la batería (aunque podría existir contaminación cruzada).

CONTROLES OPERACIONALES:

- Evitar el contacto con el electrolito y utilizar guantes apropiados.
- En caso de identificarse olores inusuales o experimentar irritación en los ojos, la nariz, la garganta o la piel, utilizar respirador para evitar inhalar gases potencialmente irritantes.
- En caso de fuga, algunos fabricantes de baterías recomiendan tener un agente en polvo para neutralizar el electrolito (por ejemplo Ca(OH)_2).



POTENCIAL DE ATROPELLO O CHOQUE PROVOCADO POR QUE LAS PERSONAS NO SE DEN CUENTA DE LOS VEHÍCULOS EN MOVIMIENTO DEBIDO A LA AUSENCIA DE RUIDO AL OPERAR.

A diferencia de su símil a combustión interna, los motores eléctricos son completamente silenciosos durante su operación. Esto presenta una característica muy positiva desde el punto de vista del confort del usuario, sin embargo, agrega un peligro adicional. En la vida cotidiana las personas que transitan por las ciudades, ya sea a pie o conduciendo un vehículo, dependen de manera importante de su audición para advertir la presencia de un vehículo aproximándose. Los vehículos eléctricos al aumentar su velocidad contienen otros componentes que comienzan a emitir ruido (tales como neumáticos, suspensión, vidrio, carrocería). Es por lo tanto que el peligro es máximo cuando los vehículos eléctricos que se mueven a bajas velocidades.

CONTROLES OPERACIONALES:

- Desde el año 2021 es obligatorio que todo vehículo eléctrico cuente con un AVAS (Audible Vehicle Alert System), que emita un ruido cuando el vehículo se desplaza a bajas velocidades para alertar a peatones.



- Es importante instruir a los conductores respecto de estas características, para que sean conscientes de la posibilidad de que los peatones no los escuchen mientras conducen.

PRESENCIA DE COMPONENTES QUE PUEDEN RETENER UN VOLTAJE PELIGROSO INCLUSO CUANDO EL VEHÍCULO ESTÁ APAGADO Y/O 'DESCARGADO'.

En los vehículos eléctricos existen diversas razones por las cuales un componente podría continuar siendo energizado incluso después de que el vehículo se encuentre apagado, lo cual representa un peligro crítico a la hora de la realización de actividades de mantenimiento.

Condensadores cargados: Dentro de los vehículos eléctricos existen unos componentes llamados condensadores, los cuales son capaces de almacenar energía para permitir la operación estable de los componentes eléctricos. Si bien estos condensadores almacenan mucho menos energía que las baterías, esta energía es suficiente para ser peligrosa en caso de contacto con una persona. Al apagar un vehículo eléctrico, se realiza un proceso de descarga de los condensadores de potencia, de manera de que estos no revistan un peligro. Es por esto que, si bien uno podría pensar que un vehículo se encuentra apagado, si no se ha completado la descarga de los condensadores podrían aún existir presencia de voltajes peligrosos.

Cableado aguas arriba del contactor principal de la batería: Normalmente las baterías hacen converger su energía en un módulo único de distribución de potencia. Es este módulo que contiene, entre otras cosas, un contactor que actúa como una “válvula” para separar a las baterías el resto del vehículo una vez apagado. Sin embargo, existen cables que se encuentran aguas arriba de dicho módulo, que se mantienen conectados a las baterías incluso cuando el vehículo se encuentra apagado. Es por esto que incluso en el caso de tener un vehículo apagado, siempre existen zonas que se encuentran expuestas a alto voltaje.

CONTROLES OPERACIONALES:

- Medir antes de manipular.
- Esperar el tiempo establecido por el fabricante antes de realizar una maniobra.
- Manipulación del sistema de alto voltaje solo permitido para personal altamente capacitado.
- Sistemas de descarga activa de condensadores.

09. ESTADÍSTICAS INTERNACIONALES

Alineado con los objetivos de la guía, se hizo una revisión bibliográfica con el objetivo de poder buscar evidencia cuantitativa de los riesgos identificados. Al tratarse de un tema bastante reciente a nivel mundial, existe poco registro estadístico disponible, por consiguiente, no fue posible encontrar datos para todos los riesgos identificados en esta guía. Sin perjuicio de lo anterior, se presenta a continuación los hallazgos.

09.01. ESTADÍSTICAS ASOCIADAS A INCENDIOS

En el desarrollo del estudio “EVALUATION OF ACCIDENT STATISTICS ON ELECTRIC VEHICLES REGARDING TO THE CAUSE OF THE ACCIDENT” desarrollado por la doctora Dr. Dana Meißner, del Institut für Sicherheitstechnik/Schiffssicherheit, en sus resultados publicados octubre de 2020, se hace una recopilación de la mención en medios de comunicación alemanes e internacionales respecto de fuegos que se hubieran reportados durante el periodo comprendido entre 2014 y 2020. En el estudio se muestran estadísticas asociadas al país y la marca de los vehículos con mayor incidencia de menciones de incendios. Sin embargo, para el contexto de la presente guía, la información más relevante dice relación con la situación en la cual estaba el vehículo durante al momento de inicio del incendio. Los resultados se muestran en el gráfico a continuación, que muestran que los vehículos mayoritariamente afectados por incendio se encontraban en orden descendente:

Tabla5. Incendios reportados por vehículos

INCENDIOS REPORTADOS EN PRENSA INTERNACIONAL	Nº CASOS	PORCENTAJE
Estacionado o en reposo	28	32.2%
Durante el proceso de carga	21	24.1%
Posterior a un accidente o choque	14	16.1%
Durante operación	9	10.3%
Sumersión en agua	2	2.3%
Incendio intencional provocado	2	2.3%
No se menciona el origen en la fuente	11	12.6%
TOTAL	87	100%

09.02. ESTADÍSTICAS ASOCIADAS A CHOQUES Y ATROPELLOS POR AUSENCIA DE RUIDO

El Transport Research Laboratory(TRL) de Reino Unido realizó en 2011 un estudio estadístico titulado “Assessing the perceived safety risk from quiet electric and híbrido vehicles to vision-impaired pedestrians”, con la finalidad de que se determinara si el riesgo potencial de seguridad para los peatones con problemas de visión por el mayor uso de vehículos eléctricos e híbridos eléctricos (E/HE) es real y si los vehículos E/HE son audiblemente más difíciles de detectar que su motor de combustión interna tradicional (ICE) equivalentes.

En el contexto de dicho estudio se realizó un análisis de las estadísticas de accidentes de vehículos en Gran Bretaña para el período 2005-2008, el cual arrojó las siguientes conclusiones:

Si bien las tasas relativas son todas inferiores a uno, comparar la tasa relativa de vehículos E/HE involucrados en todos los accidentes (0,62) con la tasa relativa de vehículos E/HE que colisionan con un peatón (0,90) sugiere que, aunque el número relativo de Los vehículos E/HE involucrados en accidentes son más pequeños, proporcionalmente más de estos vehículos golpean a un peatón que los vehículos ICE.

10. BIBLIOGRAFÍA

- BULLETIN » Submerged Hybrid / Electric Vehicles NFPA, Sept 2017.
- NFPA'S ALTERNATIVE FUEL VEHICLES SAFETY TRAINING PROGRAM EMERGENCY FIELD GUIDE 2018 EDITION.
- SCIENTIFIC PROCEEDINGS XIV INTERNATIONAL CONGRESS "MACHINES. TECHNOLOGIES RISKS AND SAFETY ISSUES RELATED TO USE OF ELECTRIC AND HYBRID VEHICLES.
- Renault Presentation SASO Electric Vehicle Workshop.
- Draft global technical regulation on electric vehicle safety Submitted by the experts of the informal working group on electric vehicle safety and from China, Japan, the United States of America and the European Commission, cosponsors of the global technical regulation.
- Electric Vehicle Battery Life For the New Zealand Energy Efficiency and Conservation Authority (EECA) - April 2017.
- SAFETY CONSIDERATIONS FOR ELECTRIC VEHICLES P. Van den Bossche CITELEC.
- Emergency Responder Training for Advanced Electric Drive Vehicles Andrew Klock NFPA 2013.
- Best Practices for Emergency Response to Incidents Involving Electric Vehicles Battery Hazards: A Report on Full-Scale Testing Results, NFPA 2013.
- Pliego Técnico N° RIC 15 INFRAESTRUCTURA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS. Superintendencia de Electricidad y Combustibles 2020.

- Costandinos Visvikis Safety considerations for electric vehicles and regulatory activities Conference Paper · May 2012.
- Normativa Europea UN-ECE-R100 Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos en relación con los requisitos específicos del grupo motopropulsor eléctrico.

ANEXO N°1: CHECKLIST DE INSPECCIÓN TALLER DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

N°	CONDICIÓN DE CUMPLIMIENTO	OK	NOK
01	Existencia de una coordinación utilizando candados de bloqueo para impedir energización involuntaria de un vehículo en el cual se está desarrollando una maniobra de mantenimiento.		
02	El personal se encuentra capacitado en tópicos de seguridad eléctrica en vehículos eléctricos de acuerdo con normativa ISO6469-3, UNECE R-100, o equivalente.		
03	El personal cuenta con EPP indicado por el fabricante para las tareas que le son encomendadas. Estas pueden incluir guantes de alto voltaje, careta protectora, lámina aislante, herramientas aisladas, entre otras.		
04	El personal cuenta con protocolos claros y ha sido capacitado para la realización de maniobras, el cual es provisto por el fabricante de los vehículos.		
05	Los instrumentos con los que cuenta el taller se revisan de manera periódica y documentada, y según corresponda se calibran periódicamente.		
06	Los espacios de trabajo con voltajes sobre 60V se encuentran demarcados y cuentan con elementos para la realización de un acordonamiento durante maniobras que puedan exponer el interior de los sistemas de alto voltaje.		
07	El taller cuenta con al menos un supervisor que sea técnico eléctrico con certificación SEC clase B.		
08	Existe y se aplica una estructura de capacitaciones de seguridad eléctrica que da origen a distintos niveles permisos para realizar maniobras determinadas.		
09	Existe un sistema de gestión de calidad, que permite realizar la trazabilidad de las maniobras y de los chequeos realizados.		
10	Los espacios de trabajo con voltajes sobre 60V se encuentran correctamente iluminadas de acuerdo con la normativa, y se encuentran techadas de modo de que no puedan estar expuestas a condiciones ambientales de agua o viento.		
11	Se encuentra prohibido el ingreso de personas no autorizadas a las áreas del taller, y se tiene la señalética correspondiente.		
12	Todo el personal que conduzca un vehículo está acreditado y tiene una licencia de conducir vigente.		
13	Los vehículos cuentan con espacio suficiente para realizar maniobras en el taller.		
14	Existe un botiquín de primeros auxilios el cual es mantenido de forma regular, está en una zona accesible y el personal capacitado. Este debería incluir insumos para quemaduras, gel antídoto para quemadura de ácido fluorhídrico, pértigas de rescate, entre otros. Algunas fuentes recomiendan la instalación de un desfibrilador semiautomático y entrenamiento de RCP.		
15	Se cuenta con salidas que son claras y accesibles.		
16	Se proporcionan extintores de incendios, se revisan periódicamente de acuerdo con la normativa.		
17	Todos los equipos de elevación y sujeción (gatas hidráulicas, alzadores, etc.) tienen una etiqueta que indica la carga de trabajo segura con un peso designado según las especificaciones del fabricante.		

N°	CONDICIÓN DE CUMPLIMIENTO	OK	NOK
18	Los elevadores de vehículos se revisan anualmente o en intervalos menores de acuerdo con las instrucciones del fabricante y se mantienen los registros que permiten realizar una trazabilidad de dichas revisiones.		
19	Los elevadores de vehículos tienen brazos de bloqueo y cierres de seguridad para evitar que el vehículo se desestabilice.		
20	Se proporcionan los elementos para limpiar de manera inmediata cualquier derrame de aceite o refrigerante.		
21	Se cuenta con equipamiento para lidiar con fugas de electrólito de batería, tales como un polvo neutralizador de fugas de ácidos/alcalinos dependiendo de si la batería es basada en litio o níquel respectivamente.		

ANEXO N°2: REACCIÓN FRENTE A EMERGENCIAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

IDENTIFICAR

INMOVILIZAR

DESENERGIZAR

IDENTIFICAR EL VEHÍCULO

SIEMPRE ASUMIR QUE EL VEHÍCULO ES ELÉCTRICO HASTA QUE SE PRUEBE LO CONTRARIO

Buscar etiquetas externas indicando que es un vehículo eléctrico.

Las etiquetas pueden estar ocultas en un choque o incendio, buscar otras formas de identificar de qué tipo de vehículo se trata, por ejemplo, ausencia de tubo de escape. Determinar información del vehículo (ubicación de las baterías, motor y cables de alto voltaje). Para ello se ver la ficha de seguridad de este modelo de bus.



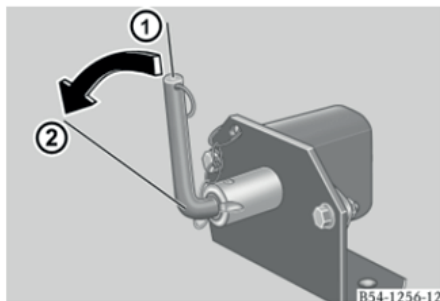
INMOVILIZAR EL VEHÍCULO

TODOS LOS VEHÍCULOS DEBEN SER INMOVILIZADOS ANTES DE REALIZAR TRABAJOS EN ÉL. LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS NO EMITEN RUIDO, POR LO CUAL PUEDEN PARECER APAGADOS INCLUSO CUANDO NO LO ESTÁN.



DESENERGIZAR EL VEHÍCULO

En caso de poder acceder al vehículo, apagar vehículo, aplicar corta corriente de 12/24V y luego desconectar el fusible principal, también llamado MSD.



01 Interruptor maestro (corta corriente 24V) conectado.

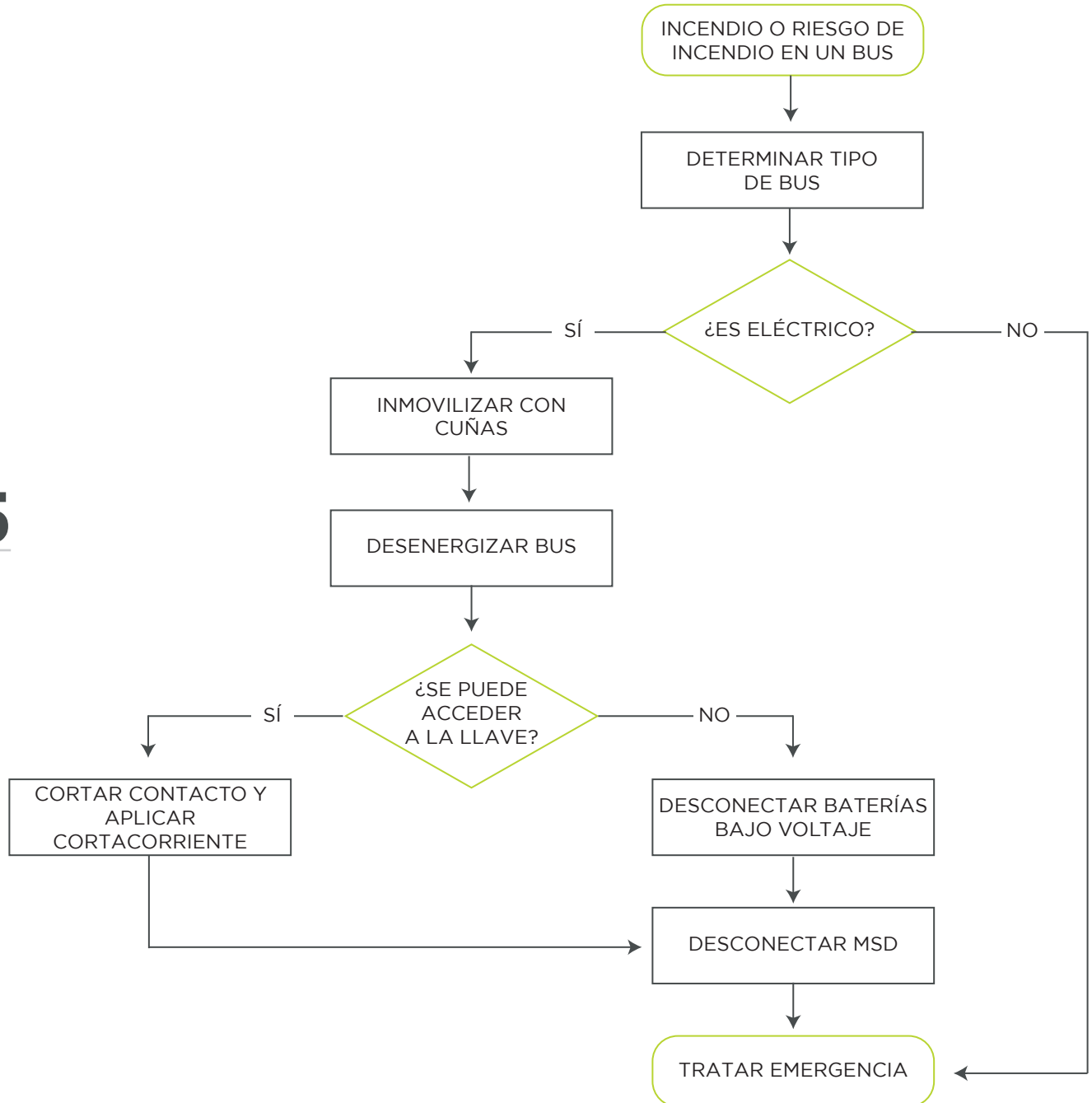
02 Interruptor maestro (corta corriente 24V) desconectado (insertar y quitar).

*Ubicación de interruptor en cabina de conductor (mismo que en imagen) o en pared lateral de baterías de 24V.



PARA DESCONECTAR EL FUSIBLE PRINCIPAL SE REQUIEREN GUANTES CON CERTIFICACIÓN PARA 1000V. ESTO DEBE SER REALIZADO POR PERSONAL CAPACITADO PARA ESTA FINALIDAD.

DIAGRAMA ACCIONES PREVIAS A ACTUAR ANTE EMERGENCIA DE INCENDIO



PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA SUPRESIÓN DE FUEGO

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL DE EMERGENCIA

El personal debe utilizar la misma protección que para incendios de vehículos tradicionales, junto con guantes para poder operar alto voltaje. En caso eventual de existir ignición en las baterías, se recomienda utilizar tanques de oxígeno por parte del personal de emergencia, debido a que puede haber emisión de gases irritantes de las vías respiratorias.



AGENTES EXTINTORES RECOMENDADOS

Utilice agentes extinguidores recomendados para incendios vehiculares comunes, particularmente grandes cantidades de agua. El objetivo de la adición de agua es reducir la temperatura de la batería. El usar cantidades insuficientes de agua que no logren reducir la temperatura puede ser contraproducente. Según pruebas realizadas por la NFPA de EE. UU. (National Fire Protection Association), la cantidad necesaria puede ser del orden de 10.000 litros de agua.

TÉCNICAS DE EXTINCIÓN RECOMENDADAS

TÁCTICA OFENSIVA: Recomendada en caso de que no estén involucrados dentro del incidente los sistemas de baterías de alto voltaje o que no sea posible por efecto de confinamiento del vehículo utilizar una táctica defensiva. Esta consiste en apagar el fuego con abundante agua, 10.000 litros o más. Una táctica defensiva es generalmente recomendado en el evento de baterías de alto voltaje se vean involucradas en el incendio. Una cámara térmica puede ser útil para determinar cuando el fuego se ha consumido finalmente, y buscar donde aplicar de manera efectiva el agua para disminuir la temperatura de las baterías. Una vez apagado el siniestro, monitorear en las horas sucesivas para ver que no se vuelva a elevar la temperatura de baterías.

TÁCTICA DEFENSIVA: Recomendada en caso de que el incidente ocurra en un lugar abierto y que no revista riesgos. Consiste en permitir que las baterías se consuman, la cual ha demostrado ser un medio efectivo para manejar la situación. Ya que la batería esta sellada, la aplicación de agua hacia las celdas ardiendo puede ser compleja. Permitir el pack de batería quemarse, es el curso de acción más prudente en caso de ser posible.

Las baterías del RE003 son de LFP por ende en contraste con baterías de otro tipo de vehículos eléctricos no generan fuego en casos de temperatura extrema o corto circuito.



NCM cell thermal runaway



LFP cell thermal runaway

PROCEDIMIENTO GENERAL EN CASO DE SUMERSIÓN EN AGUA

Ya sea en una sumersión completa o parcial, los vehículos eléctricos están diseñados para no representar un riesgo de electrocución al ser tocados. Adicionalmente, sus sistemas eléctricos están diseñados para no energizar el agua circundante.

PROCEDIMIENTO DE RESPUESTA

- Si existen víctimas dentro del vehículo, siga los procedimientos normales de rescate.
- No toque ningún componente de algo voltaje o cables.
- Si es posible, remueva el vehículo del agua y siga las instrucciones normales de inhabilitado.

Una batería de alto voltaje sumergida puede generar una reacción electrólisis del agua, observable a través de burbujas. El sistema de alto voltaje quedará descargado una vez que la reacción de efervescencia haya terminado, y ya no se observe la generación de burbujas. Esto produce hidrógeno y oxígeno que puede acumularse en la cabina, por lo cual puede ser necesario ventilarla para evitar la acumulación de gas.

PROCEDIMIENTO GENERAL PARA DERRAMES

Las celdas contenidas en las baterías de alto voltaje son muy similares en naturaleza con una celda de batería seca y no contienen grandes cantidades de electrolitos líquidos. En el poco probable caso de que la batería sea perforada y una celda individual se rompa o dañe, solo existe potencial para que un par de gotas se liberen. Estos residuos deben ser tratados como cualquier material corrosivo, con sus respectivas precauciones.

10) TRANSPORTE DEL VEHÍCULO SINIESTRADO

Al tratarse de un vehículo eléctrico, se deben tener ciertas consideraciones en caso de eventuales remolques. Siempre se deberá conectar una manguera a la red de aire para remolque, para abastecer el vehículo.

Transporte de baja velocidad (bajo 25 km/hr)

El remolque debe realizarse con el vehículo desenergizado (MSD desconectado) y apagado (sin contacto). Realizar esta maniobra utilizando guantes de protección eléctrica sobre 1000V y zapatos de seguridad. En ninguna circunstancia se deben superar los 25km/h.

10.2 Transporte de alta velocidad (sobre 25 km/hr)

Se debe apagar el vehículo, desconectar corta cortacorriente, quitar el MSD. Realizar esta maniobra utilizando guantes de protección eléctrica sobre 1000V y zapatos de seguridad. Posteriormente REMOVER EL CARDÁN, esto a modo de evitar la fuerza en sentido contrario que ejerce el freno regenerativo del taxibus.

Remolcar el vehículo sobre 25km/h con cardán conectado generará un daño irreversible en el motor eléctrico.

*En caso de remolque tras un incendio

- Se debe esperar 45 minutos como mínimo después de extinto el fuego, para poder remolcarlo. Esto para que las baterías disminuyan sus temperaturas.
- El vehículo tras ser transportado debe ser aislado debido al riesgo de que las baterías vuelvan a prenderse.
- Acordonar el lugar, para que no se acerquen personas.

CHOQUE

INMOVILIZAR/DESENERGIZAR EL VEHÍCULO

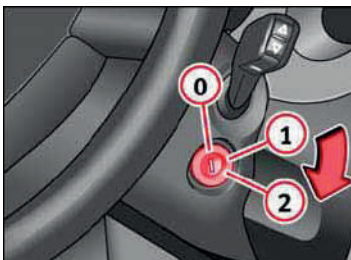
Ante un choque, detenga el vehículo, accione el freno estacionamiento e intermitentes y acñe el vehículo.

Revise que no existan testigos de falla encendidos (“check engine”, sobre temperatura batería, falla aislación).

Realice una inspección visual por el exterior del vehículo en caso de no tener problemas severos o presentarse un choque con consecuencias superficiales, reanude la marcha.

Si no puede continuar la marcha o se detecta otra anomalía, pulse botón de emergencia, apague el vehículo.

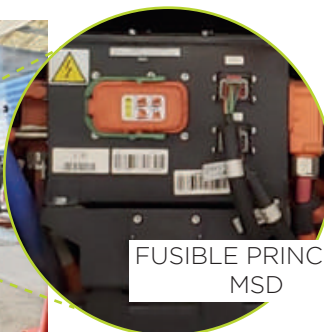
Desconecte cortacorriente, quite MSD con guantes aislados de 1000V. Si cuenta con cámara térmica, revise la temperatura de baterías para descartar riesgo de incendio de estas. Si se encuentra dentro de la mina o en lugar no seguro remolcar a un lugar seguro. Contactarse con central para indicar procedimiento a seguir.



POSICIONES DE LA LLAVE

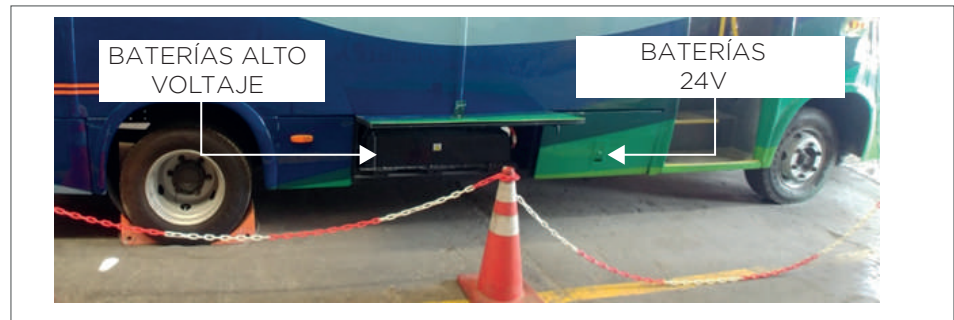


PARADA DE EMERGENCIA



FUSIBLE PRINCIPAL
MSD

POSICIÓN FUSIBLE PRINCIPAL



EXTRACCIÓN

Dado que es un bus, la extracción debe realizarse por las salidas de emergencia, las cuales son puerta y ventanas, como cualquier procedimiento en un vehículo normal. En caso de que esto sea imposible de realizar, debido a deformación de la cabina o atrapamiento del vehículo, se deben tener las siguientes consideraciones:

- Conocer los componentes del bus.
- No cortar cables naranjas durante las maniobras de rescate.
- No manipular componentes de alto voltaje.



FICHA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL BUS

A continuación, se muestra un modelo con los componentes del bus:

* Elementos naranjas corresponden a cables o elementos de alto voltaje.

