

Metodología de estudio de ciclo de vida de buses con asistencia de algoritmos de inteligencia artificial

Autores: Juan Pablo Romero Campos y

Paulina Ramírez Del Barrio

Noviembre 2020

Contexto

- En Chile, el transporte es responsable de aproximadamente una cuarta parte de todas las emisiones de gases de efecto invernadero y casi un tercio de la generación de material particulado fino porque más del 90% del combustible utilizado para el transporte se basa en el petróleo.
- Para 2040 Chile desea tener un 100% Buses eléctricos para transporte público.

Chile anuncia la electrificación total del transporte público para 2040

Con un total de 1.035 vehículos vendidos a la fecha en América Latina, el fabricante chino BYD logra abarcar el 71% del mercado de flota sustentable en la región, donde otros países además de Chile están replicando la iniciativa.

DICIEMBRE 16, 2019 PILAR SÁNCHEZ MOLINA

EV MERCADOS POLÍTICA AMÉRICA LATINA



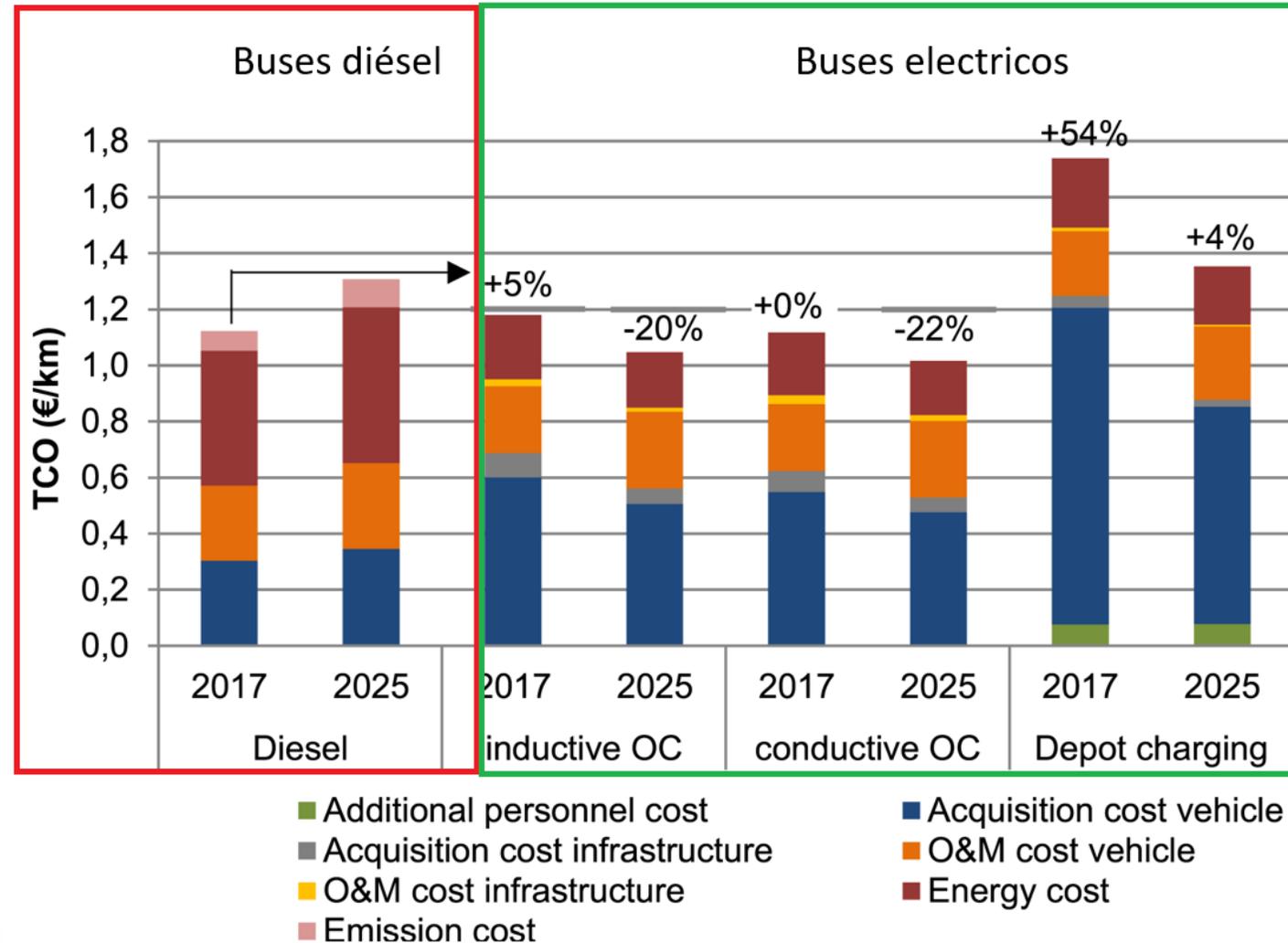
Fuente: <https://www.pv-magazine-latam.com/>

Motivación: Ambiental y Económica

- La paulatina inclusión de flotas eléctricas como una opción tecnológica al Euro VI.
 - Empresas de transporte motivadas principalmente por mejorar la calidad del aire y el medio ambiente
- Ante la promoción de la electromovilidad surgen las siguientes preguntas:
 - ¿Realmente la electromovilidad permite la disminuir las emisiones del sistema de transporte público?
 - ¿Es más rentable un bus eléctrico o diésel?
 - ¿Es más eficiente energéticamente la tecnología EV que la ICE? **

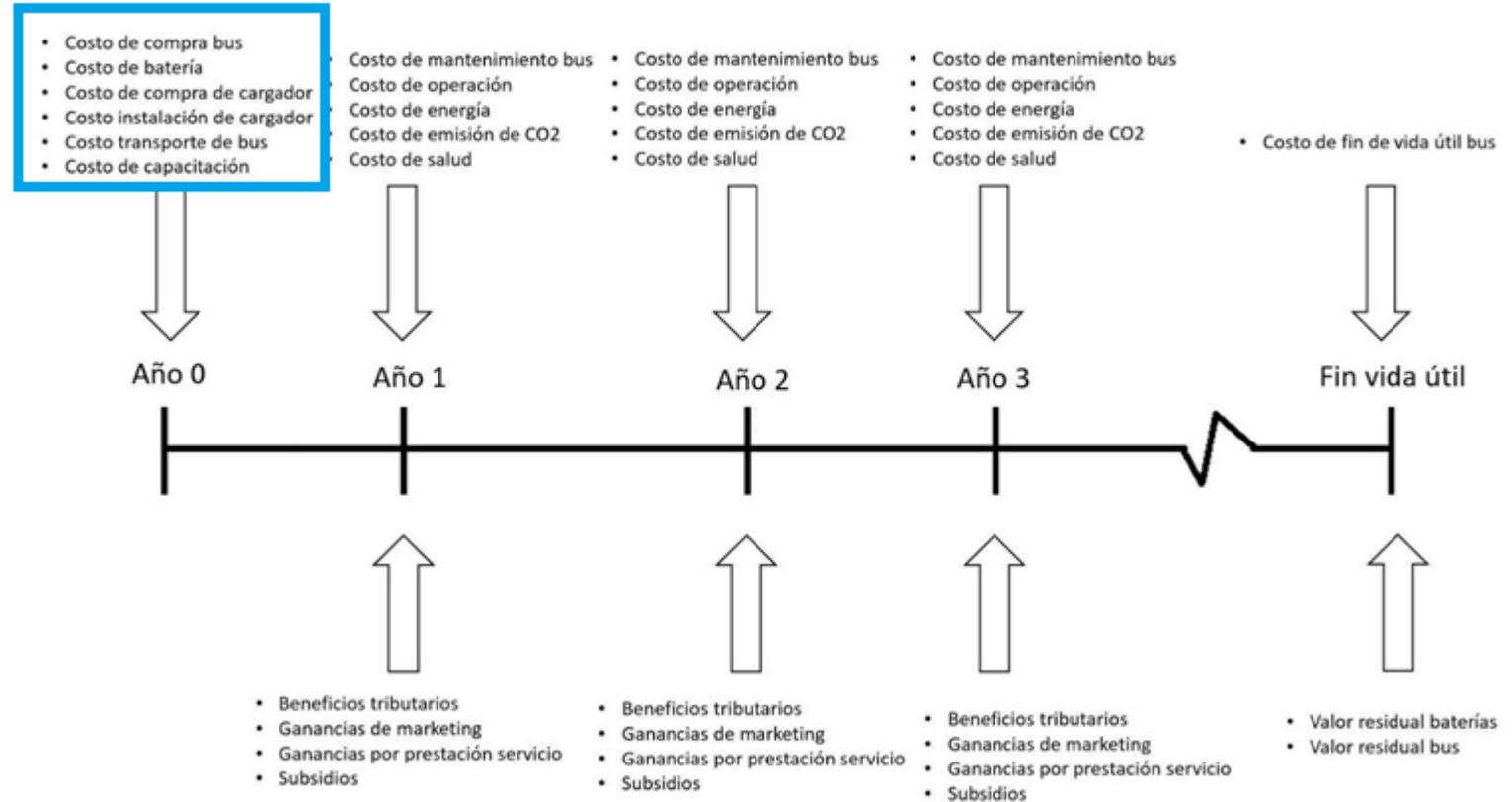
Objetivo

Comparar económica y ambiental las tecnologías de buses eléctricos y diésel en base a datos del sistema de transporte público de la RM mediante la construcción de la curva de costos totales de la propiedad o *TCO*.



Metodología

- Modelar fase de vida útil de las tecnologías eléctricas y diésel mediante el **Análisis de ciclo de vida**
- Estimar mediante encuestas y datos biográficos las fases de manufactura y fin de vida útil.
- Estimar y modelar mediante IA el estado de carga (SOC) en EV para la fase de uso considerando series temporales pasadas del SOC y actuales de la velocidad y altura.



$$TCO = C_{Pu} + C_{Int} + \sum_{i=1}^n \frac{C_{Op}}{(1+r)^i} + \frac{C_M}{(1+r)^i} + \frac{C_{CO2}}{(1+r)^i} + \frac{C_H}{(1+r)^i} + C_{EoL}$$

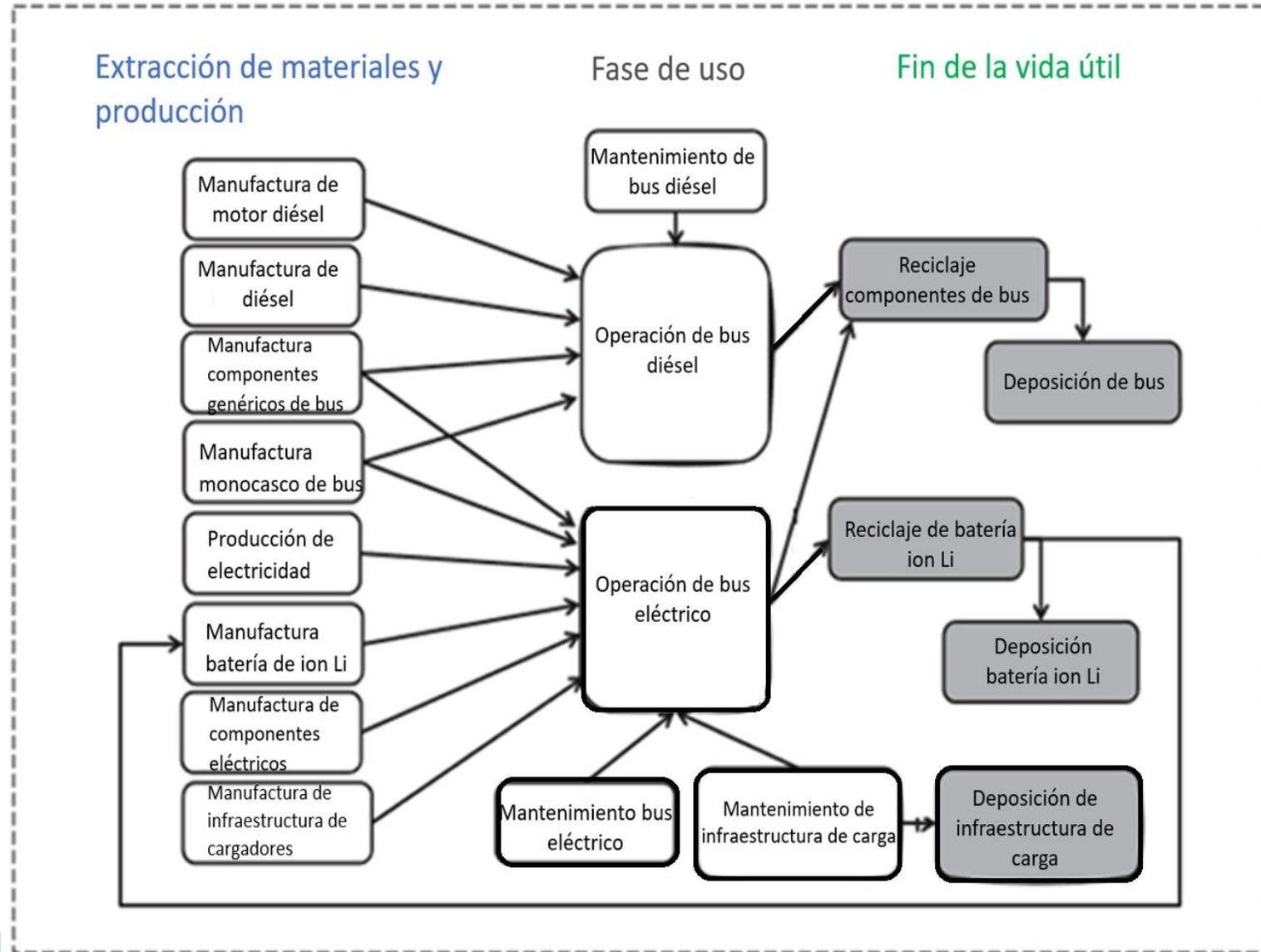
LCA: Análisis de Ciclo de Vida

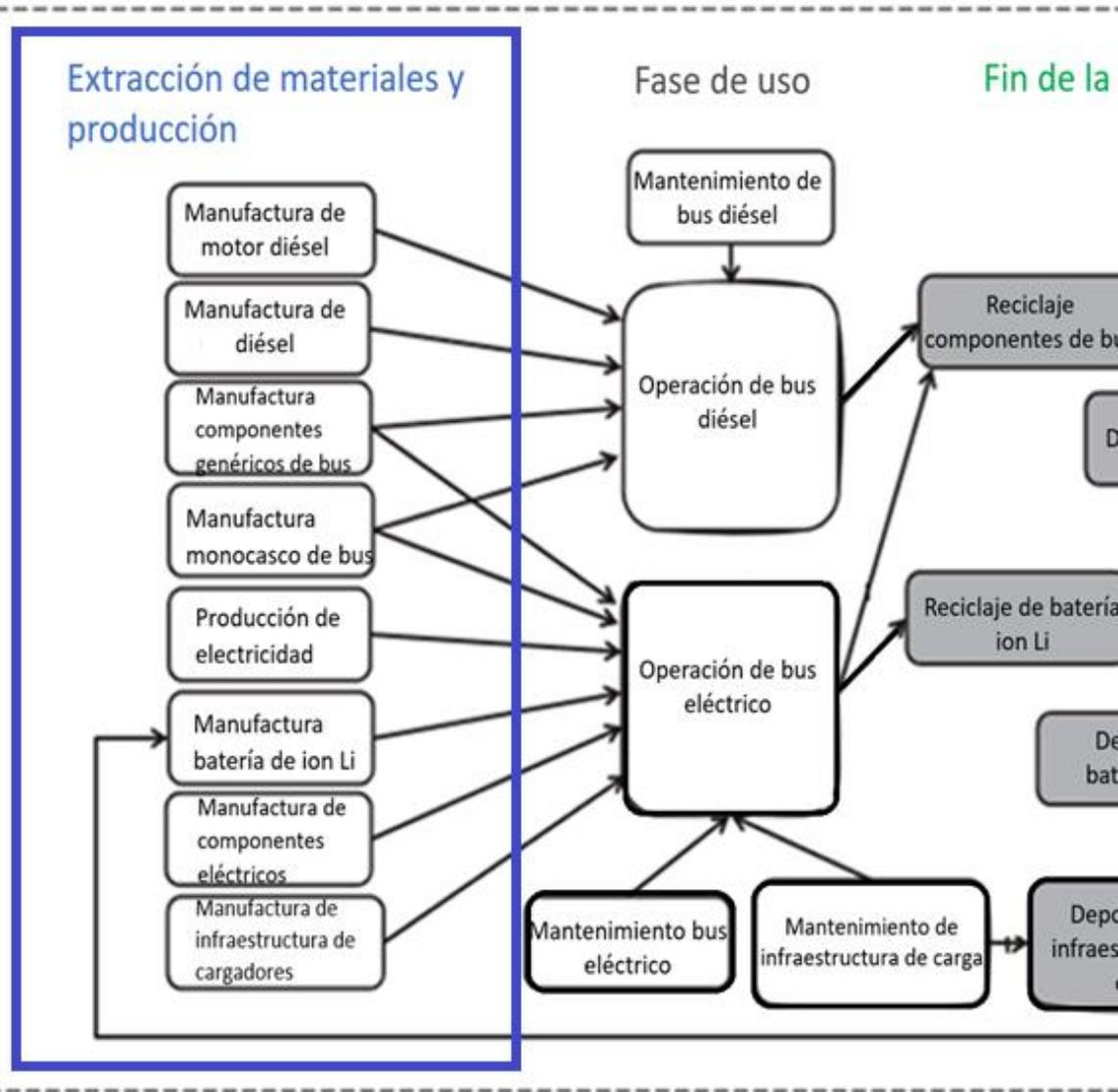
- Para determinar y comparar el impacto medio ambiental de flotas eléctricas se requiere utilizar el análisis de ciclo de vida.
- El análisis de ciclo de vida cuantifica los impactos ambientales de un activo a lo largo de todo su ciclo de vida.



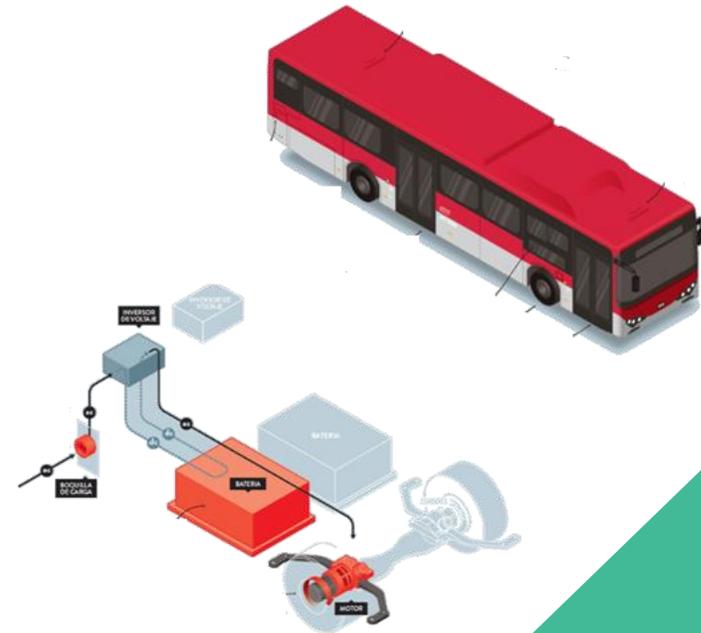
LCA para buses

- Conceptualmente distinguimos 3 fases en el ciclo de vida de flotas eléctricas y diésel:
 - Extracción de materiales y producción (manufactura).
 - Fase de Uso.
 - Fin de vida útil.



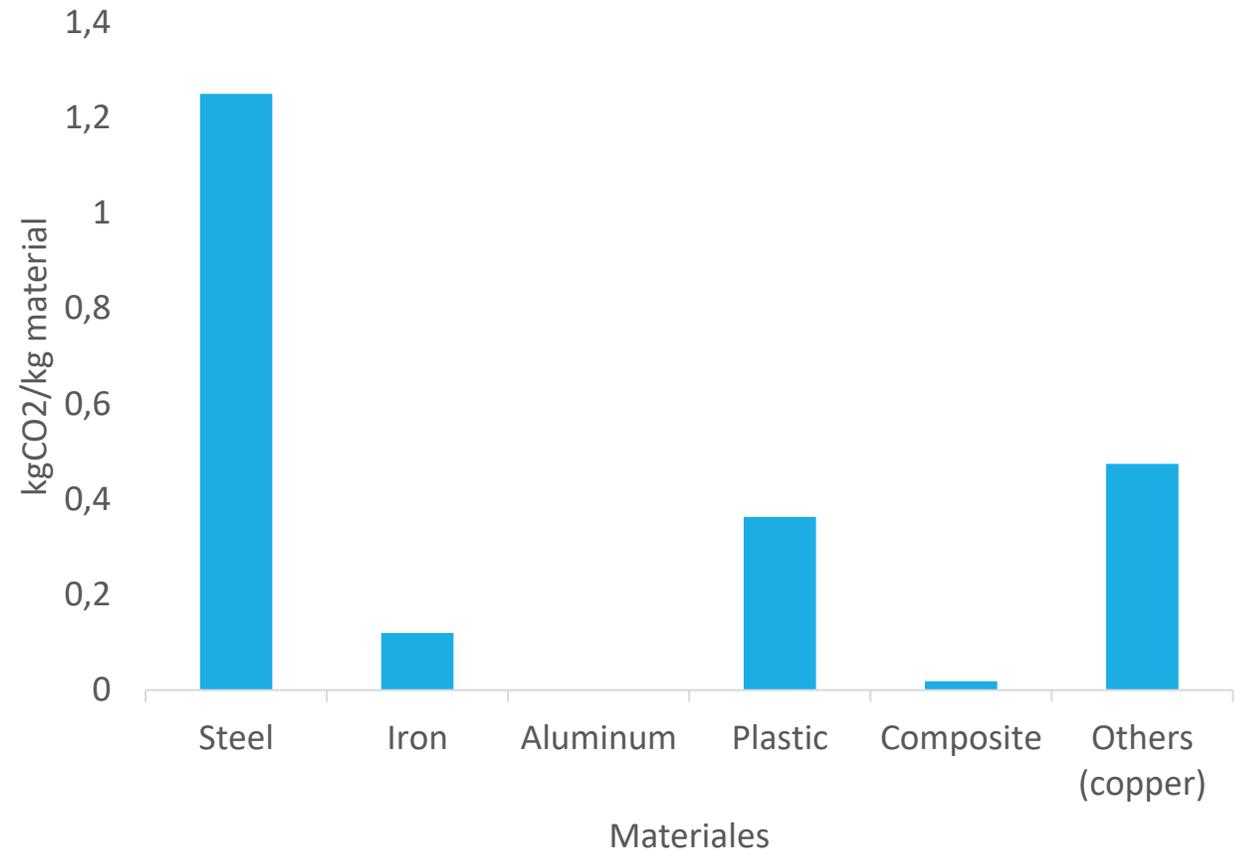


Fase de Manufactura

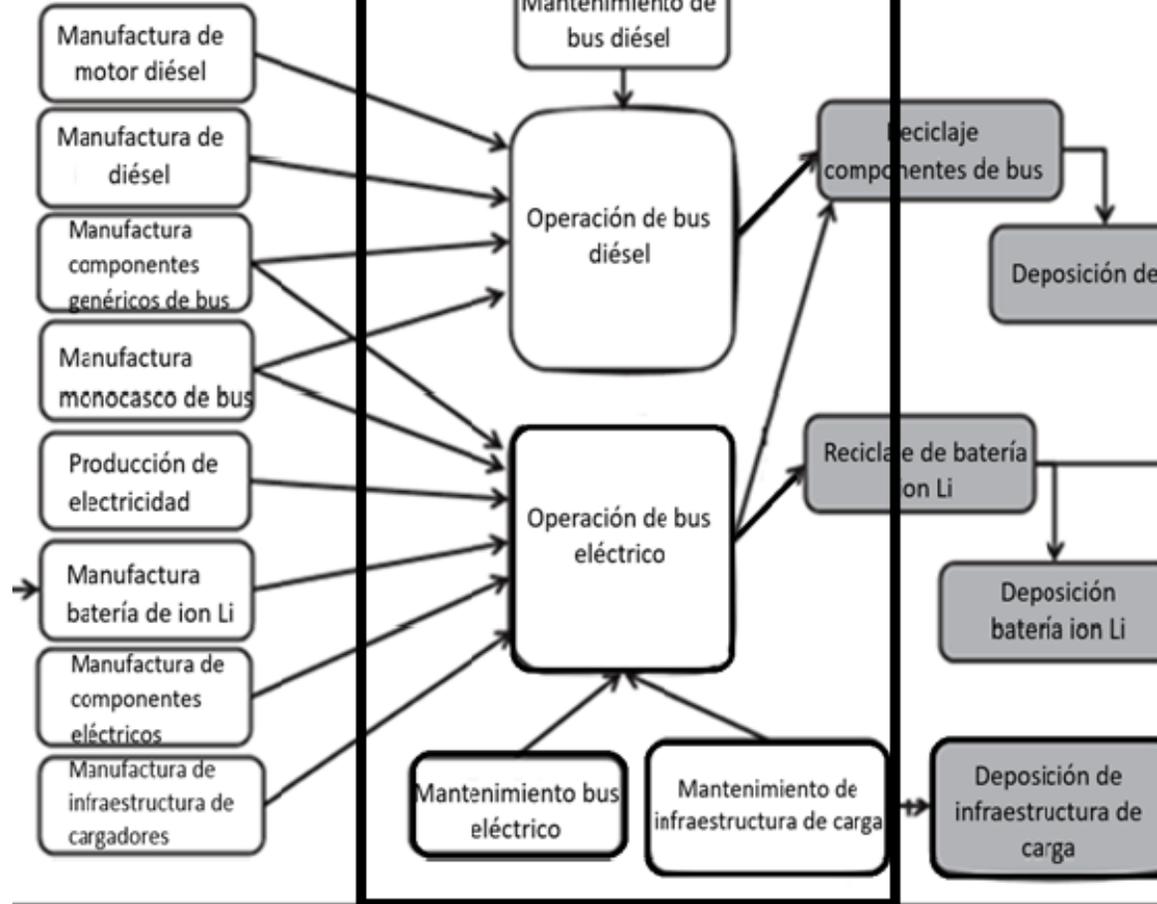


Fase de Manufactura

Material	%
Acero	54.2
Hierro	7.9
Aluminio	11.9
Plástico	9.2
Compuestos	1
Otros	15.8



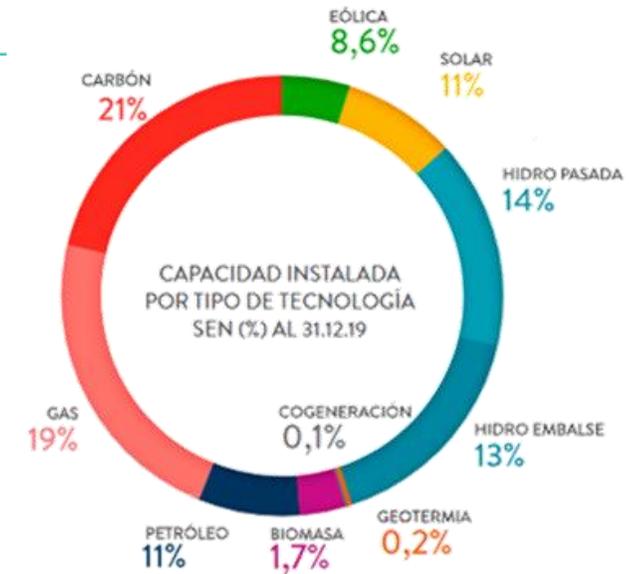
Producción de materiales y
Operación



Fase de Uso

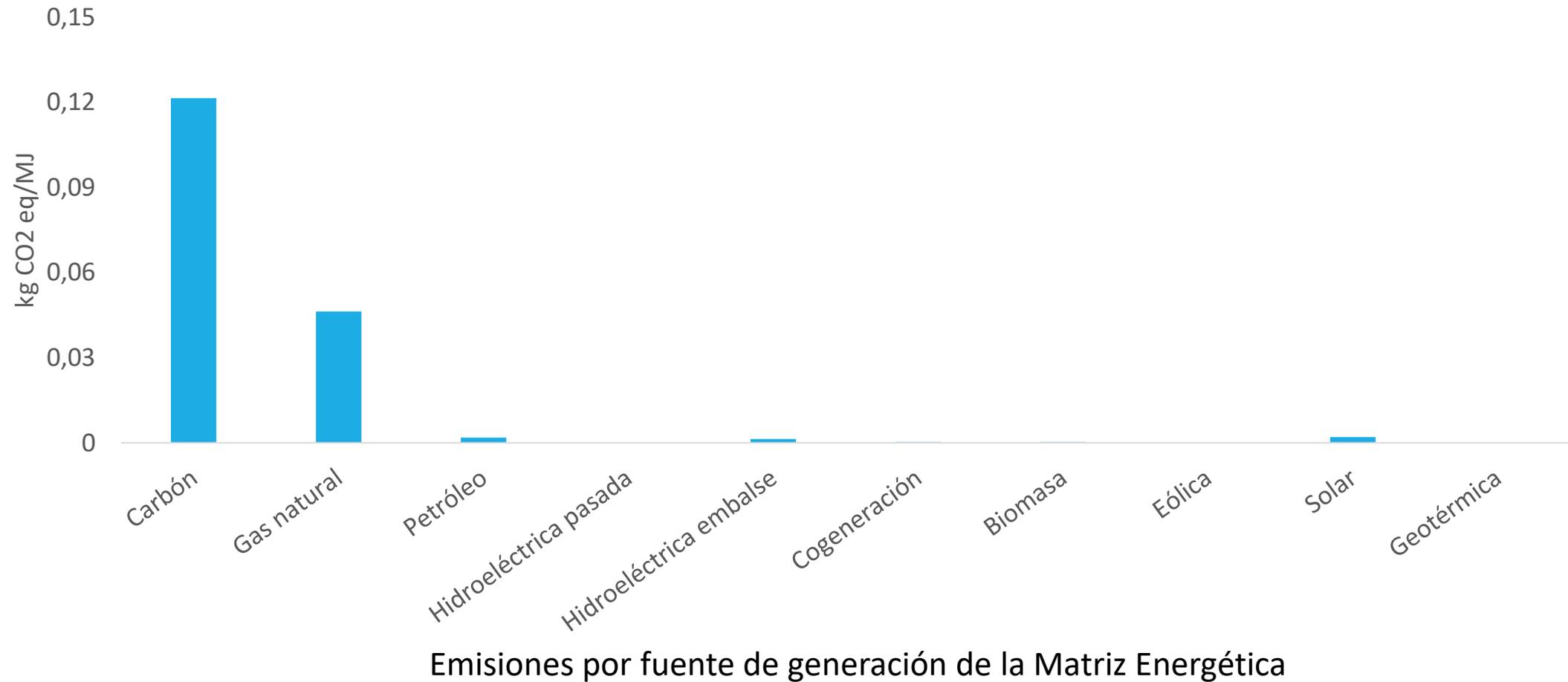
CAPACIDAD RENOVBLE

48,7%

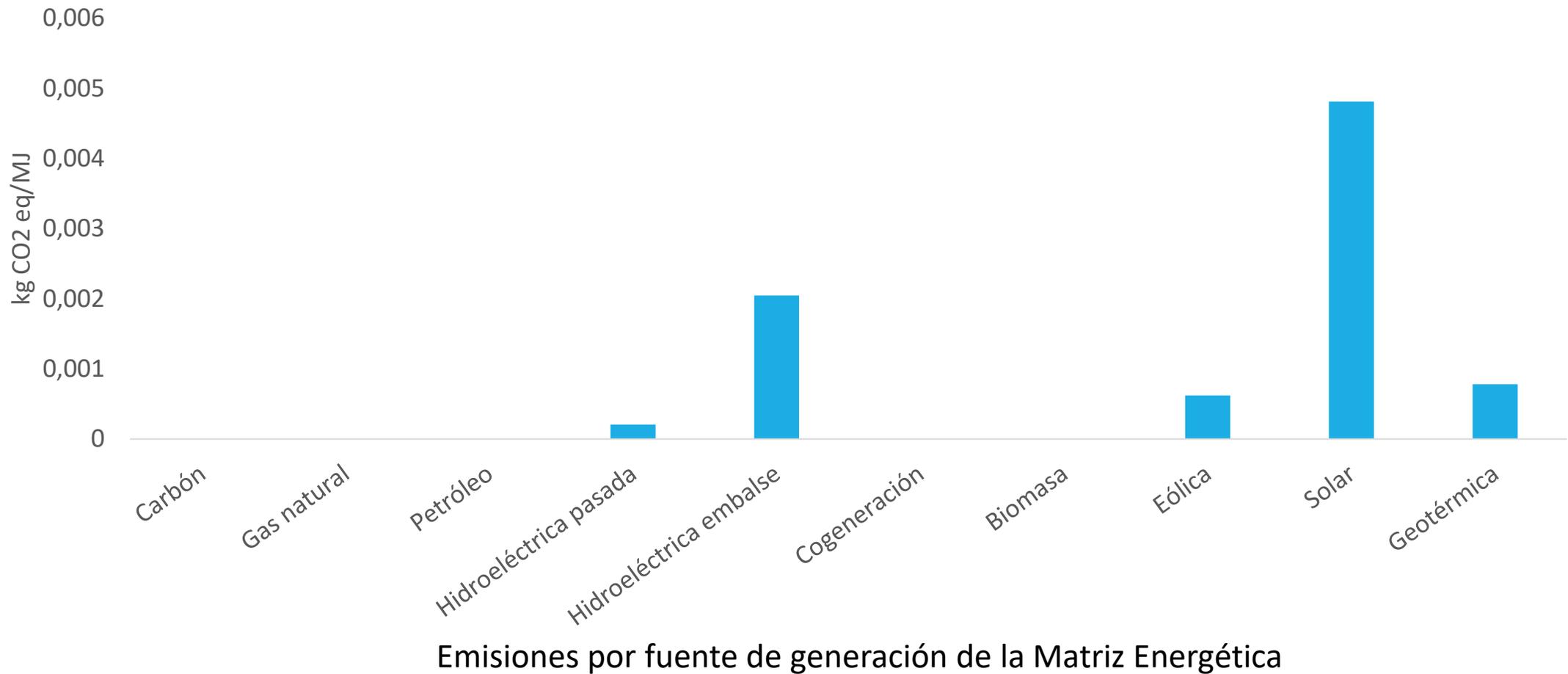


Fuente: Asociación de generadoras de Chile.
Reporte Anual 2019.

Fase de Uso: Matriz Actual



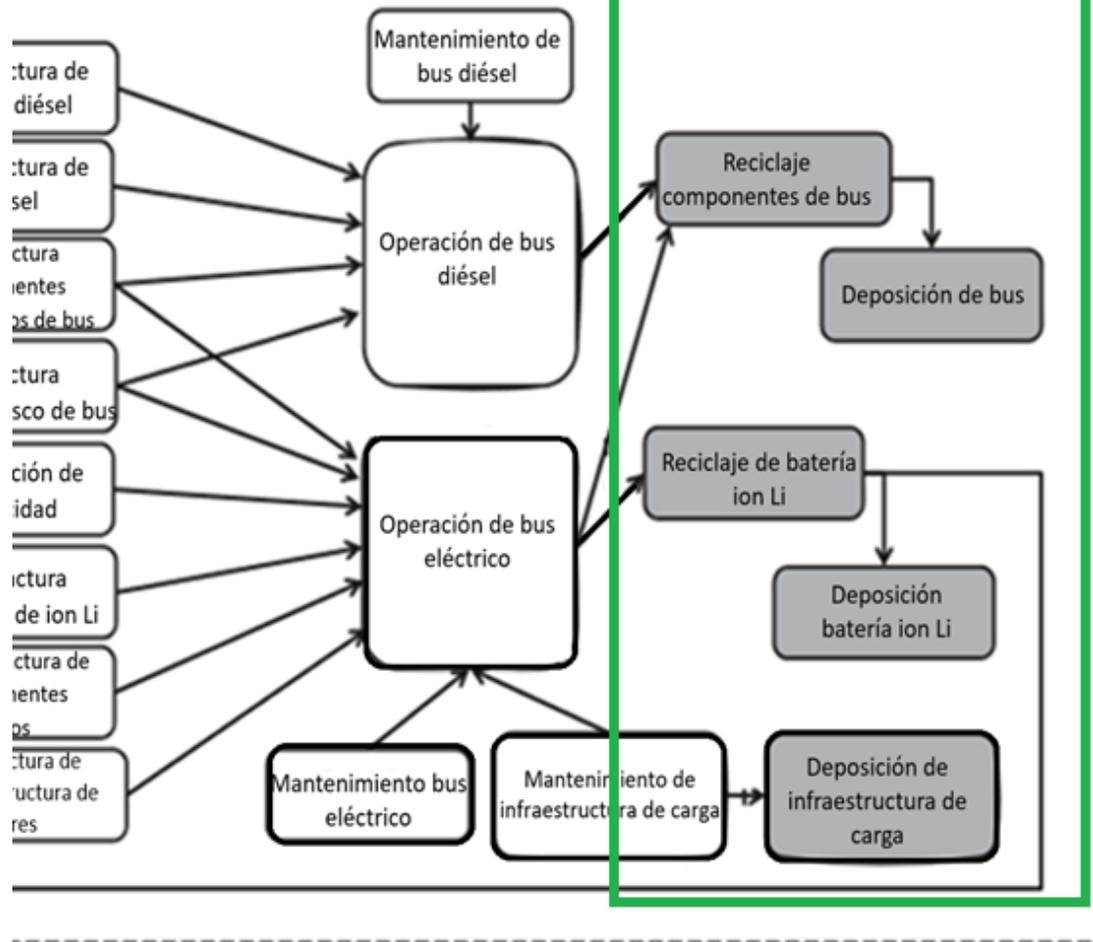
Fase de Uso: 100% Renovable



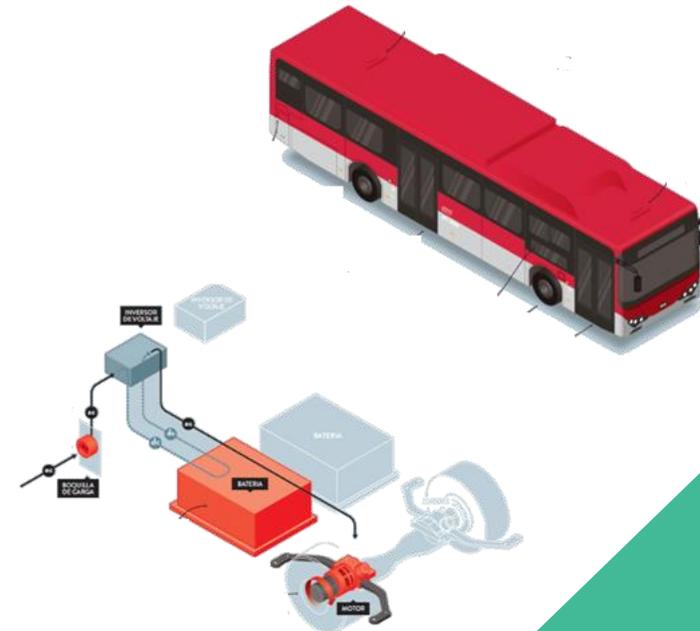
materiales y

Fase de uso

Fin de la vida útil

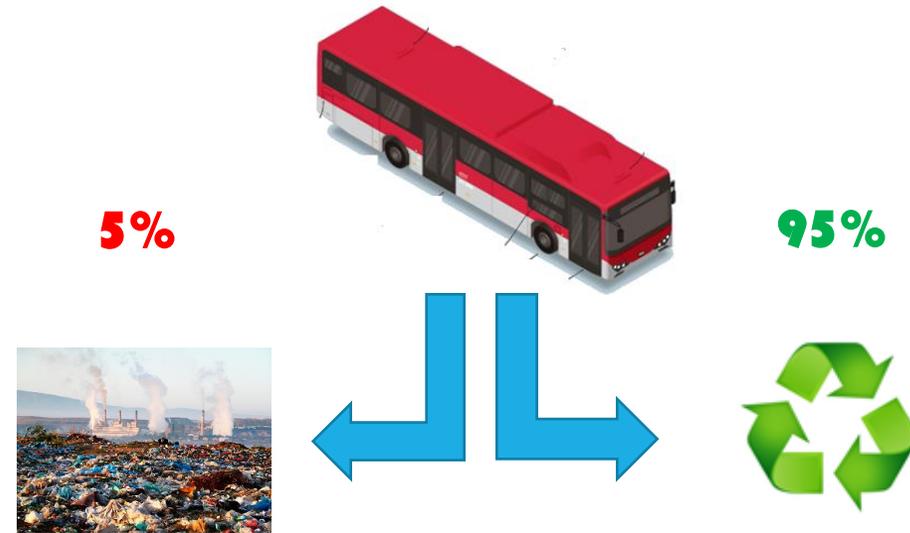


Fase de Fin de la Vida Útil



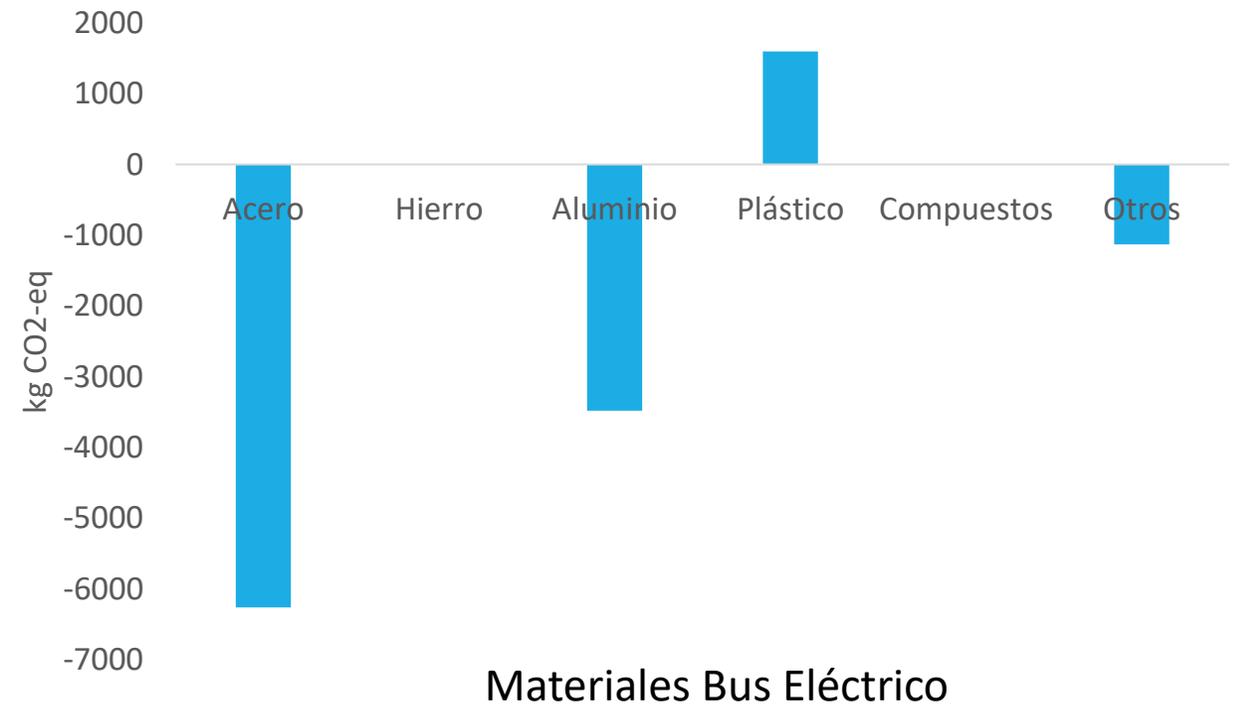
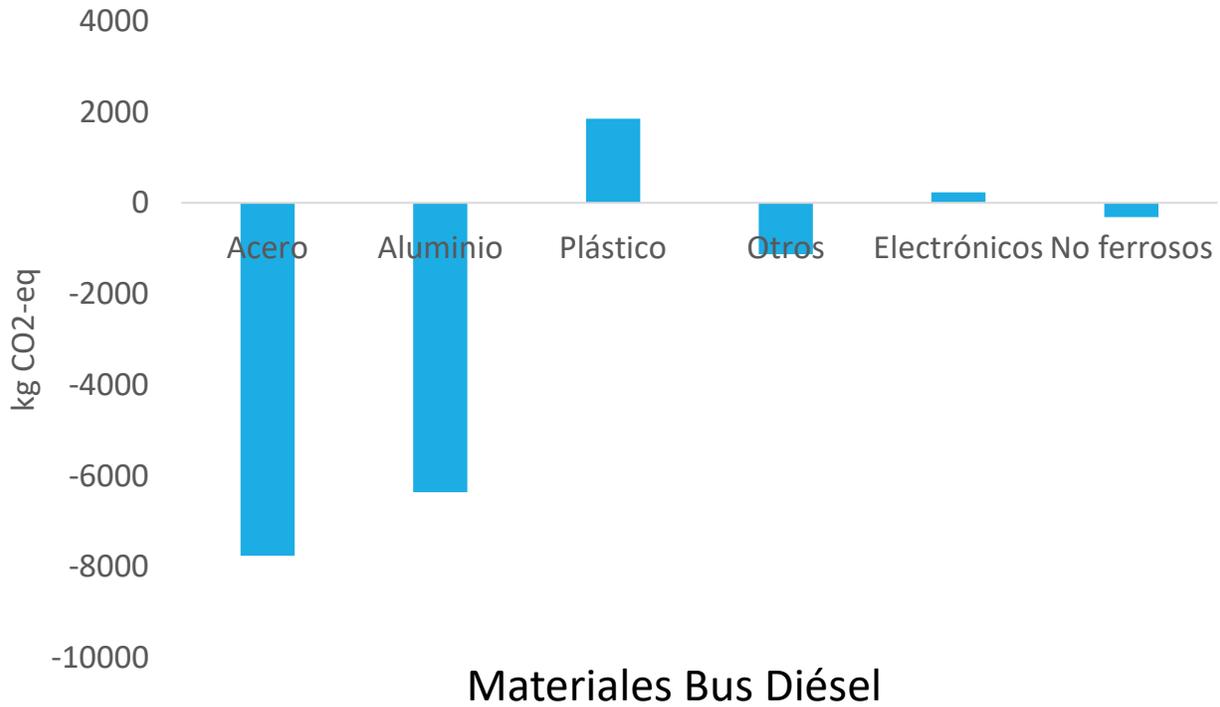
Fase de Fin de la vida útil

- Para este cálculo se definen las estrategias de reciclaje y fin de la vida útil.
- Se distinguen dos fases de manejos de residuos:
 - Reciclaje de los componentes con una tasa de recuperación cercana al 95%.
 - Segunda vida útil de las baterías.

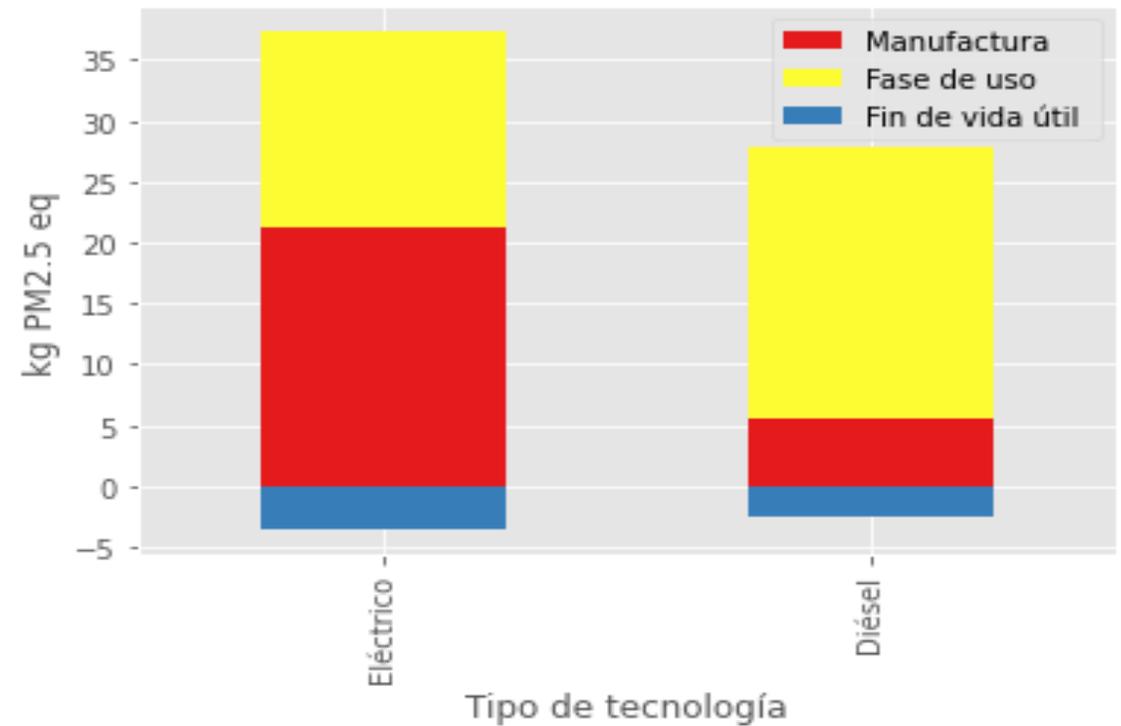
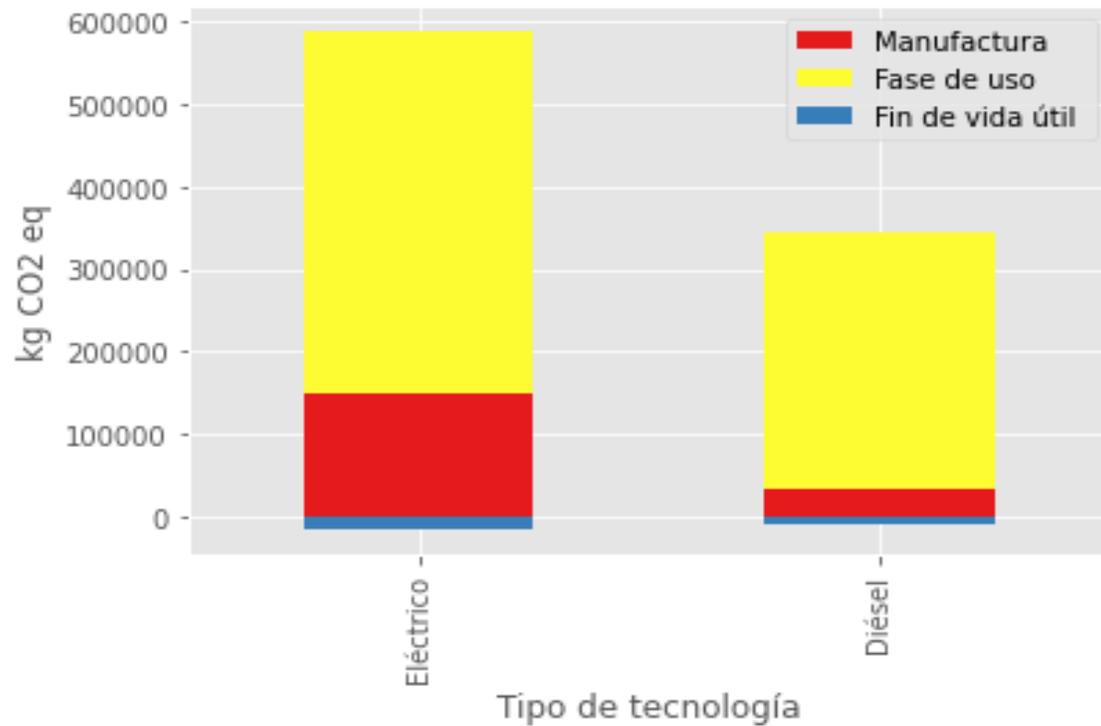


Recuperación de Material	%
Aluminio	95
Latón	99
Cobre	99
Materiales Férricos	95
Plomo	95
Ácido	95
Magnesio	95
Zinc	95
Otros	99

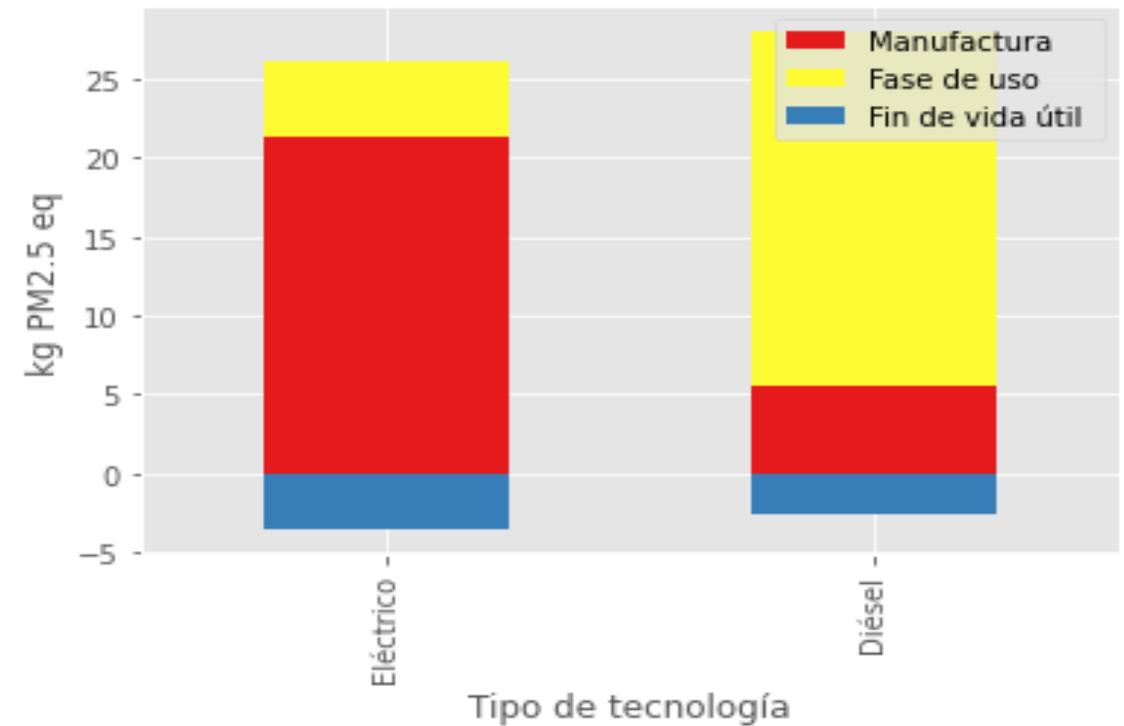
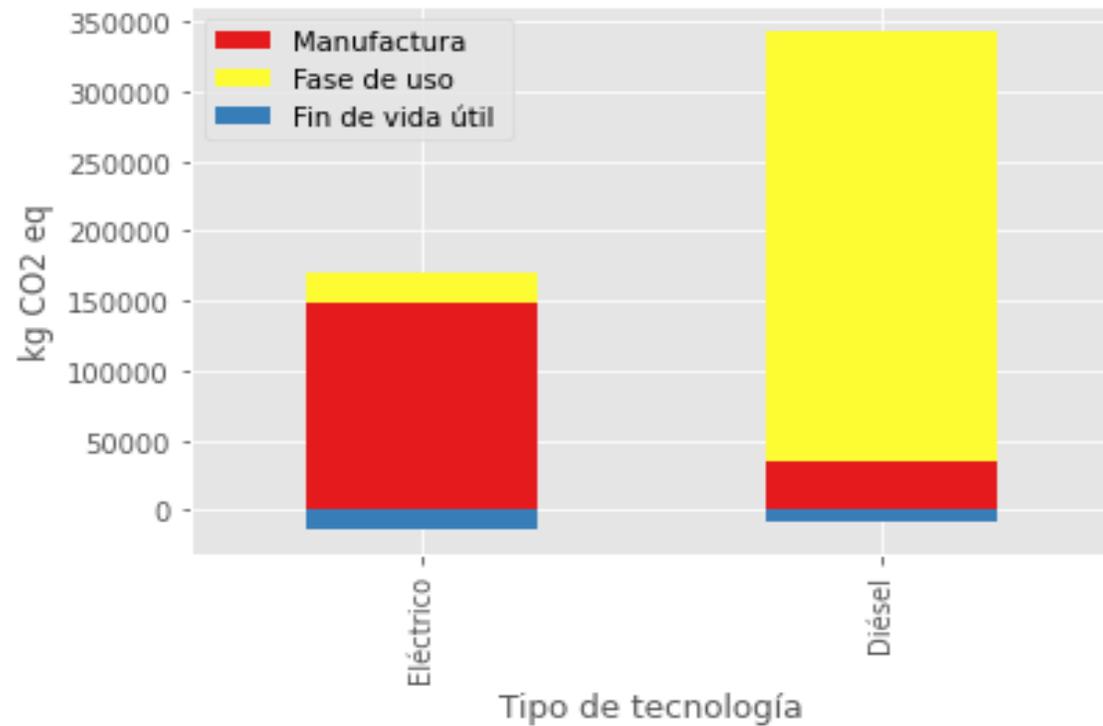
Fase de Fin de la Vida Útil



Resultados LCA con Matriz Energética Actual



Resultados LCA con Matriz 100% Renovable



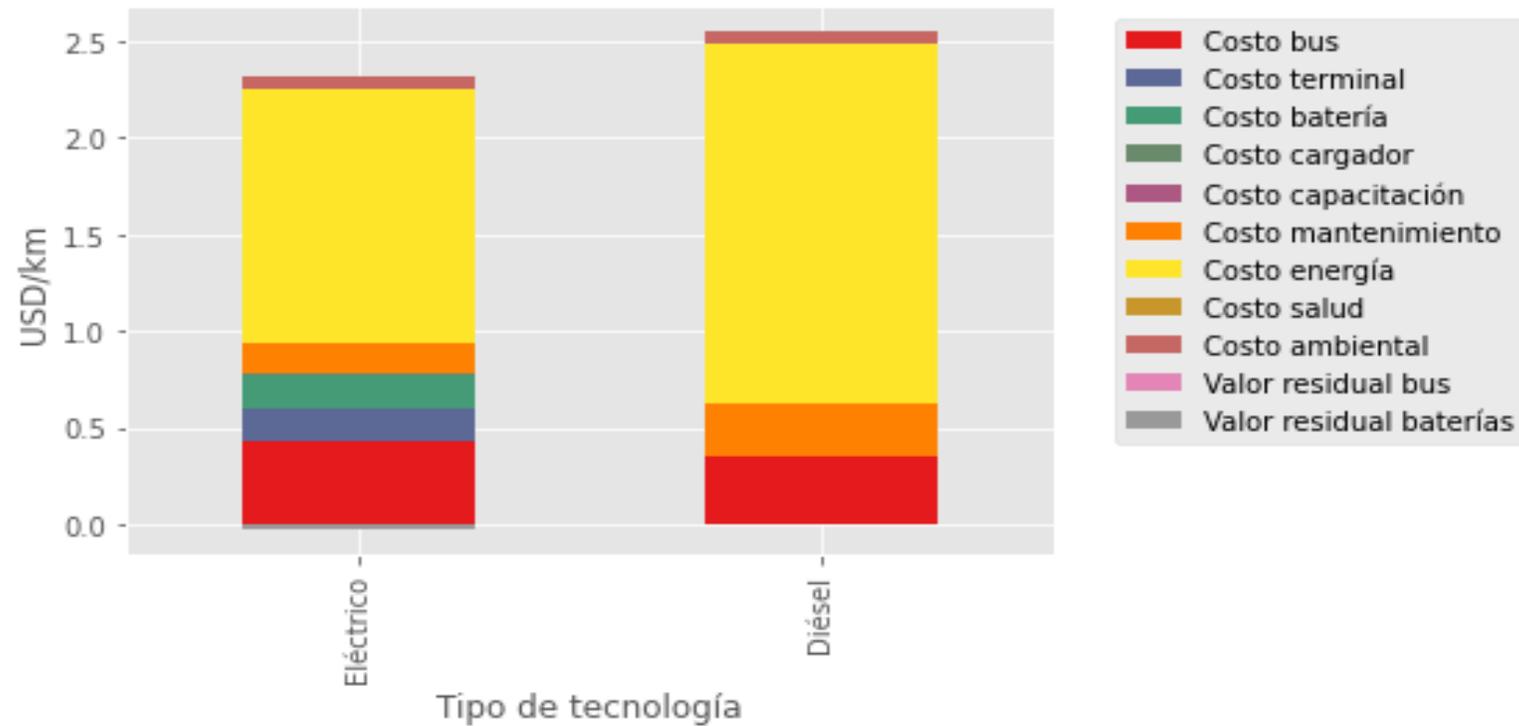
¿Cómo se acopla todo en el marco del análisis económico?

- Construir modelo de LCA a valores económicos → Costo ambiental

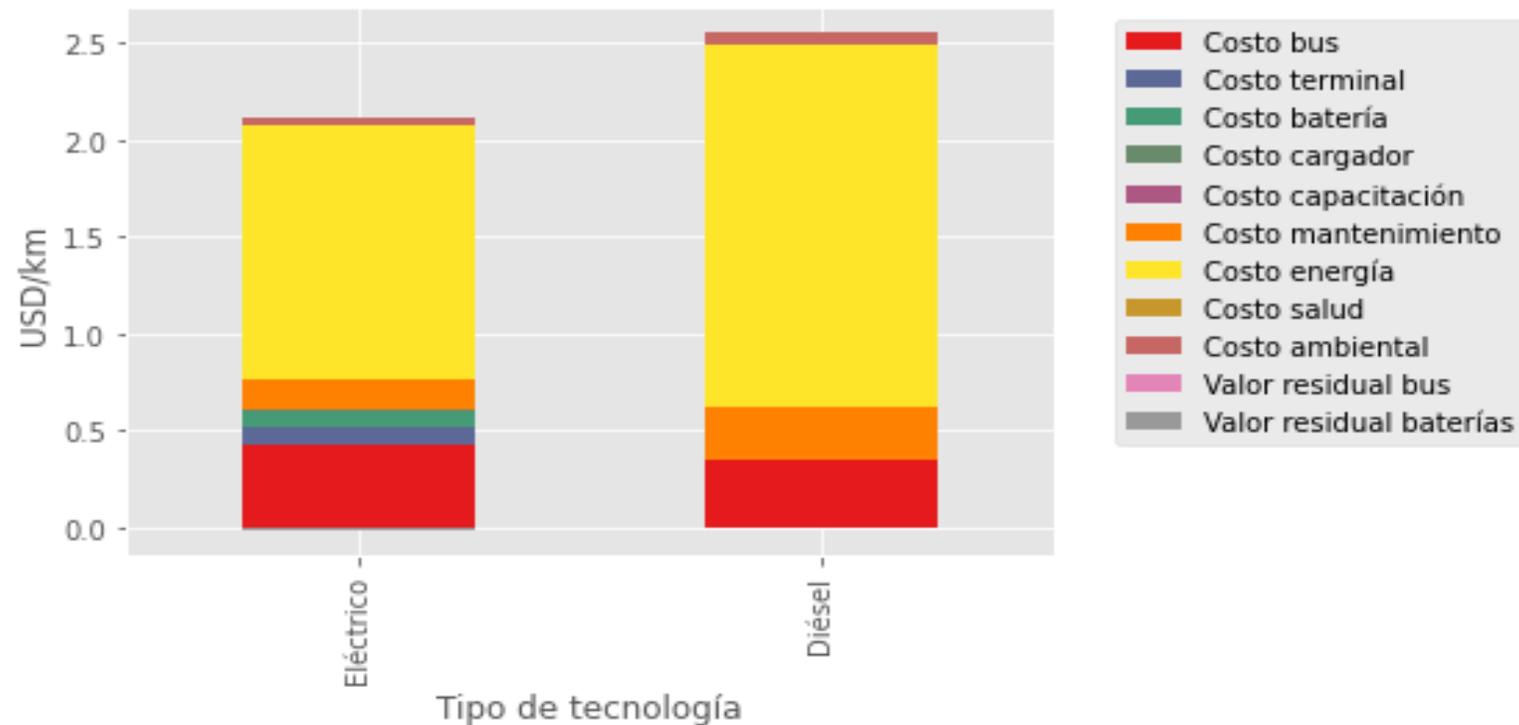
category	multipier (marginal prevention costs
eco-costs of acidification	8.75 €/kg SOx equivalent
eco-costs of eutrophication	4.17 €/kg phosphate equivalent
eco-costs of ecotoxicity	340.0 €/kg Cu equivalent
eco-costs of human toxicity	3754 €/kg Benzo(a)pyrene equivalent
eco-costs of summer smog (respiratory diseases)	6.0 €/kg NOx equivalent
eco-costs of fine dust	35.0 €/kg fine dust PM2.5 equivalent
eco-costs of global warming	0.116 €/kg CO2 equivalent

$$TCO = C_{Pu} + C_{Int} + \sum_{i=1}^n \frac{C_{Op}}{(1+r)^i} + \frac{C_M}{(1+r)^i} + \frac{C_{CO2}}{(1+r)^i} + \frac{C_H}{(1+r)^i} + C_{EoL}$$

Resultados TCO – tasa de descuento social del 10%



Resultados TCO – Proyección baja de precios y 100% ER



Conclusiones

- Por sus bajos costos de operación y mantenimiento, la tecnología de buses eléctricos posee desde el punto de vista económico una ventaja sobre los buses Euro VI.
- Debido a su dependencia de la matriz energética, la tecnología de buses eléctricos posee un mayor potencial de mejora en disminución de emisiones con respecto a los buses diésel.

Referencias

- [1] Göhlich, D., Fay, T. A., Jefferies, D., Lauth, E., Kunitz, A., & Zhang, X. (2018). Design of urban electric bus systems. *Design Science*, 4.
- [2] Marques, P., Garcia, R., & Freire, F. (2013). Life cycle assessment of electric and conventional cars in Portugal. *Energy for Sustainability*.
- [3] Singh, M. K. (1980). *Environmental assessment of the US Department of Energy electric and hybrid vehicle program*. The Laboratory.
- [4] Helmers, E., Dietz, J., & Weiss, M. (2020). Sensitivity Analysis in the Life-Cycle Assessment of Electric vs. Combustion Engine Cars under Approximate Real-World Conditions. *Sustainability*, 12(3), 1241.
- [5] Skansi, S. (2018). *Introduction to Deep Learning: from logical calculus to artificial intelligence*. Springer.
- [6] Chen, Y., Wang, Y., Kirschen, D., & Zhang, B. (2018). Model-free renewable scenario generation using generative adversarial networks. *IEEE Transactions on Power Systems*, 33(3), 3265-3275.
- [7] Severson, K. A., Attia, P. M., Jin, N., Perkins, N., Jiang, B., Yang, Z., ... & Bazant, M. Z. (2019). Data-driven prediction of battery cycle life before capacity degradation. *Nature Energy*, 4(5), 383-391.
- [8] Asociación de generadoras de Chile. Boletín del mercado eléctrico sector generación, May 2019. <http://generadoras.cl/media/page-files/817/Boletin>.
- [9] DELFT, T. (2017). The Model of the Eco-costs/Value Ratio.



Programa Clima y Aire limpio
en Ciudades de América Latina



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE