

Ciudades Inclusivas, Sostenibles e Inteligentes (CISI)

# Hacia la medición de la electromovilidad en el comercio internacional

Ira Ronzheimer, José Durán Lima,  
Cristóbal Budnevich y Matthew Gomies



NACIONES UNIDAS

CEPAL



cooperación  
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

# Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

**Deseo registrarme**



NACIONES UNIDAS



[www.cepal.org/es/publications](http://www.cepal.org/es/publications)



[www.instagram.com/publicacionesdelacepal](http://www.instagram.com/publicacionesdelacepal)



[www.facebook.com/publicacionesdelacepal](http://www.facebook.com/publicacionesdelacepal)



[www.issuu.com/publicacionescepal/stacks](http://www.issuu.com/publicacionescepal/stacks)



[www.cepal.org/es/publicaciones/apps](http://www.cepal.org/es/publicaciones/apps)

# Hacia la medición de la electromovilidad en el comercio internacional

Ira Ronzheimer  
José Durán Lima  
Cristóbal Budnevich  
Matthew Gomies



NACIONES UNIDAS

CEPAL



cooperación  
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Este documento fue preparado por Ira Ronzheimer, José Durán Lima y Matthew Gomies, funcionarios de la Unidad de Integración Regional de la División de Comercio Internacional e Integración de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y Cristóbal Budnevich, Consultor de la misma División, en el marco del proyecto "Ciudades inclusivas, sostenibles e inteligentes en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe", clúster 3, ejecutado por la CEPAL en conjunto con la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania. El proyecto forma parte del programa de cooperación CEPAL/BMZ-GIZ.

Los autores agradecen a Niklas Lindig, Sebastián Herreros y Daniel Cracau por su apoyo en la realización de la investigación preliminar y la revisión del manual. Este documento se presentó en el seminario web *Midiendo la Electromovilidad en el Comercio Internacional: el Caso de los Buses Eléctricos*, organizado por la Universidad Sergio Arboleda en Bogotá, que contó con la participación de ingenieros civiles, ingenieros de motores y especialistas del sector automotor.

Esta es una traducción al español de un documento no editado en inglés. Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.

Publicación de las Naciones Unidas  
LC/TS.2022/103  
Distribución: L  
Copyright © Naciones Unidas, 2022  
Reservados todos los derechos  
Impreso en Naciones Unidas, Santiago  
S.22-00529

Esta publicación debe citarse como: I. Ronzheimer y otros, "Hacia la medición de la electromovilidad en el comercio internacional", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2022/103), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

## Índice

<b>Resumen</b> .....	7
<b>Introducción</b> .....	9
<b>I. La electromovilidad en América Latina y el Caribe: un panorama general</b> .....	11
<b>II. Metodología</b> .....	17
A. Supuestos .....	22
1. Supuestos generales sobre la desagregación de los principales productos semielaborados en materias primas .....	23
2. Principales criterios de desagregación de los productos semielaborados.....	24
<b>III. Piezas de la estructura</b> .....	25
A. Piezas comunes de la estructura.....	25
1. Carrocería del autobús.....	25
2. Cabinas del autobús.....	28
3. Componentes electrónicos .....	31
4. Piezas de uso general .....	34
B. Autobús eléctrico: eCitaro .....	35
1. Motor eléctrico .....	36
2. Tren de transmisión.....	38
3. Batería.....	43
C. Autobús convencional: Citaro con motor de combustión interna .....	54
1. Motor diésel convencional .....	54
2. Tren de transmisión convencional .....	57
3. Sistema de combustible diésel.....	60
<b>IV. Resultados globales</b> .....	63
A. Tipos de autobuses.....	63
1. Autobús eléctrico .....	63
2. Autobús convencional .....	66

B.	Principales materias primas.....	69
1.	Hierro y concentrados .....	70
C.	Principales diferencias entre los autobuses eléctricos y convencionales .....	72
<b>V.</b>	<b>Posibilidades de reconversión y reciclaje .....</b>	<b>75</b>
A.	Reconversión para autobuses eléctricos .....	76
B.	Trolebuses.....	77
<b>VI.</b>	<b>Oportunidades y limitaciones de la metodología propuesta.....</b>	<b>79</b>
<b>VII.</b>	<b>Estructura de costos de un autobús eléctrico frente a un autobús diésel convencional .....</b>	<b>81</b>
<b>VIII.</b>	<b>Ponderación de los factores para estimar el comercio de insumos .....</b>	<b>85</b>
A.	Factor de conversión I: intraindustrial.....	86
B.	Factor de conversión II: interindustrial.....	87
1.	Insumos seleccionados .....	88
2.	Limitaciones.....	90
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>91</b>
	<b>Anexos .....</b>	<b>97</b>
Anexo 1	.....	98
Anexo 2	.....	105
Anexo 3	.....	119
	<b>Cuadros</b>	
Cuadro 1	América Latina y el Caribe (11 países): flota de autobuses de transporte urbano, abril de 2022 .....	12
Cuadro 2	Comparación de diferentes tipos de autobuses .....	14
Cuadro 3	Códigos arancelarios de los autobuses en las ediciones de 2012 y 2017 del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) .....	18
Cuadro 4	Ejemplos de insumos para vehículos incluidos en el capítulo 87 del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) .....	20
Cuadro 5	Resumen de los supuestos formulados .....	23
Cuadro 6	Piezas comunes de la estructura de un autobús convencional y un autobús eléctrico .....	25
Cuadro 7	Desagregación del grupo de la carrocería del autobús .....	27
Cuadro 8	Desagregación del grupo de la cabina del autobús .....	29
Cuadro 9	Desagregación del grupo de componentes electrónicos .....	32
Cuadro 10	Piezas de uso general .....	34
Cuadro 11	Desagregación del grupo del motor.....	37
Cuadro 12	Desagregación del grupo del tren de transmisión .....	41
Cuadro 13	Indicadores del rendimiento de la batería utilizada en el eCitaro .....	46
Cuadro 14	Distribución del peso de los insumos y las piezas de la batería .....	46
Cuadro 15	Principales insumos necesarios para producir las celdas de la batería del eCitaro (diez módulos).....	47
Cuadro 16	Insumos de la batería por pieza de la batería .....	48
Cuadro 17	Desagregación del grupo de la batería.....	52
Cuadro 18	Desagregación del grupo del motor convencional .....	55
Cuadro 19	Desagregación del grupo del tren de transmisión convencional.....	58
Cuadro 20	Desagregación del grupo del depósito de combustible .....	60
Cuadro 21	Peso y desagregación por grupo y nivel del vector para el autobús eléctrico.....	63
Cuadro 22	Peso y desagregación por grupo y nivel del vector para el autobús convencional.....	66

Cuadro 23	Principales cuatro materias primas necesarias para producir autobuses convencionales y eléctricos .....	69
Cuadro 24	Diferencias en las necesidades de materias primas de los autobuses eléctricos y convencionales .....	72
Cuadro 25	Principales diferencias en las necesidades de materias primas de los autobuses eléctricos y convencionales .....	73
Cuadro 26	Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) de la reconversión de autobuses .....	75
Cuadro 27	Cambios de insumos elaborados para la reconversión .....	76
Cuadro 28	Insumos para producir un pantógrafo .....	77
Cuadro 29	Productos con un factor de conversión intraindustrial de 1,88 .....	86
Cuadro 30	Cantidad de vehículos producidos por tipo, 2019 o último año disponible.....	87
Cuadro 31	Aplicaciones industriales del cobre, el hierro y el acero, y los semiconductores .....	90
Cuadro A1.1	Densidad de algunos rellenos en cauchos .....	98
Cuadro A1.2	Desagregación de otros insumos relevantes .....	102
Cuadro A2.1	Vector de piezas elaboradas (autobús eléctrico) .....	105
Cuadro A2.2	Vector de piezas semielaboradas (autobús eléctrico).....	107
Cuadro A2.3	Vector de materias primas (autobús eléctrico).....	111
Cuadro A3.1	Vector de piezas elaboradas (autobús convencional) .....	119
Cuadro A3.2	Vector de piezas semielaboradas (autobús convencional) .....	124
Cuadro A3.3	Vector de materias primas (autobús convencional).....	128

## Gráficos

Gráfico 1	América Latina y el Caribe: participación en las emisiones de gases de efecto invernadero, por sector, 2018 .....	13
Gráfico 2	América Latina y el Caribe: combustibles utilizados por el sector del transporte, por producto, 2018 .....	13
Gráfico 3	Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para las carrocerías de los autobuses por nivel de elaboración del producto .....	27
Gráfico 4	Subgrupos del grupo de la cabina del autobús .....	30
Gráfico 5	Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para las cabinas de los autobuses por nivel de elaboración del producto .....	30
Gráfico 6	Desagregación de los subgrupos de los componentes electrónicos .....	32
Gráfico 7	Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para los componentes electrónicos de los autobuses por nivel de elaboración del producto .....	33
Gráfico 8	Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para los motores eléctricos por nivel de elaboración del producto .....	38
Gráfico 9	Subgrupos del grupo del tren de transmisión.....	42
Gráfico 10	Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para los trenes de transmisión eléctricos por nivel de elaboración del producto .....	42
Gráfico 11	Subgrupos del grupo de la batería .....	53
Gráfico 12	Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para las baterías de los autobuses, por nivel de elaboración del producto .....	53
Gráfico 13	Subgrupos del grupo del motor convencional.....	56
Gráfico 14	Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para el motor diésel por nivel de elaboración del producto .....	56
Gráfico 15	Subgrupos del grupo del tren de transmisión convencional .....	58
Gráfico 16	Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para el tren de transmisión convencional por nivel de elaboración del producto.....	59

Gráfico 17	Subgrupos del grupo del depósito de combustible .....	61
Gráfico 18	Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para el depósito de combustible, por nivel de elaboración del producto .....	61
Gráfico 19	Sectores económicos asociados por nivel del vector para producir autobuses eléctricos .....	64
Gráfico 20	Sectores económicos asociados por nivel del vector para producir autobuses convencionales .....	67
Gráfico 21	Necesidades de minerales de hierro y concentrados por grupo.....	70
Gráfico 22	Necesidades de minerales de aluminio y concentrados por grupo .....	71
Gráfico 23	Costos de los grupos por nivel de vector .....	82
Gráfico 24	Materias primas: diez insumos más importantes por costo .....	84
Gráfico 25	Demanda de baterías, 2020 .....	89
 <b>Recuadros</b>		
Recuadro 1	Costos y requisitos de inversión inicial relacionados con la utilización de autobuses eléctricos .....	36
Recuadro 2	Los servicios como insumo para los autobuses eléctricos.....	41
Recuadro 3	Información general sobre baterías y alternativas a las baterías de níquel, manganeso y cobalto .....	44
Recuadro 4	Desagregación de los códigos del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) para las principales materias primas necesarias para la producción de baterías: litio, cobalto, níquel, manganeso y grafito.....	49
Recuadro 5	Comparación entre motores diésel y eléctricos.....	73
 <b>Diagramas</b>		
Diagrama 1	Los tres vectores de componentes de una ventanilla de autobús.....	19
Diagrama 2	Etapas del desarrollo de una metodología para analizar el comercio de autobuses convencionales y eléctricos.....	20
 <b>Imagen</b>		
Imagen 1	Modelo de autobús Mercedes-Benz Citaro .....	22
Imagen 2	Ejemplo de carcasa de un autobús.....	26
Imagen 3	Cabina del autobús Citaro.....	28
Imagen 4	Disposición de los principales componentes del eCitaro .....	35
Imagen 5	Motor eléctrico del eCitaro (ZF CeTrax) .....	37
Imagen 6	Tren de transmisión y eje póstico con motores del eCitaro .....	39
Imagen 7	Utilización de la batería en el eCitaro .....	45
Imagen 8	Motor OM 936 h del Citaro .....	55

## Resumen

Este documento fue preparado en el marco del proyecto "Ciudades inclusivas, sostenibles e inteligentes en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe", ejecutado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) con el apoyo de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). El proyecto se centra principalmente en la implementación de la electromovilidad en los sistemas de transporte de las ciudades latinoamericanas como alternativa sostenible en el contexto del cambio climático.

La metodología presentada en este documento tiene por objeto estimar la capacidad productiva de América Latina y el Caribe en el contexto de la electromovilidad en el transporte urbano a partir de los flujos comerciales. Mediante el análisis de los flujos de exportación de autobuses eléctricos y sus insumos, tanto en la región como a nivel mundial, es posible identificar a los principales proveedores y compradores, y evaluar la participación de América Latina y el Caribe en las cadenas globales de valor. El propósito general es identificar cómo los países latinoamericanos pueden participar en las cadenas de valor de la electromovilidad y aumentar el valor agregado de sus exportaciones.

El núcleo de la metodología se basa en la desagregación tanto de un autobús eléctrico (que funciona con baterías) como de un autobús convencional (que funciona con diésel) en sus piezas elaboradas y semielaboradas, así como en sus materias primas, utilizando la edición de 2017 del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA). En este sentido, la metodología permite determinar las necesidades cuantitativas de todas las materias primas necesarias para construir un autobús. A su vez, los diferentes productos necesarios se asignaron a distintos grupos, como los de la carrocería, la batería y el motor del autobús, entre otros, para analizar el comercio de los productos de los respectivos grupos.

Además de determinar los insumos necesarios, se estimó el precio de dichos insumos a partir de los flujos comerciales mundiales a fin de determinar la estructura de costos de un autobús eléctrico. Esto permite identificar los productos con alto valor agregado en sus procesos de elaboración. Por último, sobre la base de los precios de los insumos y las cantidades necesarias, se estimó la proporción del comercio internacional de los productos necesarios que se destina a la producción de autobuses eléctricos.



## Introducción

En los últimos años, en América Latina y el Caribe ha aumentado notoriamente el interés por la electromovilidad —y, en concreto, por la electrificación del transporte público—, impulsado por la urgente necesidad de descarbonizar la economía y reducir los niveles de contaminación. La electrificación del transporte público plantea varios retos a la región; entre ellos, los relacionados con el costo y la disponibilidad de los autobuses eléctricos y la infraestructura de apoyo necesaria. Al mismo tiempo, la región es un proveedor clave de las materias primas necesarias para producir autobuses eléctricos y cuenta con abundantes fuentes de energía sostenible necesarias para el funcionamiento de los vehículos eléctricos.

Si bien América Latina y el Caribe depende, en gran medida, de las importaciones de autobuses eléctricos del resto del mundo, existe cierto interés en explorar opciones para aumentar la producción a nivel regional. Para evaluar la capacidad de fabricación regional, en este documento se presenta una metodología basada en el Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA), una clasificación uniforme para el comercio internacional. A partir de la definición de los componentes elaborados y semielaborados, así como de las materias primas necesarias para producir autobuses eléctricos, la metodología permite conocer los flujos comerciales dentro y fuera de la región. Aunque la metodología propuesta se centra en los autobuses eléctricos, incluye como referencia a los autobuses convencionales que funcionan con diésel. Para cada tipo de autobús se definen tres vectores de componentes: para insumos elaborados, insumos semielaborados y materias primas. Los vectores de componentes se utilizarán para analizar las cadenas de valor de los autobuses eléctricos y los convencionales que funcionan con diésel.

En este análisis no se incluyen los gastos de capital y mano de obra que conlleva la producción de un autobús, ni los servicios que forman parte de dicho proceso de producción. El *software*, como los sistemas de supervisión (sistemas de gestión de baterías, red de área del controlador y otros), puede representar una importante proporción del valor total de un autobús, especialmente de los modelos eléctricos y los que funcionan con hidrógeno.

Este documento fue preparado en el marco del proyecto "Ciudades inclusivas, sostenibles e inteligentes en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe", ejecutado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) con el apoyo de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Los principales objetivos de esta colaboración son: i) estimar la demanda de electromovilidad en las ciudades de América Latina y el Caribe y facilitar su implementación, ii) promover la oferta regional para satisfacer la demanda potencial de electromovilidad y iii) fomentar un diálogo entre las partes interesadas en la movilidad urbana sostenible en las ciudades y los proveedores de autobuses y de insumos de la región.

## I. La electromovilidad en América Latina y el Caribe: un panorama general

Sobre la base de la información disponible de 11 países, se estima que, en abril de 2022, había cerca de 117.000 autobuses funcionando en el transporte urbano de pasajeros en América Latina y el Caribe, de los cuales unos 113.500 (97%) eran autobuses convencionales con motor diésel. Los autobuses eléctricos representaban el 3% restante, y, de estos, el 68% funcionaba con baterías y el 32% eran trolebuses. En general, la penetración regional de los autobuses eléctricos de batería es tan solo del 1,9%, y Barbados, Chile y Colombia son los países que presentan mayores niveles de penetración (véase el cuadro 1).

La generación de energía representa el 44% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero en América Latina y el Caribe. Dentro de este grupo, las emisiones del transporte alcanzan el 15%, superan a las generadas por la electricidad y la calefacción y duplican con creces las producidas por la industria manufacturera (véase el gráfico 1). Los combustibles fósiles (gasolina y diésel) representan el 83% del total de combustibles utilizados por el sector del transporte (véase el gráfico 2).

**Cuadro 1**  
**América Latina y el Caribe (11 países): flota de autobuses de transporte urbano, abril de 2022**  
*(En unidades y porcentajes)*

Países	Tipo de autobús (en número de unidades)			Penetración (en porcentajes)			
	Total (1)=(2)+(3)+(4)	Diésel (2)	Eléctrico (3)	Trolebús (4)	Diésel (5)=(2/1)	Eléctrico (6)=(3/1)	Trolebús (7)=(4/1)
Argentina (4 ciudades) <sup>a</sup>	23 604	23 507	20	77	99,6	0,1	0,3
Barbados (Bridgetown)	283	250	33	0	88,3	11,7	0,0
Brasil (6 ciudades) <sup>b</sup>	19 010	18 662	46	302	98,2	0,2	1,6
Chile (2 ciudades) <sup>c</sup>	9 557	8 738	789	30	91,4	8,3	0,3
Colombia (3 ciudades) <sup>d</sup>	14 566	13 401	1 165	0	92,0	8,0	0,0
Ecuador (2 ciudades) <sup>e</sup>	8 430	8 240	21	85	97,7	0,2	1,0
México (2 ciudades) <sup>f</sup>	17 347	16 791	48	508	96,8	0,3	2,9
Paraguay (Asunción)	2 249	2 247	2	0	99,9	0,1	0,0
Perú (Lima)	15 449	15 448	1	0	100,0	0,0	0,0
Uruguay (2 ciudades) <sup>g</sup>	3 246	3 212	36	0	99,0	1,0	0,0
Venezuela (República Bolivariana de)	3 000 <sup>h</sup>	2 955	0	45	98,5	0,0	1,5
América Latina y el Caribe (11 países)	116 741	113 451	2 161	1 047	97,2	1,9	0,9

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de World Population Review, "Car production by country 2022", 2022 [en línea] <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/car-production-by-country>; e-Bus Radar, "Buses eléctricos en América Latina", 2021 [en línea] [https://www.ebusradar.org/wp-content/uploads/2021/07/EBR\\_Open\\_Data\\_202107\\_Final.pdf](https://www.ebusradar.org/wp-content/uploads/2021/07/EBR_Open_Data_202107_Final.pdf); Ministerio de Energía, "Plataforma de electromovilidad: transporte de pasajeros, buses eléctricos en Argentina" [en línea] <https://energia.gob.cl/electromovilidad/transporte-de-pasajeros/buses-electricos-en-argentina>; y Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial (C3T), "Parque móvil de los servicios públicos de transporte de pasajeros por ómnibus", 2016 [en línea] [ondat.fra.utn.edu.ar/?p=859](http://ondat.fra.utn.edu.ar/?p=859).

<sup>a</sup> Incluye información de Santa Fe, Mendoza, Córdoba y el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA).

<sup>b</sup> Incluye información de Campinas, São Paulo, Brasilia, Maringá, Volta Redonda y Bauru.

<sup>c</sup> Incluye información de Santiago y Valparaíso.

<sup>d</sup> Incluye información de Bogotá, Medellín y Cali.

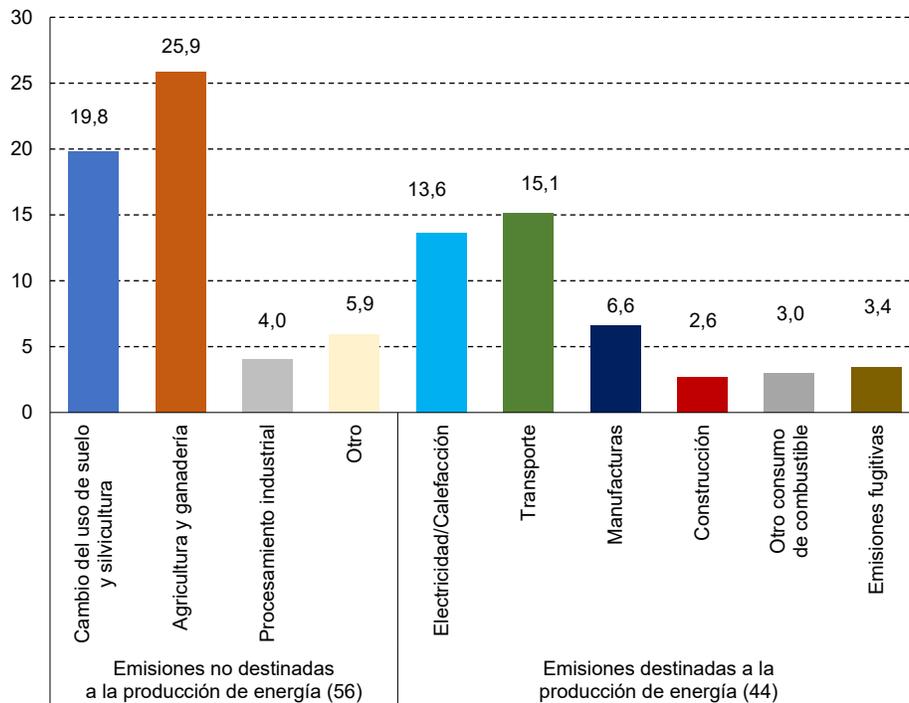
<sup>e</sup> Incluye información de Guayaquil y Quito.

<sup>f</sup> Incluye información de la Ciudad de México y Guadalajara.

<sup>g</sup> Incluye información de Montevideo y Canelones.

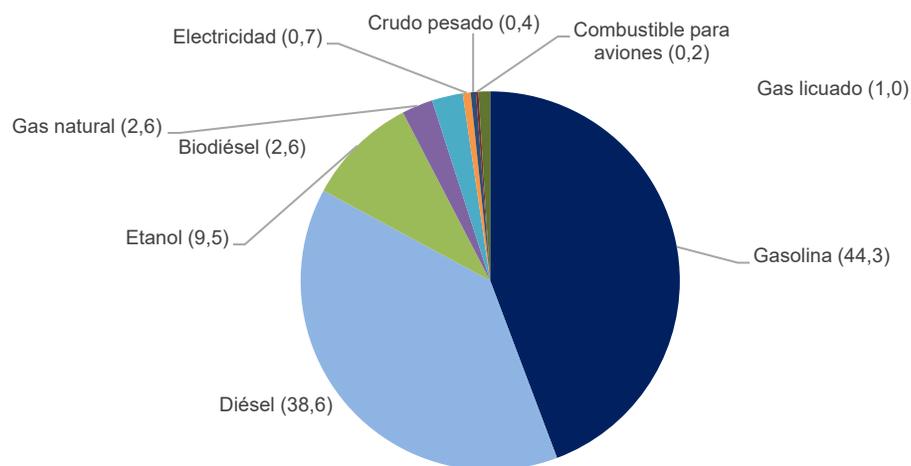
<sup>h</sup> Información de hasta 2018, obtenida de Páez (2018).

**Gráfico 1**  
**América Latina y el Caribe: participación en las emisiones de gases de efecto invernadero, por sector, 2018**  
*(En porcentajes)*



Fuente: J. Samaniego y otros, "Panorama de las actualizaciones de las contribuciones determinadas a nivel nacional de cara a la COP 26", Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/190), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022.

**Gráfico 2**  
**América Latina y el Caribe: combustibles utilizados por el sector del transporte, por producto, 2018**  
*(En porcentajes)*



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Movilidad eléctrica: avances en América Latina y el Caribe, 4ta edición, Ciudad de Panamá, 2021.

Entre las alternativas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte, se incluyen la reducción de la flota de autobuses convencionales y su sustitución por autobuses eléctricos, trolebuses, autobuses de gas natural o autobuses de hidrógeno (véase una comparación de los diferentes tipos de autobuses en el cuadro 2). A continuación, se analiza brevemente el funcionamiento de estos distintos tipos de autobuses.

**Cuadro 2**  
**Comparación de diferentes tipos de autobuses**

Tipo de autobús	Fuente de energía	Potencial de penetración en América Latina y el Caribe	Ventajas	Desventajas
Autobús diésel	Motor de encendido por compresión	Sistema ya establecido con infraestructura en funcionamiento	Precio de compra más bajo Sistemas técnicamente maduros (por lo tanto, menor preocupación por la seguridad en comparación con tecnologías más recientes, como los autobuses eléctricos) Fácil manejo de la distribución de combustible por medio de camiones o tuberías	Más emisiones de CO <sub>2</sub> que otros tipos de autobuses Requisitos técnicos más complejos que otros tipos de autobuses Funcionamiento ruidoso
Autobús eléctrico (de batería)	Autobús que funciona únicamente con baterías (se supone que se usa una batería de litio)	Los viejos autobuses diésel podrían reconvertirse Posibilidad de generar energía renovable en la región para el funcionamiento de las flotas de autobuses	Cero emisiones durante el funcionamiento Menor complejidad técnica Muchos insumos básicos pueden encontrarse en grandes cantidades en América Latina y el Caribe (cobre, litio, grafito y otros) y se pueden reutilizar o reciclar Funcionamiento con bajo nivel de ruido	Relativamente costosos Costos iniciales altos para la infraestructura de recarga Altas emisiones de CO <sub>2</sub> para producir baterías La carga lleva más tiempo que la recarga de gas, diésel e hidrógeno Hay pocos datos precisos sobre la durabilidad de las baterías, ya que las tecnologías aún no están técnicamente maduras
Trolebús	Autobús que contiene baterías (de litio) que se cargan casi constantemente usando un pantógrafo	Opción para híbridos: los autobuses eléctricos o reconvertidos pueden actualizarse En algunos países de la región (como Chile y México), hay trolebuses en funcionamiento	Cero emisiones durante el funcionamiento Baterías de menor tamaño Las opciones híbridas permiten utilizar la batería y las líneas aéreas como fuentes de energía para el funcionamiento, dependiendo de la infraestructura Ciclos de vida largos Funcionamiento con bajo nivel de ruido	Se necesita contar con una compleja infraestructura de líneas aéreas Los cabezales de los pantógrafos existentes (bloques de grafito) tienen una vida útil máxima de 1.000 km y deben sustituirse con regularidad Relativamente costosos
Autobús de GNC/GNL	Motores de encendido por chispa que funcionan con gas natural comprimido (GNC)/gas natural licuado (GNL)	Dependen de infraestructuras especiales (estaciones de gas natural) Posibilidad de reconvertir los autobuses diésel existentes agregando un sistema de combustible de gas y un sistema de encendido por chispa	Sistemas probados y técnicamente maduros Combustión relativamente limpia, cuyos productos son principalmente agua y CO <sub>2</sub> Alto octanaje (alrededor de 120) Puede mezclarse con biogás neutro de CO <sub>2</sub> Es posible la combinación con la producción de hidrógeno por pirólisis Funcionamiento con bajo nivel de ruido	No son totalmente libres de emisiones de CO <sub>2</sub> Requisitos técnicos relativamente complejos en comparación con los autobuses eléctricos El autobús de GNL necesita sistemas de manejo y control de la temperatura criogénica (por motivos de seguridad) Sistemas de alta presión para autobuses de GNC

Tipo de autobús	Fuente de energía	Potencial de penetración en América Latina y el Caribe	Ventajas	Desventajas
Autobús de pilas de combustible de hidrógeno	Autobús con baterías de litio y pilas de combustible que convierten el hidrógeno en energía almacenada en las baterías	Los viejos autobuses diésel podrían reconvertirse	Puede establecerse un sistema de conversión de energía en gas para apoyar la infraestructura energética, lo que ofrece una oportunidad para la distribución de hidrógeno comprimido a bajo costo cuando se utiliza la red de gas natural existente. Se necesitan baterías de iones de litio más pequeñas, lo que reduce las emisiones de CO <sub>2</sub> . Funcionamiento con bajo nivel de ruido	Inversión inicial muy elevada en la infraestructura necesaria. Baja densidad de energía al utilizar hidrógeno comprimido. Se necesita un hidrógeno verde relativamente más caro (en la actualidad, la mayor parte del hidrógeno se fabrica a partir de GNC debido a las ventajas de costo). Presiones muy altas de hasta 700 bares.

Fuente: Elaboración propia.

Una de las razones por las que en América Latina y el Caribe se usan mucho los autobuses diésel es su bajo costo en comparación con los autobuses eléctricos. Además, la tecnología utilizada para producir autobuses convencionales está ampliamente disponible en la región, así como la infraestructura para abastecerlos de combustible (gasolineras). La tecnología de los autobuses diésel tiene un alto nivel de seguridad debido al bajo riesgo de incendio a temperatura y presión normales. No obstante, estos autobuses también presentan varias desventajas. En primer lugar, producen más emisiones de CO<sub>2</sub> que los autobuses eléctricos, y la contaminación atmosférica emitida por los vehículos de combustión puede provocar enfermedades pulmonares a la población expuesta<sup>1</sup>. Asimismo, los requisitos técnicos de producción y mantenimiento de los autobuses diésel son más complejos y costosos que los de los autobuses eléctricos. Por último, los autobuses diésel convencionales son ruidosos, por lo que contribuyen a la contaminación acústica.

Entre las ventajas de los autobuses eléctricos, se incluye el hecho de que son menos complejos desde el punto de vista técnico y más fiables y seguros que todos los demás tipos de autobuses. Además, algunos de los principales insumos para su producción (mineral de hierro, aluminio, cobre, litio y grafito) pueden encontrarse en grandes cantidades en América Latina y el Caribe, y el 95% de estos puede reutilizarse o reciclarse (Alcober, 2021). Algunas desventajas de los autobuses eléctricos son su precio más elevado en comparación con los autobuses convencionales y la necesidad de invertir en infraestructuras de recarga, que en la región se encuentran mucho menos desarrolladas que las de los autobuses convencionales. Además, hay indicios de que la producción de baterías eléctricas genera altos niveles de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (rango de emisiones globales de carbono de 59-119 kg de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq) por kilovatio hora (kWh) de batería, según Emilsson y Dahllöf (2019)). La tecnología de las baterías eléctricas aún está madurando, y la carga tarda más que el reabastecimiento de gas, diésel e hidrógeno. Sin embargo, una infraestructura bien planificada probablemente mitigaría este problema. Otro punto que vale la pena mencionar es la posibilidad de reconversión, es decir, la conversión de autobuses convencionales en eléctricos mediante el cambio de las piezas necesarias y la instalación de una batería eléctrica.

Los autobuses de línea aérea (trolebuses) son otra opción viable. Estos pueden cargarse permanentemente mediante un pantógrafo o combinarse con una batería. En el segundo caso, los autobuses logran una mayor versatilidad, ya que pueden sortear partes que no cuentan con una infraestructura de línea aérea. También son menos contaminantes que los autobuses que funcionan con diésel y ya se han utilizado como alternativa limpia. Los autobuses convencionales pueden

<sup>1</sup> La Organización Mundial de la Salud (OMS) informó recientemente de que miles de millones de personas respiran un aire insalubre, y recomendó construir sistemas de transporte público seguros y asequibles, así como vías aptas para peatones y ciclistas. Además, sugirió aplicar normas más estrictas sobre emisiones y eficiencia de los vehículos (OMS, 2022).

acondicionarse para convertirse en trolebuses. Al igual que los autobuses eléctricos, el costo inicial de los trolebuses es mayor que el de los autobuses convencionales. Además, dependen mucho de la existencia y el mantenimiento de las infraestructuras necesarias.

Otra alternativa son los autobuses que funcionan con gas natural. Sus niveles de emisiones son menores que los de un autobús diésel y pueden funcionar con gas natural o biogás, lo que los hace más sostenibles. Sin embargo, su sistema es más complejo que el de un autobús eléctrico, y existen riesgos de seguridad debido a la naturaleza inflamable del combustible utilizado. Los autobuses diésel convencionales también pueden convertirse en autobuses que funcionan con gas natural.

Los autobuses de hidrógeno constituyen otra opción. Estos emiten bastante menos CO<sub>2</sub> que los autobuses diésel convencionales y pueden ser más versátiles y complementarios respecto de los autobuses de gas, ya que podrían aprovechar el sistema de transporte de gas natural, es decir, aprovechar las cisternas (180-200 bares) y los gasoductos (<100 bares en una red de transporte). Sin embargo, la tecnología de los autobuses de hidrógeno aún se encuentra en etapa de desarrollo y son pocos los autobuses que funcionan con hidrógeno en todo el mundo. Además, este tipo de autobús es el más caro en comparación con los otros tipos presentados anteriormente debido a la escasa madurez de la tecnología.

Las siguientes secciones del documento únicamente se refieren a los autobuses eléctricos y diésel, ya que las limitaciones de recursos solo permiten centrarse en estos tipos de autobuses.

## II. Metodología

La metodología que se presenta en esta sección tiene por objeto la elaboración de un listado de todos los componentes necesarios para producir tanto un autobús eléctrico como uno convencional (que funciona con diésel). La selección de los componentes se basó en la edición de 2017 de la nomenclatura del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) elaborada por la Organización Mundial de Aduanas (OMA). El SA se aplica ampliamente en el análisis de los datos del comercio mundial porque proporciona una nomenclatura común para la clasificación de los bienes comercializados. A partir de la lista sugerida de productos identificados en el SA (también denominada vector de componentes), se podrá analizar los flujos comerciales internacionales relacionados con la electromovilidad para determinar cuáles son los principales países que comercializan autobuses eléctricos y sus piezas, así como establecer las principales cadenas de valor relacionadas.

Con la metodología aquí planteada se busca llenar el vacío que existe en la literatura. La edición de 2012 del SA no tenía un código independiente para los autobuses eléctricos, que se agrupaban en la categoría "Otros" bajo el código 870290<sup>2</sup>. Con la actualización de la edición de 2017, se introdujo el código 870240 para los vehículos totalmente eléctricos destinados al transporte de diez personas o más (véase el cuadro 3)<sup>3</sup>. En la edición de 2022 del SA, que entró en vigor el 1 de enero de 2022, no se introdujeron más modificaciones.

---

<sup>2</sup> El SA se actualiza cada cinco años. Los flujos comerciales entre 2013 y 2016 se registraron en la edición de 2012 del SA.

<sup>3</sup> La OMA (2016) documentó este cambio diciendo que la estructura de la partida 87.02 se había sido reelaborado y reenumerado para contemplar por separado los vehículos híbridos eléctricos e híbridos enchufables y los vehículos de motor totalmente eléctrico, respectivamente.

**Cuadro 3**  
**Códigos arancelarios de los autobuses en las ediciones de 2012 y 2017 del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA)**

A. SA de 2012		B. SA de 2017	
Código del SA	Descripción del producto	Código del SA	Descripción del producto
8702	Vehículos automóviles para transporte de diez o más personas, incluido el conductor	8702	Vehículos automóviles para transporte de diez o más personas, incluido el conductor
870210	Con motor de émbolo (pistón), de encendido por compresión (diésel o semi-diésel)	870210	Únicamente con motor de émbolo (pistón), de encendido por compresión (diésel o semi-diésel)
870290	Los demás	870220	Equipados para la propulsión con motor de émbolo (pistón), de encendido por compresión (diésel o semi-diésel) y con motor eléctrico
		870230	Equipados para la propulsión con motor de émbolo (pistón), alternativo, de encendido por chispa y con motor eléctrico
		870240	Únicamente propulsados con motor eléctrico
		870290	Los demás

Fuente: Organización Mundial de Aduanas (OMA), "HS Nomenclature 2017 edition", 2017 [en línea] <http://www.wcoomd.org/en/topics/nomenclature/instrument-and-tools/hs-nomenclature-2017-edition/hs-nomenclature-2017-edition.aspx>; "Introduction of Harmonized System 2017 changes", 2016 [en línea] [https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/FE\\_Search/FE\\_S\\_So09-DP.aspx?language=E&CatalogueIdList=230338,228433,228168,228136,228067,228088,228062,228054,227997,228006&CurrentCatalogueIdIndex=4&FullTextHash=&HasEnglishRecord=True&HasFrenchRecord=True&HasSpanishRecord=True](https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/FE_Search/FE_S_So09-DP.aspx?language=E&CatalogueIdList=230338,228433,228168,228136,228067,228088,228062,228054,227997,228006&CurrentCatalogueIdIndex=4&FullTextHash=&HasEnglishRecord=True&HasFrenchRecord=True&HasSpanishRecord=True).

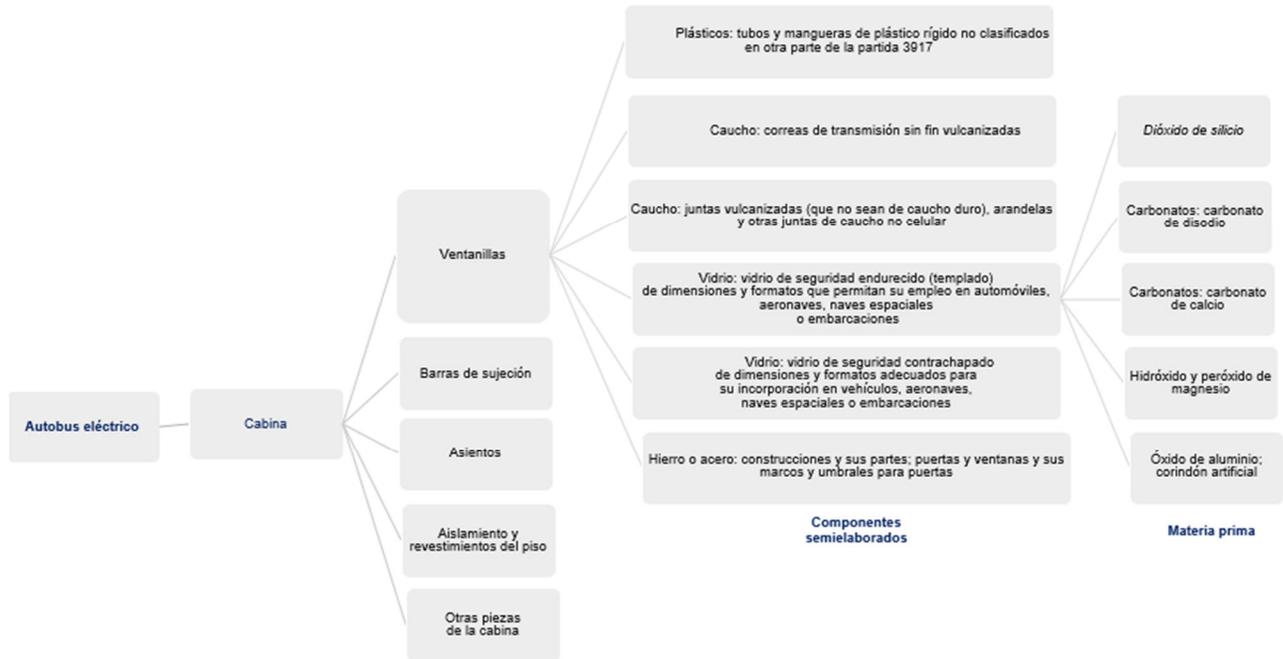
Aunque en la edición de 2017 del SA se introdujo un código específico para los autobuses eléctricos, no hay códigos independientes para las piezas y componentes de los autobuses eléctricos y convencionales. Ese es el motivo por el cual ha sido necesario elaborar una metodología de vectores que incluya las partes y piezas necesarias para el montaje tanto de un autobús eléctrico como de un autobús convencional.

Cabe señalar que otros enfoques más globales, como la compilación de cuadros de oferta y utilización o la elaboración de matrices de insumo-producto, también carecen de la desagregación necesaria a nivel del producto. Algunas matrices muestran el sector automotor con un mayor nivel de detalle, diferenciando los vehículos de transporte de los productos de la industria aeronáutica y de otros equipos de transporte. Sin embargo, no se identifican los productos finales y los bienes intermedios necesarios para el ensamblaje de un autobús en las distintas etapas (desde las materias primas hasta la elaboración de insumos intermedios más complejos, como partes y piezas eléctricas, electrónicas o de otro tipo). Esta diferencia pone de relieve la necesidad de obtener una desagregación del producto que pueda utilizarse para identificar las funciones de costo que intervienen en la producción de un autobús, teniendo en cuenta que hay partes y piezas que se utilizan tanto para los autobuses convencionales como para los eléctricos.

La metodología propuesta se desarrolló mediante un proceso interactivo e iterativo de revisión de estudios y consulta a expertos, principalmente ingenieros mecánicos, técnicos de motores y representantes de las áreas de diseño y desarrollo de las empresas automotrices.

Una parte integral de la metodología es la definición de grupos de productos (por ejemplo, el grupo de la batería incluye todos los componentes necesarios para construir una batería). Los componentes de cada grupo encontrados en el SA tienen diferentes niveles de elaboración (insumos elaborados y semielaborados, y materias primas). En el diagrama 1 se muestra la desagregación de las ventanillas, que pertenecen al grupo de la cabina. Mientras que las ventanillas se asignan a los componentes elaborados, sus insumos, como el caucho y el vidrio, pertenecen a los componentes semielaborados. Estos pueden desagregarse en sus materias primas, como se ilustra en el caso del vidrio, que está hecho de dióxido de silicio y aluminio, entre otros insumos. Cada código del SA se asigna de forma exclusiva a un nivel de elaboración.

**Diagrama 1**  
**Los tres vectores de componentes de una ventanilla de autobús**



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Diario Oficial de la República de Chile, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016.

Nota: Los códigos del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) se refieren a la edición de 2017.

La lista de todos los productos y sus correspondientes códigos del SA de todos los grupos que se clasifican como componentes elaborados se denomina vector de componentes elaborados (los vectores de los restantes niveles de elaboración se denominan vector de componentes semielaborados y vector de materias primas).

Los vectores de componentes se basan en la edición del SA de 2017 a nivel de seis dígitos<sup>4</sup>. Esta es la última edición del SA para la que se dispone de datos comerciales, pues la edición de 2022 entró en vigor en enero de este año. Debido a los cambios realizados en la actualización del SA de 2017 (para la edición de 2022) en la subsección de vehículos, es necesario mencionar el siguiente cambio en los componentes: se creó una nueva subpartida 870822 referida a las ventanillas de los vehículos automotores del capítulo 87<sup>5</sup>.

La sección 17 del SA (Vehículos, aeronaves, embarcaciones y equipo de transporte relacionado) incluye el capítulo 87 (Vehículos automóviles, tractores, velocípedos y demás vehículos terrestres; sus partes y accesorios). El capítulo 87 abarca tanto el producto final (los autobuses) como las piezas necesarias para su fabricación; por ejemplo, embragues, motores y cajas de cambio, entre otras (véase el cuadro 4).

<sup>4</sup> No se realizaron cambios en los códigos de los componentes determinados en la actualización del SA de 2012 al SA de 2017. Por lo tanto, todos los códigos son idénticos en ambas ediciones.

<sup>5</sup> Véase más información en OMA (2020b).

**Cuadro 4**  
**Ejemplos de insumos para vehículos incluidos en el capítulo 87 del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA)**

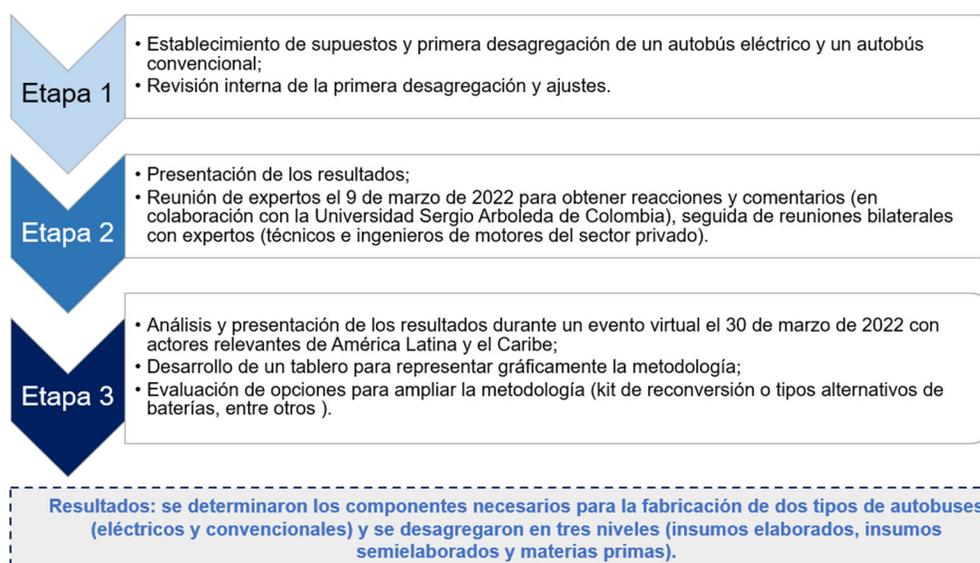
Código del SA	Descripción del producto
8708	Partes y accesorios de vehículos automóviles de las partidas 87.01 a 87.05
870810	Parachoques (paragolpes, defensas) y sus partes
870821	Cinturones de seguridad
870830	Frenos y servofrenos, y sus partes
870840	Cajas de cambio y sus partes
870850	Ejes con diferencial, incluso provistos con otros órganos de transmisión, y ejes portadores; sus partes

Fuente: Diario Oficial de la República de Chile, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016.  
 Nota: Los códigos del SA se refieren a la edición de 2017.

Otras secciones del SA que incluyen piezas e insumos necesarios para fabricar un autobús son: productos minerales (sección 5), productos de las industrias químicas o de las industrias conexas (sección 6), plástico y sus manufacturas, caucho y sus manufacturas (sección 7), y metales comunes y manufacturas de estos metales (sección 15). Las secciones del SA que proporcionan piezas en menor medida son: máquinas y aparatos, material eléctrico y sus partes; aparatos de grabación o reproducción de sonido, aparatos de grabación o reproducción de imagen y sonido en televisión, y las partes y accesorios de estos aparatos (sección 16), e instrumentos y aparatos de óptica, fotografía o cinematografía, de medida, control o precisión; instrumentos y aparatos médico-quirúrgicos; aparatos de relojería; instrumentos musicales; partes y accesorios de estos instrumentos o aparatos (sección 18).

En el diagrama 2 se resumen las diferentes etapas de desarrollo de la metodología propuesta. Dichas etapas se explican con mayor detalle a continuación.

**Diagrama 2**  
**Etapas del desarrollo de una metodología para analizar el comercio de autobuses convencionales y eléctricos**



Fuente: Elaboración propia.

En la primera etapa se desarrolló un enfoque general, pues la metodología debía establecerse desde el principio. Se adoptó un enfoque descendente para la construcción del vector de componentes. El primer paso consistió en descomponer cada tipo de autobús en sus estructuras principales (por ejemplo, carrocería o motor). Todos los componentes elaborados se identificaron en el SA y se utilizaron para construir el vector de componentes elaborados. Como segundo paso, los componentes elaborados se desagregaron a su vez en sus propios componentes (por ejemplo, los imanes que forman parte del motor), que se agruparon en el vector de componentes semielaborados con sus respectivos códigos del SA. Por último, los componentes semielaborados se desagregaron en sus materias primas. A continuación, se enumeraron con sus correspondientes códigos del SA. El resultado consistió en una lista de códigos que comprendía desde los productos elaborados hasta las materias primas.

Para complementar el enfoque descendente y garantizar la integridad de los vectores, se utilizó un enfoque ascendente que incluía la revisión de todo el SA para asegurarse de que se habían incluido todas las partes. En la tercera sección de este documento se analizan con más detalle las secciones de desglose de los diferentes tipos de autobuses.

El primer paso del proceso de construcción del vector para los tipos de autobús consistió en la selección de un modelo de autobús de referencia (como se explica en la sección II.A, relativa a los supuestos). A continuación, se revisó la lista completa de códigos del SA a nivel de seis dígitos, se seleccionaron todos los componentes elaborados necesarios y se clasificaron en diferentes grupos (por ejemplo, las ruedas pertenecen al grupo del tren de transmisión; las celdas de la batería pertenecen al grupo de la batería). En el caso de los grupos grandes, se crearon subgrupos para organizar mejor los componentes dentro de cada grupo (por ejemplo, la categoría "otras piezas de la cabina" constituye un subgrupo del grupo de la cabina, que incluye extintores y limpiaparabrisas, entre otros).

El segundo paso fue asignar un peso (en kilogramos) a cada uno de los componentes enumerados. Utilizando el peso de los componentes, fue posible calcular el peso de cada grupo. El peso total de todos los grupos se cotejó con el peso total del autobús. A continuación, se buscaron los componentes semielaborados en el SA. Todos los componentes elaborados se desagregaron en insumos semielaborados (por ejemplo, la carrocería del autobús se desagregó en estructuras de acero, placas de aluminio, caucho y otras piezas), a los que también se asignó un peso. Posteriormente, los componentes semielaborados se desagregaron en materias primas, a las que también se asignó un peso (por ejemplo, las estructuras de acero se desagregaron en minerales de hierro). Dado que el proceso de desagregación de los productos requiere mucha investigación y, por tanto, mucho tiempo, no se desagregaron todos los productos elaborados y semielaborados. Se estableció el objetivo de desagregar todos los componentes con un peso superior a 50 kg. Además, es importante mencionar que algunos componentes elaborados y semielaborados necesarios no estaban incluidos en el SA. En el caso de estos productos, se introdujeron variables ficticias. Por ejemplo, en el SA no hay un código para la caja de la batería.

En el tercer paso, se definieron todos los productos del SA que corresponden a piezas extremadamente pequeñas (tornillos, válvulas, aleaciones de acero o lámparas, entre otras) que no pudieron cuantificarse porque probablemente ya están incluidas en el peso de las piezas a las que pertenecen (como los tornillos de un motor). Para no sobrestimar el peso, se agruparon en el grupo de piezas de uso general, sin asignarles un peso. Los productos que pertenecen al grupo de piezas de uso general no se desagregaron.

Las principales fuentes consultadas fueron las páginas web de los fabricantes de componentes (por ejemplo, ZF Group para los ejes) y los proveedores de piezas de repuesto para autobuses y camiones. Algunas piezas de los autobuses son idénticas a las de los camiones (por ejemplo, el asiento del conductor, las ruedas, los ejes, los frenos y los sistemas de dirección). Por lo tanto, las piezas de los camiones proporcionan una buena indicación del peso de las piezas de los autobuses. Además, hay más información disponible sobre las piezas de repuesto para camiones.

La primera versión de los vectores de componentes se sometió a un análisis interno por parte del equipo de la CEPAL y se discutió, además, en una reunión de expertos convocada para obtener reacciones y comentarios sobre los supuestos utilizados para el proceso de desagregación. El seminario web *Midiendo la Electromovilidad en el Comercio Internacional: el Caso de los Buses Eléctricos* se realizó el 9 de marzo de 2022, en colaboración con expertos del sector privado y la Universidad Sergio Arboleda de Colombia<sup>6</sup>. La información obtenida de los expertos participantes y de las consultas posteriores a ingenieros especializados confirmó la fiabilidad del ejercicio de desagregación. La versión final de la metodología aplicada se presentó durante el taller sobre electromovilidad *Diálogo Público-Privado sobre Electromovilidad, América Latina y Asia*, celebrado el 30 de marzo de 2022, en el que participaron actores de los sectores público y privado<sup>7</sup>. Esto supuso la conclusión exitosa de la segunda etapa.

## A. Supuestos

Los insumos necesarios para la construcción de un autobús se definieron tomando como referencia el autobús urbano Mercedes-Benz Citaro (véase la imagen 1). Este modelo está disponible en versiones con motor diésel y eléctrico (con baterías). En la actualidad, la versión eléctrica no se utiliza en las ciudades de América Latina y el Caribe, probablemente debido a la diferencia de costos con respecto a los modelos de los fabricantes chinos. Sin embargo, se seleccionó el modelo Mercedes-Benz Citaro debido a la disponibilidad relativamente elevada de información técnica sobre sus dos versiones en comparación con otros modelos. Además, se supone que los componentes y materiales utilizados en los distintos modelos de autobús no varían demasiado, por lo que el uso de un modelo de referencia diferente probablemente habría conducido a resultados similares. El sistema de baterías podría ser una excepción, pues el tipo de batería puede variar con el modelo de autobús. Por lo tanto, se eligió un tipo de batería de uso común (véanse más detalles en la sección III.B.3).

**Imagen 1**  
**Modelo de autobús Mercedes-Benz Citaro**



Fuente: Autodevot, "Mercedes Benz eCitaro debuts with 150km range", Bengaluru, 11 de julio de 2018 [en línea] <https://www.autodevot.com/2018/07/mercedes-benz-ecitaro-debuts-150-km-range/>.

<sup>6</sup> Véase más información en CEPAL (2022a).

<sup>7</sup> Véase más información en CEPAL (2022b).

En la sección II.A.1 se señalan las características básicas y los supuestos formulados respecto de los distintos tipos de autobuses, como se resume en el cuadro 5. Se supone que ambos tipos de autobuses tienen una longitud de 12m y transportan hasta 80 pasajeros a la vez. En las correspondientes subsecciones del capítulo III sobre la desagregación de la estructura por piezas se hacen más suposiciones relacionadas con los grupos o productos.

**Cuadro 5**  
**Resumen de los supuestos formulados**

Tipo de autobús	Modelo	Fuente de energía	Batería	Capacidad/Rendimiento	Capacidad (en número de pasajeros)	Longitud (en metros)	Vida útil prevista (en años)	Costo de compra (en dólares)
Autobús eléctrico (funciona exclusivamente con batería)	eCitaro	Electricidad	NMC-111 con 10 módulos	243 kWh	80	12	20 <sup>a</sup>	750 000
Autobús diésel [referencia]	Citaro	Diésel	-	220 kW	80	12	-	425 000

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Mercedes-Benz, "Der eCitaro: technische information", Stuttgart, 2018 [en línea] [https://www.mercedes-benz-bus.com/de\\_DE/buy/services-online/download-technical-brochures.html#content/headline\\_840766654\\_c](https://www.mercedes-benz-bus.com/de_DE/buy/services-online/download-technical-brochures.html#content/headline_840766654_c); "The Citaro", Stuttgart, 2019 [en línea] [https://www.mercedes-benz-bus.com/en\\_GB/models/citaro.html](https://www.mercedes-benz-bus.com/en_GB/models/citaro.html); T. Knote, B. Haufe y L. Saroch, E-Bus-Standard: Ansätze zur Standardisierung und Zielkosten für Elektrobusse, Dresden, Fraunhofer Institute for Transportation and Infrastructure Systems (IVI), 2017 [en línea] [https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/2018-04/Abschlussbericht\\_E-Bus-Standard.pdf](https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/2018-04/Abschlussbericht_E-Bus-Standard.pdf); Centro de Transporte y Medio Ambiente, "Life cycle cost overview for different transit technologies" [en línea] <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/images/Life%20Cycle%20Cost%20Overview%20for%20Different%20Transit%20Technologies.pdf>.

<sup>a</sup> No se espera que la batería dure 20 años; la vida útil de la batería aún se está evaluando.

## 1. Supuestos generales sobre la desagregación de los principales productos semielaborados en materias primas

Para poder desagregar todas las piezas semielaboradas de los autobuses, fue necesario plantear algunos supuestos. Dependiendo del uso final del producto, su composición puede variar ligeramente. Por ejemplo, el vidrio y el caucho pueden servir de materia prima para muchos productos diferentes en función del uso final. Los supuestos que se han planteado para completar el vector de materias primas pueden resumirse de la siguiente manera:

- Los diferentes tipos de vidrios y cauchos que forman parte de los autobuses como productos semielaborados se desagregaron utilizando una fórmula única, aunque las descripciones y los códigos del SA de seis dígitos varían<sup>8</sup>.
- Se ha supuesto que las partes del autobús que son de hierro o acero son 100% de hierro. Esto se debe a que, aunque fueran de acero, el hierro representaría alrededor del 99% de la masa total del acero (UNLP, s.f.).
- Los productos de plástico tienen dos desagregaciones según la descripción de productos del SA (véase el cuadro A1.2 del anexo A1).
- Se supone que el electrolito de la batería está formado únicamente por litio, ya que en la literatura (Li y otros, 2016; Fácil Electro, 2018) se indica que este componente es básicamente sal de litio disuelta en disolventes orgánicos que no pueden identificarse utilizando el SA de seis dígitos.

<sup>8</sup> En el autobús se incluyen al menos cinco tipos de caucho, pero la descripción según el SA varía muy poco, por lo que, como hipótesis simplificada, todos ellos se desagregaron utilizando las mismas proporciones. Lo mismo ocurre con los vidrios que forman parte del autobús.

## 2. Principales criterios de desagregación de los productos semielaborados

Según Britannica (2022a), los vidrios comerciales pueden dividirse en vidrios de cal sodada y vidrios especiales. Los primeros, que son los más comunes, se componen de tres materiales principales: arena (alrededor del 75% de dióxido de silicio o  $\text{SiO}_2$ ), piedra caliza (alrededor del 10% de carbonato de calcio o  $\text{CaCO}_3$ ) y aproximadamente un 15% de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Los vidrios también pueden contener magnesio (óxido de magnesio o  $\text{MgO}$ ) y aproximadamente un 2% de aluminio (óxido de aluminio o  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Los valores exactos utilizados pueden verse en el cuadro A1.2 del anexo.

El segundo producto del cuadro A1.2 del anexo corresponde a los imanes, que se desagregan utilizando la información publicada por E-Magnets UK (s.f.). Los imanes contienen diferentes metales y minerales en diversas proporciones según el tipo de imán. Se tomó el promedio entre los valores superior e inferior del intervalo. Cabe mencionar que, debido a su especificidad, el neodimio y el disprosio no tienen una identificación directa en el SA a nivel de seis dígitos. En otras palabras, el neodimio y el disprosio están incluidos en el código "Metales de las tierras raras; escandio e itrio, incluso mezclados o aleados entre sí" del SA, que tiene el número 280530. Para identificarlos individualmente, no obstante, se necesitan sus correspondientes códigos del SA de diez dígitos: 2805300020 y 2805303030.

El tercer insumo es el carbono, que en su forma más primitiva se encuentra como grafito. Aunque el grafito natural se define como el insumo necesario para producir este producto intermedio, el carbono ha sido el producto más comercializado en forma de grafito en todo el mundo en los últimos años, según el SA de seis dígitos, de acuerdo con la base de datos UN Comtrade.

El cuarto producto semielaborado son los cauchos vulcanizados utilizados en los autobuses. La desagregación se generaliza a los efectos de simplificar, utilizando el neumático como referencia. Según Castro (2008) y el Departamento de Recursos Naturales de Iowa (s.f.), un neumático de autobús contiene caucho natural, caucho sintético, carbono negro, aleaciones de acero, fibras, suavizantes, óxidos y antioxidantes, entre otros elementos que se identifican en el cuadro A1.2 del anexo.

Por último, la quinta categoría incluye los diversos componentes de plástico utilizados en la fabricación de un autobús. Debido al bajo peso relativo de estos componentes, se supone que están formados en su totalidad por el componente más utilizado en esta categoría, que, según Infinitia Industrial Consulting (2021), es el polipropileno.

A continuación, se señalan algunos supuestos generales con respecto a los dos tipos de autobuses.

Como ya se mencionó, en esta publicación se utiliza el Mercedes-Benz eCitaro como modelo de referencia. Es un vehículo de emisión cero que funciona con una batería de litio con cátodo de níquel-manganeso-cobalto y ánodo gráfico (NMC-111) (Mercedes-Benz, 2018). El eCitaro puede contener seis, ocho o diez baterías. En nuestra metodología, se supone que se incluyen diez baterías, lo que implica que el autobús tiene 243 kWh de capacidad de batería. Otros fabricantes de autobuses eléctricos, como BYD, emplean baterías de litio-hierro-fosfato (Chen, 2022). Como en la actualidad los autobuses fabricados por BYD son más comunes en América Latina y el Caribe, el grupo de baterías se podría sustituir con un grupo que suponga el uso de una batería de litio-hierro-fosfato. Con diez módulos de baterías, el Citaro totalmente eléctrico pesa unas 13,44 toneladas. Junto con un peso bruto del vehículo de 19,5 toneladas, esto corresponde a una carga útil de más de 6 toneladas (*Sustainable Bus*, 2020).

El Citaro convencional utiliza un motor de combustión interna como fuente de energía y funciona con diésel (Mercedes-Benz, 2019b). Tiene un peso neto de 11,41 toneladas (Tschakert, 2013).

### III. Piezas de la estructura

#### A. Piezas comunes de la estructura

Si bien los autobuses convencionales y los eléctricos difieren en los sistemas de propulsión, se parte del supuesto de que cuatro de los grupos o las piezas de la estructura identificadas son iguales en ambos autobuses (véase el cuadro 6).

**Cuadro 6**  
**Piezas comunes de la estructura de un autobús convencional y un autobús eléctrico**

Tipo de autobús	Grupos						
	Cabina	Tren de transmisión	Motor	Carrocería del autobús	Componentes electrónicos	Otros grupos adicionales	Piezas de uso general
Autobús diésel convencional	Igual			Igual	Igual	Sistema de combustible	Igual
Autobús eléctrico						Batería	

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se explican con más detalle los grupos comunes a todos los autobuses seguidos de aquellos que son específicos de los distintos tipos de autobús.

##### 1. Carrocería del autobús

Se supone que la carrocería del autobús (también denominada “armazón”) es igual para todos los tipos de autobús. Consta de un armazón de acero en forma de tubo cuadrado soldado, para choques y caucho. Se da por supuesto, asimismo, que la carrocería de un autobús pesa 5.000 kg y representa el 37,3% del peso útil total del vehículo. Se entiende que el armazón es la carcasa exterior del autobús, sin ninguna pieza interior, como los asientos o los pisos (véase la imagen 2). Las ventanillas se consideran parte del grupo de la cabina. Las ruedas se asignan al grupo del tren de transmisión. Hay que tener en cuenta que

el código del SA para carrocerías de vehículos, que incluye a los autobuses, es bastante amplio y abarca una gama relativamente grande de vehículos (coches, tractores y autobuses)<sup>9</sup>.

**Imagen 2**  
**Ejemplo de carcasa de un autobús**



Fuente: 3D Molier International, "Estructura de la carrocería del autobús modelo 3D" [en línea] <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/coach-bus-body-frame-3d-1596837>.

Nota: Esta es la carcasa de un autobús interurbano, ya que no se pudo encontrar ninguna imagen de un autobús de transporte público (urbano).

No se encontró información disponible sobre el peso total de la carrocería o armazón del autobús, por lo que el peso se estimó sobre la base del peso de la carrocería de un automóvil Mercedes-Benz GLA. La relación entre el peso de la carrocería del auto y la masa total se reprodujo en el eCitaro, asumiendo una relación similar entre el peso de la carrocería del vehículo y el peso total. Además, se conocía la masa total del eCitaro y la deducción del peso total de todas las piezas, excepto la carrocería, se utilizó para confirmar la estimación realizada anteriormente. Lamentablemente, no fue posible confirmar el peso de la carrocería con fuentes externas.

La carrocería del autobús eCitaro está compuesta principalmente de láminas de acero (Goergler, 2014), por lo que se da por supuesto el uso de este material para el vector de materia prima. Históricamente, se ha utilizado acero para los armazones de los autobuses, porque se trata de un material relativamente barato y fácil de doblar. Además, se utilizan placas de acero para cubrir las superficies de la carrocería.

El grupo del armazón solo incluye las piezas de la estructura de acero del chasis, mientras que otras piezas, como las ruedas y los motores, pertenecen a otros grupos. En el SA, el chasis incluye el motor (870600 "Chasis de vehículos automóviles de las partidas 87.01 a 87.05, equipados con su motor"). Por lo tanto, este código del SA no está incluido directamente en ninguno de los vectores, mientras que las piezas del chasis sí lo están. Para incluir el código, se asignó al grupo de piezas de uso general.

La pintura utilizada para el autobús no se incluyó en el análisis. Por lo general, para el recubrimiento de toda la carrocería se utiliza un proceso electroquímico denominado cataforesis o electrodeposición catódica (Mercedes-Benz, 2019b). Esta pintura a base de agua protege el vehículo contra la corrosión, ya que la capa de pintura se aplica en toda la carrocería con un espesor uniforme.

---

<sup>9</sup> El código es 870790: "Carrocerías de vehículos automóviles de las partidas 87.01 a 87.05, incluidas las cabinas. Las demás".

### a) Resultados de la carrocería del autobús

La carrocería del autobús no tiene subgrupos porque contiene pocas piezas. Los productos de los distintos niveles del vector se desagregaron por completo (véase el cuadro 7).

**Cuadro 7**  
Desagregación del grupo de la carrocería del autobús

Nivel del vector	Número de productos	Peso (en kilogramos)	Productos desagregados (en porcentajes)
Piezas elaboradas	7	5 600	100
Piezas semielaboradas	4	5 600	100
Materias primas	25	5 600	-
Resumen	36	5 600	100

Fuente: Elaboración propia.

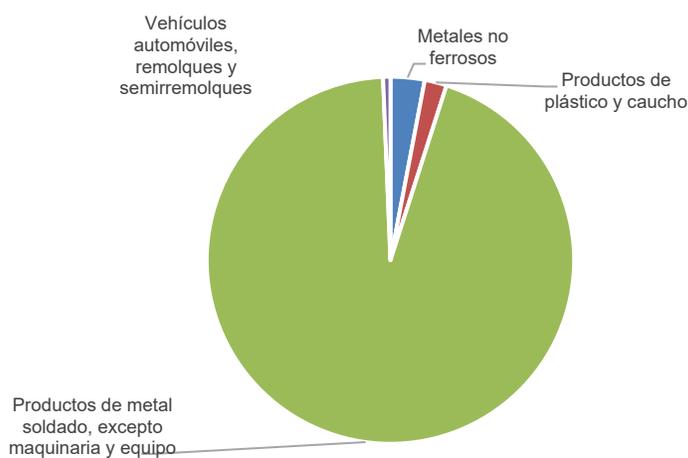
Nota: La columna 4, se refiere al porcentaje de la masa total de los productos que se desagregaron en sus piezas semielaboradas y materias primas. Un valor del 100% implica que se desagregaron todas las piezas (semi)elaboradas, mientras que un valor del 0% indica que no se desagregó ninguna de las piezas.

En el gráfico 3 se muestran los sectores económicos de los insumos de los diferentes vectores del grupo de carrocería del autobús por peso (la lista completa de insumos se encuentra en el anexo A2). El vector de piezas elaboradas está formado únicamente por la carrocería del autobús, que pertenece al sector de los vehículos automóviles, remolques y semirremolques.

**Gráfico 3**  
Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para las carrocerías de los autobuses por nivel de elaboración del producto

(En porcentajes como proporción del peso total del grupo)

A. Vector de piezas semielaboradas



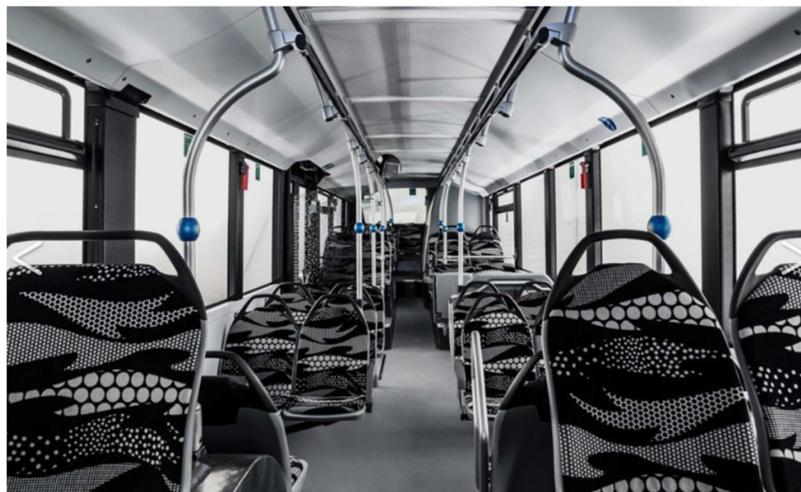


Fuente: Elaboración propia.

## 2. Cabinas del autobús

En el análisis se supone que las cabinas son iguales para ambos tipos de autobuses, ya que comparten los mismos requisitos en cuanto a capacidad de pasajeros, seguridad y comodidad. El grupo de la cabina del autobús consta de dos subgrupos: la cabina de pasajeros (véase la imagen 3) y la cabina del conductor. Los dispositivos eléctricos, como el sistema de aire acondicionado, las cajas registradoras y la iluminación exterior, forman parte del grupo de componentes electrónicos. El volante y el sistema de suspensión neumática para la inclinación del autobús, que permite que el autobús baje para facilitar el ingreso de los pasajeros, pertenecen al grupo del tren de transmisión.

Imagen 3  
Cabina del autobús Citaro



Fuente: Autodevot, "Mercedes Benz eCitaro debuts with 150km range", Bengaluru, 11 de julio de 2018 [en línea] <https://www.autodevot.com/2018/07/mercedes-benz-ecitaro-debuts-150-km-range/>.

El grupo de la cabina está compuesto por:

- Asiento del conductor, asientos de pasajeros y barras de sujeción.
- Las ventanillas laterales y traseras se componen de un vidrio de seguridad de una capa (para que se puedan romper en caso de emergencia) y un parabrisas de seguridad laminado de dos capas con marcos (se supone que las ventanillas son de vidrio de cal sodada).
- Piso, techo, paredes y recubrimientos (incluye aislamiento térmico y acústico).
- Puertas de apertura y cierre automáticos, que pueden operar tanto el conductor como un pasajero (incluye el marco y el sistema de apertura y cierre de seguridad).
- Espejos laterales para el conductor.
- Elementos de seguridad, como extintores y cerraduras.
- Sistema de iluminación (dentro de la cabina).

#### a) Resultados de la cabina del autobús

Los productos de los distintos niveles del vector se desagregaron por completo (véase el cuadro 8). La cabina del autobús solo consta de cinco subgrupos (véase el gráfico 4).

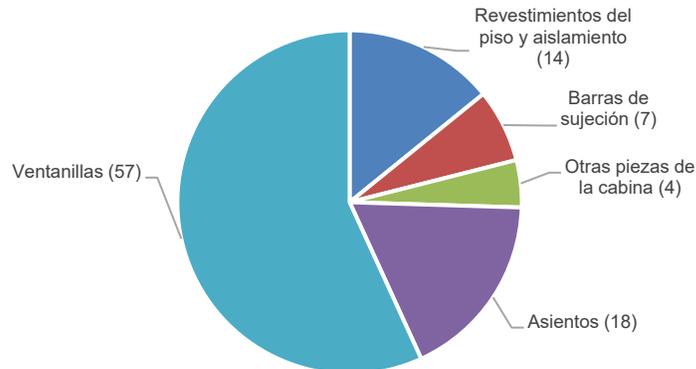
**Cuadro 8**  
**Desagregación del grupo de la cabina del autobús**

Nivel del vector	Número de productos	Peso (en kilogramos)	Productos desagregados (en porcentajes)
Piezas elaboradas	11	1 727,5	96
Piezas semielaboradas	15	1 650,6	99
Materias primas	28	1 627,5	-
Resumen	54	1 727,5	94

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La columna 4 se refiere al porcentaje de la masa total de los productos que se desagregaron en sus piezas semielaboradas y materias primas. Un valor del 100% implica que se desagregaron todas las piezas (semi)elaboradas, mientras que un valor del 0% indica que no se desagregó ninguna de las piezas.

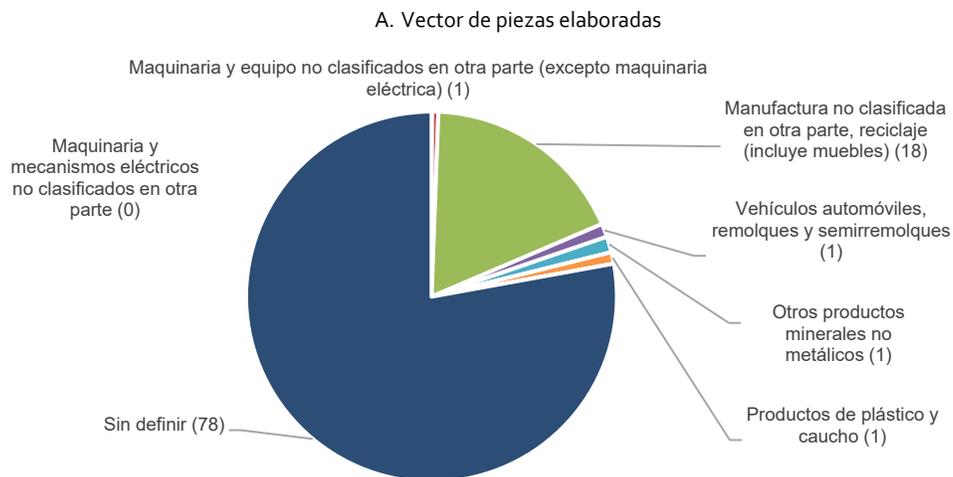
**Gráfico 4**  
**Subgrupos del grupo de la cabina del autobús**  
*(En porcentajes)*



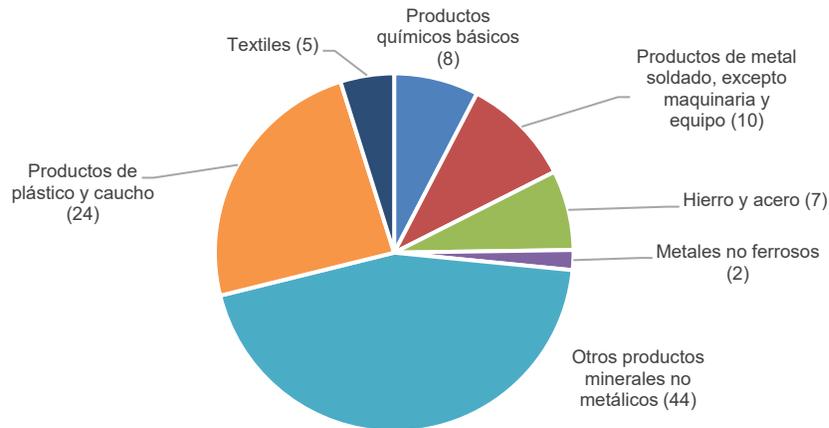
Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 5 se muestran los sectores de los insumos para los diferentes vectores del grupo de la cabina del autobús por peso (la lista completa de insumos se encuentra en el anexo A2).

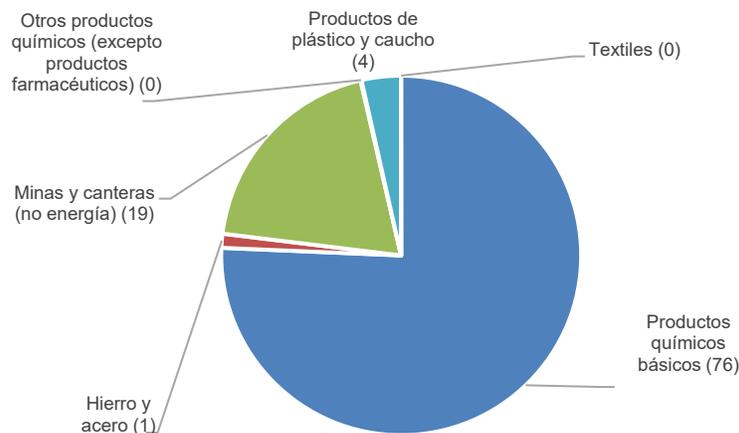
**Gráfico 5**  
**Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para las cabinas de los autobuses por nivel de elaboración del producto**  
*(En porcentajes como proporción del peso total del grupo)*



### B. Vector de piezas semielaboradas



### C. Materias primas



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Como el vector de piezas elaboradas contiene datos ficticios debido a la falta de códigos del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) para las ventanillas, las barras de sujeción y los revestimientos del piso y el aislamiento, estos productos no pueden asignarse a ningún sector económico.

## 3. Componentes electrónicos

Además del sistema de aire acondicionado y calefacción, el grupo de componentes electrónicos incluye muchos insumos pequeños y ligeros. Una cuarta parte del grupo está formada por los cables (conductores eléctricos aislados) que unen las distintas piezas con el sistema de control. El resto de los productos elaborados (piezas) incluidos en el grupo de componentes electrónicos son:

- Sistema de control del motor
- Cableado
- Sistema de aire acondicionado y calefacción para las cabinas
- Controladores de puertas automáticas

- Sistema de suspensión
- Sistema de manejo del tren de transmisión
- Computadoras de a bordo, sistemas de vigilancia y visualización para el conductor y los pasajeros
- Sistemas de asistencia en la conducción para el conductor
- Sistema de iluminación (exterior)

#### a) Resultados de los componentes electrónicos del autobús

Los productos de los distintos niveles del vector se desagregaron por completo (véase el cuadro 9). El grupo de componentes electrónicos consta de diez subgrupos (véase el gráfico 6).

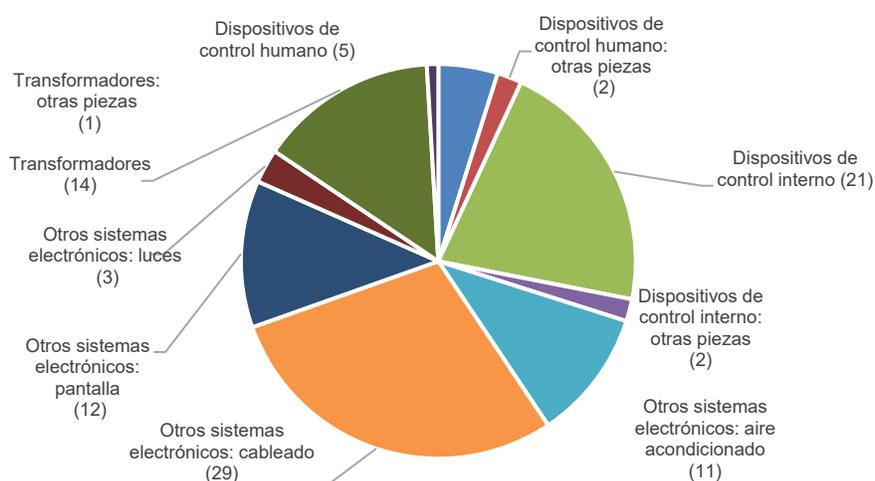
**Cuadro 9**  
Desagregación del grupo de componentes electrónicos

Nivel del vector	Número de productos	Peso (en kilogramos)	Productos desagregados (en porcentajes)
Piezas elaboradas	35	1 656,6	47
Piezas semielaboradas	18	782,3	82
Materias primas	12	638,5	-
Resumen	65	1 656,6	39

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La columna 4 se refiere al porcentaje de la masa total de los productos que se desagregaron en sus piezas semielaboradas y materias primas. Un valor del 100% implica que se desagregaron todas las piezas (semi)elaboradas, mientras que un valor del 0% indica que no se desagregó ninguna de las piezas.

**Gráfico 6**  
Desagregación de los subgrupos de los componentes electrónicos  
(En porcentajes)

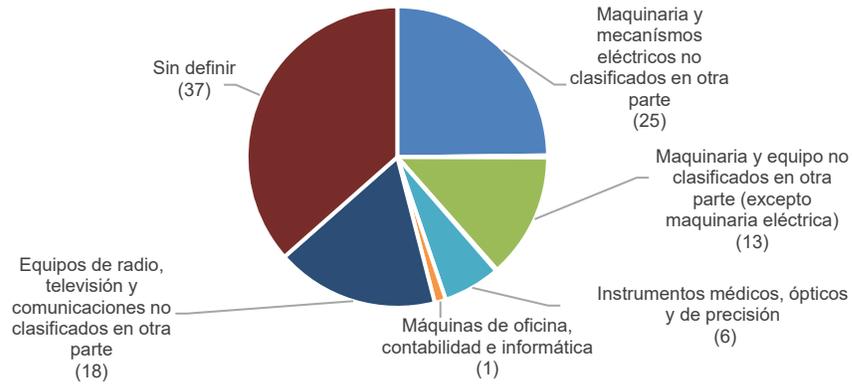


Fuente: Elaboración propia.

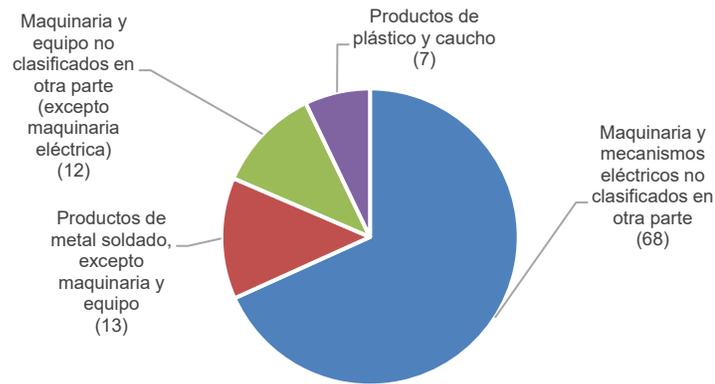
En el gráfico 7 se muestran los sectores de los insumos para los diferentes vectores del grupo de componentes electrónicos del autobús por peso (la lista completa de insumos se encuentra en el anexo 2).

**Gráfico 7**  
**Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para los componentes electrónicos de los autobuses**  
**por nivel de elaboración del producto**  
*(En porcentajes como proporción del peso total del grupo)*

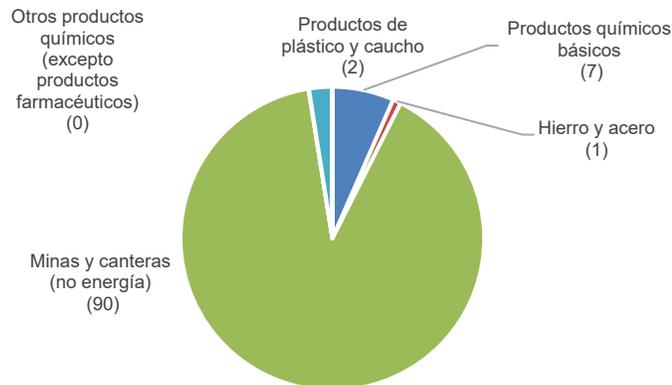
**A. Vector de piezas elaboradas**



**B. Vector de piezas semielaboradas**



**C. Materias primas**



Fuente: Elaboración propia.

#### 4. Piezas de uso general

En el cuadro 10 se incluyen todas las piezas contenidas en la mayoría de los autobuses que son difíciles de cuantificar, en parte porque ya están incluidas en el peso de otros componentes más grandes (por ejemplo, los tornillos y pernos de un motor). Estas piezas se enumeran aquí a fin de completar la información, pero no entran en el análisis, ya que se trata sobre todo de piezas de menor peso y valor.

**Cuadro 10**  
**Piezas de uso general**

Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) 2017	Descripción del producto
220110	Agua mineral y agua gaseada
220710	Alcohol etílico sin desnaturalizar con grado alcohólico volumétrico superior o igual al 80 % vol
340399	Las demás preparaciones para el tratamiento de materias textiles, cueros y pieles, peletería u otras materias
392630	Guarniciones para muebles, carrocerías o similares
401610	Las demás manufacturas de caucho vulcanizado sin endurecer de caucho celular
730451	Los demás, de sección circular, de los demás aceros aleados, estirados o laminados en frío
731511	Cadenas de eslabones articulados y sus partes: Cadenas de rodillo
731600	Anclas, rezones y sus partes, de fundición, hierro o acero
731812	Artículos roscados: Los demás tornillos para madera
731813	Artículos roscados: Escarpías y armellas, roscadas
731815	Artículos roscados: Los demás tornillos y pernos, incluso con sus tuercas y arandelas
731816	Artículos roscados: Tuercas
731819	Artículos roscados: Los demás
731821	Artículos sin rosca: Arandelas de muelle (resorte) y las demás de seguridad
731822	Artículos sin rosca: Las demás arandelas
731823	Artículos sin rosca: Remaches
731824	Artículos sin rosca: Pasadores, clavijas y chavetas
830110	Candados
830230	Las demás guarniciones, herrajes y artículos similares, para vehículos automóviles
848110	Válvulas reductoras de presión
848190	Artículos de grifería y órganos similares para tuberías, calderas, depósitos, cubas o continentes similares, incluidas las válvulas reductoras de presión y las válvulas termostáticas: Partes
848230	Rodamientos de rodillos en forma de tonel
848240	Rodamientos de agujas
848250	Rodamientos de rodillos cilíndricos
848280	Los demás, incluidos los rodamientos combinados
848291	Rodamientos de bolas, de rodillos o de agujas. Partes: Bolas, rodillos y agujas
848299	Rodamientos de bolas, de rodillos o de agujas. Partes: Las demás
848330	Cajas de cojinetes sin rodamientos incorporados: cojinetes
850450	Las demás bobinas de reactancia (autoinducción)
853610	Fusibles y cortacircuitos de fusible
853620	Disyuntores
853669	Portalámparas, clavijas y tomas de corriente (enchufes): Los demás
853990	Lámparas y tubos eléctricos de incandescencia o de descarga, incluidos los faros o unidades «sellados» y las lámparas y tubos de rayos ultravioletas o infrarrojos; lámparas de arco; lámparas y tubos de diodos emisores de luz (LED): Partes
854110	Diodos, excepto los fotodiodos y los diodos emisores de luz (LED)
854121	Transistores, excepto los fototransistores: Con una capacidad de disipación inferior a 1 W
854129	Transistores, excepto los fototransistores: Los demás
854140	Dispositivos semiconductores fotosensibles, incluidas las células fotovoltaicas, aunque estén ensambladas en módulos o paneles; diodos emisores de luz (LED)
854160	Cristales piezoeléctricos montados
854190	Diodos, transistores y dispositivos semiconductores similares; dispositivos semiconductores fotosensibles, incluidas las células fotovoltaicas, aunque estén ensambladas en módulos o paneles; diodos emisores de luz (LED); cristales piezoeléctricos montados: Partes
854232	Circuitos electrónicos integrados: Memorias
854239	Circuitos electrónicos integrados: Los demás
854290	Circuitos electrónicos integrados. Partes
854370	Las demás máquinas y aparatos

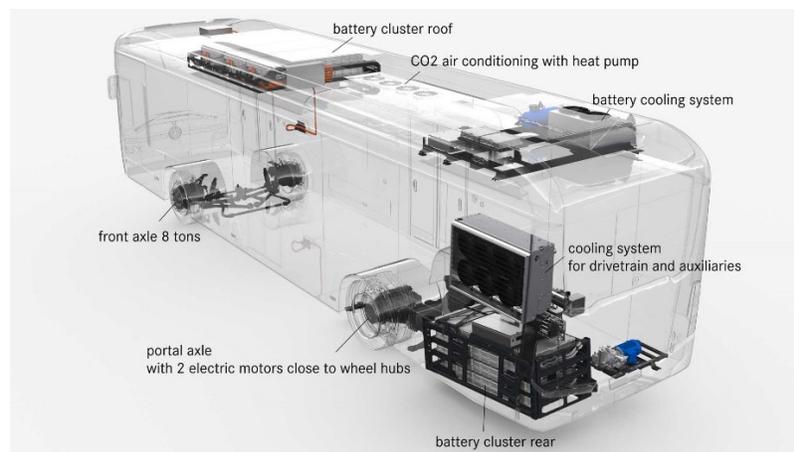
Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) 2017	Descripción del producto
854390	Máquinas y aparatos eléctricos con función propia, no expresados ni comprendidos en otra parte de este Capítulo: Partes
854420	Cables y demás conductores eléctricos, coaxiales
854520	Escobillas
854890	Desperdicios y desechos de pilas, baterías de pilas o acumuladores, eléctricos; pilas, baterías de pilas y acumuladores, eléctricos, inservibles; partes eléctricas de máquinas o aparatos, no expresadas ni comprendidas en otra parte de este Capítulo: Los demás
870829	Las demás partes y accesorios de carrocería (incluidas las de cabina): Los demás
870899	Las demás partes y accesorios: Los demás
902990	Los demás contadores (por ejemplo: cuentarrevoluciones, contadores de producción, taxímetros, cuentakilómetros, podómetros); velocímetros y tacómetros, excepto los de las partidas 90.14 ó 90.15; estroboscopios: Partes y accesorios
903220	Manostatos (presostatos)
903289	Los demás instrumentos y aparatos: Los demás
903290	Partes y accesorios
940190	Asientos (excepto los de la partida 94.02), incluso los transformables en cama, y sus partes: Partes
940370	Muebles de plástico
870600	Chasis de vehículos automóviles de las partidas 87.01 a 87.05, equipados con su motor: De los vehículos de la partida 87.03

Fuente: *Diario Oficial de la República de Chile*, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016.

## B. Autobús eléctrico: eCitaro

El eCitaro es el autobús eléctrico a batería utilizado como modelo de referencia. Es similar al Citaro convencional, pero con sustituciones y modificaciones modulares que lo convierten en un vehículo de emisión cero (véase la imagen 4). Dado que la implementación de autobuses eléctricos tiene otros requisitos respecto de los convencionales, en el recuadro 1 se resumen las inversiones iniciales relacionadas con el uso de autobuses eléctricos.

**Imagen 4**  
Disposición de los principales componentes del eCitaro



Fuente: Autodevot, "Mercedes Benz eCitaro debuts with 150km range", Bengaluru, 11 de julio de 2018 [en línea] <https://www.autodevot.com/2018/07/mercedes-benz-ecitaro-debuts-150-km-range/>.

**Recuadro 1**  
**Costos y requisitos de inversión inicial relacionados con la utilización de autobuses eléctricos**

La introducción de autobuses eléctricos exige inversiones iniciales relativamente elevadas. Se ha planteado que, de corto a mediano plazo, la compra y puesta en marcha de autobuses eléctricos solo puede cubrir sus costos si la inversión cuenta con el apoyo de fondos públicos que ayuden a reducir los costos debido a economías de escala. Otro tema que genera inquietud es la incertidumbre respecto de la duración de la batería, que hace que la transición a la electromovilidad parezca arriesgada (Knote, Haufe y Saroch, 2017).

**Cuadro 1**  
**Costos relacionados con la introducción de autobuses eléctricos**

Producto	Requisito de inversión inicial	Costo por kilómetro	Incertidumbre	Evaluación agregada por los autores
Vehículo sin batería	Moderado-alto	Alto	Moderada	Muy alto
Baterías	Muy alto	Muy alto	Muy alta	Alto
Baterías de repuesto	Muy alto	Muy alto	Muy alta	Alto
Cargadores	Alto	Moderado	Moderada	Alto
Costo de instalación	Moderado-alto	Bajo	Baja	Bajo
Estaciones de carga	Alto-muy alto	Moderado	Moderada	Alto
Costo de conexión	Alto	Bajo	Baja	Bajo
Costo de mantenimiento	Moderado	Bajo	Baja	Bajo
Costo de capacitación	Bajo	Bajo	Baja	Bajo
Costo de construcción	Moderado-alto	Bajo	Baja	Bajo

Fuente: T. Knote, B. Haufe y L. Saroch, E-Bus-Standard: Ansätze zur Standardisierung und Zielkosten für Elektrobusse, Dresden, Fraunhofer Institute for Transportation and Infrastructure Systems (IVI), 2017 [en línea] [https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/2018-04/Abschlussbericht\\_E-Bus-Standard.pdf](https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/2018-04/Abschlussbericht_E-Bus-Standard.pdf).

Fuente: Knote, Haufe y Saroch, 2017.

## 1. Motor eléctrico

La desagregación del motor incluye el propio motor eléctrico, el tubo de rotor/estátor de motor con bobinas de cobre e imanes permanentes, y un sistema de gestión de la temperatura y la tensión. Los dos motores eléctricos del eCitaro, denominados ZF CeTrax, pesan alrededor de 295 kg cada uno (ZF Group, 2020) y están montados directamente en los cubos de las ruedas del eje pòrtico (véase la imagen 5). El propio eje forma parte del grupo del tren de transmisión. Cada motor tiene una potencia de 125 kW, lo que hace un total de 250 kW (ZF Group, 2021a). Hay que tener en cuenta que el peso total del grupo del motor eléctrico equivale a 584,1 kg (en lugar de dos veces 295 kg), pues se asignaron 5,9 kg a un instrumento para medir o controlar la tensión, intensidad o resistencia (código 903039 del SA), que se asignó al grupo de componentes electrónicos.

**Imagen 5**  
**Motor eléctrico del eCitaro (ZF CeTrax)**



Fuente: F. Thoma, "E-Bus with Central Drive. Coming soon!", Friedrichshafen, ZF Group, 2020 [en línea] [https://www.zf.com/mobile/en/stories\\_27392.html](https://www.zf.com/mobile/en/stories_27392.html).

Los motores utilizados son motores síncronos de imanes permanentes. Se trata de motores muy eficientes, incluso a baja velocidad, lo que los vuelve especialmente adecuados para el tráfico de frenado y avance típico de las zonas urbanas, al tiempo que permiten una mayor autonomía por carga de batería.

#### a) Resultados del motor

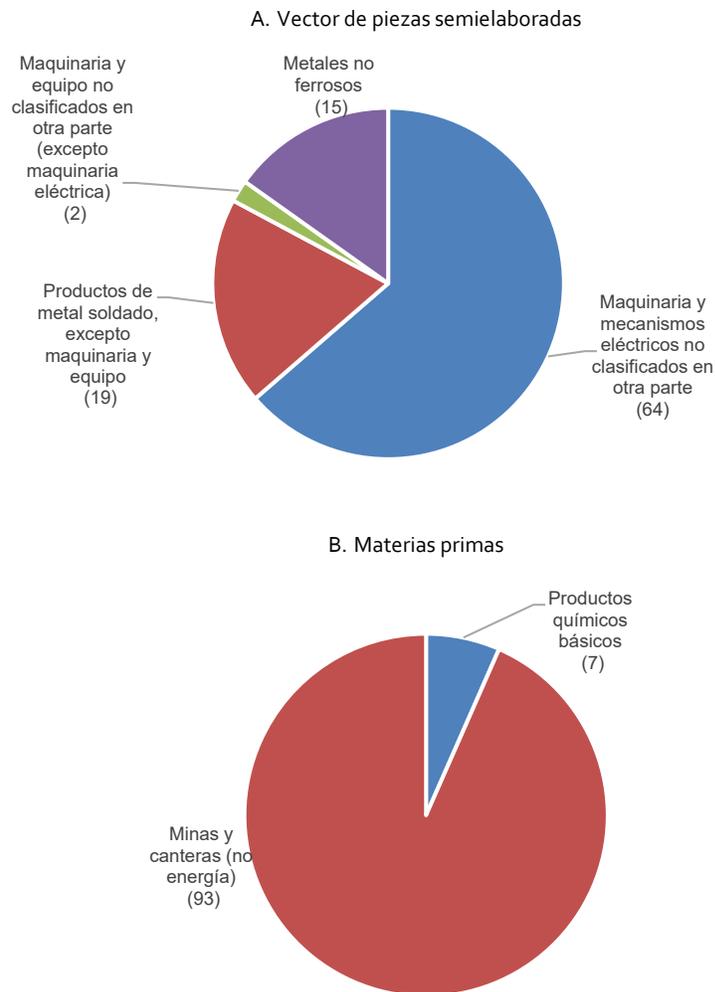
El grupo del motor eléctrico no tiene subgrupos definidos. Los productos de los distintos niveles del vector se desagregaron por completo (véase el cuadro 11). Al igual que en el caso del grupo de la carrocería de los autobuses, el vector de piezas elaboradas del grupo de motores solo incluye el propio motor, que pertenece al sector "Maquinaria y equipo no clasificados en otra parte (no incluye maquinaria eléctrica)". Los grupos de piezas semielaboradas y materias primas incluyen insumos de diversos sectores económicos (véase el gráfico 8; la lista completa de insumos se encuentra en el anexo A2).

**Cuadro 11**  
**Desagregación del grupo del motor**

Nivel del vector	Número de productos	Peso (en kilogramos)	Productos desagregados (en porcentajes)
Piezas elaboradas	1	584,1	100
Piezas semielaboradas	7	584,1	100
Materias primas	7	584,1	-
Resumen	15	584,1	100

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 8**  
**Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para los motores eléctricos**  
**por nivel de elaboración del producto**  
*(En porcentajes como proporción del peso total del grupo)*



Fuente: Elaboración propia.

## 2. Tren de transmisión

El tren de transmisión desagregado consta de:

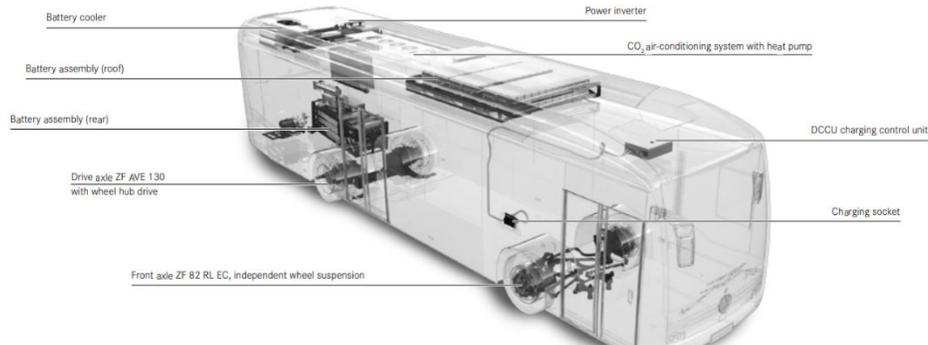
- Sistema de suspensión neumática (muelles neumáticos);
- Ruedas (se da por supuesto el uso de seis ruedas);
- Frenos (se da por supuesto el uso de frenos de disco);
- Mecanismo de dirección (conectado al volante);
- Ejes motrices (ejes delanteros y pórticos);
- Sistema de dirección (incluye columna de dirección, engranaje angular, bomba de dirección asistida y sistema de dirección).

El tren de transmisión del eCitaro incluye el sistema de suspensión y el sistema de dirección que está conectado a los motores eléctricos y al volante (véanse las imágenes 6.A y 6.B). Los dos motores eléctricos están montados en el eje pórtico, un ZF AVE 130 (véase la imagen 6.C), que se encuentra en la parte trasera del autobús. El eje delantero es un eje ZF RL 82 EC con un peso de 482 kg (ZF Group, 2021c) (véase la imagen 6.D)<sup>10</sup>.

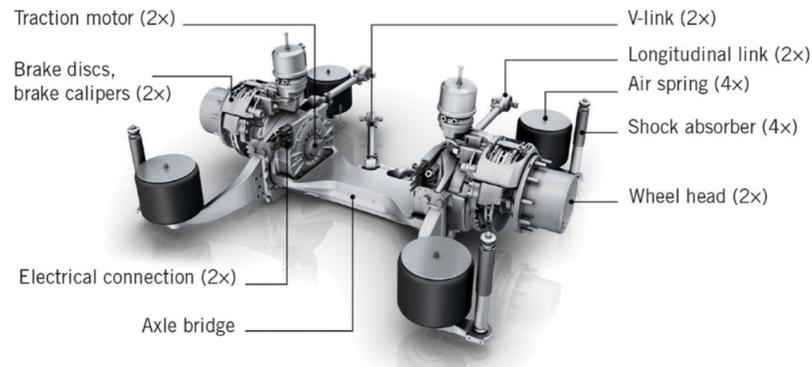
**Imagen 6**  
**Tren de transmisión y eje pórtico con motores del eCitaro**  
 A. Tren de transmisión del eCitaro



**B. Ejes del eCitaro**



**C. Eje pórtico eléctrico del eCitaro (ZF AVE 130)**



<sup>10</sup> El eje ZF AVE 130 actualmente se comercializa con el nombre AxTrax AVE.

## D. Eje delantero del eCitaro (ZF RL 82 EC)



Fuente: A. Grossl y otros, "Portal Axle AVE 130 for Electric Urban Buses", ATZ Worldwide, vol. 117, Berlín, Springer, 2015; ZF Group, "ZF AVE 130", Friedrichshafen, 2022 [en línea] [https://press.zf.com/press/en/media/media\\_1507.html](https://press.zf.com/press/en/media/media_1507.html); "Independent front suspension RL 82 EC: the benchmark in comfort and safety", Friedrichshafen, 2022 [en línea] [https://www.zf.com/products/en/cv/products\\_65813.html](https://www.zf.com/products/en/cv/products_65813.html); Mercedes-Benz, "Der eCitaro: technische information", Stuttgart, 2018 [en línea] [https://www.mercedes-benz-bus.com/de\\_DE/buy/services-online/download-technical-brochures.html#content/headline\\_840766654\\_c](https://www.mercedes-benz-bus.com/de_DE/buy/services-online/download-technical-brochures.html#content/headline_840766654_c).

Nota: Los dos motores eléctricos montados en el eje pórtico no se consideran parte del grupo del tren de transmisión, sino del grupo del motor.

Toda la unidad del eje pórtico, con dos motores eléctricos asíncronos enfriados por agua, brazos de control, muelles y amortiguadores, pesa 1.220 kg (ZF Group, 2021a y 2021c). Los motores, con un peso total de 590 kg, no se consideran parte del grupo del tren de transmisión, sino que pertenecen al grupo del motor. Por lo tanto, se supone que el peso de los ejes pórticos es de 630 kg.

Además, los autobuses eléctricos cuentan con sistemas de frenado regenerativo que les permiten recuperar energía. El sistema de frenos electroneumáticos incluye frenos de disco y frenos sin desgaste que permiten recuperar energía durante el frenado (ZF Group, 2021b). A su vez, el sistema de suspensión neumática sirve para proporcionar comodidad a los conductores y los pasajeros. También puede subir y bajar el vehículo, lo que se conoce como "arrodillamiento". Esto reduce la barrera física para que los pasajeros puedan acceder al autobús.

También hay que mencionar que se supone que el autobús tiene seis ruedas, por lo que no se incluye ninguna rueda de repuesto adicional. El espacio ganado al motor de combustión, al embrague y a la caja de cambios (que los autobuses eléctricos no necesitan) se utiliza para albergar módulos de baterías (ZF Group, 2021b).

Además de los ejes propiamente dichos, ZF Group suministra cambiadores de frecuencia y unidades de control que incluyen un *software* que informa al conductor sobre el estado del sistema de motor y batería (ZF Group, 2021b). Servicios como los productos informáticos también son insumos cruciales para los autobuses eléctricos. En el recuadro 2 se resumen los puntos más relevantes a este respecto.

**Recuadro 2**  
**Los servicios como insumo para los autobuses eléctricos**

La adopción de una flota de autobuses eléctricos debe entenderse como parte de un complejo sistema que necesita diversos servicios para funcionar sin problemas y que depende del contexto y de la geografía. Entre los servicios necesarios, se incluyen la asistencia en viaje, los sistemas de gestión, el diseño de planes estratégicos, el mantenimiento o la reparación de la flota, los servicios informáticos asociados y el financiamiento.

Los servicios asociados a los autobuses eléctricos pueden dividirse en dos categorías. Por una parte, hay servicios integrados en el propio autobús que son fundamentales para su utilización. Un ejemplo de ellos son los servicios informáticos como los sistemas de gestión de baterías, que son sistemas en tiempo real que controlan funciones vitales para el funcionamiento seguro y óptimo del sistema de almacenamiento de energía eléctrica en los vehículos eléctricos. Entre estas funciones, se incluyen el monitoreo de temperaturas, voltajes y corrientes, la programación del mantenimiento, la optimización del rendimiento de la batería y la recolección o el análisis de datos de la batería (Vezzini, 2014). Por otra parte, hay servicios que facilitan la inclusión y permanencia de los autobuses eléctricos en los sistemas de transporte, como los servicios de mantenimiento o reparación. Dado que este documento se centra en los insumos necesarios para producir autobuses eléctricos, se profundizará en la primera categoría de servicios.

La información disponible públicamente sobre los servicios integrados en un autobús es escasa. Por ejemplo, si bien el sistema de gestión de baterías es esencial para que el autobús funcione correctamente, no se ha podido obtener información específica sobre los tipos de sistemas más utilizados. La falta de información también se debe a que es probable que la propiedad intelectual de los servicios de alta tecnología corresponda a la empresa fabricante del autobús y que, por lo tanto, no deba salir de dicha empresa. En consecuencia, sigue siendo muy difícil medir el comercio de servicios en el contexto de la electromovilidad.

Fuente: A. Vezzini, "15 - Lithium-Ion Battery Management", *Lithium-Ion Batteries: Advances and Applications*, G. Pistoia (ed.), Amsterdam, Elsevier, 2014.

**a) Resultados del tren de transmisión**

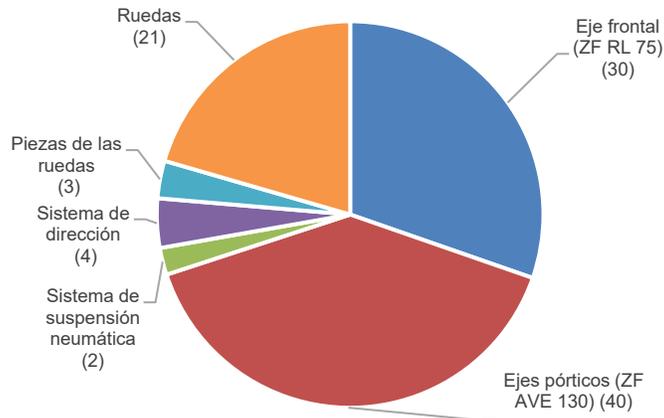
Los productos de los distintos niveles del vector se desagregaron bastante (véase el cuadro 12). A los productos sin mayor desagregación en sus materias primas pertenecen las válvulas y las tuberías, así como las pastillas de freno. En total, el grupo del tren de transmisión consta de seis subgrupos (véase el gráfico 9).

**Cuadro 12**  
**Desagregación del grupo del tren de transmisión**

Nivel del vector	Número de productos	Peso (en kilogramos)	Productos desagregados (en porcentajes)
Piezas elaboradas	7	1 589,6	100
Piezas semielaboradas	19	1 589,6	98
Materias primas	24	1 556,1	-
Resumen	50	1 589,6	98

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 9**  
**Subgrupos del grupo del tren de transmisión**  
*(En porcentajes)*

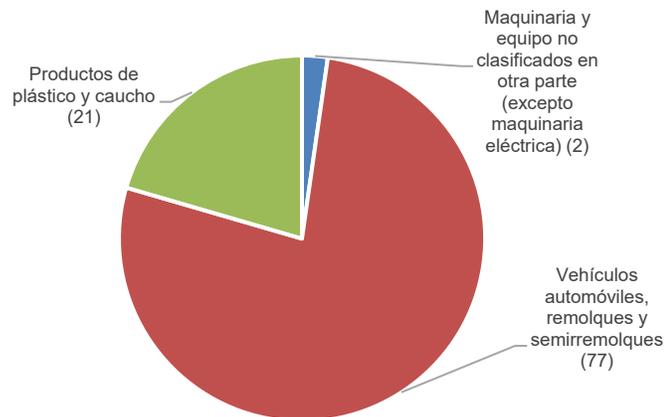


Fuente: Elaboración propia.

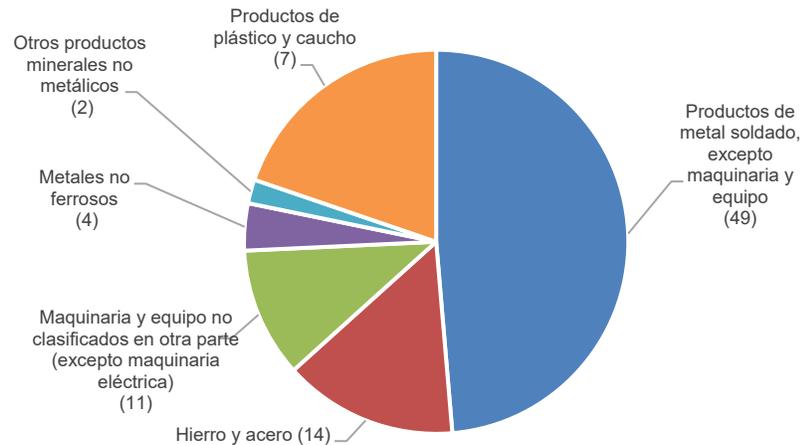
En el gráfico 10 se muestran los sectores de los insumos para los diferentes vectores del grupo del tren de transmisión por peso (la lista completa de insumos se encuentra en el anexo A2).

**Gráfico 10**  
**Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para los trenes de transmisión eléctricos por nivel de elaboración del producto**  
*(En porcentajes como proporción del peso total del grupo)*

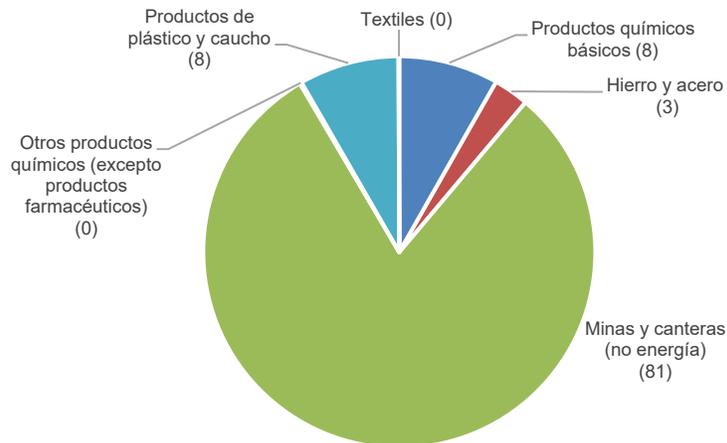
A. Vector de piezas elaboradas



## B. Vector de piezas semielaboradas



## C. Materias primas



Fuente: Elaboración propia.

### 3. Batería

El grupo de la batería consta básicamente de intercambiadores de calor, las celdas de la batería y la caja de la batería. En cuanto al tipo de batería, se parte del supuesto de que se trata de una batería de níquel, manganeso y cobalto (NMC-111) con 10 módulos. La capacidad total de la batería se estima en 243 kWh (Foster, 2019). Hay dos razones para suponer el uso de este tipo de batería: i) es la que más se utiliza actualmente (Olivetti y otros, 2017) y ii) es la que se emplea en el modelo de referencia, el eCitaro. En el recuadro 3 se presenta información general sobre las baterías de autobús y las alternativas a las baterías de níquel, manganeso y cobalto (NMC).

**Recuadro 3**  
**Información general sobre baterías y alternativas a las baterías de níquel, manganeso y cobalto**

La batería es una parte fundamental del autobús eléctrico y es uno de los principales determinantes de su autonomía. Al aumentar la cantidad de módulos de la batería, se incrementa el costo de los insumos, pero también se extiende la autonomía, lo que plantea una disyuntiva a las empresas de transporte. Además, los tiempos de recarga de las baterías son más largos que los de los autobuses diésel convencionales, por lo que es posible que haya que contar con más conductores y autobuses eléctricos para satisfacer la demanda. Estas son otras variables que determinan la elección del número de módulos de la batería, así como de los tipos de batería (Knote, Haufe y Saroch, 2017). Las baterías representan una parte importante del valor de un autobús: pueden representar hasta el 40% del valor creado durante la fabricación del vehículo (IAA Mobility, 2020). Se supone un costo aproximado de 180.000 euros para la sustitución de la batería de un autobús eléctrico (Knote, Haufe y Saroch, 2017).

En el mercado también existen otros tipos de baterías, como las de ferrofosfato de litio y las de óxido de titanato de litio (véase el siguiente cuadro). El proveedor de autobuses BYD utiliza baterías de ferrofosfato de litio (Chen, 2022).

**Cuadro 1**  
**Comparación de diferentes tipos de baterías**

Tipo de batería	Níquel, manganeso y cobalto (NMC)	Estado sólido	Ferrofosfato de litio	Óxido de titanato de litio
Capacidad de carga	Buena	Regular	Buena	Muy buena
Autonomía	Regular	Muy buena	Mala	-
Vida útil	Regular	Muy buena	Regular	Buena
Resumen	Buena relación entre autonomía y capacidad de carga rápida. Diferentes conceptos de funcionamiento posibles (hidrógeno, línea aérea)	Ideal para conceptos de carga nocturna con recorridos largos gracias a su gran autonomía	Similar a la batería NMC, pero con menos autonomía con el mismo peso. Deterioro irregular de las celdas	Solo adecuada para conceptos de carga en ruta con distancias muy cortas y recarga rápida

Fuente: E-engine, "Donnerstag Magazin: Bjørn Nyland im eCitaro mit Solid State-Batterie. Projekt ELEMENT bringt Ladelösungen für Wohnkomplexe. Renault MORPHOZ und Renault 5 Prototype räumen Preise ab", Múnich, 30 de septiembre de 2021 [en línea] <https://e-engine.de/donnerstag-magazin-bjorn-nyland-im-ecitaro-mit-solid-state-batterie-projekt-element-bringt-ladeloesungen-fuer-wohkomplexe-renaul-morphoz-und-renault-5-prototype-raeumen-preise-ab/>.

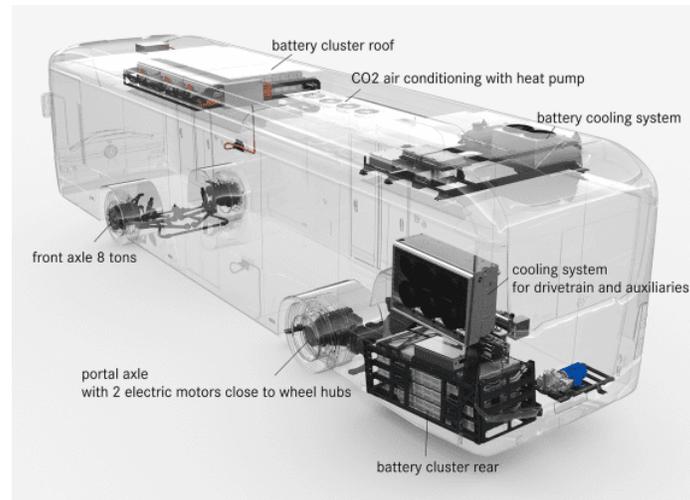
Fuente: T. Knote, B. Haufe y L. Saroch, E-Bus-Standard: Ansätze zur Standardisierung und Zielkosten für Elektrobusse, Dresden, Fraunhofer Institute for Transportation and Infrastructure Systems (IVI), 2017 [en línea] [https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/2018-04/Abschlussbericht\\_E-Bus-Standard.pdf](https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/2018-04/Abschlussbericht_E-Bus-Standard.pdf); IAA Mobility, "The new generation of car batteries", Munich, 23 de noviembre de 2020; D. Chen, "BYD reached a 50% market share in LFP batteries, surpassing CATL in April", Beijing, CarNewsChina, 16 de mayo de 2022 [en línea] <https://carnewschina.com/2022/05/16/byd-reached-a-50-market-share-in-lfp-batteries-surpassing-catl-in-april/>; E-engine, "Donnerstag Magazin: Bjørn Nyland im eCitaro mit Solid State-Batterie. Projekt ELEMENT bringt Ladelösungen für Wohnkomplexe. Renault MORPHOZ und Renault 5 Prototype räumen Preise ab", Múnich, 30 de septiembre de 2021 [en línea] <https://e-engine.de/donnerstag-magazin-bjorn-nyland-im-ecitaro-mit-solid-state-batterie-projekt-element-bringt-ladeloesungen-fuer-wohkomplexe-renaul-morphoz-und-renault-5-prototype-raeumen-preise-ab/>.

Cada módulo pesa 254 kg (AKASOL, 2021), lo que implica un peso total supuesto para el grupo de la batería de 2.540 kg. Dado que los módulos de la batería incluyen elementos electrónicos que se contabilizan en el grupo de componentes electrónicos (por ejemplo, los cables), el peso total del grupo se redujo 17,6 kg, a 2.522,4 kg. Sin embargo, en el grupo de la batería se reservó una porción del 2% (56 kg) para las piezas electrónicas, lo que incluye semiconductores.

Cuatro módulos de la batería están instalados en la parte trasera del autobús y seis en la parte superior (véase la imagen 7.A). Cada módulo de la batería se compone de 15 módulos de celdas y una unidad de control para monitoreo y como medio para equilibrar la carga de las celdas de la batería. Cada módulo de celda independiente alberga 12 celdas de la batería (Mercedes-Benz, 2018) (véase la imagen 7.B).

### Imagen 7 Utilización de la batería en el eCitaro

#### A. Batería en el eCitaro



#### B. Módulo de baterías



Fuente: AKASOL, AKASystem 15 OEM 50 PRC, Darmstadt, 2021; P. Shepard, "AKASOL to develop gen.2 Li-ion for Daimler buses", Penns Park, EE Power, 17 de julio de 2018 [en línea] <https://eepower.com/news/akasol-to-develop-gen-2-li-ion-for-daimler-buses/>.

La empresa AKASOL produce el sistema de baterías del eCitaro, denominado AKASystem OEM PRC, que incluye una celda de batería de iones de litio fabricada por Samsung. Se trata de una solución modular con tubos integrados y unidades de intercambio de calor para refrigerar las celdas de litio durante la carga o descarga. Cuenta con un eficiente sistema de refrigeración por agua, que garantiza un templado estable a 25 grados y que es esencial para cumplir con la vida útil del autobús (AKASOL, 2018). En condiciones perfectas, el eCitaro tiene una autonomía de 280 km, que se reduce a 170 km cuando se utiliza el aire acondicionado (Mercedes-Benz, 2019a). En el cuadro 13 se resumen las especificaciones técnicas relacionadas con la batería utilizada en el eCitaro.

**Cuadro 13**  
**Indicadores del rendimiento de la batería utilizada en el eCitaro**

Factor	Valor	Unidad
Conexión de celdas en módulo	12	s1p
Capacidad <sup>a</sup>	50	Ah
Energía	33	kWh
Tecnología	NMC ion li	-
Voltaje nominal <sup>a</sup>	655	V
Voltaje (máximo)	756	V
Voltaje (mínimo)	540	V
Potencia de descarga máxima (10 s) <sup>b</sup>	150	kW
Potencia de carga máxima (10 s) <sup>b</sup>	100	kW
Descarga de potencia continua (media cuadrática) <sup>b</sup>	100	kW
Carga de potencia continua	45	kW
Fusible interno de alto voltaje	200	A
Consumo de energía en modo de espera	8	W
Vida cíclica <sup>c</sup>	>3 000	ciclos

Fuente: AKASOL, AKASYSTEM 15 OEM 50 PRC, Darmstadt, 2021.

<sup>a</sup> Ciclo de descarga de referencia de 0,33C.

<sup>b</sup> Dependiendo del estado de carga y la temperatura.

<sup>c</sup> Dependiendo del perfil individual del usuario, especialmente de la profundidad de descarga, la temperatura y la potencia.

El eCitaro puede cargarse mediante una tecnología de carga rápida en depósito con 150 kW en el término de 1,5 a 2,5 horas (Forster, 2019). En esta metodología se omitió el sistema de carga. En los siguientes párrafos se resume la configuración y la desagregación del grupo de la batería.

Según nuestras estimaciones, las celdas de la batería pesan 1.760 kg, mientras que las cajas y otras piezas para los diez módulos de la batería pesan 780 kg (sobre la base de Deutsche Rohstoffagentur, 2021) (véase el cuadro 14).

**Cuadro 14**  
**Distribución del peso de los insumos y las piezas de la batería**  
*(En porcentajes)*

Componente	Material	Porcentaje del peso total
Caja	Acero o aluminio	20-25
Cátodo	Níquel, manganeso y cobalto; óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio; litio-ferrofosfato, u óxido de manganeso de litio	25-35
Ánodo	Grafito	14-19
Electrolito	Sal de litio en solución orgánica	10-15
Lámina colectora del cátodo	Aluminio	5-7
Lámina colectora del ánodo	Cobre	5-9
Separador	Plástico PP, PE	1-4
Aditivos	Hollín, silicio y otros	-

Fuente: Deutsche Rohstoffagentur, "Batterierohstoffe für die Elektromobilität", Themenheft, Berlín, 2021.

Para la desagregación de las celdas de la batería, se utilizaron como referencia las proporciones indicadas por Weyhe y Yang (2018), Li y otros (2016) y Research Interfaces (2018), que se resumen en el cuadro 15. Para calcular la masa (peso) de los productos semielaborados de acero, cobre, aluminio, plásticos, circuitos y carbono (grafito), se utilizaron las proporciones indicadas en el cuadro 16. Del mismo modo, a partir del cuadro 16 se asume que el 12% correspondiente a electrolitos (más la proporción adicional de litio correspondiente al 2% del peso de ese mismo cuadro) se asigna a óxido e hidróxido de litio, ya que los electrolitos son básicamente sal de litio disuelta en soluciones orgánicas que no se han asignado a un código del SA (Li y otros, 2016). Se supone, entonces, que la proporción de litio en la celda de una batería corresponde al 14% de su peso total (246,4 kg) (véase el cuadro 15). Pueden consultarse más detalles sobre los diferentes grados de procesamiento del litio en el recuadro 4.

**Cuadro 15**  
**Principales insumos necesarios para producir las celdas de la batería del eCitaro (diez módulos)**  
(En kilogramos)

Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Descripción del producto necesario	Requisito
260200	Minerales de manganeso y sus concentrados, incluidos los minerales de manganeso ferruginosos y sus concentrados con un contenido de manganeso superior o igual al 20% en peso, sobre producto seco	222,9
260400	Minerales de níquel y sus concentrados	222,9
260500	Minerales de cobalto y sus concentrados	222,9
282520	Óxido e hidróxido de litio	246,4
392010	Las demás placas, láminas, hojas y tiras, de plástico no celular y sin refuerzo, estratificación ni soporte o combinación similar con otras materias: De polímeros de etileno	70,4
730890	Construcciones y sus partes (por ejemplo: puentes y sus partes, compuertas de esclusas, torres, castilletes, pilares, columnas, armazones para techumbre, techados, puertas y ventanas y sus marcos, contramarcos y umbrales, cortinas de cierre, barandillas), de fundición, hierro o acero, excepto las construcciones prefabricadas de la partida 94.06; chapas, barras, perfiles, tubos y similares, de fundición, hierro o acero, preparados para la construcción. Los demás	316,8
741999	Cadenas y sus partes. Los demás	123,2
761699	Las demás manufacturas de aluminio. Las demás	35,2
853400	Circuitos impresos	17,6
854590	Electrodos y escobillas de carbón, carbón para lámparas o pilas y demás artículos de grafito u otros carbonos, incluso con metal, para usos eléctricos. Los demás	281,6
	<b>Total</b>	<b>1 760</b>

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Diario Oficial de la República de Chile, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016; Research Interfaces, "What do we know about next-generation NMC 811 cathode?", Montreal, 27 de febrero de 2018 [en línea] <https://researchinterfaces.com/know-next-generation-nmc-811-cathode/>; Q. Li y otros, "Progress in electrolytes for rechargeable Li-based batteries and beyond", Green Energy & Environment, vol. 1, N° 1, Beijing, KeAi Publishing, 2016; R. Weyhe y X. Yang, "Investigation about lithium-ion battery market evolution and future potential of secondary raw material from recycling", Krefeld, Accurec Recycling, 2018 [en línea] [https://accurec.de/wp-content/uploads/2018/04/0-2Market-Research\\_YXF\\_3.o.pdf](https://accurec.de/wp-content/uploads/2018/04/0-2Market-Research_YXF_3.o.pdf).

**Cuadro 16**  
**Insumos de la batería por pieza de la batería**  
*(En porcentajes)*

Pieza	Recurso	Óxido de litio y cobalto	Níquel, manganeso y cobalto	Óxido de manganeso de litio
Caja de celda	Acero	19	18	19
	Aluminio	0	0	0
	Plástico	1	1	1
Ánodo	Carbono	16	16	16
	Cobre	8	7	8
Cátodo	Manganeso	0	6	8
	Litio	2	2	2
	Cobalto	19	6	0
	Níquel	0	4	0
	Aluminio	4	3	4
	Hierro	0	0	0
	Fósforo	0	0	0
	Titanio	0	0	0
	Oxígeno	10	9	13
	Otros	5	11	13
Separador	Plástico	3	3	3
Electrolito	Disolvente	14	12	14
Suma		100	100	100

Fuente: Weyhe y X. Yang, "Investigation about lithium-ion battery market evolution and future potential of secondary raw material from recycling", Krefeld, Accurec Recycling, 2018 [en línea] [https://accurec.de/wp-content/uploads/2018/04/0-2Market-Research\\_YXF\\_3.o.pdf](https://accurec.de/wp-content/uploads/2018/04/0-2Market-Research_YXF_3.o.pdf).

Para establecer el contenido de cobalto, manganeso y níquel del metal, se partió del supuesto de que el autobús utiliza una batería NMC-111, ya que es la batería más común en el mercado (Li y otros, 2016; Olivetti y otros, 2017). En consecuencia, el peso restante del ejercicio de desagregación (explicado en el párrafo anterior) se asignó a estos metales en proporciones iguales (Research Interfaces, 2018). Así, cada uno de estos tres metales pesaría 222,9 kg en el componente de la celda de la batería. Dado que estos materiales básicos están incluidos en distintos códigos del SA, en función de su nivel de elaboración, en el recuadro 4 se brinda información sobre los códigos que hay que considerar para cada material de los insumos.

**Recuadro 4****Desagregación de los códigos del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) para las principales materias primas necesarias para la producción de baterías: litio, cobalto, níquel, manganeso y grafito****Litio**

El litio es una materia prima fundamental en la cadena de valor de las baterías. Un autobús eléctrico con diez módulos de baterías necesita un total de 24,6,4 kg de litio. En el vector de materias primas, se supone que el código SA 282520 corresponde al litio. Sin embargo, como se muestra en el cuadro 1, existen múltiples códigos que determinan las diferentes etapas de elaboración del litio, reflejando así distintos pasos en la cadena de valor. Por lo tanto, es importante no centrarse en un solo código del SA del litio, sino que se debe tener en cuenta que este elemento puede comercializarse en distintas etapas de procesamiento. Si bien esto también podría ocurrir con otras materias primas, en el caso del litio es aún más relevante (LaRocca, 2020).

**Cuadro 1****Códigos del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) utilizados en el comercio del litio**

Forma de litio (etapa del proceso)	Código del SA	Descripción	Tipo de fuente(s)
Minerales de litio sin procesar (etapa de crudo 1)	253090	Materias minerales no expresadas ni comprendidas en otra parte. Las demás	Extracción de minas
		Concentrados de sal ricos en litio	Extracción de salmuera
Productos químicos de litio procesados (etapa de crudo 2)	283691	Carbonatos de litio	Minerales ricos en litio y sal concentrada
	282520	Óxido e hidróxido de litio	Minerales ricos en litio o carbonato de litio
Compuestos de litio refinados	282739	Los demás cloruros: Los demás	Carbonato de litio
	282690	Fluoruros; fluorosilicatos, fluoroaluminatos y demás sales complejas de flúor. Los demás	Varios compuestos de litio, como: cloruro de litio, hidróxido de litio o fluoruro de litio
	280519	Metales alcalinos o alcalinotérreos. Los demás	Cloruro de litio

Fuente: *Diario Oficial de la República de Chile*, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016; G. LaRocca, "Global value chains: lithium in lithium-ion batteries for electric vehicles", *Office of Industries Working Paper*, N° ID-069, Washington, D.C., Comisión de Comercio Internacional de los Estados Unidos (USITC), 2020; Organización Mundial de Aduanas (OMA), *HS Nomenclature 2017 edition*, 2017 [en línea] <http://www.wcoomd.org/en/topics/nomenclature/instrument-and-tools/hs-nomenclature-2017-edition/hs-nomenclature-2017-edition.aspx>.

**Cobalto**

El cobalto es otro insumo clave en la producción de baterías. Según nuestros cálculos, un autobús eléctrico necesita 222,9 kg de cobalto. Como ocurre con el litio, en el caso del cobalto se pueden distinguir distintas etapas de procesamiento en el SA (véase el cuadro 2). En el vector de materias primas, se utilizó el código del SA 260500 para incluir el cobalto como insumo.

**Cuadro 2****Códigos del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) utilizados en el comercio del cobalto**

Forma de cobalto (etapa del proceso)	Código del SA	Descripción	Tipo de fuente(s)
Minerales de cobalto en bruto sin refinar y concentrados	260500	Minerales de cobalto y sus concentrados	-
Óxidos e hidróxidos de cobalto refinados	282200	Óxidos e hidróxidos de cobalto; óxidos de cobalto comerciales	-
Cobalto refinado en bruto	810520	Matas de cobalto y demás productos intermedios de la metalurgia del cobalto; cobalto en bruto; polvo	-

Fuente: *Diario Oficial de la República de Chile*, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016; D. Matthews, "Global value chains: cobalt in lithium-ion batteries for electric vehicles", Washington, D.C., Comisión de Comercio Internacional de los Estados Unidos (USITC), 2020; Organización Mundial de Aduanas (OMA), *HS Nomenclature 2017 edition*, 2017 [en línea] <http://www.wcoomd.org/en/topics/nomenclature/instrument-and-tools/hs-nomenclature-2017-edition/hs-nomenclature-2017-edition.aspx>.

## Níquel

El níquel es otro insumo fundamental para las baterías. En este sentido, solo el níquel de primera calidad con un alto nivel de pureza es adecuado para la producción de baterías. En el cuadro 3 se resumen los códigos del SA de los productos de níquel.

**Cuadro 3**  
**Códigos del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) utilizados en el comercio del níquel**  
**Códigos del SA utilizados en el comercio del níquel**

Forma de níquel (etapa del proceso)	Código del SA	Descripción	Tipo de fuente(s)
Materias primas sin procesar	260400	Minerales de níquel y sus concentrados	Extracción minera de lateritas
	282540	Óxidos e hidróxidos de níquel	Extracción minera de lateritas
Materias primas sin procesar	283324	Los demás sulfatos: De níquel	Extracción minera de sulfuros
Níquel procesado	750110	Matas de níquel	Refinación de níquel y producción de pellets de níquel y otros productos intermedios
	750120	«Sinters» de óxidos de níquel y demás productos intermedios de la metalurgia del níquel	
Productos intermedios de níquel con bajo nivel de procesamiento	750210	Níquel sin alear	-
	750220	Aleaciones de níquel	-
	750400	Polvo y escamillas, de níquel	-
Desechos	750300	Desperdicios y desechos, de níquel	-
Productos de níquel	750511	Barras y perfiles: De níquel sin alear	-
	750512	Barras y perfiles: De aleaciones de níquel	-
	750521	Alambre: De níquel sin alear	-
	750522	Alambre: De aleaciones de níquel	-
	750610	Chapas, hojas y tiras, de níquel: De níquel sin alear	-
	750620	Chapas, hojas y tiras, de níquel: De aleaciones de níquel	-
	750711	Tubos: De níquel sin alear	-
	750712	Tubos: De níquel sin alear: De aleaciones de níquel	-
	750720	Tubos: Accesorios de tubería	-
	750810	Telas metálicas, redes y rejillas, de alambre de níquel	-
	750890	Las demás manufacturas de níquel. Las demás	-

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de *Diario Oficial de la República de Chile*, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016; Organización Mundial de Aduanas (OMA), *HS Nomenclature 2017 edition*, 2017 [en línea] <http://www.wcoomd.org/en/topics/nomenclature/instrument-and-tools/hs-nomenclature-2017-edition/hs-nomenclature-2017-edition.aspx>.

## Manganeso

El manganeso es otro insumo clave para las baterías. Además, la tendencia apunta a una reducción del contenido de cobalto y un aumento del contenido de manganeso o níquel debido a los precios relativos de los metales (Weimer, Braun y vom Hemdt, 2019). Los códigos del SA correspondientes en este contexto se indican en el cuadro 4.

**Cuadro 4**  
**Códigos del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) utilizados en el comercio del manganeso**

Forma de manganeso (etapa del proceso)	Código del SA	Descripción	Tipo de fuente(s)
Materias primas sin procesar	260200	Minerales de manganeso y sus concentrados, incluidos los minerales de manganeso ferruginosos y sus concentrados con un contenido de manganeso superior o igual al 20 % en peso, sobre producto seco	Extracción minera a cielo abierto
	282010	Dióxido de manganeso	
	282090	Óxidos de manganeso. Los demás	
Aleaciones de manganeso/productos intermedios	720211	Ferromanganeso: Con un contenido de carbono superior al 2 % en peso	Producción de ferromanganeso y silicomanganeso mediante la fundición de minerales en un alto horno o en un horno eléctrico
	720219	Ferromanganeso: Los demás	
	720230	Ferro-silico-manganeso	
	722720	De acero silicomanganeso	
	722820	Barras de acero silicomanganeso	
	722920	Alambre de los demás aceros aleados. De acero silicomanganeso	
722990	Alambre de los demás aceros aleados. Los demás		

Forma de manganeso (etapa del proceso)	Código del SA	Descripción	Tipo de fuente(s)
Materias primas sin procesar	260200	Minerales de manganeso y sus concentrados, incluidos los minerales de manganeso ferruginosos y sus concentrados con un contenido de manganeso superior o igual al 20 % en peso, sobre producto seco	Extracción minera a cielo abierto
	282010	Dióxido de manganeso	
	282090	Óxidos de manganeso. Los demás	
Aleaciones de manganeso/productos intermedios	720211	Ferromanganeso: Con un contenido de carbono superior al 2 % en peso	Producción de ferromanganeso y silicomanganeso mediante la fundición de minerales en un alto horno o en un horno eléctrico
	720219	Ferromanganeso: Los demás	
	720230	Ferro-sílico-manganeso	
	722720	De acero silicomanganeso	
	722820	Barras de acero silicomanganeso	
	722920	Alambre de los demás aceros aleados. De acero silicomanganeso	
	722990	Alambre de los demás aceros aleados. Los demás	
Desechos	811100	Manganeso y sus manufacturas, incluidos los desperdicios y desechos	-
Productos de	850680	Las demás pilas y baterías de pilas	-

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Diario Oficial de la República de Chile, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016; Britanica, "Manganeso", 2022 [en línea] <https://www.britannica.com/science/manganese>; E. Adjei, O. Gajigo y E. Mutambatsere, "Manganese industry analysis: implication for project finance", Working Paper, N° 132, Abidjan, Grupo del Banco Africano de Desarrollo, 2011 [en línea] <https://www.afdb.org/ar/documents/document/working-paper-132-manganese-industry-analysis-implications-for-project-finance-24162>.

### Grafito

El grafito desempeñará un papel fundamental en la descarbonización del sector del transporte, ya que es uno de los principales componentes de las baterías de los vehículos eléctricos. Tanto el grafito natural como el artificial sirven de insumo para producir baterías. Sin embargo, la huella de carbono del grafito artificial es significativamente mayor que la del grafito natural. En el cuadro 5 se muestran las diferentes etapas del proceso del grafito en el SA (Ritoe, Patrahou y Rademaker, 2022).

**Cuadro 5**  
**Códigos del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) utilizados en el comercio del grafito**

Forma de grafito (etapa del proceso)	Código del SA	Descripción	Tipo de fuente(s)
Materias primas sin procesar	250410	Grafito natural: En polvo o en escamas	Extracción minera
	250490	Grafito natural: Los demás	Extracción minera
	380110	Grafito artificial	Producido a partir de coque de aguja a base de petróleo o carbono
Productos intermedios de grafito con bajo nivel de procesamiento	380120	Grafito coloidal o semicoloidal	Grafito suspendido en agua, alcohol, aceite de petróleo, aceite de ricino, glicerina u otros líquidos
	380190	Grafito artificial; grafito coloidal o semicoloidal; preparaciones a base de grafito u otros carbonos, en pasta, bloques, plaquitas u otras semimanufacturas. Las demás	-
	681510	Manufacturas de grafito o de otros carbonos, para usos distintos de los eléctricos	-
Productos de grafito	690310	Con un contenido de grafito u otro carbono o de una mezcla de estos productos, superior al 50 % en peso	-
	854590	Electrodos y escobillas de carbón, carbón para lámparas o pilas y demás artículos de grafito u otros carbonos, incluso con metal, para usos eléctricos: Los demás	-

Productos de grafito	690310	Con un contenido de grafito u otro carbono o de una mezcla de estos productos, superior al 50 % en peso	-
	854590	Electrodos y escobillas de carbón, carbón para lámparas o pilas y demás artículos de grafito u otros carbonos, incluso con metal, para usos eléctricos: Los demás	-

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Diario Oficial de la República de Chile, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016; A. Ritoe, I. Patrahou y M. Rademaker, "Graphite: supply chain challenges & recommendations for a critical mineral", La Haya, Centro de Estudios Estratégicos de La Haya, 2022 [en línea] <https://hcss.nl/wp-content/uploads/2022/03/Graphite-HCSS-2022.pdf>; F. Glodeanu, "Does anybody explain colloidal graphite? And how to create?", Berlín, 30 de junio de 2016 [en línea] [https://www.researchgate.net/post/Does\\_anybody\\_explain\\_Colloidal\\_graphite\\_and\\_how\\_to\\_create](https://www.researchgate.net/post/Does_anybody_explain_Colloidal_graphite_and_how_to_create).

Fuente: G. LaRocca, "Global value chains: lithium in lithium-ion batteries for electric vehicles", Office of Industries Working Paper, N° ID-069, Washington, D.C., Comisión de Comercio Internacional de los Estados Unidos (USITC), 2020; Organización Mundial de Aduanas (OMA), HS Nomenclature 2017 edition, 2017 [en línea] <http://www.wcoomd.org/en/topics/nomenclature/instrument-and-tools/hs-nomenclature-2017-edition/hs-nomenclature-2017-edition.aspx>; D. Matthews, "Global value chains: cobalt in lithium-ion batteries for electric vehicles", Washington, D.C., Comisión de Comercio Internacional de los Estados Unidos (USITC), 2020; L. Weimer, T. Braun y A. vom Hemdt, "Design of a systematic value chain for lithium-ion batteries from the raw material perspective", Resources Policy, vol. 64, Ámsterdam, Elsevier, 2019; Britannica, "Manganese", 2022 [en línea] <https://www.britannica.com/science/manganese>; E. Adjei, O. Gajigo y E. Mutambatsere, "Manganese industry analysis: implication for project finance", Working Paper, N° 132, Abidjan, Grupo del Banco Africano de Desarrollo, 2011 [en línea] <https://www.afdb.org/ar/documents/document/working-paper-132-manganese-industry-analysis-implications-for-project-finance-24162>; A. Ritoe, I. Patrahou y M. Rademaker, "Graphite: supply chain challenges & recommendations for a critical mineral", La Haya, Centro de Estudios Estratégicos de La Haya, 2022 [en línea] <https://hcss.nl/wp-content/uploads/2022/03/Graphite-HCSS-2022.pdf>; F. Glodeanu, "Does anybody explain colloidal graphite? And how to create?", Berlín, 30 de junio de 2016 [en línea] [https://www.researchgate.net/post/Does\\_anybody\\_explain\\_Colloidal\\_graphite\\_and\\_how\\_to\\_create](https://www.researchgate.net/post/Does_anybody_explain_Colloidal_graphite_and_how_to_create).

## a) Resultados de la batería

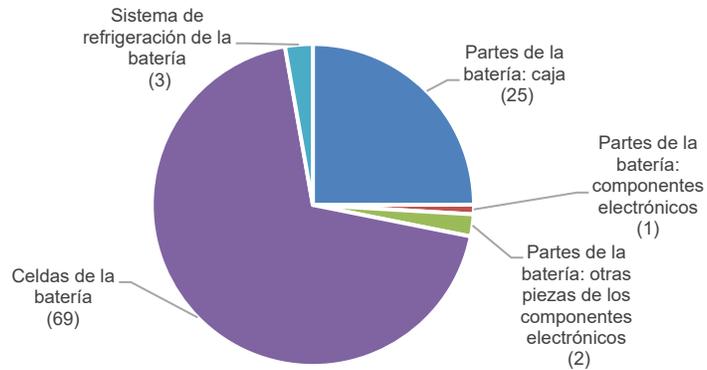
Los productos de los distintos niveles del vector se desagregaron por completo (véase el cuadro 17). El grupo de la batería consta de cinco subgrupos (véase el gráfico 11).

**Cuadro 17**  
Desagregación del grupo de la batería

Nivel del vector	Número de productos	Peso (en kilogramos)	Productos desagregados (en porcentajes)
Piezas elaboradas	3	2 522,4	100
Piezas semielaboradas	12	2 522,4	100
Materias primas	9	2 515,2	-
Resumen	24	2 522,4	100

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 11**  
**Subgrupos del grupo de la batería**  
*(En porcentajes)*

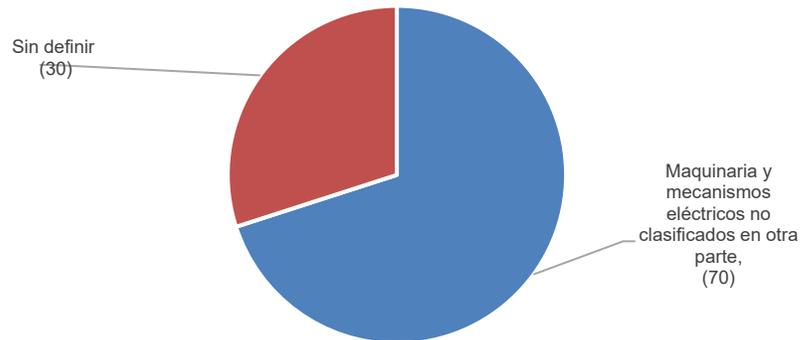


Fuente: Elaboración propia.

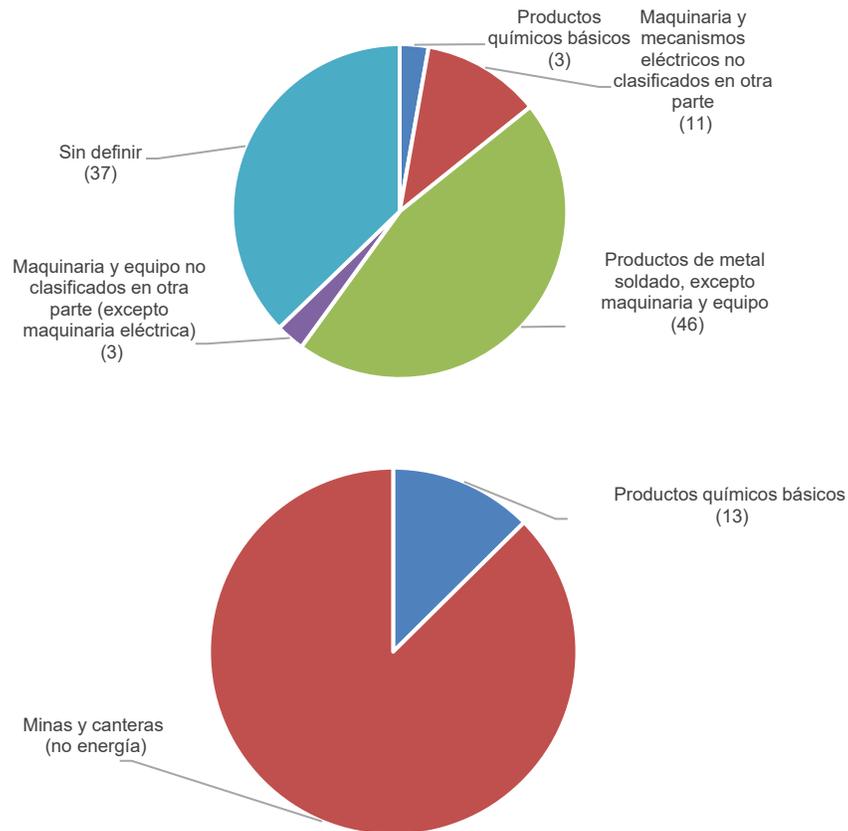
En el gráfico 12 se muestran los sectores de los insumos para los diferentes vectores del grupo de la batería por peso (la lista completa de insumos se encuentra en el anexo A2).

**Gráfico 12**  
**Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para las baterías de los autobuses, por nivel de elaboración del producto**  
*(En porcentajes como proporción del peso total del grupo)*

A. Vector de piezas elaboradas



## B. Vector de piezas semielaboradas



Fuente: Elaboración propia.

Nota: El Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) no incluye códigos definidos para las cajas de las baterías, el sistema de refrigeración y las piezas electrónicas de la batería. Por lo tanto, se han introducido variables ficticias que no pueden asignarse a sectores económicos.

## C. Autobús convencional: Citaro con motor de combustión interna

En esta sección se analiza el modelo Citaro que se basa en procesos de combustión interna, lo que se conoce como un autobús convencional o diésel.

### 1. Motor diésel convencional

El sistema de motor diésel convencional (también denominado "motor") consta de:

- Sistema de presurización del aire de admisión mediante un turboalimentador.
- Bloque del motor de hierro fundido con canales de refrigeración integrados, árbol de levas y cilindros.
- Correas de transmisión para un generador eléctrico, bomba lubricante.
- Sistema de refrigeración del medio de refrigeración.
- Sistema de transmisión por cadena para el cigüeñal.
- Sistema de filtrado de salida de gases y tubo de escape, incluido el silenciador.

- Detector de humo y sistema de control del motor.

El motor del Citaro diésel es un Mercedes-Benz OM 936 h, un motor de seis cilindros en línea con un turbocompresor (Mercedes-Benz, 2019b) (véase la imagen 8).

**Imagen 8**  
Motor OM 936 h del Citaro



Fuente: Mercedes-Benz, "The Citaro", Stuttgart, 2019 [en línea] [https://www.mercedes-benz-bus.com/en\\_GB/models/citaro.html](https://www.mercedes-benz-bus.com/en_GB/models/citaro.html).

#### a) Resultados del motor convencional

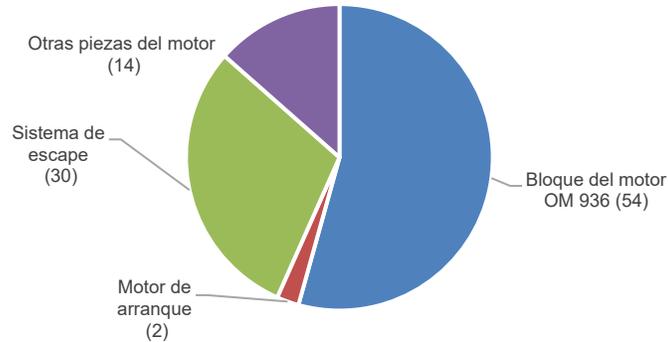
Los productos de los distintos niveles del vector se desagregaron por completo (véase el cuadro 18). El grupo del motor consta de cuatro subgrupos (véase el gráfico 13).

**Cuadro 18**  
Desagregación del grupo del motor convencional

Nivel del vector	Número de productos	Peso (en kilogramos)	Productos desagregados (en porcentajes)
Piezas elaboradas	7	1 113,0	98
Piezas semielaboradas	14	1 087,0	93
Materias primas	21	1 012,0	-
Resumen	42	1 113,0	91

Fuente: Elaboración propia.

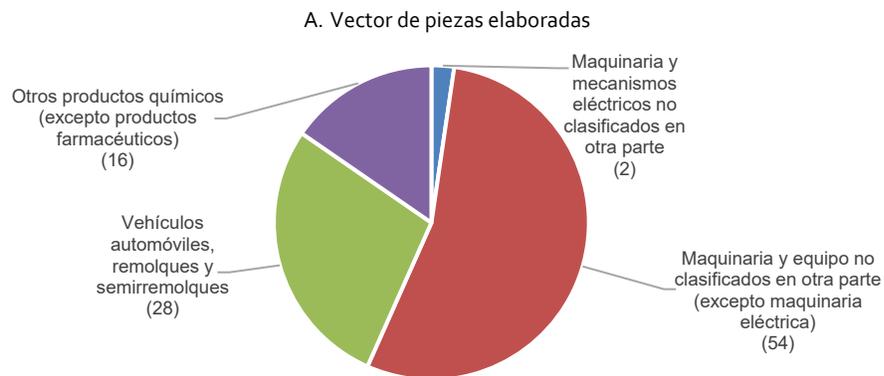
**Gráfico 13**  
**Subgrupos del grupo del motor convencional**  
*(En porcentajes)*

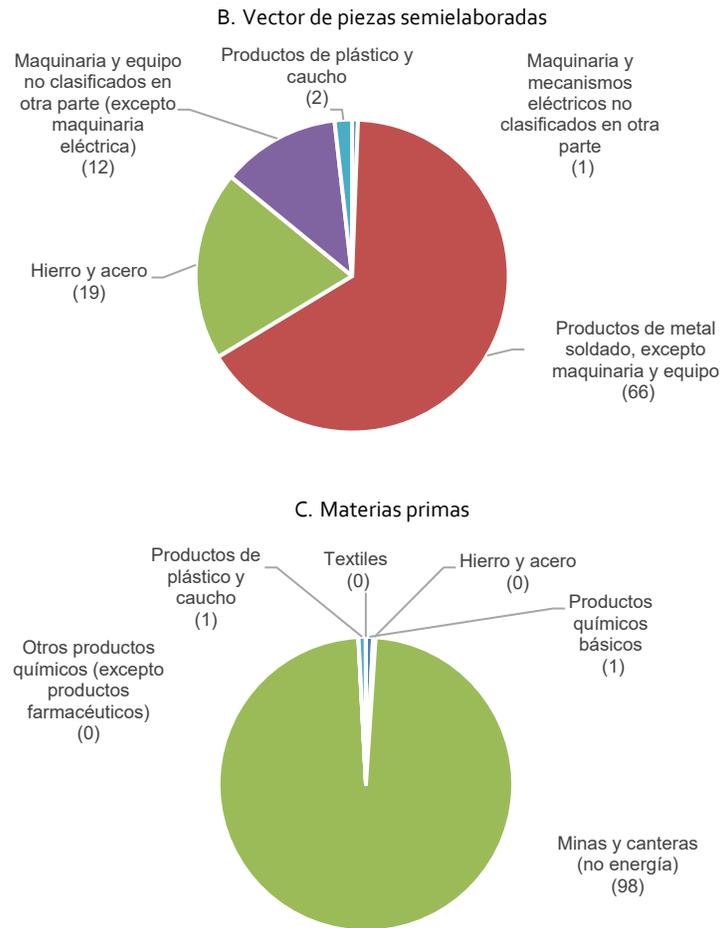


Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 14 se muestran los sectores de los insumos para los diferentes vectores del grupo del motor convencional por peso (la lista completa de insumos se encuentra en el anexo A2).

**Gráfico 14**  
**Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para el motor diésel por nivel de elaboración del producto**  
*(En porcentajes como proporción del peso total del grupo)*





Fuente: Elaboración propia.

## 2. Tren de transmisión convencional

El tren de transmisión convencional incluye todos los sistemas necesarios para proporcionar una transmisión mecánica adecuada del motor a la carretera. También incluye el sistema de suspensión y el sistema de dirección que está conectado al sistema de manejo de cambios automáticos y al volante. Consta de:

- Sistema de suspensión neumática para proporcionar comodidad a los conductores y los pasajeros. También puede subir y bajar el vehículo.
- Caja(s) de cambios para la traslación del par de torsión.
- Ruedas y frenos.
- Mecanismo de dirección (conectado al volante).

### a) Resultados del tren de transmisión

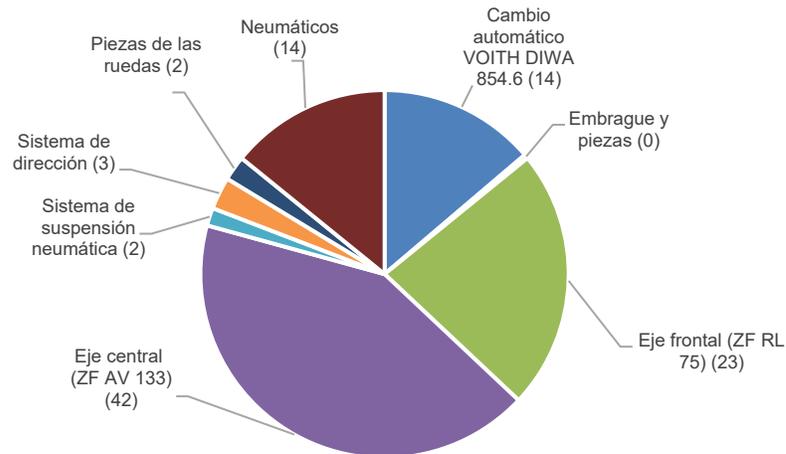
Los productos de los distintos niveles del vector se desagregaron por completo (véase el cuadro 19). El grupo del tren de transmisión consta de ocho subgrupos (véase el gráfico 15).

**Cuadro 19**  
**Desagregación del grupo del tren de transmisión convencional**

Nivel del vector	Número de productos	Peso (en kilogramos)	Productos desagregados (en porcentajes)
Piezas elaboradas	8	2 303,4	100
Piezas semielaboradas	20	2 294,9	97
Materias primas	15	2 226,0	-
Resumen	43	2 303,4	97

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 15**  
**Subgrupos del grupo del tren de transmisión convencional**  
(En porcentajes)

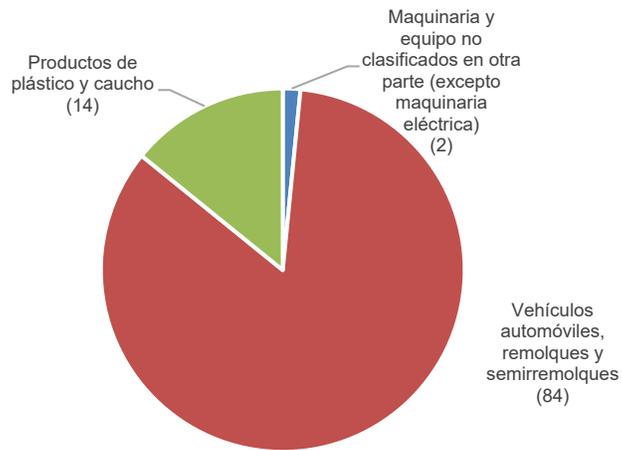


Fuente: Elaboración propia.

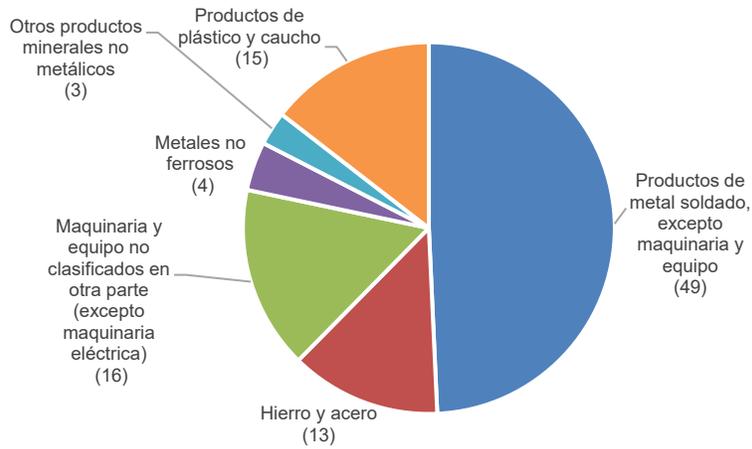
En el gráfico 16 se muestran los sectores de los insumos para los diferentes vectores del grupo del tren de transmisión por peso (la lista completa de insumos se encuentra en el anexo A2).

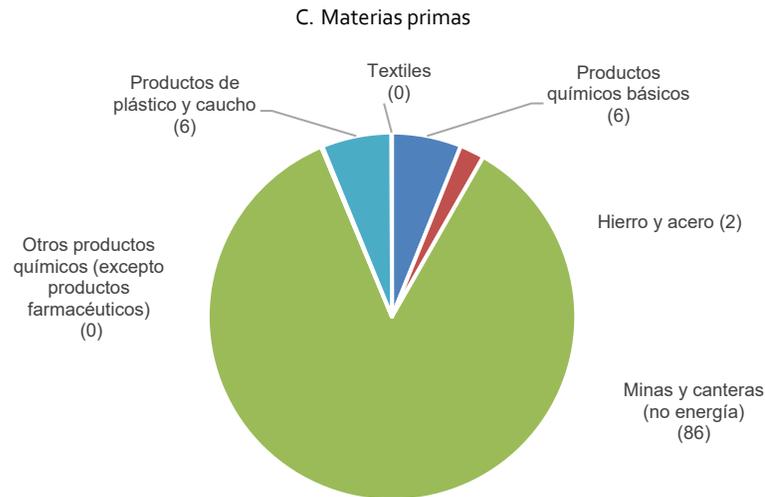
**Gráfico 16**  
**Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para el tren de transmisión convencional**  
**por nivel de elaboración del producto**  
*(En porcentajes como proporción del peso total del grupo)*

A. Vector de piezas elaboradas



B. Vector de piezas semielaboradas





Fuente: Elaboración propia.

### 3. Sistema de combustible diésel

El sistema de combustible del motor diésel consta de:

- Depósito (incluida la manguera de llenado).
- Bombas para transportar y presurizar el combustible (sistema de riel común), incluidos los filtros de combustible.
- Válvulas, termómetros y manómetros para controlar y vigilar el sistema.

#### a) Resultados del depósito de combustible

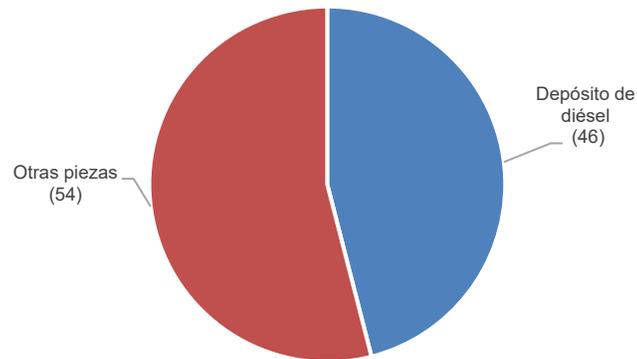
Los productos de los distintos niveles del vector se desagregaron por completo (véase el cuadro 20). El grupo del depósito de combustible consta de dos subgrupos (véase el gráfico 17).

**Cuadro 20**  
**Desagregación del grupo del depósito de combustible**

Nivel del vector	Número de productos	Peso (en kilogramos)	Productos desagregados (en porcentajes)
Piezas elaboradas	2	135,0	100
Piezas semielaboradas	7	135,0	80
Materias primas	9	108,0	-
Resumen	18	135,0	80

Fuente: Elaboración propia.

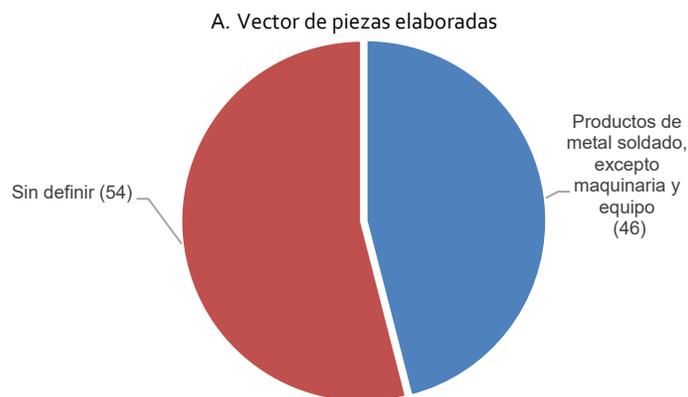
**Gráfico 17**  
**Subgrupos del grupo del depósito de combustible**  
*(En porcentajes)*



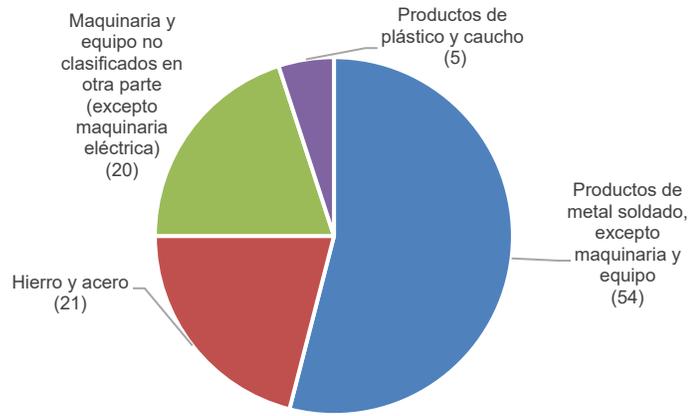
Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 18 se muestran los sectores de los insumos de los diferentes vectores del grupo del depósito de combustible por peso (la lista completa de insumos se encuentra en el anexo A2).

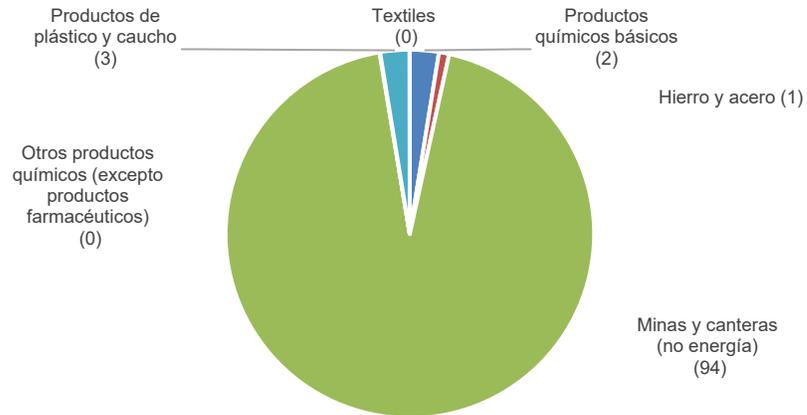
**Gráfico 18**  
**Sectores económicos asociados a las piezas necesarias para el depósito de combustible,**  
**por nivel de elaboración del producto**  
*(En porcentajes como proporción del peso total del grupo)*



B. Vector de piezas semielaboradas



C. Materias primas



Fuente: Elaboración propia.

## IV. Resultados globales

En este capítulo se resumen los resultados globales para los dos tipos de autobuses que se han proporcionado a nivel de grupo en los capítulos anteriores.

### A. Tipos de autobuses

#### 1. Autobús eléctrico

El autobús eléctrico se ha desagregado en gran medida: el 91,5% de su masa total se desagregó en las materias primas. El grupo con menor nivel de desagregación es el grupo de componentes electrónicos (véase el cuadro 21), debido a la complejidad de sus componentes.

**Cuadro 21**  
Peso y desagregación por grupo y nivel del vector para el autobús eléctrico

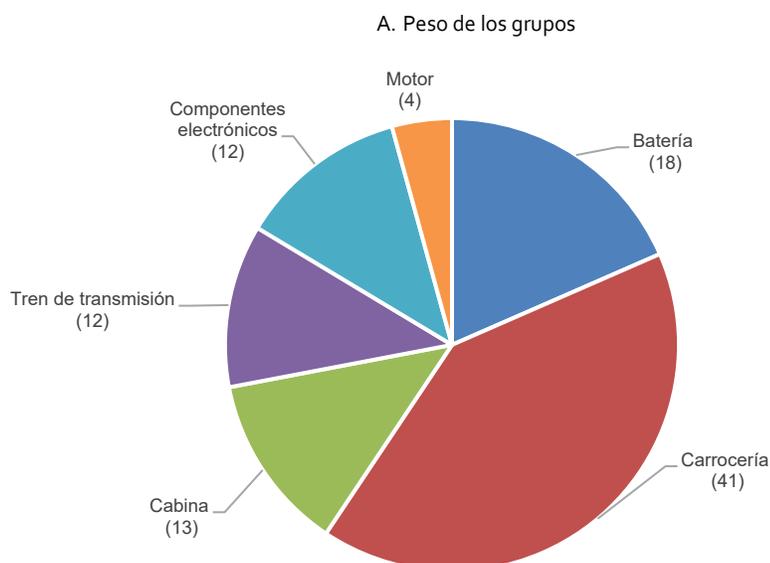
Grupo	Nivel del vector	Número de productos	Peso (en kilogramos)	Porcentaje desagregado	Porcentaje no desagregado
Carrocería	Piezas elaboradas	7	5 600,0	100	0
	Piezas semielaboradas	4	5 600,0	100	0
	Materias primas	25	5 600,0	-	-
	Total	36	5 600,0	100	0
Batería	Piezas elaboradas	3	2 522,4	100	0
	Piezas semielaboradas	12	2 522,4	100	0
	Materias primas	9	2 515,2	-	-
	Total	24	2 522,4	100	0
Motor	Piezas elaboradas	1	584,1	100	0
	Piezas semielaboradas	7	584,1	100	0
	Materias primas	7	584,1	-	-
	Total	15	584,1	100	0

Grupo	Nivel del vector	Número de productos	Peso (en kilogramos)	Porcentaje desagregado	Porcentaje no desagregado
Cabina	Piezas elaboradas	11	1 727,5	96	4
	Piezas semielaboradas	15	1 650,6	99	1
	Materias primas	28	1 627,5	-	-
	Total	54	1 727,5	94	6
Tren de transmisión	Piezas elaboradas	7	1 589,6	100	0
	Piezas semielaboradas	19	1 589,6	98	2
	Materias primas	24	1 556,1	-	-
	Total	50	1 589,6	98	2
Componentes electrónicos	Piezas elaboradas	35	1 656,6	47	53
	Piezas semielaboradas	18	782,3	82	18
	Materias primas	12	638,5	-	-
	Total	65	1 656,6	39	61

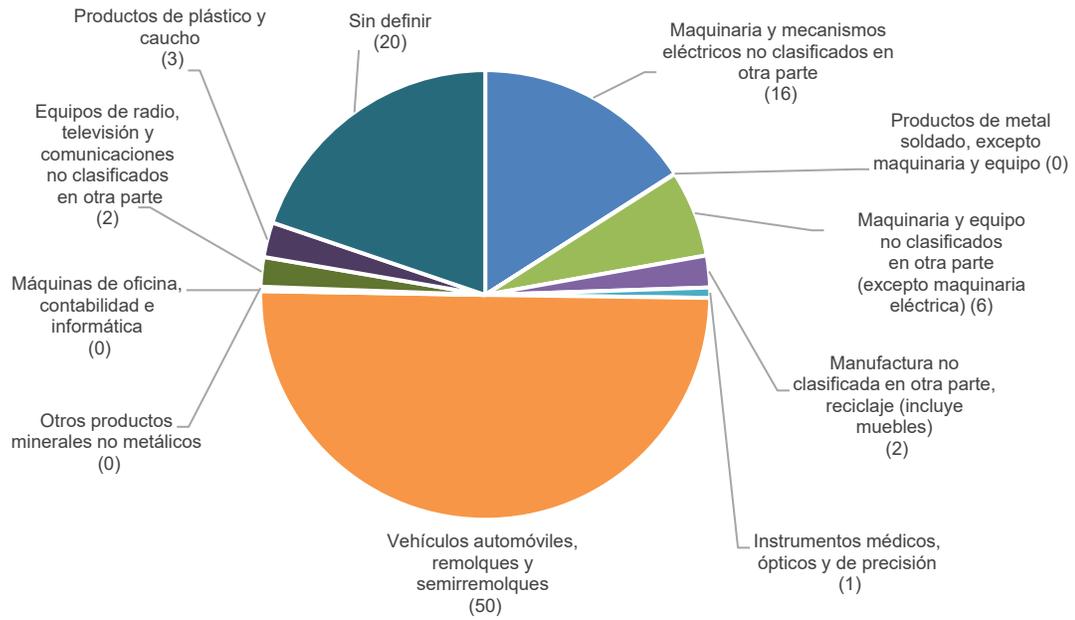
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los principales sectores que proporcionan insumos para producir un autobús eléctrico, el análisis debe distinguir entre los diferentes niveles del vector (véase el gráfico 19). En el caso del vector de piezas elaboradas, el sector más importante es el de vehículos automóviles, remolques y semirremolques (50%), seguido del sector de maquinaria y mecanismos eléctricos (16%). Es importante señalar que el 20% de la masa del vector de piezas elaboradas no se ha asignado a ningún sector, ya que se han introducido productos ficticios en caso de que no exista ningún código del SA (por ejemplo, no existe ningún código del SA para las barras de sujeción). El vector de piezas semielaboradas, por su parte, está dominado por el sector de productos de metal soldado (60%), seguido por maquinaria y mecanismos eléctricos (9%), productos de plástico y caucho (7%) y otros sectores diversos. Por último, el vector de las materias primas se compone principalmente de productos pertenecientes a los sectores de minas y canteras (no energía) (82%) y productos químicos básicos (15%).

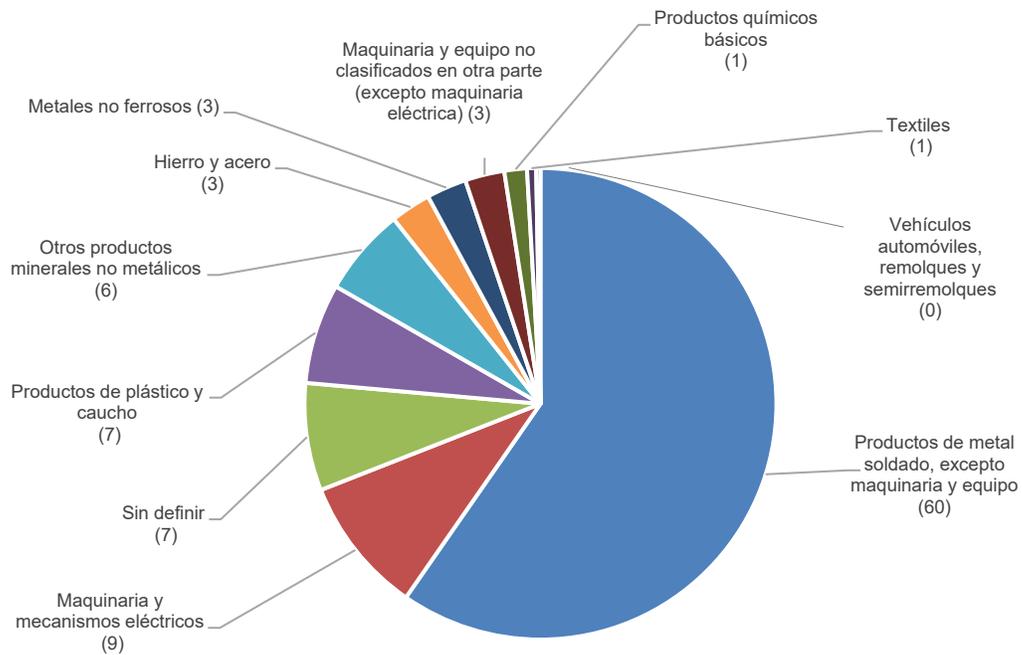
**Gráfico 19**  
**Sectores económicos asociados por nivel del vector para producir autobuses eléctricos**  
*(En porcentajes como proporción del peso total del grupo)*



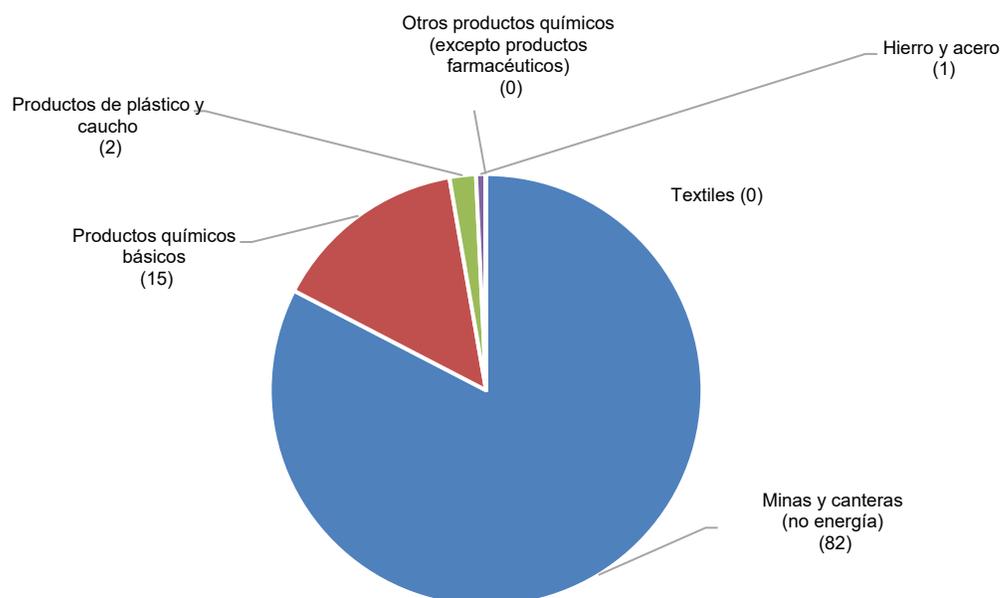
B. Vector de piezas elaboradas con insumos agregados por sector



C. Vector de piezas semielaboradas con insumos agregados por sector



## D. Vector de materias primas con insumos agregados por sector



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los sectores denominados "Sin definir" son el resultado de los códigos ficticios introducidos para los productos que no han sido definidos por el Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) (por ejemplo, las barras de sujeción en el grupo de la cabina).

## 2. Autobús convencional

El autobús convencional también se ha desagregado en gran medida: el 89,4% de su masa total se desagregó en las materias primas. Al igual que en el caso del autobús eléctrico, el grupo con menor nivel de desagregación es el grupo de componentes electrónicos (véase el cuadro 22) debido a la complejidad de sus componentes.

**Cuadro 22**  
Peso y desagregación por grupo y nivel del vector para el autobús convencional

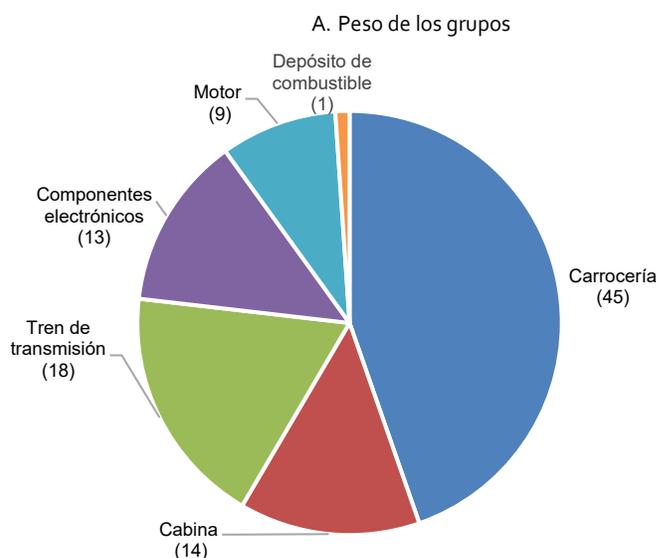
Grupo	Nivel del vector	Número de productos	Peso (en kilogramos)	Porcentaje desagregado	Porcentaje no desagregado
Carrocería	Piezas elaboradas	35	5 600	100	0
	Piezas semielaboradas	18	5 600	100	0
	Materias primas	25	5 600	-	-
	Resumen	78	5 600	100	0
Depósito de combustible	Piezas elaboradas	2	135,0	100	0
	Piezas semielaboradas	7	135,0	80	20
	Materias primas	9	108,0	-	-
	Resumen	18	135,0	80	20
Motor	Piezas elaboradas	7	1 113,0	98	2
	Piezas semielaboradas	14	1 087,0	93	7
	Materias primas	21	1 012,0	-	-
	Resumen	42	1 113,0	91	9
Cabina	Piezas elaboradas	11	1 727,5	96	4

Grupo	Nivel del vector	Número de productos	Peso (en kilogramos)	Porcentaje desagregado	Porcentaje no desagregado
	Piezas semielaboradas	15	1 650,6	99	1
	Materias primas	28	1 627,5	-	-
	Resumen	54	1 727,5	94	6
Tren de transmisión	Piezas elaboradas	8	2 303,4	100	0
	Piezas semielaboradas	20	2 294,9	97	3
	Materias primas	15	2 226,0	-	-
	Resumen		2 303,4	97	3
Componentes electrónicos	Piezas elaboradas	35	1 656,6	47	53
	Piezas semielaboradas	18	782,3	82	18
	Materias primas	12	638,5	-	-
	Resumen	65	1 656,6	39	61

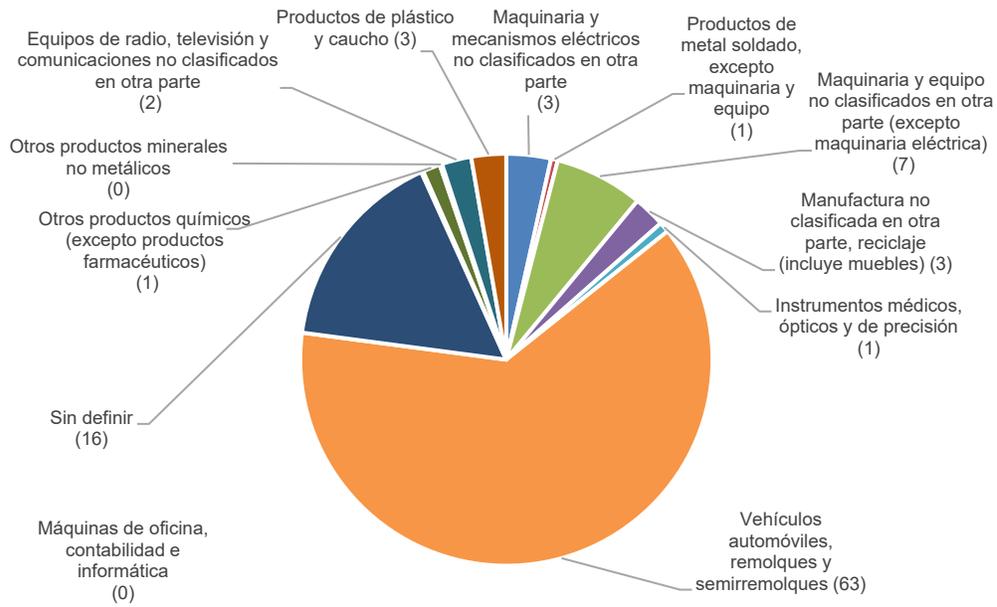
Fuente: Elaboración propia.

El grupo que representa la mayor parte del peso total del autobús es la carrocería (un 45% de la masa total), seguido del tren de transmisión (18%), la cabina (14%), los componentes electrónicos (13%), el motor (9%) y el depósito de combustible (1%) (véase el gráfico 20). En el caso del vector de piezas elaboradas, el sector más importante es el de vehículos automóviles, remolques y semirremolques (63%), seguido del sector de maquinaria y mecanismos eléctricos (7%). El 16% de la masa del vector de piezas elaboradas no se ha asignado a ningún sector. El vector de piezas semielaboradas, por su parte, está dominado por el sector de productos de metal soldado (65%), seguido por los de productos de plástico y caucho (8%), otros productos minerales no metálicos (7%) y otros sectores diversos. Por último, el vector de las materias primas se compone principalmente de productos pertenecientes a los sectores de minas y canteras (no energía) (83%) y productos químicos básicos (13%).

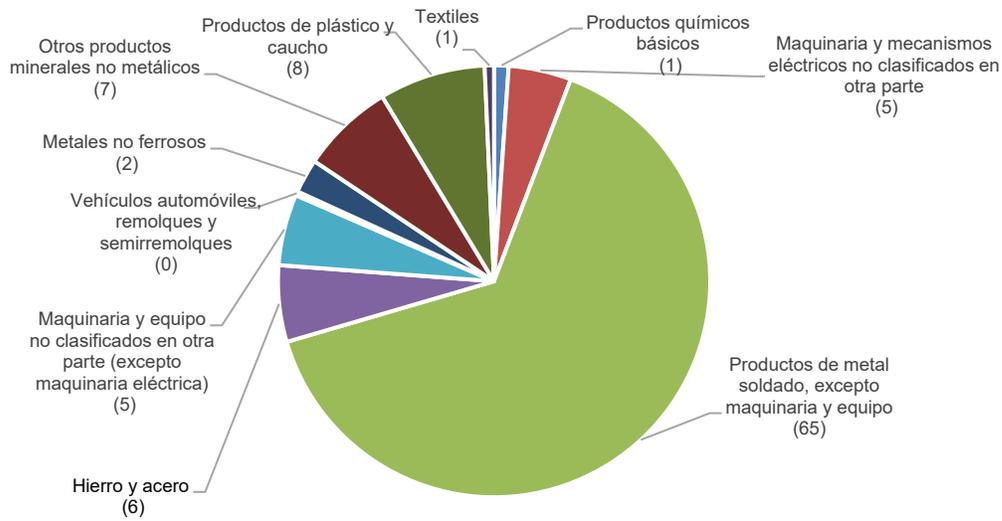
**Gráfico 20**  
**Sectores económicos asociados por nivel del vector para producir autobuses convencionales**  
*(En porcentajes como proporción del peso total del grupo)*

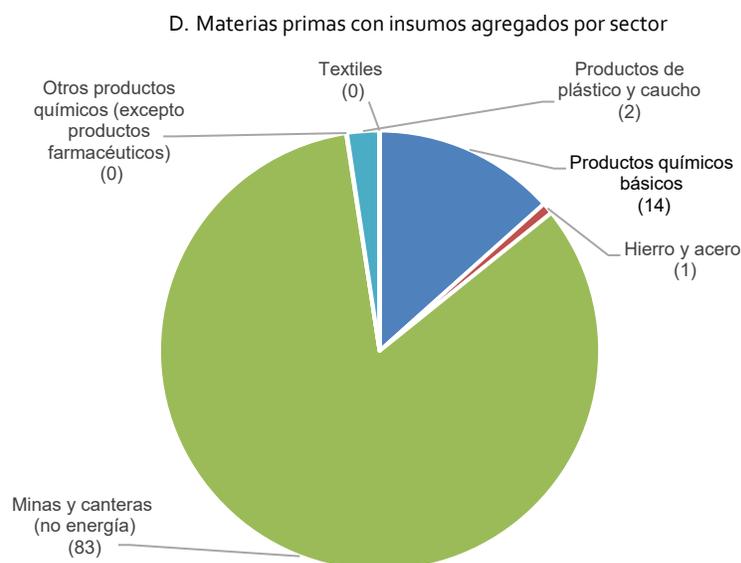


B. Vector de piezas elaboradas con insumos agregados por sector



C. Vector de piezas semielaboradas con insumos agregados por sector





Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los sectores denominados "Sin definir" son el resultado de los códigos ficticios introducidos para los productos que no han sido definidos por el Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) (por ejemplo, las barras de sujeción en el grupo de la cabina).

## B. Principales materias primas

Las cuatro principales materias primas necesarias para la producción de ambos tipos de autobuses son las mismas (véase el cuadro 23), aunque con requisitos de peso ligeramente diferentes. Esto se debe sobre todo a que los grupos de carrocería, cabina y componentes electrónicos del autobús son los mismos para ambos tipos de vehículos. En el caso del autobús eléctrico, las cuatro principales materias primas representan el 76% del peso total (frente a un 82% en el caso del autobús convencional).

**Cuadro 23**  
**Principales cuatro materias primas necesarias para producir autobuses convencionales y eléctricos**  
(Peso en kilogramos)

Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Descripción del SA	Autobús convencional	Autobús eléctrico	Diferencia
260111	Minerales de hierro y sus concentrados, excepto las piritas de hierro tostadas (cenizas de piritas): Sin aglomerar	8 289,6	7 491,4	798,2
281122	Dióxido de silicio	593,0	593,0	0,0
260600	Minerales de aluminio y sus concentrados	555,8	1 016,2	460,5
260300	Minerales de cobre y sus concentrados	466,5	856,4	389,9

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de *Diario Oficial de la República de Chile*, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016.

### 1. Hierro y concentrados

El hierro es, con mucho, la materia prima más importante. Representa el 55% y el 66% del peso del autobús eléctrico y del autobús convencional, respectivamente. Los minerales de hierro y los concentrados son necesarios principalmente para el armazón o carrocería del autobús, pero también para el tren de transmisión y el motor de ambos modelos de autobuses (véase el gráfico 21). Es importante tener en cuenta la alta intensidad energética de la producción y el procesamiento de los minerales de hierro y los concentrados.

**Gráfico 21**  
**Necesidades de minerales de hierro y concentrados por grupo**  
*(En kilogramos)*

A. Autobús eléctrico



B. Autobús convencional



Fuente: Elaboración propia.

**a) Dióxido de silicio**

Ambos tipos de autobuses necesitan dióxido de silicio en igual proporción. Este elemento se necesita sobre todo en la producción de ventanillas (un 91% del uso total de dióxido de silicio) y de asientos, ya que es un insumo para las fibras de vidrio.

**b) Minerales de aluminio y concentrados**

El aluminio tiene varios usos en ambos tipos de autobuses y puede encontrarse en diferentes grupos (véase el gráfico 22). En el caso del autobús eléctrico, se utiliza principalmente como insumo para producir la batería y la carrocería. En los autobuses convencionales, se incorpora sobre todo a la carrocería, el motor y el tren de transmisión.

**Gráfico 22**  
**Necesidades de minerales de aluminio y concentrados por grupo**  
*(En kilogramos)*

A. Autobús eléctrico



B. Autobús convencional



Fuente: Elaboración propia.

### c) Minerales de cobre y concentrados

El cobre es otra materia prima importante para los autobuses eléctricos y convencionales, utilizada en diferentes grupos. Es muy necesaria para el grupo de componentes electrónicos, ya que es un insumo clave para los cables. El autobús eléctrico también necesita grandes cantidades de cobre para el motor (un 30% del total de cobre necesario) y la batería (16%).

## C. Principales diferencias entre los autobuses eléctricos y convencionales

La diferencia más evidente es el peso total de los autobuses: se estima que el autobús eléctrico tiene un peso total de 13,7 toneladas, mientras que el autobús convencional solo pesa 12,4 toneladas (véase el cuadro 24). Aunque se supone que algunos grupos son idénticos en ambos autobuses, los grupos del tren de transmisión y el motor son específicos para cada tipo. Además, el depósito de combustible es específico del autobús convencional, mientras que la batería es específica del autobús eléctrico. Por una parte, el motor convencional pesa casi el doble que el eléctrico, y, por la otra, el autobús convencional no necesita las baterías del autobús eléctrico. Sin embargo, el autobús convencional contiene una batería de vehículo estándar, que es notoriamente más ligera que una batería eléctrica de níquel, manganeso y cobalto (NMC). El autobús convencional también necesita un depósito de combustible, mientras que el autobús eléctrico no.

**Cuadro 24**  
Diferencias en las necesidades de materias primas de los autobuses eléctricos y convencionales  
(Peso en kilogramos)

Grupo	Autobús convencional	Autobús eléctrico	Delta (en valores absolutos)
Carrocería	5 600,0	5 600,0	0
Cabina	1 727,5	1 727,5	0
Componentes electrónicos	1 656,6	1 656,6	0
Motor	1 113,0	584,1	528,9
Tren de transmisión	2 303,4	1 589,6	713,8
Depósito de combustible	135,0	0,0	135
Batería	59,7 <sup>a</sup>	2 522,4	2 462,7
Total general	12 595,2	13 680,2	1 085,0

Fuente: Elaboración propia.

<sup>a</sup> La batería incluida en un autobús convencional no se definió como un grupo, aunque su peso contribuye al peso total del autobús como producto elaborado final. Sin embargo, la proporción de su peso con respecto al peso total es insignificante.

Al examinar las diez principales diferencias absolutas en cuanto a las necesidades de materias primas (véase el cuadro 25), hay que tener en cuenta que no todas las partes elaboradas se han desagregado. Sin embargo, dado que ambos tipos de autobuses se desagregaron en gran medida y de forma similar, y que tres de sus grupos son idénticos, la comparación parece adecuada.

**Cuadro 25**  
**Principales diferencias en las necesidades de materias primas de los autobuses eléctricos y convencionales**  
*(Peso en kilogramos)*

Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA), 2017	Descripción del SA	Autobús convencional	Autobús eléctrico	Delta (en valores absolutos)
260111	Minerales de hierro y sus concentrados, excepto las piratas de hierro tostadas (cenizas de piratas)	8 289,6	7 491,4	798,2
260600	Minerales de aluminio y sus concentrados	555,8	1 016,2	460,5
260300	Minerales de cobre y sus concentrados	466,5	856,4	389,9
250410	Grafito natural: En polvo o en escamas	0,0	281,6	281,6
282520	Óxido e hidróxido de litio	0,0	246,4	246,4
260200	Minerales de manganeso y sus concentrados, incluidos los minerales de manganeso ferruginosos y sus concentrados con un contenido de manganeso superior o igual al 20 % en peso, sobre producto seco	0,0	222,9	222,9
260400	Minerales de níquel y sus concentrados	0,0	222,9	222,9
260500	Minerales de cobalto y sus concentrados	0,0	222,9	222,9
390410	Poli (cloruro de vinilo) sin mezclar con otras sustancias	337,0	407,4	70,4
280530	Metales de las tierras raras, escandio e itrio, incluso mezclados o aleados entre sí	8,7	45,9	37,2

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Diario Oficial de la República de Chile, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016.

La mayor diferencia en cuanto a las necesidades de materias primas radica en la mayor necesidad de hierro del autobús convencional, lo que se debe, en gran medida, a que el motor y el tren de transmisión de este tipo de autobuses son relativamente más pesados. El autobús eléctrico, en cambio, necesita más aluminio debido, sobre todo, al uso de este elemento en las baterías. Asimismo, las mayores necesidades de cobre, grafito, litio, manganeso, níquel y cobalto del autobús eléctrico pueden atribuirse, en gran parte, a la producción de baterías. Por último, los metales de las tierras raras escandio e itrio son necesarios para producir motores de autobuses eléctricos. Como las diferencias en los motores de los dos tipos de autobuses se acumulan, en el recuadro 5 se detalla este análisis a nivel de producto.

**Recuadro 5**  
**Comparación entre motores diésel y eléctricos**

A continuación se compara el nivel de los productos elaborados y semielaborados necesarios para fabricar un motor para un autobús eléctrico (véase el cuadro 1) y para un autobús convencional (véase el cuadro 2). Cabe destacar el número significativamente menor de productos utilizados para el motor eléctrico, que está hecho principalmente de alambres de cobre, aunque también contiene imanes, que necesitan metales raros. Esto se traduce en una complejidad tecnológica mucho menor a la hora de fabricar el autobús eléctrico y en un menor costo de mantenimiento, dos factores que podrían representar una oportunidad para la producción en América Latina y el Caribe. Sin embargo, hay otras cuestiones relevantes que es necesario tener en cuenta a la hora de utilizar un autobús eléctrico, como los servicios asociados a su utilización. Por ejemplo, el autobús eléctrico necesita un sistema de gestión de la batería que sirva de comunicador entre la batería y el motor. Este sistema transmite los datos necesarios sobre los parámetros de la batería al controlador del motor, lo que permite optimizar los recursos (EV reporter, 2020).

**Cuadro 1**  
**Insumos para motores de autobuses eléctricos a nivel del vector de productos elaborados y semielaborados**  
*(Peso en kilogramos)*

Vector	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Descripción del SA	Peso
Piezas elaboradas	850133	Los demás motores de corriente continua; generadores de corriente continua: De potencia superior a 75 kW pero inferior o igual a 375 kW	584,1
Piezas semielaboradas	730890	Construcciones y sus partes (por ejemplo: puentes y sus partes, compuertas de esclusas, torres, castilletes, pilares, columnas, armazones para techumbre, techados, puertas y ventanas y sus marcos, contramarcos y umbrales, cortinas de cierre, barandillas), de fundición, hierro o acero, excepto las construcciones prefabricadas de la partida 94.06; chapas, barras, perfiles, tubos y similares, de fundición, hierro o acero, preparados para la construcción. Los demás	112,1
Piezas semielaboradas	740919	Chapas y tiras, de cobre, de espesor superior a 0,15 mm. De cobre refinado: Las demás	5,9
Piezas semielaboradas	760611	Chapas y tiras, de aluminio, de espesor superior a 0,2 mm. Cuadradas o rectangulares: De aluminio sin alear	82,6
Piezas semielaboradas	848210	Rodamientos de bolas	11,8
Piezas semielaboradas	850511	Imanes permanentes y artículos destinados a ser imantados permanentemente: De metal	118
Piezas semielaboradas	854411	Alambre para bobinar: De cobre	253,7

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 2**  
**Insumos para motores de autobuses convencionales a nivel del vector de productos elaborados y semielaborados**  
*(Peso en kilogramos)*

Vector	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Descripción del SA	Peso
Piezas elaboradas	381512	Catalizadores sobre soporte: Con metal precioso o sus compuestos como sustancia activa	171,3
Piezas elaboradas	840820	Motores de los tipos utilizados para la propulsión de vehículos del Capítulo 87	604,5
Piezas elaboradas	851130	Distribuidores; bobinas de encendido	6,5
Piezas elaboradas	851140	Motores de arranque, aunque funcionen también como generadores	19,5
Piezas elaboradas	870891	Radiadores y sus partes	150,0
Piezas elaboradas	870892	Silenciadores y tubos (caños) de escape; sus partes	161,3
Piezas semielaboradas	401033	Correas de transmisión sin fin, estriadas, de sección trapezoidal, de circunferencia exterior superior a 180 cm	6,5
Piezas semielaboradas	401699	Las demás manufacturas de caucho vulcanizado sin endurecer. De caucho celular: Las demás	13,0
Piezas semielaboradas	730300	Tubos y perfiles huecos, de fundición	212,7
Piezas semielaboradas	730890	Construcciones y sus partes (por ejemplo: puentes y sus partes, compuertas de esclusas, torres, castilletes, pilares, columnas, armazones para techumbre, techados, puertas y ventanas y sus marcos, contramarcos y umbrales, cortinas de cierre, barandillas), de fundición, hierro o acero, excepto las construcciones prefabricadas de la partida 94.06; chapas, barras, perfiles, tubos y similares, de fundición, hierro o acero, preparados para la construcción. Los demás	512,8

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Diario Oficial de la República de Chile, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016.

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de EVreporter, "Why is a battery management system needed in electric vehicles?", 14 de mayo de 2020 [en línea] [https://evreporter.com/battery-management-system-for-electric-vehicles/#:~:text=The%20BMS%20is%20responsible%20for%20communicating%20with%20other,and%20control%20the%20charging%20of%20the%20battery%20pack](https://evreporter.com/battery-management-system-for-electric-vehicles/#:~:text=The%20BMS%20is%20responsible%20for%20communicating%20with%20other,and%20control%20the%20charging%20of%20the%20battery%20pack;); Lanéva Boats, "Comparison: electrical engine vs internal combustion engine", Mónaco [en línea] <https://www.laneva-boats.com/en/comparison-electrical-engine-vs-internal-combustion-engine/>; Suntec, "Electric vs. combustion engine: what are the differences?", Phoenix, 3 de julio de 2018 [en línea] <http://www.suntecautoglass.com/blog/2018/07/03/electric-vs-combustion-engine-what-are-the-differences.html>.

## V. Posibilidades de reconversión y reciclaje

La reconversión de los vehículos diésel convencionales constituye otra posibilidad para acelerar la electromovilidad y adoptar el transporte sostenible de forma rápida y a bajo costo. La reconversión tiene varias ventajas, especialmente porque representa una forma relativamente rentable de obtener un autobús de propulsión eléctrica (los nuevos autobuses eléctricos suelen ser bastante más caros que los convencionales). Además, la adquisición de experiencia en reconversión y la posible producción local de algunas de las piezas necesarias para ello podría preparar a los países para ingresar al mercado de la producción de autobuses completamente eléctricos (Samaniego, s. f.). Otra ventaja crucial de la reconversión es que los propietarios pueden disponer de autobuses eléctricos que se adapten a sus necesidades específicas en términos de autonomía (Samaniego, s. f.). En el cuadro 26 se resumen las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de la reconversión en el contexto de los autobuses.

**Cuadro 26**  
**Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) de la reconversión de autobuses**

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresarios motivados e informados sobre el sector</li> <li>• Producto con excelentes atributos (económicos, sociales, medioambientales) y relación costo-beneficio, sin competencia a nivel nacional y regional</li> <li>• Buena relación de trabajo previa de los empresarios con universidades e institutos tecnológicos locales e internacionales que pueden estar interesados en apoyar el proyecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de personal con experiencia en la reconversión de vehículos a nivel local</li> <li>• Industria nueva, sin referencias ni experiencia local previa</li> <li>• Producto tecnológico nuevo que debe superar la correspondiente "curva de adopción" en un mercado objetivo conservador (operadores de autobuses)</li> </ul>
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercado potencial a nivel nacional y regional</li> <li>• Importante potencial de generación de conocimiento y encadenamiento productivo</li> <li>• Importante potencial de generación de empleo</li> <li>• Plataforma para el desarrollo de nuevas industrias basadas en el conocimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción acelerada del costo de los autobuses eléctricos importados</li> <li>• Aumento del precio de los componentes necesarios para la reconversión</li> <li>• Rendimiento insuficiente de los componentes seleccionados para la reconversión</li> </ul>

Fuente: L. Samaniego, "Conversión de buses diésel a eléctricos", Quito, Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación [en línea] <http://www.bancodeideas.gob.ec/proyecto/view?data=aWQgMTEzOTY%63D>.

La idea central de la reconversión es transformar un autobús convencional en uno eléctrico sustituyendo únicamente las piezas necesarias del vehículo. Aunque los autobuses eléctricos emplean una tecnología más nueva y compleja, su configuración es más modular. Por lo tanto, es más fácil hacer adaptaciones de la capacidad o el tamaño; por ejemplo, cambiando el tipo de motor o el número de baterías (Samaniego, s. f.). La metodología presentada en este documento identifica las piezas necesarias para la reconversión de los autobuses convencionales.

## A. Reconversión para autobuses eléctricos

Las piezas que hay que retirar del autobús convencional son básicamente el tren de transmisión, el motor, la caja de cambios y el eje motor (Pepper Motion, 2022). En su lugar, se instalarán ejes y motores eléctricos, así como el sistema de baterías (nuevamente, se presupone la utilización de una batería NMC). Los módulos de baterías se instalan en el techo del autobús y en el lugar que antes ocupaba el motor diésel. Además, se deben sustituir algunos componentes auxiliares, como el aire acondicionado y los compresores de aire, por componentes eléctricos. El conductor también necesita contar con una pantalla adicional para poder ver el estado del vehículo y el nivel de carga de la batería (Pepper Motion, 2022).

En el cuadro 27 se presentan los productos necesarios para la reconversión de un autobús convencional a nivel del vector de piezas elaboradas.

Cuadro 27

### Cambios de insumos elaborados para la reconversión

Grupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Descripción del SA	Peso (en kilogramos)	Acción necesaria
Motor	850133	Los demás motores de corriente continua; generadores de corriente continua: De potencia superior a 75 kW pero inferior o igual a 375 kW	584,1	Instalar
Tren de transmisión	870850	Ejes con diferencial, incluso provistos con otros órganos de transmisión, y ejes portadores; sus partes	630,0	Instalar
Componentes electrónicos	853120	Tableros indicadores con dispositivos de cristal líquido (LCD) o diodos emisores de luz (LED), incorporados	7,4	Instalar
Depósito de combustible	730900	Depósitos, cisternas, cubas y recipientes similares para cualquier materia (excepto gas comprimido o licuado), de fundición, hierro o acero, de capacidad superior a 300 l, sin dispositivos mecánicos ni térmicos, incluso con revestimiento interior o calorífugo	62,1	Retirar
Motor	870892	Silenciadores y tubos (caños) de escape; sus partes	161,0	Retirar
Motor	870891	Radiadores y sus partes	150,0	Retirar
Motor	851140	Motores de arranque, aunque funcionen también como generadores	20,0	Retirar
Motor	851130	Distribuidores; bobinas de encendido	7,0	Retirar
Motor	840820	Motores de los tipos utilizados para la propulsión de vehículos del Capítulo 87	605,0	Retirar
Motor	381512	Catalizadores sobre soporte: Con metal precioso o sus compuestos como sustancia activa	171,0	Retirar
Tren de transmisión	870850	Ejes con diferencial, incluso provistos con otros órganos de transmisión, y ejes portadores; sus partes	973,0	Retirar
Tren de transmisión	870840	Cajas de cambio y sus partes	317,0	Retirar

Grupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Descripción del SA	Peso (en kilogramos)	Acción necesaria
Componentes electrónicos	841520	De los tipos utilizados en vehículos automóviles para sus ocupantes	177,3	Sustituir
Tren de transmisión	841490	Bombas de aire o de vacío, compresores de aire u otros gases y ventiladores; campanas aspirantes para extracción o reciclado, con ventilador incorporado, incluso con filtro. Partes	36,0	Sustituir
Batería	Sin código	Partes de la batería: Sin descripción	630,0	Instalar
Batería	Sin código	Partes de la batería: Otras piezas de los componentes electrónicos	56,0	Instalar
Batería	Sin código	Sistema de refrigeración de la batería	70,0	Instalar
Batería	850690	Pilas y baterías de pilas, eléctricas: Partes	-	Instalar
Batería	850650	Pilas y baterías de pilas, eléctricas: De litio	1 742,4	Instalar
Batería	850433	Los demás transformadores: De potencia superior a 16 kVA pero inferior o igual a 500 kVA	24,0	Instalar

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Diario Oficial de la República de Chile, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016.

## B. Trolebuses

Otra opción de reconversión consiste en instalar un pantógrafo en el techo del autobús para que pueda cargarse durante su utilización. Esta es una opción para reducir la cantidad de módulos de batería sin tener que reducir la autonomía del autobús. En el cuadro 28 se enumeran los insumos necesarios para producir un pantógrafo. Es importante señalar que el funcionamiento del pantógrafo necesita una infraestructura adecuada.

**Cuadro 28**  
**Insumos para producir un pantógrafo**  
(Peso en kilogramos)

Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Descripción del SA	Peso
730890	Construcciones y sus partes (por ejemplo: puentes y sus partes, compuertas de esclusas, torres, castilletes, pilares, columnas, armazones para techumbre, techados, puertas y ventanas y sus marcos, contramarcos y umbrales, cortinas de cierre, barandillas), de fundición, hierro o acero, excepto las construcciones prefabricadas de la partida 94.06; chapas, barras, perfiles, tubos y similares, de fundición, hierro o acero, preparados para la construcción. Los demás	29,75
732090	Muelles (resortes), ballestas y sus hojas, de hierro o acero. Los demás	5,1
380190	Grafito artificial; grafito coloidal o semicoloidal; preparaciones a base de grafito u otros carbonos, en pasta, bloques, plaquitas u otras semimanufacturas. Las demás	1,7
391739	Los demás tubos: Los demás	11,9
401699	Las demás manufacturas de caucho vulcanizado sin endurecer. De caucho celular: Las demás	5,1
740811	Alambre de cobre. De cobre refinado: Con la mayor dimensión de la sección transversal superior a 6 mm	5,95
731210	Cables	3,4
850132	Los demás motores de corriente continua; generadores de corriente continua: De potencia superior a 750 W pero inferior o igual a 75 kW	4,25
850433	Los demás transformadores: De potencia superior a 16 kVA pero inferior o igual a 500 kVA	17,85

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Diario Oficial de la República de Chile, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016.



## VI. Oportunidades y limitaciones de la metodología propuesta

La metodología presentada en este documento tiene varias ventajas. En primer lugar, es reproducible. El vector puede utilizarse para analizar los flujos comerciales de cualquier país que los registre en el SA. El análisis de los flujos comerciales nos da una idea de la capacidad productiva de un país. Además, resulta muy útil para determinar cuáles son los principales actores de la escena económica internacional en lo que respecta a las partes y piezas que necesita la industria.

La definición de diferentes grupos ofrece cierta flexibilidad a la metodología: permite cambiar los supuestos y, por lo tanto, se pueden intercambiar algunos grupos o insumos. Por ejemplo, el tipo de batería podría cambiarse a una batería de litio, hierro y fosfato, para lo que sería necesaria la definición de sus insumos y el intercambio de estos grupos. Del mismo modo, la estrategia de reconversión de los autobuses convencionales puede incluirse en esta metodología identificando los grupos del autobús convencional que deben sustituirse por partes y piezas del autobús eléctrico.

La metodología presentada también puede vincularse a otras metodologías o servir de base para ellas. En primer lugar, los códigos del SA se pueden agrupar en sectores económicos sobre la base de una metodología desarrollada previamente por la CEPAL y aplicada en el contexto de matrices de insumo-producto. Por lo tanto, la metodología propuesta en este documento puede vincularse a la metodología de insumo-producto que analiza las interrelaciones comerciales entre países. Además, sobre la base de la metodología de insumo-producto, se puede estimar la participación de las mujeres en la mano de obra de las exportaciones a nivel de sectores económicos. Por ejemplo, se puede estimar la proporción de mujeres en el total de la mano de obra exportadora del sector automotor. En tercer lugar, los códigos pueden vincularse a la información arancelaria, lo que permite analizar el grado de protección en diferentes países a nivel de los productos. Por último, la estructura de costos de los dos tipos de autobuses puede estimarse a partir de los precios actuales de las materias primas y de los pesos estimados de los insumos.

La metodología propuesta también tiene algunas limitaciones. En primer lugar, debido a la falta de datos, hubo que estimar el peso de algunos de los insumos. Las estimaciones pueden ser inexactas, aun cuando estén hechas por expertos. En este sentido, el peso total del autobús eléctrico se sobreestimó en unos 300 kilogramos, lo que, no obstante, solo representa un 2% del peso total del autobús.

Una segunda limitación es que no existe ninguna base en la literatura para la asignación de productos a los distintos niveles del vector (piezas elaboradas y semielaboradas, y materias primas). Por lo tanto, para lograr la desagregación de los diferentes insumos en esos tres vectores fue necesario realizar simplificaciones y, especialmente, asignar productos en virtud de las estimaciones de los investigadores. Esto significa que para los diferentes productos se representa una cadena de valor de básicamente solo tres etapas, con lo que no se consideran varios pasos del procesamiento. En el caso de la batería, se han identificado las diferentes etapas de procesamiento de las principales materias primas (litio, cobalto, níquel, manganeso y grafito).

Otro punto importante que se debe tener en cuenta es que el código del SA para el chasis no se incluye directamente en los vectores, ya que la forma en que el chasis se presenta en el SA (870600 "Chasis de vehículos automóviles de las partidas 87.01 a 87.05, equipados con su motor") no es compatible con las definiciones de los grupos que se utilizan. Aunque todos los componentes del chasis están incluidos en diferentes grupos, el código del chasis se incluyó en el vector de piezas de uso general.

Otra limitación está relacionada con las simplificaciones que conlleva el proceso de desagregación. Por ejemplo, los diferentes códigos del SA para el caucho se desagregaron de la misma manera, aunque los productos de caucho presentan leves diferencias entre sí. Por lo tanto, contienen las mismas materias primas aunque los productos finales sean diferentes. Esta simplificación fue necesaria para hacer frente a la complejidad y la cantidad de productos que había que desagregar. Aun así, sigue siendo una limitación importante de este trabajo.

A su vez, la inclusión de solo tres vectores, lo que implica tres niveles de desagregación, también conlleva ciertas limitaciones. Algunos productos pueden asignarse a más de un vector, por lo que en ciertos casos ha sido difícil asignarlos solo a uno. Por ejemplo, el cloruro de vinilo (código 390410) se asignó al vector de materias primas, aunque clasificarlo en el vector de piezas semielaboradas también parece razonable.

También hay que tener en cuenta que solo una parte, y no la totalidad, del comercio de insumos acaba formando parte de la producción de autobuses. Por ejemplo, la proporción de embragues comercializados que entra en la industria de los autobuses será mayor que la de acero comercializado, ya que este último producto tiene múltiples usos en diversas industrias. Para superar esta limitación, se puede introducir un factor de ponderación que estime la proporción de un producto comercializado que se destina a la producción de autobuses eléctricos o convencionales.

## VII. Estructura de costos de un autobús eléctrico frente a un autobús diésel convencional

El objetivo de la estimación de precios realizada es relacionar los diferentes insumos con sus respectivos precios para estimar la estructura de costos del autobús eléctrico. Con esto se busca identificar, en primer lugar, cuáles son los insumos más costosos y, en segundo término, dónde se puede encontrar altos niveles de valor agregado a nivel de producto o de grupo.

El autobús de referencia, un Mercedes-Benz eCitaro, tiene un costo total de compra de 740.000 dólares (Knote, Haufe y Saroch, 2017). Por lo tanto, los costos de los insumos deberían ser significativamente inferiores a esta cifra, ya que en este análisis no se tienen en cuenta otros costos, como el capital y la mano de obra.

Para obtener el precio medio ponderado de importación (por kilogramo y por unidad), se recogieron los datos de importación pertinentes relativos a 2019 de los siguientes países: Canadá, Chequia, China, Emiratos Árabes Unidos, España, Estados Unidos, Hungría, Japón, Polonia y Türkiye. Se hizo hincapié en estos países porque, en conjunto, representaban el 79% de las exportaciones mundiales de autobuses eléctricos en 2019. El precio ponderado por kilogramo se calculó dividiendo el valor de importación total de cada insumo por su respectivo peso de importación total. Aplicando el mismo método, se calculó el precio ponderado por unidad de todos los insumos de los que se disponía de información sobre la cantidad unitaria. No se incluyeron los datos de los países que no declaran el peso o la cantidad de importación.

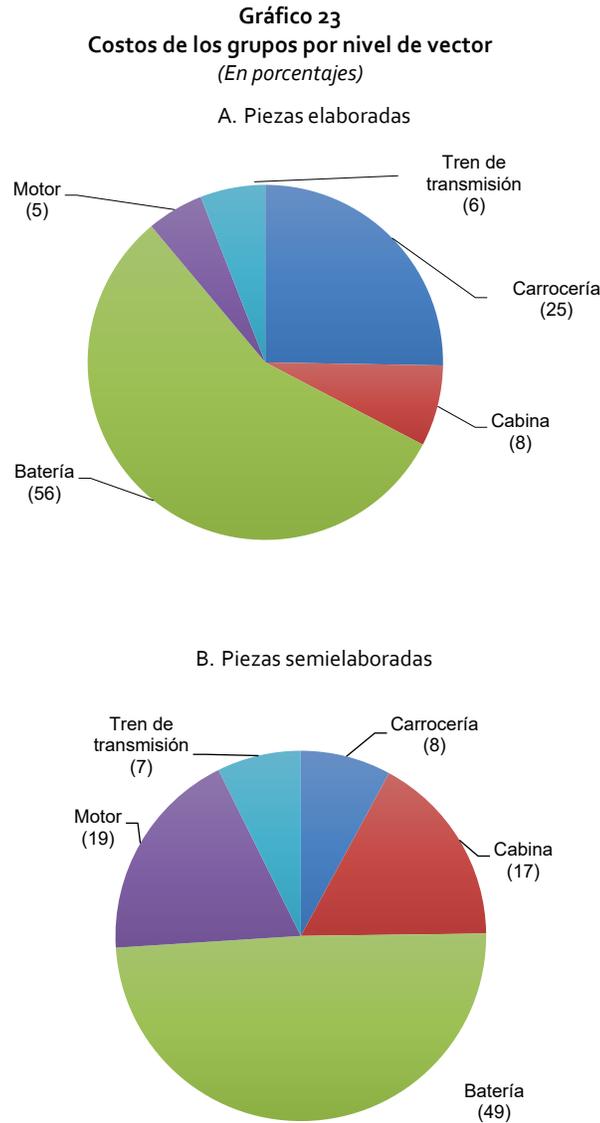
Además, en los casos en los que no hay un código del SA específico asignado a un insumo, el costo agregado de ese insumo se obtendrá a partir del nivel de vector anterior (es decir, el costo que falta para un insumo elaborado se obtendrá a partir de su costo agregado en el nivel semielaborado). En los casos en que no hay un peso específico asignado a un insumo, el costo del insumo no se puede calcular<sup>11</sup>.

---

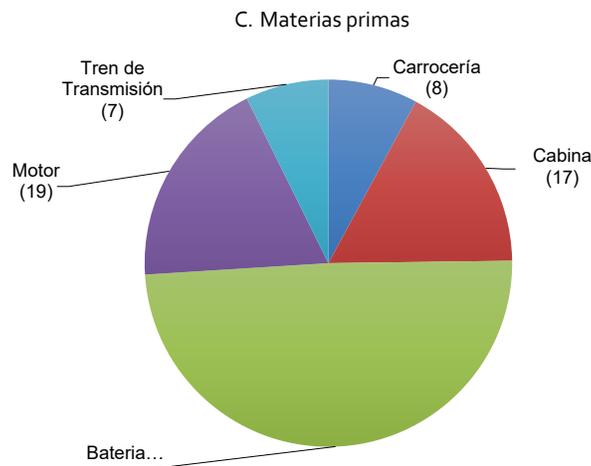
<sup>11</sup> En la sección de piezas elaboradas no se asignan pesos específicos a algunos insumos debido a su alta complejidad. Estos insumos son: celdas y baterías (850690), altavoces (851829), micrófonos (851810), mecanismos de señalización (853180 y 853110) y sistemas de suspensión (870880).

Por último, el precio del grupo para cada nivel de vector se calcula sumando los costos de todos los insumos de cada grupo.

En el gráfico 23 se muestra la proporción detallada de costos de cada grupo por nivel de vector. Para simplificar, se eliminó del gráfico el grupo de componentes electrónicos debido a su mayor proporción de insumos sin niveles de desagregación. Como se puede observar, el grupo de la batería siempre constituye la mayor proporción de costos del grupo, con un 56%, un 49% y un 31% para los vectores de piezas elaboradas, semielaboradas y materias primas, respectivamente<sup>12</sup>. Además de la batería, la carrocería también se presenta como una parte importante de los costos totales de fabricación de un autobús eléctrico en el vector de piezas elaboradas y semielaboradas.



<sup>12</sup> No se incluye el grupo de componentes electrónicos.



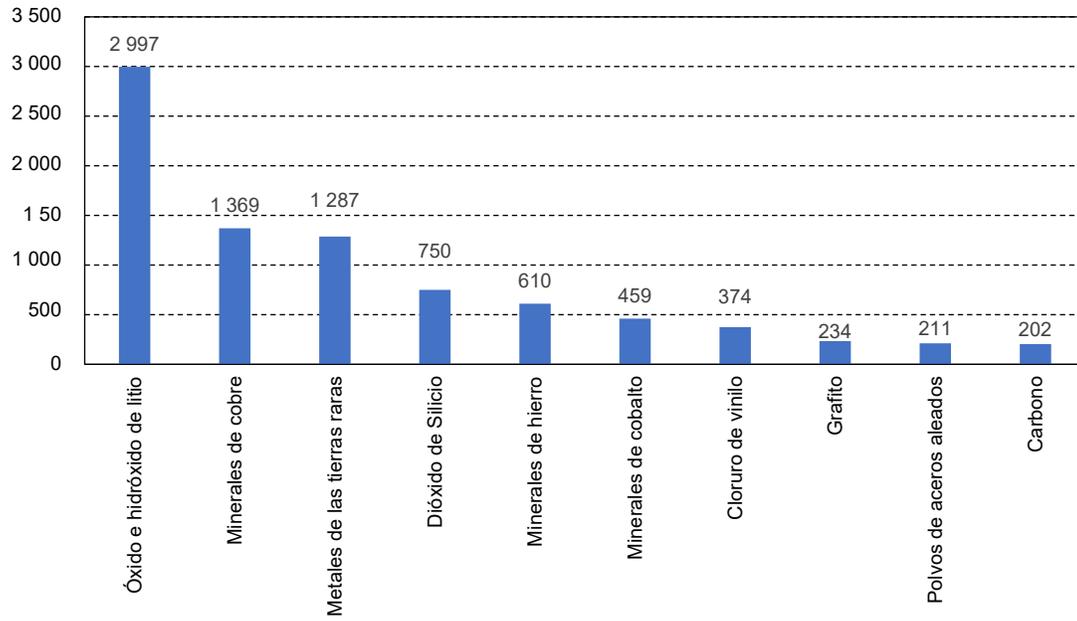
Fuente: Elaboración propia.

Nota: El grupo de componentes electrónicos no se incluyó en este gráfico porque no se ha desagregado completamente en sus partes semielaboradas y materias primas para representar adecuadamente su proporción de costos.

Con el objetivo de analizar los principales componentes del costo del vector de materias primas para un autobús eléctrico, en el gráfico 24 se muestran los diez principales insumos de materias primas por los costos correspondientes. El óxido y el hidróxido de litio, los minerales de cobre y los metales de las tierras raras (escandio, itrio y otros) se presentan como los componentes de las materias primas más costosos del vector. El litio, por ejemplo, equivale al 32% del costo total de las materias primas. El precio del litio aumentó a un nivel asombroso a partir de mayo de 2022 hasta llegar casi a sextuplicar su precio de 2019<sup>13</sup>. Con una participación tan grande, la tendencia al alza del precio del litio hará que la construcción de un autobús eléctrico tenga importantes costos adicionales. Esto pone de manifiesto cómo la actual fluctuación de los precios de los insumos, concretamente del litio, puede obstaculizar el crecimiento de la industria de los autobuses eléctricos en el futuro.

<sup>13</sup> Si se compara el precio promedio ponderado de importación por kilo de 12,16 dólares para el litio en 2019 con el precio al contado actual del litio de 70 dólares (Trading Economics, 2022).

**Gráfico 24**  
**Materias primas: diez insumos más importantes por costo**  
(En dólares)



Fuente: Elaboración propia.

## VIII. Ponderación de los factores para estimar el comercio de insumos

Se calcularon los factores de conversión de todos los insumos necesarios para producir un autobús eléctrico. El objetivo del factor de conversión es captar la parte del comercio mundial de un determinado insumo que se destina a la producción de autobuses eléctricos. Por ejemplo, un factor de conversión de 1,88 para las carrocerías de vehículos significa que el 1,88% de las exportaciones mundiales de este insumo se destinan a la producción de autobuses eléctricos. Los factores de conversión se calcularon a nivel de producto utilizando la edición del SA de 2017 y se basan en la metodología ya presentada. Se calcularon para todos los insumos para los que se estimaron las ponderaciones necesarias.

A continuación se presentan dos medidas para estimar el factor de conversión: el factor de conversión intraindustrial (que incluye productos principalmente del sector de vehículos, subsección 87 de la quinta revisión del SA) y el factor de conversión para los componentes que también pertenecen a otras industrias. La razón de esta distinción es que los componentes del sector de vehículos (por ejemplo, los motores y los cinturones de seguridad) se utilizan únicamente para la producción de vehículos, mientras que otros componentes —como los minerales de hierro, necesarios para fabricar la carrocería de los vehículos— se utilizan también en otras industrias (construcción y aeronáutica, entre otras). Dado que la metodología debe captar adecuadamente las cantidades comercializadas que se destinan a la producción de autobuses eléctricos y convencionales, se sugieren dos enfoques distintos. En ambos enfoques se utilizó el año 2019 como referencia.

Los productos que pertenecen al grupo de piezas de uso general no se incluyeron en el análisis, ya que no se les ha asignado un peso porque se contabilizan indirectamente en insumos más grandes (por ejemplo, las válvulas de un motor). Sin embargo, se hicieron excepciones para los productos con una participación considerable en los flujos comerciales mundiales. Para estos productos, el factor de conversión se estimó sobre la base del aplicado a los productos de la misma categoría.

## A. Factor de conversión I: intraindustrial

En primer lugar, se enumeraron todos los productos identificados que pertenecen al capítulo 87 del SA. Como segundo paso, se revisó cada producto para determinar si solo se utiliza para la producción de autobuses eléctricos o si también se necesita para los autobuses convencionales. A continuación, en el tercer paso, se seleccionaron todos los productos necesarios de otros capítulos del SA que se utilizan exclusivamente en la producción de vehículos automóviles. Como estos productos no encuentran aplicaciones en otras industrias, se les asigna el mismo factor de conversión que a los productos pertenecientes al capítulo 87 (véase el cuadro 29).

**Cuadro 29**  
**Productos con un factor de conversión intraindustrial de 1,88**

Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Descripción del SA
401120	Neumáticos (llantas neumáticas) nuevos de caucho. De los tipos utilizados en autobuses o camiones
700910	Espejos retrovisores para vehículos
830120	Cerraduras de los tipos utilizados en vehículos automóviles
851240	Limpiaparabrisas y eliminadores de escarcha o vaho
854370	Las demás máquinas y aparatos
870790	Carrocerías de vehículos automóviles de las partidas 87.01 a 87.05, incluidas las cabinas. Las demás
870810	Parachoques (paragolpes, defensas) y sus partes
870821	Cinturones de seguridad
870830	Frenos y servofrenos, y sus partes
870850	Ejes con diferencial, incluso provistos con otros órganos de transmisión, y ejes portadores; sus partes
870870	Ruedas, sus partes y accesorios
870894	Volantes, columnas y cajas de dirección; sus partes
870895	Bolsas inflables de seguridad con sistema de inflado (airbag); sus partes
940120	Asientos de los tipos utilizados en vehículos automóviles
940190	Asientos (excepto los de la partida 94.02), incluso los transformables en cama, y sus partes. Partes

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de *Diario Oficial de la República de Chile*, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016.

En el siguiente paso, se calculó la cuota de exportación de los autobuses eléctricos sobre el total de vehículos para estimar el factor de conversión intraindustrial, que refleja la proporción de los componentes que se destinan a la producción de autobuses eléctricos.

$$fd_{\text{intraindustrial}} = \frac{X_k^{\text{ebus}}}{\sum XT_k} \quad (1)$$

La ecuación 1 muestra ese cálculo:  $XT_k$  representa el valor de las exportaciones de todos los vehículos del capítulo 87 (tractores, automóviles y autobuses) y  $X_k^{\text{ebus}}$  representa el valor de las exportaciones de autobuses eléctricos. El factor de conversión intraindustrial estimado fue de 1,88. Esto significa que, por ejemplo, el 1,88% de todos los cinturones de seguridad comercializados se utilizan en la producción de autobuses eléctricos en todo el mundo.

## B. Factor de conversión II: interindustrial

En el caso de los insumos que también son necesarios para otras industrias además de la automotriz, se elaboró un factor de conversión interindustrial. En resumen, el factor de conversión interindustrial se basa en la producción mundial de autobuses y sus necesidades de recursos a nivel de producto. Además, estima la parte del comercio de cada producto que se destina a la producción de autobuses eléctricos.

Para calcular el factor de conversión interindustrial primero fue necesario estimar la producción mundial de autobuses. Para ello, se recopilaron y revisaron las bases de datos disponibles públicamente, así como otras fuentes. El año base fue 2019 y, en caso de que faltara información, se utilizó el último año disponible. En el caso de algunas economías —Australia, Taiwán (Provincia China de) y Viet Nam—, no fue posible encontrar información. El total de autobuses producidos por los países con información disponible fue de 829.296 unidades (véase el cuadro 30). Es importante mencionar que esta cifra incluye a los autobuses de transporte público y los autocares, y no discrimina entre autobuses convencionales, eléctricos o de otro tipo. Para estimar la proporción de autobuses eléctricos, se utilizó un procedimiento similar al mencionado anteriormente, que consistió en recabar información sobre la producción de unidades de autobuses eléctricos en el grupo de países que presentan dicha información. Siguiendo este procedimiento, se ha estimado una producción mundial de 80.813 autobuses eléctricos.

**Cuadro 30**  
Cantidad de vehículos producidos por tipo, 2019 o último año disponible

Tipo	Unidades	Porcentajes
Vehículos	91 786 861	100
Autobuses	829 296	0,9
Autobuses eléctricos	80 813	0,1

Fuente: Organización Internacional de Fabricantes de Vehículos Motorizados (OICA), "World motor vehicle production by country and type", París, 2019 [en línea] <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.oica.net%2Fwp-content%2Fuploads%2FBuses-and-Coaches-2019.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK>; Asociación de Fabricantes Europeos de Automóviles (ACEA), "EU commercial vehicle production", Bruselas, 1 de abril de 2022 [en línea] <https://www.acea.auto/figure/eu-commercial-vehicle-production/>; Helgi Analytics, "Production of buses in Canada", Praga, 2021 [en línea] <https://www.helgilibrary.com/indicators/production-of-buses/canada/>; Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), "Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Pesados", Aguascalientes, 2022 [en línea] [https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavp/#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavp/#Datos_abiertos); Oficina de Estadísticas de Transporte, "Annual U.S. motor vehicle production and domestic sales", Washington, D.C., 2021 [en línea] <https://www.bts.gov/content/annual-us-motor-vehicle-production-and-factory-wholesale-sales-thousands-units>; Asociación de Fábricas de Automotores (ADEFA), "Producción nacional de automotores: producción por tipo de vehículo", Anuario 2019, Buenos Aires, 2019 [en línea] <http://www.adefa.org.ar/upload/anuarios/anuario2019/4.pdf>; M. Placek, "Production of buses in Brazil from 2010 to 2021", Hamburgo, Statista, 2022 [en línea] <https://www.statista.com/statistics/787357/buses-production-units-brazil/>; Statista Research Department, "Number of buses produced in Italy from 2010 to 2018", Nueva York, 2022 [en línea] <https://www.statista.com/statistics/656427/number-of-buses-produced-in-italy/>; C. Textor, "Production of motorized Omnibuses in China between 2010 and 2020", Hamburgo, Statista, 2022 [en línea] <https://www.statista.com/statistics/234007/production-of-omnibuses-in-china/>; D. Gorka, "Production volume of buses in Japan from 2011 to 2020", Hamburgo, Statista, 2021 [en línea] <https://www.statista.com/statistics/675295/japan-bus-production/>; S. Sun, "Volume of bus and coach production across India from 2009 to 2020", Hamburgo, Statista, 2021 [en línea] <https://www.statista.com/statistics/606597/production-volume-bus-coach-india/>; J. Seob, "Volume of buses manufactured in South Korea from 2013 to 2017", Hamburgo, Statista, 2020 [en línea] [text=In%202017%2C%20the%20bus%20production%20volume%20in%20South,Korea%20from%202013%20to%202017%20%28in%20thousand%20units%29](https://www.statista.com/statistics/827432/south-korea-bus-production-volume/#:~:text=In%202017%2C%20the%20bus%20production%20volume%20in%20South,Korea%20from%202013%20to%202017%20%28in%20thousand%20units%29;); H. Manakitsomboon, "Production volume of buses in Thailand from 2019 to 1st quarter 2022", Hamburgo, Statista, 2022 [en línea] <https://www.statista.com/statistics/1123699/thailand-bus-production-volume/>; Portafolio, "Marcopolo amplía y reubica su planta de carrocerías en Bogotá", Bogotá, 2006 [en línea] <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/marcopolo-amplia-reubica-planta-carrocerias-bogota-198106>.

Para calcular la necesidad total de insumos para cada producto, se multiplicó el número total de autobuses eléctricos por el peso (en kilogramos) necesario por autobús. De este modo, se pudo calcular la demanda global de insumos para producir autobuses eléctricos. Además, se obtuvieron todos los datos comerciales de UN Comtrade para 2019. Una vez que se dispuso del peso total necesario para la producción global de autobuses eléctricos y también del valor y el peso global de las importaciones de todos los insumos necesarios, se aplicaron tres métodos diferentes para llegar al factor de conversión final de cada insumo:

- i) Factor de conversión del valor (por kilogramo): el primer factor de conversión se calcula utilizando la proporción del valor total de las importaciones de cada insumo que se destina a la producción global de autobuses eléctricos a partir del valor global de las importaciones de ese insumo específico. Posteriormente, para obtener el valor total de las importaciones que se destinan a la producción de autobuses eléctricos, se multiplicó el peso total acumulado de cada insumo (el peso del insumo requerido por autobús multiplicado por el número total de autobuses eléctricos) por el precio medio ponderado de importación por kilogramo de ese insumo.
- ii) Factor de conversión del valor (por unidad): el segundo factor de conversión es muy similar al primero, salvo que se utilizó el precio ponderado por unidad en lugar del precio ponderado por kilogramo para llegar al valor total de importación que se destina a la producción de autobuses eléctricos para cada insumo específico. Al igual que en la primera conversión, para obtener el valor total de las importaciones que se destinan a la producción de autobuses eléctricos, se multiplicó la unidad total acumulada de cada insumo (la unidad del insumo requerida por autobús multiplicada por el número total de autobuses eléctricos) por el precio medio ponderado de importación por unidad de ese insumo. El método de conversión se utilizó para algunos insumos específicos que consideramos apropiados.
- iii) Factor de conversión del peso: el tercer factor de conversión se calcula utilizando la proporción del peso total de cada insumo que se destina a la producción global de autobuses eléctricos a partir del peso global de las importaciones de ese insumo específico. Para obtener el peso total que se destina a la producción de autobuses eléctricos, se multiplicó el peso requerido (por autobús eléctrico) para cada insumo por el número total de los autobuses eléctricos producidos.

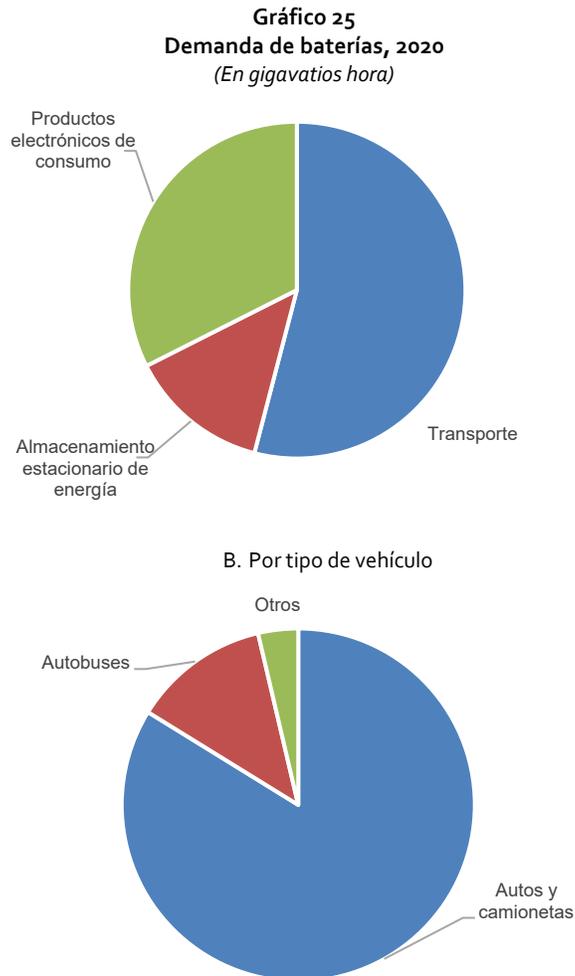
En los datos de importaciones mundiales, faltaba información sobre el peso, la unidad o el valor de determinados insumos. Por lo tanto, fue necesario realizar varios ajustes para llegar a los factores de conversión interindustriales definitivos. En aras de la coherencia, el punto de partida fue el factor de conversión del valor (por kilogramo) y, a continuación, las cifras se ajustaron convenientemente tras la investigación interna y externa de cada insumo específico. Los ajustes incluyeron: i) la utilización del factor de conversión del peso o el factor de conversión de valor (por unidad) (o una combinación de ambos) cuando se consideró apropiado, como cuando el precio de importación ponderado (por kilogramo) presenta una gran variabilidad entre países, y ii) el uso de las sugerencias de consultores o expertos cuando existía una variabilidad significativamente alta entre los factores de conversión derivados. Así se obtiene el factor de conversión interindustrial para cada insumo.

### **1. Insumos seleccionados**

Para determinados insumos, el factor de conversión se tomó directamente de publicaciones académicas o se obtuvo de forma manual. A continuación, se explica brevemente la derivación de los factores de conversión para las baterías, el cobre, el hierro y los semiconductores.

El factor de conversión de la batería se obtuvo de forma manual porque el código de producto del SA incluye una amplia gama de tipos de baterías. En el subgráfico 25.A se muestran las aplicaciones de

las baterías en las grandes industrias, mientras que en el subgráfico 25.B se presenta la demanda de baterías por tipo de vehículo. El sector del transporte utiliza el 54% de las baterías del mundo y el sector de los autobuses consume el 13% de las baterías de la industria automovilística. Por tanto, el factor de conversión estimado es igual al 7% ( $0,54 * 0,13$ ).



Fuente: M. Placek, "Projected global battery demand from 2020 to 2030, by application", Hamburgo, Statista, 2021 [en línea] <https://www.statista.com/statistics/1103218/global-battery-demand-forecast/>; Agencia Internacional de Energía (AIE), "Electric vehicles", París, 2021 [en línea] <https://www.iea.org/reports/electric-vehicles>.

En el cuadro 31 se muestran las aplicaciones del cobre, el hierro y el acero, y los semiconductores por industria. A partir de la proporción de cada producto que necesita el sector de los equipos de transporte, el factor de conversión se calcula multiplicándolo por la proporción de autobuses eléctricos entre el total de vehículos (igual a 0,1) (véase el cuadro 31). El factor de conversión de cada producto se aplica a otros productos que contienen esos insumos (por ejemplo, el factor de conversión del hierro se utiliza para los minerales de hierro y para las estructuras de hierro, entre otros).

**Cuadro 31**  
**Aplicaciones industriales del cobre, el hierro y el acero, y los semiconductores**  
*(En porcentajes)*

Industria	Cobre	Hierro y acero	Semiconductores
Construcción e infraestructura	43	50	23
Maquinaria y equipo <sup>a</sup>	7	27	12
Equipo de transporte	20	18	10
Componentes electrónicos	20	3	46
Bienes de consumo	10	2	10
Total	100	100	100
Factor de conversión calculado	1,76	1,58	0,86

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Geology.com, "Uses of copper: copper uses, resources, supply, demand and production information", 2022 [en línea] <https://geology.com/usgs/uses-of-copper/>; R. Fernández, "Tamaño del mercado de semiconductores a nivel mundial en 2019 y 2024, por destino de uso", Hamburgo, Statista, 2021 [en línea] <https://es.statista.com/estadisticas/1270887/tamano-global-del-mercado-de-semiconductores-segun-destino/>; Statista Research Department, "Distribution of steel end-usage worldwide in 2019, by sector", Nueva York, 2022 [en línea] <https://www.statista.com/statistics/1107721/steel-usage-global-segment/>; Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), "Perspectives on steel by steel-using industries", París, 2010 [en línea] <https://www.oecd.org/sti/ind/45145459.pdf>; Wisconsin Metal Tech, "Frequently asked questions about steel", 2019 [en línea] <https://wisconsinmetaltch.com/frequently-asked-questions-about-steel/>.

<sup>a</sup> Incluye los productos metálicos.

## 2. Limitaciones

El enfoque descrito anteriormente tiene algunas limitaciones. En primer lugar, es difícil estimar con precisión la producción mundial de autobuses de transporte público. En segundo término, los precios se basan en estimaciones cuando hay discrepancias en el peso, la unidad o el valor de las importaciones notificadas. En tercer lugar, el enfoque supone que todos los insumos utilizados en la producción de autobuses se comercializan y, por consiguiente, no tiene en cuenta los insumos producidos a nivel local. Por lo tanto, el factor de conversión derivado podría sobrestimar los flujos comerciales de algunos productos (por ejemplo, el acero). Por otra parte, también podría subestimar los flujos comerciales de productos que tienen una alta concentración de producción, como las baterías (que se producen principalmente en Asia). Otro punto que cabe considerar es el desperdicio de material durante la producción, que no se tiene en cuenta en la estimación. Por tanto, es probable que se destinen mayores cantidades de materias primas a la producción de autobuses, lo que implica una subestimación del factor de conversión de estos insumos.

## Bibliografía

- 3D Molier International (s.f.), "Estructura de la carrocería del autobús modelo 3D" [en línea] <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/coach-bus-body-frame-3d-1596837>.
- A. & C. Brinkmann OHG (2021), "Händler-Netto-Preisliste" [en línea] <https://brinkmann-technik.de/katalog>.
- ACEA (Asociación de Fabricantes Europeos de Automóviles) (2022), "EU commercial vehicle production", Bruselas, 1 de abril [en línea] <https://www.acea.auto/figure/eu-commercial-vehicle-production/>.
- ADEFA (Asociación de Fábricas de Automotores) (2019), "Producción nacional de automotores: producción por tipo de vehículo", *Anuario 2019*, Buenos Aires [en línea] <http://www.adefa.org.ar/upload/anuarios/anuario2019/4.pdf>.
- Adjei, E., O. Gajigo y E. Mutambatsere (2011), "Manganese industry analysis: implication for project finance", *Working Paper*, Nº 132, Abidjan, Grupo del Banco Africano de Desarrollo [en línea] <https://www.afdb.org/ar/documents/document/working-paper-132-manganese-industry-analysis-implications-for-project-finance-24162>.
- AIE (Agencia Internacional de Energía) (2021), "Electric vehicles", París [en línea] <https://www.iea.org/reports/electric-vehicles>.
- Alcober, X. (2021), "El reciclaje de baterías de litio: una opción de inversión", *El País*, Madrid, 13 de noviembre [en línea] [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/11/12/opinion/1636713268\\_988917.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/11/12/opinion/1636713268_988917.html).
- AKASOL (2021), *AKASYSTEM 15 OEM 50 PRC*, Darmstadt.
- \_\_\_\_\_ (2018), "AKASOL liefert batteriesysteme für elektrischen citaro von EvoBus", Darmstadt, 9 de abril [en línea] <https://www.akasol.com/de/news-akasol-evobus-ecitaro>.
- Autodevot (2018), "Mercedes Benz eCitaro debuts with 150km range", Bengaluru, 11 de julio [en línea] <https://www.autodevot.com/2018/07/mercedes-benz-ecitaro-debuts-150-km-range/>.
- Brusa Seating (2021), "City intercity" [en línea] [http://www.brusaseating.eu/de/produkt/create-60/#product\\_brochure](http://www.brusaseating.eu/de/produkt/create-60/#product_brochure).
- Britannica (2022a), "Commercial Glass Composition" [en línea] <https://www.britannica.com/technology/glass#ref283824>.
- \_\_\_\_\_ (2022b), "Manganese" [en línea] <https://www.britannica.com/science/manganese>.
- C3T (Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial) (2016), *Parque móvil de los servicios públicos de transporte de pasajeros por ómnibus en la Argentina*, Avellaneda.

- Castro, G. (2008), *Materiales y compuestos para la industria del neumático*, Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires [en línea] [https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material\\_Complementario/Materiales\\_y\\_Compuestos\\_para\\_la\\_Industria\\_del\\_Neumatico.pdf](https://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Materiales_y_Compuestos_para_la_Industria_del_Neumatico.pdf).
- Centro de Transporte y Medio Ambiente (s.f.), "Life cycle cost overview for different transit technologies" [en línea] <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/images/Life%20Cycle%20Cost%20Overview%20for%20Different%20Transit%20Technologies.pdf>.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2022a), "Webinario Midiendo la Electromovilidad en el Comercio Internacional: El Caso de los Buses Eléctricos", Santiago [en línea] <https://www.cepal.org/es/eventos/webinario-midiendo-la-electromovilidad-comercio-internacional-caso-buses-electricos>.
- \_\_\_\_\_ (2022b), "Webinario: 'Diálogo público-privado sobre electromovilidad, América Latina y Asia'", Santiago [en línea] <https://www.cepal.org/es/eventos/webinario-dialogo-publico-privado-electromovilidad-america-latina-asia>.
- Chen, D. (2022), "BYD reached a 50% market share in LFP batteries, surpassing CATL in April", Beijing, CarNewsChina, 16 de mayo [en línea] <https://carnewschina.com/2022/05/16/byd-reached-a-50-market-share-in-lfp-batteries-surpassing-catl-in-april/>.
- Departamento de Recursos Naturales de Iowa (s.f.), "Anatomy of a tire", Des Moines [en línea] <https://p2infohouse.org/ref/11/10504/html/intro/tire.htm>.
- Deutsche Rohstoffagentur (2021), "Batterierohstoffe für die Elektromobilität", *Themenheft*, Berlín.
- E-Bus Radar (2021), "Open data as of 30/06/2021" [en línea] [https://www.ebusradar.org/wp-content/uploads/2021/07/EBR\\_Open\\_Data\\_202107\\_Final.pdf](https://www.ebusradar.org/wp-content/uploads/2021/07/EBR_Open_Data_202107_Final.pdf).
- E-engine (2021), "Donnerstag Magazin: Bjørn Nyland im eCitaro mit Solid State-Batterie. Projekt ELEMENT bringt Ladelösungen für Wohnkomplexe. Renault MORPHOZ und Renault 5 Prototype räumen Preise ab", Múnich, 30 de septiembre [en línea] <https://e-engine.de/donnerstag-magazin-bjorn-nyland-im-ecitaro-mit-solid-state-batterie-projekt-element-bringt-ladeloesungen-fuer-wohkomplexe-renaul-morphoz-und-renault-5-prototype-raeumen-preise-ab/>.
- E-Magnets UK (s.f.), "How magnets are made", Hertfordshire [en línea] <https://e-magnetsuk.com/introduction-to-neodymium-magnets/how-neodymium-magnets-are-made/>.
- Emilsson, E. y L. Dahllöf (2019), *Lithium-Ion vehicle battery production: Status 2019 on Energy Use, CO2 Emissions, Use of Metals, Products Environmental Footprint, and Recycling*, Estocolmo, IVL Swedish Environmental Research Institute.
- EVreporter (2020), "Why is a battery management system needed in electric vehicles?", 14 de mayo [en línea] <https://evreporter.com/battery-management-system-for-electric-vehicles/#:~:text=The%20BMS%20is%20responsible%20for%20communicating%20with%20other,and%20control%20the%20charging%20of%20the%20battery%20pack>.
- Fácil Electro (2018), "Baterías de iones de litio" [en línea] <https://www.facilelectro.es/baterias-de-litio/>.
- Fernández, R. (2021), "Tamaño del mercado de semiconductores a nivel mundial en 2019 y 2024, por destino de uso", Hamburgo, Statista [en línea] <https://es.statista.com/estadisticas/1270887/tamano-global-del-mercado-de-semiconductores-segun-destino/>.
- Forster, O. (2019), "Technik. Fahrbericht Mercedes-Benz eCitaro: Ausfahrt auf leisen Sohlen", *Busmagazin*, Bonn, Kirschbaum Verlag.
- Geology.com (2022), "Uses of copper: copper uses, resources, supply, demand and production information" [en línea] <https://geology.com/usgs/uses-of-copper/>.
- Glodeanu, F. (2016), "Does anybody explain colloidal graphite? And how to create?", Berlín, 30 de junio [en línea] [https://www.researchgate.net/post/Does\\_anybody\\_explain\\_Colloidal\\_graphite\\_and\\_how\\_to\\_create](https://www.researchgate.net/post/Does_anybody_explain_Colloidal_graphite_and_how_to_create).
- Goergler, J. (2014), "Mercedes-Benz Citaro (Euro 6)", *Busmagazin*, Bonn, Kirschbaum Verlag.
- González, M. (2003), "Componentes Involucrados en la formulación de caucho", Coahuilo, Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA) [en línea] <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/6744-Componentes-involucrados-en-la-formulacion-de-caucho.html>.
- Gorka, D. (2021), "Production volume of buses in Japan from 2011 to 2020", Hamburgo, Statista [en línea] <https://www.statista.com/statistics/675295/japan-bus-production/>.
- Grossl, A. y otros (2015), "Portal Axle AVE 130 for electric urban buses", *ATZ Worldwide*, vol. 117, Berlín, Springer.

- Helgi Analytics (2021), "Production of buses in Canada", Praga [en línea] <https://www.helgilibrary.com/indicators/production-of-buses/canada/>.
- IAA Mobility (2020), "The new generation of car batteries", Munich, 23 de noviembre.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2022), "Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Pesados", Aguascalientes [en línea] [https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavp/#Datos\\_abiertos](https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavp/#Datos_abiertos).
- Infinitia Industrial Consulting (2021), "Materiales plásticos: tipos, composición y usos", Zaragoza, 14 de mayo [en línea] <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/materiales-plasticos-tipos-composicion-usos/#:~:text=El20plC3A1stico20es20un20material,de20vinilo20y20el20estireno>.
- Knote, T., B. Haufe y L. Saroch (2017), E-Bus-Standard: Ansätze zur Standardisierung und Zielkosten für Elektrobusse, Dresden, Fraunhofer Institute for Transportation, and Infrastructure Systems (IVI) [en línea] [https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/2018-04/Abschlussbericht\\_E-Bus-Standard.pdf](https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/2018-04/Abschlussbericht_E-Bus-Standard.pdf).
- Lanéva Boats (s.f.), "Comparison: electrical engine vs internal combustion engine", Mónaco [en línea] <https://www.laneva-boats.com/en/comparison-electrical-engine-vs-internal-combustion-engine/>.
- LaRocca, G. (2020), "Global value chains: lithium in lithium-ion batteries for electric vehicles", *Office of Industries Working Paper*, N° ID-069, Washington, D.C., Comisión de Comercio Internacional de los Estados Unidos (USITC).
- Li, Q. y otros (2016), "Progress in electrolytes for rechargeable Li-based batteries and beyond", *Green Energy & Environment*, vol. 1, N° 1, Beijing, KeAi Publishing.
- Manakitsomboon, H. (2022), "Production volume of buses in Thailand from 2019 to 1st quarter 2022", Hamburgo, Statista [en línea] <https://www.statista.com/statistics/1123699/thailand-bus-production-volume/>.
- Matthews, D. (2020), "Global value chains: cobalt in lithium-ion batteries for electric vehicles", Washington, D.C., Comisión de Comercio Internacional de los Estados Unidos (USITC).
- Mercedes-Benz (2019a), "The strategy for the battery", Stuttgart [en línea] [https://www.mercedes-benz-bus.com/en\\_SG/brand/omnibus-magazin/ecitaro-battery-technology.html](https://www.mercedes-benz-bus.com/en_SG/brand/omnibus-magazin/ecitaro-battery-technology.html).
- \_\_\_\_\_ (2019b), "The Citaro", Stuttgart [en línea] [https://www.mercedes-benz-bus.com/en\\_GB/models/citaro.html](https://www.mercedes-benz-bus.com/en_GB/models/citaro.html).
- \_\_\_\_\_ (2019c), "The new eCitaro: technical information", Stuttgart [en línea] [https://www.buildersbuses.net/public/en\\_TI\\_eCitaro\\_2019.pdf](https://www.buildersbuses.net/public/en_TI_eCitaro_2019.pdf).
- \_\_\_\_\_ (2018), "Der eCitaro: technische information", Stuttgart [en línea] [https://www.mercedes-benz-bus.com/de\\_DE/buy/services-online/download-technical-brochures.html#content/headline\\_840766654\\_c](https://www.mercedes-benz-bus.com/de_DE/buy/services-online/download-technical-brochures.html#content/headline_840766654_c).
- Ministerio de Energía (s.f.), "Buses eléctricos en Argentina" [en línea] <https://energia.gob.cl/electromovilidad/transporte-de-pasajeros/buses-electricos-en-argentina>.
- OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) (2010), "Perspectives on steel by steel-using industries", París [en línea] <https://www.oecd.org/sti/ind/45145459.pdf>.
- Oficina de Estadísticas de Transporte (2021), "Annual U.S. motor vehicle production and domestic sales", Washington, D.C. [en línea] <https://www.bts.gov/content/annual-us-motor-vehicle-production-and-factory-wholesale-sales-thousands-units>.
- OICA (Organización Internacional de Fabricantes de Vehículos Motorizados) (2019), "World motor vehicle production by country and type", París [en línea] <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.oica.net%2Fwp-content%2Fuploads%2FBuses-and-Coaches-2019.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK>.
- Olivetti, E. y otros (2017), "Lithium-Ion battery supply chain considerations: analysis of potential bottlenecks in critical metals", *Joule*, vol. 1, N° 2, Ámsterdam, Elsevier.
- OMA (Organización Mundial de Aduanas) (2020a), "Table II: correlating the 2017 version to the 2022 version of the Harmonized System" [en línea] [http://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/nomenclature/instruments-and-tools/hs-nomenclature-2022/table-ii\\_en.pdf?la=en](http://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/nomenclature/instruments-and-tools/hs-nomenclature-2022/table-ii_en.pdf?la=en).
- \_\_\_\_\_ (2020b), Table I: correlating the 2022 version to the 2017 version of the Harmonized System" [en línea] [http://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/nomenclature/instruments-and-tools/hs-nomenclature-2022/table-i\\_en.pdf?la=en](http://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/nomenclature/instruments-and-tools/hs-nomenclature-2022/table-i_en.pdf?la=en).
- \_\_\_\_\_ (2017), "HS Nomenclature 2017 edition" [en línea] <http://www.wcoomd.org/en/topics/nomenclature/instrument-and-tools/hs-nomenclature-2017-edition/hs-nomenclature-2017-edition.aspx>.

- \_\_\_\_\_ (2016), "Introduction of Harmonized System 2017 changes" [en línea] [https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/FE\\_Search/FE\\_S\\_S009-DP.aspx?language=E&CatalogueIdList=230338,228433,228168,228136,228067,228088,228062,228054,227997,228006&CurrentCatalogueIdIndex=4&FullTextHash=&HasEnglishRecord=True&HasFrenchRecord=True&HasSpanishRecord=True](https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/FE_Search/FE_S_S009-DP.aspx?language=E&CatalogueIdList=230338,228433,228168,228136,228067,228088,228062,228054,227997,228006&CurrentCatalogueIdIndex=4&FullTextHash=&HasEnglishRecord=True&HasFrenchRecord=True&HasSpanishRecord=True).
- OMS (Organización Mundial de la Salud) (2022), "WHO ambient air quality database: 2022 update. Status report" [en línea] <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/air-pollution-documents/air-quality-and-health/who-air-quality-database-2022-v7.pdf>.
- Páez, E. (2018), "Estadísticas de transporte y vialidad", Caracas, Academia Nacional de la Ingeniería y el Habitat [en línea] [http://acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/Foro\\_Pavimento/Estadisticas\\_de\\_Transporte\\_y\\_Vialidad.R5.pdf](http://acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/Foro_Pavimento/Estadisticas_de_Transporte_y_Vialidad.R5.pdf).
- Pepper Motion (2022), "Retrofitting used commercial vehicles" [en línea] <https://www.peppermotion.com/en/products-solutions/retrofitting/>.
- Placek, M. (2022), "Production of buses in Brazil from 2010 to 2021", Hamburgo, Statista [en línea] <https://www.statista.com/statistics/787357/buses-production-units-brazil/>.
- \_\_\_\_\_ (2021), "Projected global battery demand from 2020 to 2030, by application", Hamburgo, Statista [en línea] <https://www.statista.com/statistics/1103218/global-battery-demand-forecast/>.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2021), *Movilidad eléctrica: avances en América Latina y el Caribe, 4ta edición*, Ciudad de Panamá.
- Portafolio (2006), "Marcopolo amplía y reubica su planta de carrocerías en Bogotá", Bogotá [en línea] <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/marcopolo-amplia-reubica-planta-carrocerias-bogota-198106>.
- Research Interfaces (2018), "What do we know about next-generation NMC 811 cathode?", Montreal, 27 de febrero [en línea] <https://researchinterfaces.com/know-next-generation-nmc-811-cathode/>.
- Ritoe, A., I. Patrahaú y M. Rademaker (2022), "Graphite: supply chain challenges & recommendations for a critical mineral", La Haya, Centro de Estudios Estratégicos de La Haya [en línea] <https://hcss.nl/wp-content/uploads/2022/03/Graphite-HCSS-2022.pdf>.
- Robert Bosch GmbH (2021), *Automatisiert und effizient in die Zukunft*, Stuttgart.
- Samaniego, L. (s.f.), "Conversión de buses diésel a eléctricos", Quito, Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación [en línea] <http://www.bancodeideas.gob.ec/proyecto/view?data=aWQ9MTEzOTY%3D>.
- Samaniego, J. y otros (2022), "Panorama de las actualizaciones de las contribuciones determinadas a nivel nacional de cara a la COP 26", *Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/190)*, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Seob, J. (2020), "Volume of buses manufactured in South Korea from 2013 to 2017", Hamburgo, Statista [en línea] <https://www.statista.com/statistics/827432/south-korea-bus-production-volume/#:~:text=In%202017%2C%20the%20bus%20production%20volume%20in%20South,Korea%20from%202013%20to%202017%20%28in%20thousand%20units%29>.
- Shepard, P. (2018), "AKASOL to develop gen.2 Li-ion for Daimler buses", Penns Park, EE Power, 17 de julio [en línea] <https://eepower.com/news/akasol-to-develop-gen-2-li-ion-for-daimler-buses/>.
- Statista Research Department (2022a), "Distribution of steel end-usage worldwide in 2019, by sector", Nueva York [en línea] <https://www.statista.com/statistics/1107721/steel-usage-global-segment/>.
- \_\_\_\_\_ (2022b), "Number of buses produced in Italy from 2010 to 2018", Nueva York [en línea] <https://www.statista.com/statistics/656427/number-of-buses-produced-in-italy/>.
- Sun, S. (2021), "Volume of bus and coach production across India from 2009 to 2020", Hamburgo, Statista [en línea] <https://www.statista.com/statistics/606597/production-volume-bus-coach-india/>.
- Suntec (2018), "Electric vs. combustion engine: what are the differences?", Phoenix, 3 de julio [en línea] <http://www.suntecautoglass.com/blog/2018/07/03/electric-vs-combustion-engine-what-are-the-differences.html>.
- Sustainable Bus (2020), "Mercedes eCitaro, Daimler Buses puts the battery on its best seller. Story of the electric bus", Milán, 27 de marzo [en línea] <https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/mercedes-ecitaro/>.

- Textor, C. (2022), "Production of motorized Omnibuses in China between 2010 and 2020", Hamburgo, Statista [en línea] <https://www.statista.com/statistics/234007/production-of-omnibuses-in-china/>.
- Thoma, F. (2020), "E-Bus with Central Drive. Coming soon!", Friedrichshafen, ZF Group [en línea] [https://www.zf.com/mobile/en/stories\\_27392.html](https://www.zf.com/mobile/en/stories_27392.html).
- Trading Economics (2022), "Lithium" [en línea] <https://tradingeconomics.com/commodity/lithium>.
- Tschakert, W. (2013), "Den würde ich sofort nehmen", *Bus-Fahrt*, Krefeld, Stünings, noviembre [en línea] [https://busfahrt.com/images/stories/testberichte/citaro\\_euro6\\_1113.pdf](https://busfahrt.com/images/stories/testberichte/citaro_euro6_1113.pdf).
- UNLP (Universidad Nacional de La Plata) (s.f.), "Clase 8: Soldadura. Tipos de acero según su composición de carbono", La Plata [en línea] <https://unlp.edu.ar/frontend/media/73/27873/03be3424af308bf57bee6ac2aa169171.pdf>.
- Vezzini, A. (2014), "15 - Lithium-Ion Battery Management", *Lithium-Ion Batteries: Advances and Applications*, G. Pistoia (ed.), Ámsterdam, Elsevier.
- Weimer, L., T. Braun y A. vom Hemdt (2019), "Design of a systematic value chain for lithium-ion batteries from the raw material perspective", *Resources Policy*, vol. 64, Ámsterdam, Elsevier.
- Weyhe, R. y X. Yang (2018), "Investigation about lithium-ion battery market evolution and future potential of secondary raw material from recycling", Krefeld, Accurec Recycling [en línea] [https://accurec.de/wp-content/uploads/2018/04/0-2Market-Research\\_YXF\\_3.o.pdf](https://accurec.de/wp-content/uploads/2018/04/0-2Market-Research_YXF_3.o.pdf).
- Wisconsin Metal Tech (2019), "Frequently asked questions about steel" [en línea] <https://wisconsinmetaltch.com/frequently-asked-questions-about-steel/>.
- World Population Review (2022), "Car production by country 2022", Walnut [en línea] <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/car-production-by-country>.
- Yoshino, A. (2012), "The birth of the lithium-ion battery", *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 51, N° 24, Hoboken, Wiley.
- ZF Group (2022a), "ZF AVE 130", Friedrichshafen [en línea] [https://press.zf.com/press/en/media/media\\_1507.html](https://press.zf.com/press/en/media/media_1507.html).
- \_\_\_\_\_ (2022b), "Independent front suspension RL 82 EC: the benchmark in comfort and safety", Friedrichshafen [en línea] [https://www.zf.com/products/en/cv/products\\_65813.html](https://www.zf.com/products/en/cv/products_65813.html).
- \_\_\_\_\_ (2021a), "Electric mobility in size XL", Friedrichshafen [en línea] [https://www.zf.com/products/en/stories\\_13121.html](https://www.zf.com/products/en/stories_13121.html).
- \_\_\_\_\_ (2021b), "AxTrax AVE – electric portal axle: zero emission driving through the city", Friedrichshafen [en línea] [https://www.zf.com/products/en/cv/products\\_64202.html](https://www.zf.com/products/en/cv/products_64202.html).
- \_\_\_\_\_ (2021c), "Independent front suspension RL 82 EC", Friedrichshafen [en línea] [https://www.zf.com/products/en/cv/products\\_65813.html](https://www.zf.com/products/en/cv/products_65813.html).
- \_\_\_\_\_ (2020), "Product overview: axle & transmission systems for buses & coaches", Friedrichshafen [en línea] [https://www.zf.com/master/media/products\\_1/commercial\\_vehicles/footer\\_1/brochures\\_trucks\\_buses/2020\\_3/TU\\_Product\\_Overview\\_202012\\_DE\\_EN\\_LowRes.pdf](https://www.zf.com/master/media/products_1/commercial_vehicles/footer_1/brochures_trucks_buses/2020_3/TU_Product_Overview_202012_DE_EN_LowRes.pdf).



## Anexos

## Anexo 1

### Desagregación de los principales insumos en materias primas

**Cuadro A1.1**  
**Densidad de algunos rellenos en cauchos**  
*(En gramos por cm<sup>3</sup> y porcentajes)*

Clase del componente identificado por González (2003)	Componente identificado por González (2003)	Código del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Descripción del SA de 2017	Densidad identificada por González (2003) (en cm <sup>3</sup> )	Fracción del componente (en porcentajes)
Rellenos, minerales y fibras	Silicato de aluminio	281810	Corindón artificial, aunque no sea de constitución química definida	2,1	1,9
	Carbonato de amonio	282710	Cloruro de amonio	1,59	1,4
	Sulfuro de antimonio	282580	Óxidos de antimonio	3,3	3,0
	Trióxido de antimonio	261710	Minerales de antimonio y sus concentrados	5,4	4,9
	Asbestos	252490	Amianto (asbesto). Los demás	2,7	2,4
	Sulfato de bario (baritas)	283327	Sulfatos de sodio: De bario	4,5	4,1
	Sulfuro de cadmio	810720	Cadmio en bruto; polvo	4,4	4,0
	Óxido de calcio (cal)	251010	Fosfatos de calcio naturales, fosfatos aluminocálcicos naturales y cretas fosfatadas. Sin moler	2,2	2,0
	Silicato de calcio	251010	Fosfatos de calcio naturales, fosfatos aluminocálcicos naturales y cretas fosfatadas. Sin moler	2,1	1,9
	Negro de humo		No se pudo encontrar un código SA	1,81	1,6
	Caolín de China	250700	Caolín y demás arcillas caolínicas, incluso calcinados	2,5	2,3
	Óxido de cromo	281990	Óxidos e hidróxidos de cromo. Los demás	5,21	4,7
	Fibra de algodón	520512	Hilados sencillos de fibras sin peinar: De título inferior a 714,29 decitex pero superior o igual a 232,56 decitex (superior al número métrico 14 pero inferior o igual al número métrico 43)	1,05	1,0

Clase del componente identificado por González (2003)	Componente identificado por González (2003)	Código del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Descripción del SA de 2017	Densidad identificada por González (2003) (en cm <sup>3</sup> )	Fracción del componente (en porcentajes)
Rellenos, minerales y fibras	Adhesivo		No se pudo encontrar un código SA	1,27	1,2
	Grafito	250410	Grafito natural: En polvo o en escamas	2,25	2,0
	Óxido de hierro (rojo)	282110	Óxidos e hidróxidos de hierro	5,14	4,7
	Carbonato de magnesio	252020	Yeso fraguable	2,21	2,0
	Óxido de magnesio	281610	Hidróxido y peróxido de magnesio	3,6	3,3
	Mica		No se pudo encontrar un código SA	2,95	3,0
	Piedra de pómez	251310	Piedra pómez	2,35	2,1
	Silica	250300	Azufre de cualquier clase, excepto el sublimado, el precipitado y el coloidal	1,95	1,8
	Azufre	280200	Azufre sublimado o precipitado; azufre coloidal	2,05	1,9
	Dióxido de titanio (anatasa y rutilo)	282300	Óxidos de titanio	8,1	7,3
	Azul ultramarino	293190	Los demás compuestos órgano-inorgánicos. Los demás	2,35	2,1
	Yeso (granulado)	252020	Yeso fraguable	2,7	2,4
	Yeso (precipitado)	252020	Yeso fraguable	2,62	2,4
	Carbonato de zinc	281700	Óxido de cinc; peróxido de cinc	3,3	3,0
	Óxido de zinc	281700	Óxido de cinc; peróxido de cinc	5,57	5,0
	Estearato de zinc	260800	Minerales de cinc y sus concentrados	1,06	1,0
	Cromato de plomo	260700	Minerales de plomo y sus concentrados	5,7	5,2

Clase del componente identificado por González (2003)	Componente identificado por González (2003)	Código del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Descripción del SA de 2017	Densidad identificada por González (2003) (en cm <sup>3</sup> )	Fracción del componente (en porcentajes)
Componentes orgánicos	Asfalto	680710	Manufacturas de asfalto o de productos similares (por ejemplo: pez de petróleo, brea). En rollos	1,04	0,9
	Cera	340420	Ceras artificiales y ceras preparadas. De poli(oxietileno) (polietilenglicol)	0,92	0,8
	Resina coumarona	391110	Resinas de petróleo, resinas de cumarona, resinas de indeno, resinas de cumarona-indeno y politerpenos	1,11	1,0
	Dibutil Aftalato	291739	Ácidos policarboxílicos aromáticos, sus anhídridos, halogenuros, peróxidos, peroxiácidos y sus derivados: Los demás	1,04	0,9
	Dibutil Sebacato	291713	Ácido azelaico, ácido sebácico, sus sales y sus ésteres	0,94	0,9
	Diocil Aftalato	291739	Ácidos policarboxílicos aromáticos, sus anhídridos, halogenuros, peróxidos, peroxiácidos y sus derivados: Los demás	0,98	0,9
	Facticio		No se pudo encontrar un código SA	1,04	0,9
	Aceite mineral aromático	381190	Preparaciones antidetonantes, inhibidores de oxidación, aditivos peptizantes, mejoradores de viscosidad, anticorrosivos y demás aditivos preparados para aceites minerales (incluida la gasolina) u otros líquidos utilizados para los mismos fines que los aceites minerales. Los demás	1,02	0,9
	Aceite mineral nafténico	381190	Preparaciones antidetonantes, inhibidores de oxidación, aditivos peptizantes, mejoradores de viscosidad, anticorrosivos y demás aditivos preparados para aceites minerales (incluida la gasolina) u otros líquidos utilizados para los mismos fines que los aceites minerales. Los demás	0,93	0,8
	Caucho mineral	400219	Caucho estireno-butadieno (SBR); caucho estireno-butadieno carboxilado (XSBR): Los demás	1,02	0,9
	Cera parafínica	271220	Parafina con un contenido de aceite inferior al 0,75% en peso	0,9	0,8
	Gelatina de petróleo	271210	Vaselina	0,9	0,8
	Resina fenol-formaldehido	390940	Resinas fenólicas	1,27	1,2

Clase del componente identificado por González (2003)	Componente identificado por González (2003)	Código del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Descripción del SA de 2017	Densidad identificada por González (2003) (en cm <sup>3</sup> )	Fracción del componente (en porcentajes)
Componentes orgánicos	Aceite de pino	380590	Esencias de trementina, de madera de pino o de pasta celulósica al sulfato (sulfato de trementina) y demás esencias terpénicas procedentes de la destilación o de otros tratamientos de la madera de oníferas; dipenteno en bruto; esencia de pasta celulósica al bisulfito (bisulfito de trementina) y demás paracimenes en bruto; aceite de pino con alfa-terpineol como componente principal. Los demás	0,93	0,8
	Alquitrán de pino	380700	Alquitranes de madera; aceites de alquitrán de madera; creosota de madera; metileno (nafta de madera); pez vegetal; pez de cervecería y preparaciones similares a base de colofonia, de ácidos resínicos o de pez vegetal	1,08	1,0
	Resina de aceite	391110	Resinas de petróleo, resinas de cumarona, resinas de indeno, resinas de cumarona-indeno y politerpenos	0,99	0,9
Total				107,06	100,0

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de *Diario Oficial de la República de Chile*, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016; M. González, "Componentes Involucrados en la formulación de caucho", Coahuilo, Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA), 2003 [en línea] <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/6744-Componentes-involucrados-en-la-formulacion-de-caucho.html>; Organización Mundial de Aduanas (OMA), *HS Nomenclature 2017 edition, 2017* [en línea] <http://www.wcoomd.org/en/topics/nomenclature/instrument-and-tools/hs-nomenclature-2017-edition/hs-nomenclature-2017-edition.aspx>.

**Cuadro A1.2**  
**Desagregación de otros insumos relevantes**  
*(En kilogramos y porcentajes)*

Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017: código de 6 dígitos	Descripción del producto	Masa de insumo necesaria (en kilogramos)	Fracción de la masa total necesaria (en porcentajes)	Código SA de 2012 (6 a 10 dígitos)	Descripción del producto	Porcentaje del insumo (rango)		Peso (en kilogramos)
700711	Vidrio templado: De dimensiones y formatos que permitan su empleo en automóviles, aeronaves, barcos u otros vehículos	700,82	5,1	281122	Los demás ácidos inorgánicos: Dióxido de silicio	71	73	511,6
				283620	Carbonato de sodio	13	14	98,1
				283650	Carbonato de calcio	7,70	9,20	61,0
				281610	Hidróxido y peróxido de magnesio	2,90	4,0	24,2
				281810	Corindón artificial, aunque no sea de constitución química definida	0,10	1,6	6,0
850511	Imanes permanentes y artículos destinados a ser imantados permanentemente: De metal	68,23	0,5	280530	Metales de las tierras raras, escandio e itrio, incluso mezclados o aleados entre sí	29,0	32,0	20,8
				260111	Minerales de hierro y sus concentrados, excepto las piritas de hierro tostadas (cenizas de piritas): Sin aglomerar	64,20	68,5	45,3
				280450	Boro; telurio	1,0	1,2	0,8
				260600	Minerales de aluminio y sus concentrados	0,2	0,4	0,2
				261590	Minerales de niobio, tantalio, vanadio o circonio, y sus concentrados. Los demás	0,5	1,0	0,5
				280530	Metales de las tierras raras, escandio e itrio, incluso mezclados o aleados entre sí	0,8	1,2	0,7

Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017: código de 6 dígitos	Descripción del producto	Masa de insumo necesaria (en kilogramos)	Fracción de la masa total necesaria (en porcentajes)	Código SA de 2012 (6 a 10 dígitos)	Descripción del producto	Porcentaje del insumo (rango)	Peso (en Kilogramos)
854590	Electrodos y escobillas de carbón, carbón para lámparas o pilas y demás artículos de grafito u otros carbonos, incluso con metal, para usos eléctricos. Los demás	281,6	2,0	250490	Grafito natural. Los demás	100	281,6
392010	Las demás placas, láminas, hojas y tiras, de plástico no celular y sin refuerzo, estratificación ni soporte o combinación similar con otras materias. De polímeros de etileno	70,4	0,5	390410	Poli (cloruro de vinilo) sin mezclar con otras sustancias	17 100	
391729	Tripas artificiales de proteínas endurecidas o de plásticos celulósicos. De los demás plásticos	38,3	0,3	39021000 (3902)	Polipropileno	17 100	
960621	Botones: De plástico, sin forrar con materia textil	18,5	0,1	39021000 (3902)	Polipropileno	17 100	
392590	Artículos para la construcción, de plástico, no expresados ni comprendidos en otra parte. Los demás	7,5	0,1	39021000 (3902)	Polipropileno	17 100	

Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017: código de 6 dígitos	Descripción del producto	Masa de insumo necesaria (en kilogramos)	Fracción de la masa total necesaria (en porcentajes)	Código SA de 2012 (6 a 10 dígitos)	Descripción del producto	Porcentaje del insumo (rango)	Peso (en Kilogramos)
4016991		442,2	3,2	400110	Látex de caucho natural, incluso prevulcanizado	27,0	
		209,1	1,5	400219	Caucho estireno-butadieno (SBR); caucho estireno-butadieno carboxilado (XSBR): Los demás	14,0	
	Las demás manufacturas de caucho vulcanizado sin endurecer.	14,8	0,1	280300	Carbono (negros de humo y otras formas de carbono no expresadas ni comprendidas en otra parte)	28,0	
	Las demás	5,0	0,0	720521	Polvo: De aceros aleados	14,5	
		1,3	0,0		Fibras, suavizantes, oxidantes y antioxidantes, entre otros.	16,5	

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Diario Oficial de la República de Chile, "Modifica Arancel Aduanero Nacional de la República de Chile", 28 de diciembre de 2016.

<sup>1</sup> Los códigos 401693, 401033, 401691 y 400942 se desagregaron de la misma forma que el código 401699.

## Anexo 2

### Vectores de insumos del autobús eléctrico

**Cuadro A2.1**  
**Vector de piezas elaboradas (autobús eléctrico)**  
*(Peso en kilogramos)*

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Desagregación	Peso
Piezas elaboradas	Batería	Partes de la batería: caja	Sin código	Sí	630,0
Piezas elaboradas	Batería	Partes de la batería: Otras piezas de los componentes electrónicos	Sin código	Sí	56,0
Piezas elaboradas	Batería	Sistema de refrigeración de la batería	Sin código	Sí	70,0
Piezas elaboradas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	Sin código	Sí	244,4
Piezas elaboradas	Cabina	Barras de sujeción	Sin código	Sí	119,0
Piezas elaboradas	Cabina	Ventanillas	Sin código	Sí	981,7
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Ruedas	401120	Sí	326,0
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	700910	No	24,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	830120	No	3,7
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	841490	Sí	36,0
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	842410	No	9,8
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	847050	No	19,8
Piezas elaboradas	Batería	Partes de la batería: componentes electrónicos	850433	Sí	24,0
Piezas elaboradas	Batería	Celdas de la batería	850650	Sí	1 742,4
Piezas elaboradas	Batería	Partes de la batería	850690	No	0,0
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	851240	No	0,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	851762	No	7,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	851810	No	0,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	851829	No	0,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	851840	No	12,4
Piezas elaboradas	Carrocería	Armazón	870790	Sí	5 600,0
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	870821	No	17,3
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Piezas de las ruedas	870830	Sí	25,0
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	870850	Sí	482,0
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	870850	Sí	630,0
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Piezas de las ruedas	870870	Sí	25,0
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	870894	Sí	65,6
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	870895	No	3,0
Piezas elaboradas	Cabina	Asientos	940120	Sí	305,4
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	940592	No	17,3
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	960621	No	5,0

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Desagregación	Peso
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: Otras piezas	Sin código	Sí	33,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno: Otras piezas	Sin código	Sí	30,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	Sin código	Sí	479,8
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: luces	Sin código	Sí	46,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	841520	Sí	177,3
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	841950	No	15,1
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	850131	No	30,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores	850431	No	31,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	852190	No	41,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: pantalla	852190	No	200,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	853110	No	0,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	853120	No	7,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	853180	No	0,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	853190	No	7,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	853400	No	28,9
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	853630	No	22,6
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	853649	No	45,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	853650	No	2,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	853650	No	30,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	854231	No	45,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	854233	No	7,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	902519	No	5,1
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	902610	No	4,6
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	902620	No	5,1
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	902910	No	9,9
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	902920	No	7,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	903039	No	9,7
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	903210	No	45,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	903281	No	15,1
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	960622	No	2,5

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Desagregación	Peso
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores: Otras piezas	Sin código	Sí	15,5
Piezas elaboradas	Motor	Motor	850133	Sí	584,1
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores	850433	No	98,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores	850434	No	56,8
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores	850440	No	28,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores	851850	No	28,4

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro A2.2**  
**Vector de piezas semielaboradas (autobús eléctrico)**  
(Peso en kilogramos)

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Desagregación	Peso
Piezas semielaboradas	Batería	Partes de la batería: componentes electrónicos	no code	Sí	24,0
Piezas semielaboradas	Batería	Celdas de la batería	no code	Sí	915,2
Piezas semielaboradas	Batería	Celdas de la batería	392010	Sí	70,4
Piezas semielaboradas	Carrocería	Armazón	401699	Sí	109,0
Piezas semielaboradas	Batería	Partes de la batería: caja	730890	Sí	126,0
Piezas semielaboradas	Batería	Partes de la batería: Otras piezas de los componentes electrónicos	730890	Sí	24,0
Piezas semielaboradas	Batería	Celdas de la batería	730890	Sí	316,8
Piezas semielaboradas	Carrocería	Armazón	730890	Sí	5 287,0
Piezas semielaboradas	Batería	Partes de la batería: Otras piezas de los componentes electrónicos	741999	Sí	1,6
Piezas semielaboradas	Batería	Celdas de la batería	741999	Sí	123,2
Piezas semielaboradas	Carrocería	Armazón	760611	Sí	168,0
Piezas semielaboradas	Batería	Partes de la batería: caja	761699	Sí	504,0
Piezas semielaboradas	Batería	Partes de la batería: Otras piezas de los componentes electrónicos	761699	Sí	23,2
Piezas semielaboradas	Batería	Celdas de la batería	761699	Sí	35,2
Piezas semielaboradas	Batería	Sistema de refrigeración de la batería	840290	Sí	70,0
Piezas semielaboradas	Batería	Partes de la batería: Otras piezas de los componentes electrónicos	854442	No	7,2
Piezas semielaboradas	Batería	Celdas de la batería	854590	Sí	281,6
Piezas semielaboradas	Carrocería	Armazón	870810	Sí	36,0

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Desagregación	Peso
Piezas semielaboradas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	390469	No	19,8
Piezas semielaboradas	Cabina	Asientos	390720	Si	106,1
Piezas semielaboradas	Cabina	Ventanillas	391729	Si	37,1
Piezas semielaboradas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	391810	Si	219,6
Piezas semielaboradas	Cabina	Ventanillas	401033	Si	14,8
Piezas semielaboradas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	401691	Si	5,0
Piezas semielaboradas	Cabina	Ventanillas	401693	Si	120,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	401693	Si	4,8
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	401693	Si	6,3
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	401699	Si	53,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	401699	Si	12,6
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	401699	Si	0,4
Piezas semielaboradas	Cabina	Asientos	521151	No	3,3
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	681381	No	19,3
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	681381	No	12,6
Piezas semielaboradas	Cabina	Ventanillas	700711	Si	700,8
Piezas semielaboradas	Cabina	Ventanillas	700721	Si	35,0
Piezas semielaboradas	Cabina	Asientos	701912	Si	76,5
Piezas semielaboradas	Cabina	Barras de sujeción	730490	Si	119,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	730490	Si	101,2
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	730490	Si	107,1
Piezas semielaboradas	Cabina	Ventanillas	730830	Si	74,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	730890	Si	202,4
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	730890	Si	245,7
Piezas semielaboradas	Cabina	Asientos	732690	Si	90,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	732690	Si	72,3
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	732690	Si	56,7
Piezas semielaboradas	Cabina	Asientos	760611	Si	29,6
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	760611	Si	63,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	848210	Si	19,3
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	848210	Si	31,5
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	848310	Si	9,6
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	848310	Si	37,8
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	848390	Si	56,7

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Desagregación	Peso
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	391729	Sí	1,3
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: Otras piezas	391810	Sí	9,9
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: Otras piezas	392590	Sí	5,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	400942	Sí	1,3
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	401699	Sí	1,3
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ruedas	401699	Sí	233,1
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	730300	Sí	13,3
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	730490	Sí	3,5
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	730490	Sí	8,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	730890	Sí	11,9
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Piezas de las ruedas	730890	Sí	50,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ruedas	730890	Sí	29,0
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: Otras piezas	730890	Sí	14,9
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	731100	Sí	10,1
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ruedas	732090	Sí	60,2
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	732690	Sí	20,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	732690	Sí	9,9
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	761699	Sí	5,3
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	848130	No	0,4
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	848140	No	0,4
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	848180	No	0,9
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	848210	Sí	0,4
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	848210	Sí	2,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ruedas	848210	Sí	3,8
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	848310	Sí	8,6
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	848390	Sí	2,7

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Desagregación	Peso
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores: otras piezas	392590	Sí	2,6
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	400942	Sí	3,8
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	401693	Sí	16,0
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	401699	Sí	18,5
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno: Otras piezas	730890	Sí	18,9
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	730890	Sí	20,0
Piezas semielaboradas	Motor	Motor	730890	Sí	112,1
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	731100	Sí	18,5
Piezas semielaboradas	Motor	Motor	740919	Sí	5,9
Piezas semielaboradas	Motor	Motor	760611	Sí	82,6
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores: otras piezas	761699	Sí	12,9
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	840290	Sí	10,0
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	841430	No	55,0
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno: Otras piezas	841459	No	11,3
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	841459	No	9,2
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	841460	No	18,5
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: Otras piezas	848140	No	3,7
Piezas semielaboradas	Motor	Motor	848210	Sí	11,8
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	850511	Sí	9,2
Piezas semielaboradas	Motor	Motor	850511	Sí	118,0
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	850519	Sí	18,5
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: luces	853910	No	27,7
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	854411	Sí	460,0
Piezas semielaboradas	Motor	Motor	854411	Sí	253,7
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: luces	940540	No	18,5

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro A2.3**  
**Vector de materias primas (autobús eléctrico)**  
*(Peso en kilogramos)*

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Carrocería	Armazón	250300	0,6
Materias primas	Batería	Celdas de la batería	250410	281,6
Materias primas	Carrocería	Armazón	251010	0,7
Materias primas	Batería	Partes de la batería: caja	260111	126,0
Materias primas	Batería	Partes de la batería: Otras piezas de los componentes electrónicos	260111	24,0
Materias primas	Batería	Celdas de la batería	260111	316,8
Materias primas	Carrocería	Armazón	260111	5 287,0
Materias primas	Batería	Celdas de la batería	260200	222,9
Materias primas	Batería	Partes de la batería: componentes electrónicos	260300	12,0
Materias primas	Batería	Partes de la batería: Otras piezas de los componentes electrónicos	260300	1,6
Materias primas	Batería	Celdas de la batería	260300	123,2
Materias primas	Batería	Celdas de la batería	260400	222,9
Materias primas	Batería	Celdas de la batería	260500	222,9
Materias primas	Batería	Partes de la batería: caja	260600	504,0
Materias primas	Batería	Partes de la batería: componentes electrónicos	260600	12,0
Materias primas	Batería	Partes de la batería: Otras piezas de los componentes electrónicos	260600	23,2
Materias primas	Batería	Celdas de la batería	260600	35,2
Materias primas	Batería	Sistema de refrigeración de la batería	260600	70,0
Materias primas	Carrocería	Armazón	260600	168,0
Materias primas	Carrocería	Armazón	261710	1,8
Materias primas	Carrocería	Armazón	280200	0,7
Materias primas	Carrocería	Armazón	280300	30,5
Materias primas	Carrocería	Armazón	281610	1,2
Materias primas	Carrocería	Armazón	281700	1,8
Materias primas	Carrocería	Armazón	281990	1,7
Materias primas	Carrocería	Armazón	282110	1,7
Materias primas	Carrocería	Armazón	282300	2,6
Materias primas	Batería	Celdas de la batería	282520	246,4
Materias primas	Carrocería	Armazón	283090	1,4
Materias primas	Carrocería	Armazón	283327	1,5
Materias primas	Carrocería	Armazón	340420	0,3
Materias primas	Carrocería	Armazón	381190	0,6
Materias primas	Carrocería	Armazón	390210	36,0
Materias primas	Batería	Celdas de la batería	390410	70,4
Materias primas	Carrocería	Armazón	390940	0,4
Materias primas	Carrocería	Armazón	391110	0,7
Materias primas	Carrocería	Armazón	400110	29,4
Materias primas	Carrocería	Armazón	400219	15,3
Materias primas	Carrocería	Armazón	520512	0,3
Materias primas	Carrocería	Armazón	720521	15,8

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	250300	0,0
Materias primas	Cabina	Ventanillas	250300	0,8
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	251010	0,0
Materias primas	Cabina	Ventanillas	251010	0,9
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	260111	119,0
Materias primas	Cabina	Asientos	260111	90,0
Materias primas	Cabina	Ventanillas	260111	74,0
Materias primas	Cabina	Asientos	260600	29,6
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	261710	0,1
Materias primas	Cabina	Ventanillas	261710	2,2
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	280200	0,0
Materias primas	Cabina	Ventanillas	280200	0,8
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	280300	1,4
Materias primas	Cabina	Ventanillas	280300	37,7
Materias primas	Cabina	Asientos	281122	55,8
Materias primas	Cabina	Ventanillas	281122	537,1
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	281610	0,1
Materias primas	Cabina	Asientos	281610	2,6
Materias primas	Cabina	Ventanillas	281610	26,8
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	281700	0,1
Materias primas	Cabina	Asientos	281810	0,7
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	281990	0,1
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	282110	0,1
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	282300	0,1
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	283090	0,1
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	283327	0,1
Materias primas	Cabina	Asientos	283620	10,7
Materias primas	Cabina	Asientos	283650	6,7
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	340420	0,0
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	381190	0,0
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	390410	219,6
Materias primas	Cabina	Asientos	390410	106,1
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	390940	0,0
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	391110	0,0
Materia primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	400110	1,4
Materia primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	400219	0,7
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	520512	0,0
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	720521	0,7

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	250300	0,3
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	251010	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	260111	401,6
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	261000	3,3
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	261710	0,9
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	280200	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	280300	16,2
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	281610	0,6
Materias primas	Cabina	Ventanillas	281700	2,2
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	281700	1,0
Materias primas	Cabina	Ventanillas	281810	6,3
Materias primas	Cabina	Ventanillas	281990	2,1
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	281990	0,9
Materias primas	Cabina	Ventanillas	282110	2,1
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	282110	0,9
Materias primas	Cabina	Ventanillas	282300	3,3
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	282300	1,4
Materias primas	Cabina	Ventanillas	283090	1,8
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	283090	0,8
Materias primas	Cabina	Ventanillas	283327	1,8
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	283327	0,8
Materias primas	Cabina	Ventanillas	283620	103,0
Materias primas	Cabina	Ventanillas	283650	64,0
Materias primas	Cabina	Ventanillas	340420	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	340420	0,2
Materias primas	Cabina	Ventanillas	381190	0,8
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	381190	0,3
Materias primas	Cabina	Ventanillas	390210	37,1
Materias primas	Cabina	Ventanillas	390940	0,5
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	390940	0,2
Materias primas	Cabina	Ventanillas	391110	0,8
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	391110	0,4
Materias primas	Cabina	Ventanillas	400110	36,4
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	400110	15,6
Materias primas	Cabina	Ventanillas	400219	18,9
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	400219	8,1
Materias primas	Cabina	Ventanillas	520512	0,4
Materias primas	Cabina	Ventanillas	720521	19,5

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	250300	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	250300	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	251010	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	251010	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	260111	530,1
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	260111	33,9
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	260600	63,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	261000	5,4
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	261000	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	261710	0,3
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	261710	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	280200	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	280200	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	280300	5,3
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	280300	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	281610	0,2
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	281700	0,3
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	281990	0,3
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	282110	0,3
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	282300	0,5
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	283090	0,2
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	283327	0,3
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	340420	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	381190	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	390940	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	391110	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	400110	5,1
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	400219	2,6
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	520512	0,2
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	520512	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	720521	8,4
Materias primas	Tren de transmisión	Ejes pórticos (ZF AVE 130)	720521	2,7

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	250300	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	251010	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	260111	56,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	260600	5,3
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	261000	0,3
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	261710	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	280200	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	280300	0,7
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	281610	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	281610	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	281700	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	281700	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	281990	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	281990	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	282110	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	282110	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	282300	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	282300	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	283090	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	283090	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	283327	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	283327	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	340420	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	340420	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	381190	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	381190	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	390410	1,3
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	390940	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	391110	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	400110	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	400219	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	520512	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	720521	0,1

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	250300	1,4
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	251010	1,5
Materias primas	Tren de transmisión	Piezas de las ruedas	260111	50,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	260111	92,2
Materias primas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: otras piezas	260111	14,9
Materias primas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno: otras piezas	260111	18,9
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	261000	0,6
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	280200	3,7
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	280300	1,4
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	280300	65,3
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	281610	2,5
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	281700	3,9
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	281990	3,6
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	282110	3,6
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	282300	5,6
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	283090	3,1
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	283327	3,1
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	340420	0,6
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	381190	1,4
Materias primas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: otras piezas	390210	5,0
Materias primas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: otras piezas	390410	9,9
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	390940	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	390940	0,9
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	391110	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	391110	1,5
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	400110	0,7
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	400110	62,9
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	400219	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	400219	32,6
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	520512	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	520512	0,7
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	720521	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	720521	33,8

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	250300	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	250300	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	251010	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	251010	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	260111	56,8
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	260300	460,0
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	260600	10,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	261590	0,2
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	261710	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	261710	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	280200	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	280200	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	280300	5,2
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	280300	5,5
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	280450	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	280530	8,7
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	281610	0,2
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	281610	0,2
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	281700	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	281700	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	281990	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	282110	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	282300	0,4
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	283090	0,2
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	283327	0,2
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	340420	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	381190	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	390940	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	391110	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	400110	5,0
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	400219	2,6

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	520512	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	720521	2,7
Materias primas	Motor	Motor	260111	200,2
Materias primas	Motor	Motor	260300	259,6
Materias primas	Componentes electrónicos	Transformadores: Otras piezas	260600	12,9
Materias primas	Motor	Motor	260600	83,0
Materias primas	Motor	Motor	261000	2,0
Materias primas	Motor	Motor	261590	0,9
Materias primas	Motor	Motor	280450	1,3
Materias primas	Motor	Motor	280530	37,2
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	281990	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	282110	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	282300	0,5
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	283090	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	283327	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	340420	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	381190	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Transformadores: Otras piezas	390210	2,6
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	390940	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	391110	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	400110	5,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	400219	2,8
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	520512	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	720521	2,9

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 3

### Vector de insumos del autobús convencional

**Cuadro A3.1**  
**Vector de piezas elaboradas (autobús convencional)**  
*(Peso en kilogramos)*

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Piezas elaboradas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	Sin código	244,4
Piezas elaboradas	Cabina	Barras de sujeción	Sin código	119,0
Piezas elaboradas	Cabina	Ventanilla	Sin código	981,7
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Ruedas	401120	326,0
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	700910	24,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	830120	3,7
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	841490	36,0
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	842410	9,8
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	847050	19,8
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	851240	0,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	851762	7,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	851810	0,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	851829	0,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	851840	12,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	853110	0,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	853120	7,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	853180	0,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	853190	7,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	853650	2,5
Piezas elaboradas	Carrocería	Armazón	870790	5 600,0
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	870821	17,3
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Piezas de las ruedas	870830	25,0
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	870840	317,3
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	870850	527,0
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	870850	973,0
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Piezas de las ruedas	870870	25,0
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Embrague y piezas	870893	8,5
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	870894	65,6
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	870895	3,0
Piezas elaboradas	Cabina	Asientos	940120	305,4
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	940592	17,3
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	960621	5,0

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: Otras piezas	Sin código	33,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno: Otras piezas	Sin código	30,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	Sin código	479,8
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: luces	Sin código	46,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores: Otras piezas	Sin código	15,5
Piezas elaboradas	Motor	Bloque del motor OM 936	840820	604,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	841520	177,3
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	841950	15,1
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	850131	30,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores	850431	31,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores	850433	98,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores	850434	56,8
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores	850440	28,4
Piezas elaboradas	Motor	Motor de arranque	851130	6,5
Piezas elaboradas	Motor	Motor de arranque	851140	19,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores	851850	28,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	852190	41,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: pantalla	852190	200,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	853400	28,9
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	853630	22,6
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	853649	45,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	853650	30,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	854231	45,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	854233	7,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	902519	5,1
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	902610	4,6
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	902620	5,1
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	902910	9,9
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	902920	7,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	903039	9,7
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	903210	45,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	903281	15,1
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	960622	2,5

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Piezas elaboradas	Depósito de combustible	Otras piezas	Sin código	72,9
Piezas elaboradas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	Sin código	244,4
Piezas elaboradas	Cabina	Barras de sujeción	Sin código	119,0
Piezas elaboradas	Cabina	Ventanillas	Sin código	981,7
Piezas elaboradas	Motor	Sistema de escape	381512	171,3
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Ruedas	401120	326,0
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	700910	24,0
Piezas elaboradas	Depósito de combustible	Depósito de diésel	730900	62,1
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	830120	3,7
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	841490	36,0
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	842410	9,8
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	847050	19,8
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	851240	0,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	851762	7,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	851810	0,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	851829	0,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	851840	12,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	853110	0,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	853120	7,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	853180	0,0
Piezas elaboradas	Carrocería	Armazón	870790	5 600,0
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	870821	17,3
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Piezas de las ruedas	870830	25,0
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	870840	317,3
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	870850	527,0
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	870850	973,0
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Piezas de las ruedas	870870	25,0
Piezas elaboradas	Motor	Otras piezas del motor	870891	150,0
Piezas elaboradas	Motor	Sistema de escape	870892	161,3
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Embrague y piezas	870893	8,5
Piezas elaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	870894	65,6
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	870895	3,0
Piezas elaboradas	Cabina	Asientos	940120	305,4
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	940592	17,3
Piezas elaboradas	Cabina	Otras piezas de la cabina	960621	5,0

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: otras piezas	Sin código	33,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno: otras piezas	Sin código	30,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	Sin código	479,8
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: luces	Sin código	46,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	841520	177,3
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	841950	15,1
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	850131	30,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores	850431	31,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores	850433	98,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores	850434	56,8
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores	850440	28,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores	851850	28,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	852190	41,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: pantalla	852190	200,0
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	853190	7,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	853400	28,9
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	853630	22,6
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	853649	45,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	853650	2,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	853650	30,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	854231	45,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	854233	7,5
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	902519	5,1
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	902610	4,6
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	902620	5,1
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	902910	9,9
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	902920	7,4
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	903039	9,7
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	903210	45,2
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno	903281	15,1
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano	960622	2,5

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Piezas elaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores: otras piezas	Sin código	15,5
Piezas elaboradas	Depósito de combustible	Otras piezas	Sin código	72,9
Piezas elaboradas	Motor	Sistema de escape	381512	171,3
Piezas elaboradas	Depósito de combustible	Depósito de diésel	730900	62,1
Piezas elaboradas	Motor	Bloque del motor OM 936	840820	604,5
Piezas elaboradas	Motor	Motor de arranque	851130	6,5
Piezas elaboradas	Motor	Motor de arranque	851140	19,5
Piezas elaboradas	Motor	Otras piezas del motor	870891	150,0
Piezas elaboradas	Motor	Sistema de escape	870892	161,3

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro A3.2**  
**Vector de piezas semielaboradas (autobús convencional)**  
*(Peso en kilogramos)*

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Piezas semielaboradas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	390469	19,8
Piezas semielaboradas	Cabina	Asientos	390720	106,1
Piezas semielaboradas	Cabina	Ventanillas	391729	37,1
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	391729	1,3
Piezas semielaboradas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	391810	219,6
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: otras piezas	391810	9,9
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: otras piezas	392590	5,0
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores: otras piezas	392590	2,6
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	400942	1,3
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	400942	3,8
Piezas semielaboradas	Depósito de combustible	Otras piezas	400942	5,4
Piezas semielaboradas	Cabina	Ventanillas	401033	14,8
Piezas semielaboradas	Motor	Bloque del motor OM 936	401033	6,5
Piezas semielaboradas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	401691	5,0
Piezas semielaboradas	Cabina	Ventanillas	401693	120,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	401693	3,3
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	401693	5,3
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	401693	9,7
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	401693	16,0
Piezas semielaboradas	Carrocería	Armazón	401699	109,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	401699	58,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	401699	19,5
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	401699	0,4
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	401699	1,3
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ruedas	401699	233,1
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	401699	18,5
Piezas semielaboradas	Motor	Bloque del motor OM 936	401699	13,0
Piezas semielaboradas	Depósito de combustible	Otras piezas	401699	1,4
Piezas semielaboradas	Cabina	Asientos	521151	3,3
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	681381	21,1
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	681381	19,5

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	681389	26,7
Piezas semielaboradas	Cabina	Ventanillas	700711	700,8
Piezas semielaboradas	Cabina	Ventanillas	700721	35,0
Piezas semielaboradas	Cabina	Asientos	701912	76,5
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	730300	13,3
Piezas semielaboradas	Motor	Catalizadores	730300	38,1
Piezas semielaboradas	Motor	Bloque del motor OM 936	730300	136,5
Piezas semielaboradas	Motor	Silenciadores	730300	38,1
Piezas semielaboradas	Depósito de combustible	Otras piezas	730300	28,4
Piezas semielaboradas	Cabina	Barras de sujeción	730490	119,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	730490	110,7
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	730490	165,4
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	730490	3,5
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	730490	8,0
Piezas semielaboradas	Cabina	Ventanillas	730830	74,0
Piezas semielaboradas	Carrocería	Armazón	730890	5 287,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	730890	110,2
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	730890	221,3
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	730890	379,5
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	730890	11,9
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Piezas de las ruedas	730890	50,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ruedas	730890	29,0
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: otras piezas	730890	14,9
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno: otras piezas	730890	18,9
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	730890	20,0
Piezas semielaboradas	Motor	Catalizadores	730890	123,1
Piezas semielaboradas	Motor	Bloque del motor OM 936	730890	266,5
Piezas semielaboradas	Motor	Silenciadores	730890	123,1
Piezas semielaboradas	Depósito de combustible	Depósito de diésel	730890	62,1
Piezas semielaboradas	Depósito de combustible	Otras piezas	730890	10,8
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	731100	10,1
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	731100	18,5
Piezas semielaboradas	Motor	Bloque del motor OM 936	731520	13,0

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	732090	6,7
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ruedas	732090	60,2
Piezas semielaboradas	Cabina	Asientos	732690	90,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	732690	79,1
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	732690	87,6
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	732690	20,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	732690	9,9
Piezas semielaboradas	Carrocería	Armazón	760611	168,0
Piezas semielaboradas	Cabina	Asientos	760611	29,6
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	760611	97,3
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	761699	50,1
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	761699	5,3
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Transformadores: otras piezas	761699	12,9
Piezas semielaboradas	Motor	Bloque del motor OM 936	761699	32,5
Piezas semielaboradas	Motor	Otras piezas del motor	761699	150,0
Piezas semielaboradas	Motor	Bloque del motor OM 936	830710	6,5
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	840290	10,0
Piezas semielaboradas	Motor	Bloque del motor OM 936	840290	19,5
Piezas semielaboradas	Motor	Bloque del motor OM 936	841330	13,0
Piezas semielaboradas	Depósito de combustible	Otras piezas	841330	17,6
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	841430	55,0
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno: otras piezas	841459	11,3
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	841459	9,2
Piezas semielaboradas	Motor	Bloque del motor OM 936	841459	19,5
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	841460	18,5
Piezas semielaboradas	Depósito de combustible	Otras piezas	842123	9,5
Piezas semielaboradas	Motor	Catalizadores	842139	10,0
Piezas semielaboradas	Motor	Bloque del motor OM 936	842199	13,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	848130	0,4
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	848140	0,4
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: otras piezas	848140	3,7

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	848180	0,9
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	848210	16,7
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	848210	21,1
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	848210	48,7
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	848210	0,4
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	848210	2,0
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Ruedas	848210	3,8
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	848310	10,5
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	848310	58,4
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	848310	8,6
Piezas semielaboradas	Motor	Bloque del motor OM 936	848310	58,5
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	848390	103,5
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	848390	87,6
Piezas semielaboradas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	848390	2,7
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	850511	9,2
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	850519	18,5
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: luces	853910	27,7
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	854411	460,0
Piezas semielaboradas	Motor	Bloque del motor OM 936	854411	6,5
Piezas semielaboradas	Carrocería	Armazón	870810	36,0
Piezas semielaboradas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: luces	940540	18,5

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro A3.3**  
**Vector de materias primas (autobús convencional)**  
*(Peso en kilogramos)*

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Carrocería	Armazón	250300	0,6
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	250300	0,0
Materias primas	Carrocería	Armazón	251010	0,7
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	251010	0,0
Materias primas	Carrocería	Armazón	260111	5 287,0
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	260111	119,0
Materias primas	Carrocería	Armazón	260600	168,0
Materias primas	Carrocería	Armazón	261710	1,8
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	261710	0,1
Materias primas	Carrocería	Armazón	280200	0,7
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	280200	0,0
Materias primas	Carrocería	Armazón	280300	30,5
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	280300	1,4
Materias primas	Carrocería	Armazón	281610	1,2
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	281610	0,1
Materias primas	Carrocería	Armazón	281700	1,8
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	281700	0,1
Materias primas	Carrocería	Armazón	281990	1,7
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	281990	0,1
Materias primas	Carrocería	Armazón	282110	1,7
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	282110	0,1
Materias primas	Carrocería	Armazón	282300	2,6
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	282300	0,1
Materias primas	Carrocería	Armazón	283090	1,4
Materias primas	Carrocería	Armazón	283327	1,5
Materias primas	Carrocería	Armazón	340420	0,3
Materias primas	Carrocería	Armazón	381190	0,6
Materias primas	Carrocería	Armazón	390210	36,0
Materias primas	Carrocería	Armazón	390940	0,4
Materias primas	Carrocería	Armazón	391110	0,7
Materias primas	Carrocería	Armazón	400110	29,4
Materias primas	Carrocería	Armazón	400219	15,3
Materias primas	Carrocería	Armazón	520512	0,3
Materias primas	Carrocería	Armazón	720521	15,8

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Cabina	Ventanillas	250300	0,8
Materias primas	Cabina	Ventanillas	251010	0,9
Materias primas	Cabina	Asientos	260111	90,0
Materias primas	Cabina	Ventanillas	260111	74,0
Materias primas	Cabina	Asientos	260600	29,6
Materias primas	Cabina	Ventanillas	261710	2,2
Materias primas	Cabina	Ventanillas	280200	0,8
Materias primas	Cabina	Ventanillas	280300	37,7
Materias primas	Cabina	Asientos	281122	55,8
Materias primas	Cabina	Ventanillas	281122	537,1
Materias primas	Cabina	Asientos	281610	2,6
Materias primas	Cabina	Ventanillas	281610	26,8
Materias primas	Cabina	Ventanillas	281700	2,2
Materias primas	Cabina	Asientos	281810	0,7
Materias primas	Cabina	Ventanillas	281810	6,3
Materias primas	Cabina	Ventanillas	281990	2,1
Materias primas	Cabina	Ventanillas	282110	2,1
Materias primas	Cabina	Ventanillas	282300	3,3
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	283090	0,1
Materias primas	Cabina	Ventanillas	283090	1,8
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	283327	0,1
Materias primas	Cabina	Ventanillas	283327	1,8
Materias primas	Cabina	Asientos	283620	10,7
Materias primas	Cabina	Ventanillas	283620	103,0
Materias primas	Cabina	Asientos	283650	6,7
Materias primas	Cabina	Ventanillas	283650	64,0
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	340420	0,0
Materias primas	Cabina	Ventanillas	340420	0,4
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	381190	0,0
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	390410	219,6
Materias primas	Cabina	Asientos	390410	106,1
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	390940	0,0
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	391110	0,0
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	400110	1,4
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	400219	0,7
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	520512	0,0
Materias primas	Cabina	Revestimientos del piso y aislamiento	720521	0,7

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	250300	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	250300	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	251010	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	251010	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	260111	234,3
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	260111	439,1
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	260600	50,1
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	261000	2,8
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	261000	3,6
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	261710	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	280200	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	280300	0,9
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	281610	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	281700	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	281990	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	282110	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	282300	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	283090	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	283327	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	340420	0,0
Materias primas	Cabina	Ventanillas	381190	0,8
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	381190	0,0
Materias primas	Cabina	Ventanillas	390210	37,1
Materias primas	Cabina	Ventanillas	390940	0,5
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	390940	0,0
Materias primas	Cabina	Ventanillas	391110	0,8
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	391110	0,0
Materias primas	Cabina	Ventanillas	400110	36,4
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	400110	0,9
Materias primas	Cabina	Ventanillas	400219	18,9
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	400219	0,5
Materias primas	Cabina	Ventanillas	520512	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	520512	0,0
Materias primas	Cabina	Ventanillas	720521	19,5
Materias primas	Tren de transmisión	Cambio automático VOITH DIWA 854.6	720521	0,5

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	250300	0,2
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	251010	0,2
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	260111	818,8
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	260600	97,3
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	261000	8,3
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	261710	1,0
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	261710	0,5
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	280200	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	280200	0,2
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	280300	17,7
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	280300	8,2
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	281610	0,7
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	281610	0,3
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	281700	1,0
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	281700	0,5
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	281990	1,0
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	281990	0,5
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	282110	1,0
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	282110	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	282300	1,5
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	282300	0,7
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	283090	0,8
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	283090	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	283327	0,8
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	283327	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	340420	0,2
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	340420	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	381190	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	381190	0,2
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	390940	0,2
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	390940	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	391110	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	391110	0,2
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	400110	17,1
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	400110	7,9
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	400219	8,9
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	400219	4,1
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	520512	0,2
Materias primas	Tren de transmisión	Eje frontal (ZF RL 75)	720521	9,2

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	250300	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	250300	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	251010	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	251010	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	260111	33,9
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	260111	56,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	260600	5,3
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	261000	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	261000	0,3
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	261710	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	261710	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	280200	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	280200	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	280300	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	280300	0,7
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	281610	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	281610	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	281700	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	281700	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	281990	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	282110	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	282300	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	283090	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	283327	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	340420	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	381190	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	390940	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	391110	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	400110	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	400219	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	520512	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	520512	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Eje central (ZF AV 133)	720521	4,2
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de suspensión neumática	720521	0,1

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	250300	1,4
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	251010	1,5
Materias primas	Tren de transmisión	Piezas de las ruedas	260111	50,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	260111	92,2
Materias primas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: otras piezas	260111	14,9
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	261000	0,6
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	261710	3,7
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	280200	1,4
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	280300	65,3
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	281610	2,5
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	281700	3,9
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	281990	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	281990	3,6
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	282110	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	282110	3,6
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	282300	0,1
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	282300	5,6
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	283090	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	283090	3,1
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	283327	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	283327	3,1
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	340420	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	340420	0,6
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	381190	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	381190	1,4
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	390410	1,3
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	390940	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	390940	0,9
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	391110	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	391110	1,5
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	400110	0,7
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	400110	62,9
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	400219	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	400219	32,6
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	520512	0,0
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	520512	0,7
Materias primas	Tren de transmisión	Sistema de dirección	720521	0,4
Materias primas	Tren de transmisión	Ruedas	720521	33,8

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	250300	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	250300	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	251010	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	251010	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control interno: otras piezas	260111	18,9
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	260111	56,8
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	260300	460,0
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	260600	10,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	261590	0,2
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	261710	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	261710	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	280200	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	280200	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	280300	5,2
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	280450	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	280530	8,7
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	281610	0,2
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	281700	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	281990	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	282110	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	282300	0,4
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	283090	0,2
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	283327	0,2
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	340420	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	381190	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: otras piezas	390210	5,0
Materias primas	Componentes electrónicos	Dispositivos de control humano: otras piezas	390410	9,9
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	390940	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	391110	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	400110	5,0
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	400219	2,6
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	520512	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: aire acondicionado	720521	2,7

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	250300	0,1
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	251010	0,1
Materias primas	Motor	Catalizadores	260111	161,3
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	260111	266,5
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	260111	136,5
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	260111	58,5
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	260111	19,5
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	260300	6,5
Materias primas	Componentes electrónicos	Transformadores: otras piezas	260600	12,9
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	260600	32,5
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	261710	0,3
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	280200	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	280300	5,5
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	280300	5,5
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	281610	0,2
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	281610	0,2
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	281700	0,3
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	281700	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	281990	0,3
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	281990	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	282110	0,3
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	282110	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	282300	0,5
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	282300	0,5
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	283090	0,3
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	283090	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	283327	0,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	340420	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	381190	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Transformadores: otras piezas	390210	2,6
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	390940	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	391110	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	400110	5,3
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	400219	2,8

Vector	Grupo	Subgrupo	Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de 2017	Peso
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	520512	0,1
Materias primas	Componentes electrónicos	Otros sistemas electrónicos: cableado	720521	2,9
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	250300	0,0
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	251010	0,0
Materias primas	Motor	Silenciadores	260111	161,3
Materias primas	Depósito de combustible	Depósito de diésel	260111	62,1
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	260111	39,2
Materias primas	Motor	Otras piezas del motor	260600	150,0
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	261710	0,1
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	280200	0,0
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	280300	1,9
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	281610	0,1
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	281700	0,1
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	281990	0,1
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	282110	0,1
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	282300	0,2
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	283090	0,1
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	283327	0,3
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	283327	0,1
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	340420	0,1
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	340420	0,0
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	381190	0,1
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	381190	0,0
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	390940	0,1
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	390940	0,0
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	391110	0,1
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	391110	0,0
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	400110	5,3
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	400110	1,8
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	400219	2,7
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	400219	0,9
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	520512	0,1
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	520512	0,0
Materias primas	Motor	Bloque del motor OM 936	720521	2,8
Materias primas	Depósito de combustible	Otras piezas	720521	1,0

Fuente: Elaboración propia.



En este documento, elaborado en el marco de un proyecto de colaboración entre la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), se presenta una metodología para desagregar los autobuses eléctricos y convencionales en sus distintas piezas, con el fin de analizar los flujos de comercio internacional de los componentes relacionados con la electromovilidad. Los vectores desarrollados se basan en la edición de 2017 de la nomenclatura del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) e incluyen todas las partes necesarias para construir autobuses eléctricos o convencionales (diésel). Esta metodología contribuye a medir la proporción del comercio internacional relacionada con dichas partes en tres niveles: materias primas, partes elaboradas y partes semielaboradas. La desagregación permite, además, reconstruir las cadenas globales de valor de los autobuses eléctricos y determinar cuáles son los proveedores de insumos clave en los tres niveles. La metodología puede emplearse también para estimar el potencial de integración productiva en la fabricación de autobuses en América Latina y el Caribe.