

Ciclo de charlas técnicas: Hidrógeno como agente de cambio en el sector ferroviario rumbo al Net Zero

¿Dónde hace sentido usar hidrógeno?

¿Baterías o Hidrógeno para el sector ferroviario?

JOSU OLMOS

Ikerlan Technology Research Centre (BRTA). Energy Storage and Power Electronics. Arrasate-Mondragón (Spain).

25 junio 2024

ikerlan

MEMBER OF BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY ALLIANCE

www.ikerlan.es

Agenda

1. Introducción.
2. Metodología de Diseño Holístico.
3. Resultados.
4. Conclusiones.

1.

Introducción.

2. Metodología de Diseño Holístico.
3. Resultados.
4. Conclusiones



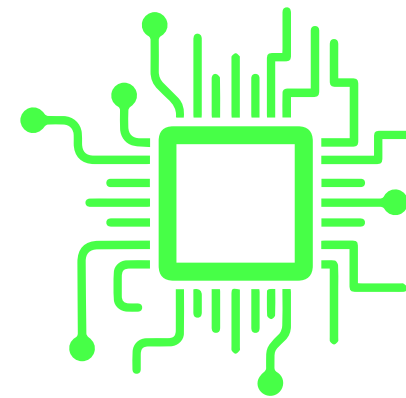
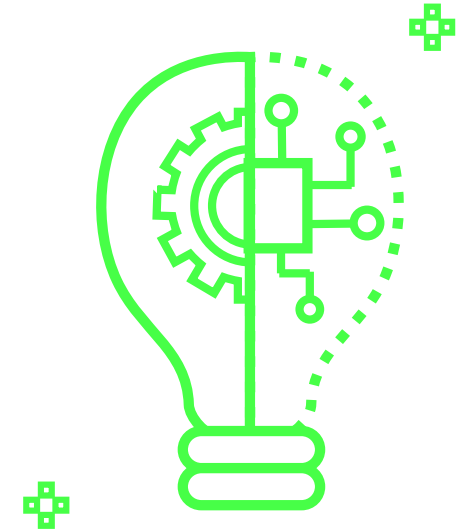
Josu Olmos.

- B.Sc. 2017
- M.Sc. 2018
- Ph.D. 2022

Desde 2018 trabajo en el departamento de Almacenamiento y Gestión de la Energía de **IKERLAN**, actualmente en el rol de investigador y project manager de proyectos industriales y financiación pública.

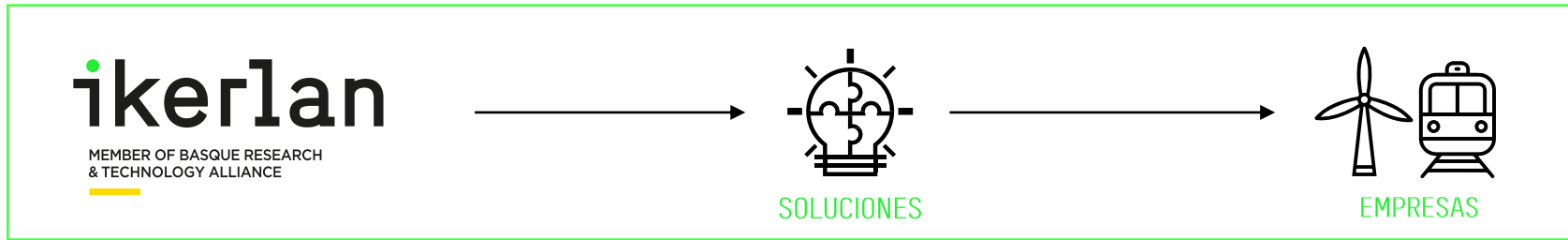
Principales intereses en:

- Tecnologías de baterías de litio ion.
- Tecnologías del hidrógeno.
- Aplicaciones de movilidad.
- Aplicaciones estacionarias.



Somos un centro tecnológico.

Comprometidos con el desarrollo de la tecnología que las empresas necesitan para transformar sus procesos, productos y servicios.



MÁS DE
407
PERSONAS

• Preparadas para retos tecnológicos presentes y futuros

30,6 M€
INGRESOS TOTALES EN 2023

15,8 M€ En **transferencia tecnológica** a empresas

• **13,5 M€** En **proyectos de investigación** en 2023 (DFG, GV, AGE y Horizon Europe)

1,3 M€ OTROS INGRESOS

Sectores

39 % Transporte y movilidad

22 % Fabricación

• 17 % Energía

9 % Electrónica y TICs

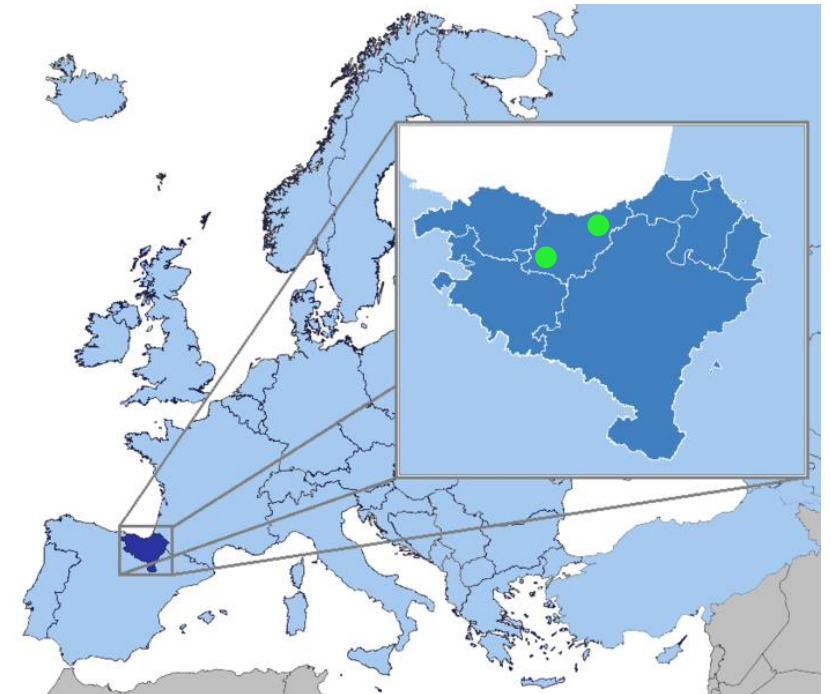
4 % Automoción y vehículos

4 % Alimentación y bebidas

3 % Servicios y otras industrias

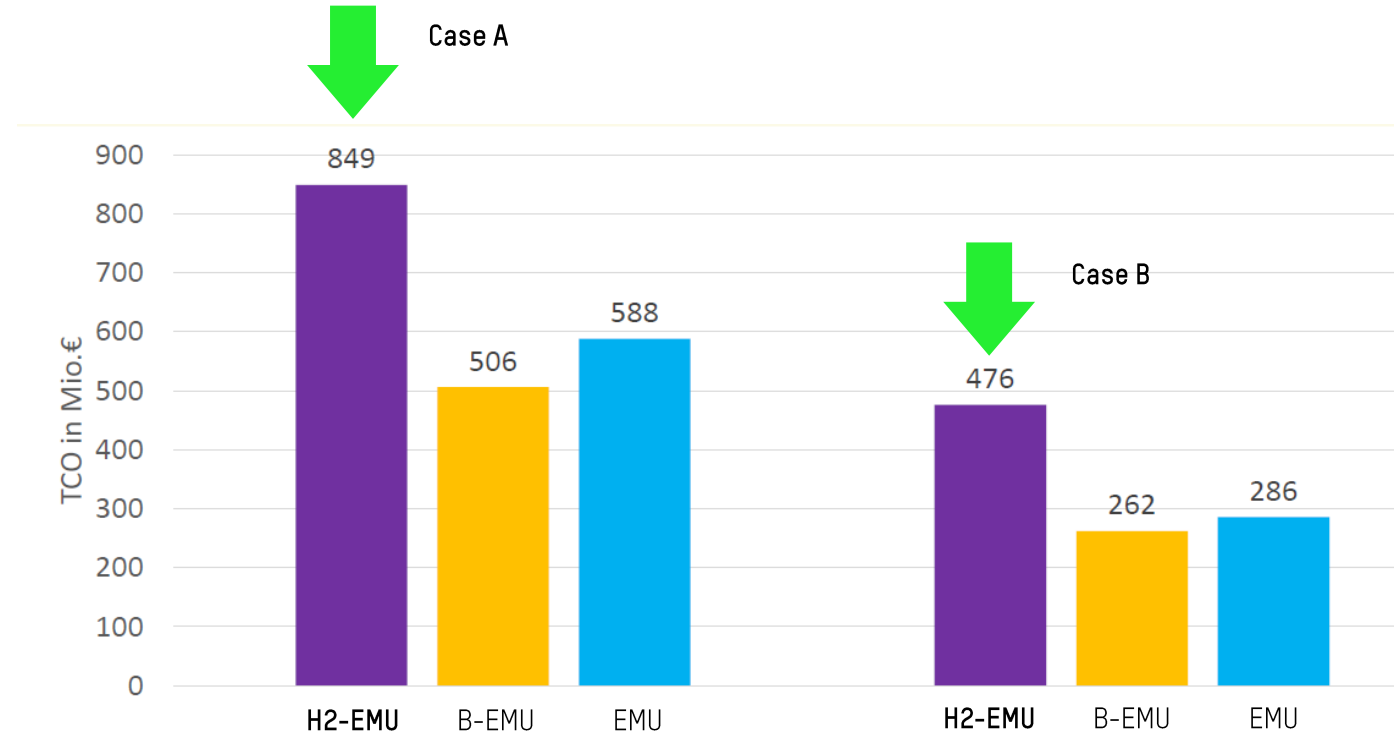
1 % Salud

1 % Aeronáutica y espacio



¿Es el hidrógeno competitivo?

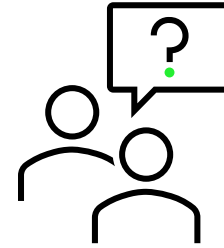
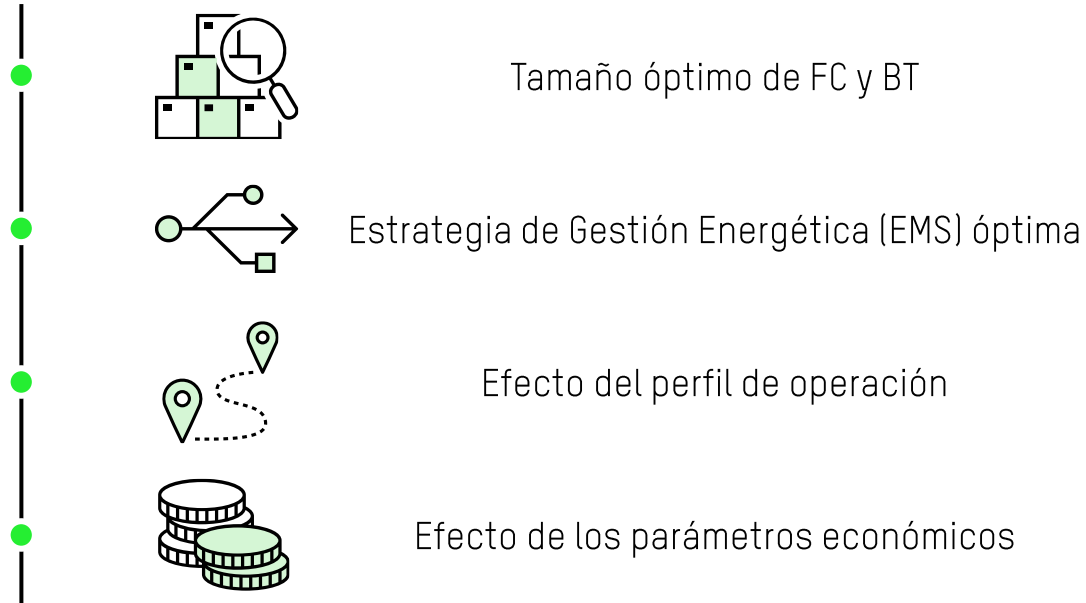
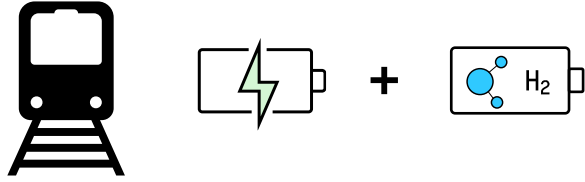
Alstom Coradia iLint
(2019)



[1] Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, Technical Report, Oct. 2022. [Translated]

- Análisis estatico en un recorrido y en un momento socio-economico concreto

Incertidumbres en las estimaciones económicas.



2.

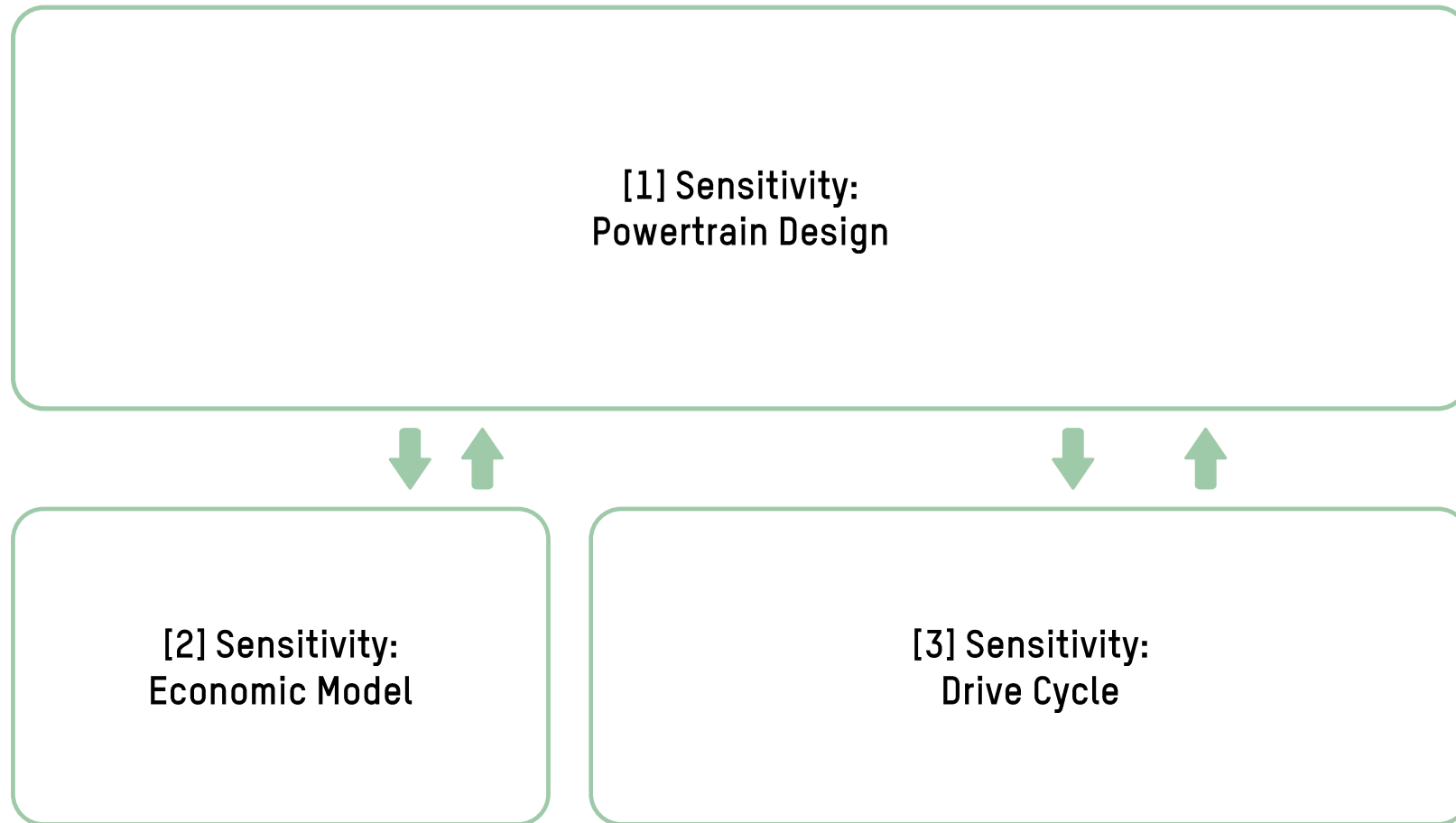
Metodología de Diseño Holístico.

3. Resultados.

4. Conclusiones

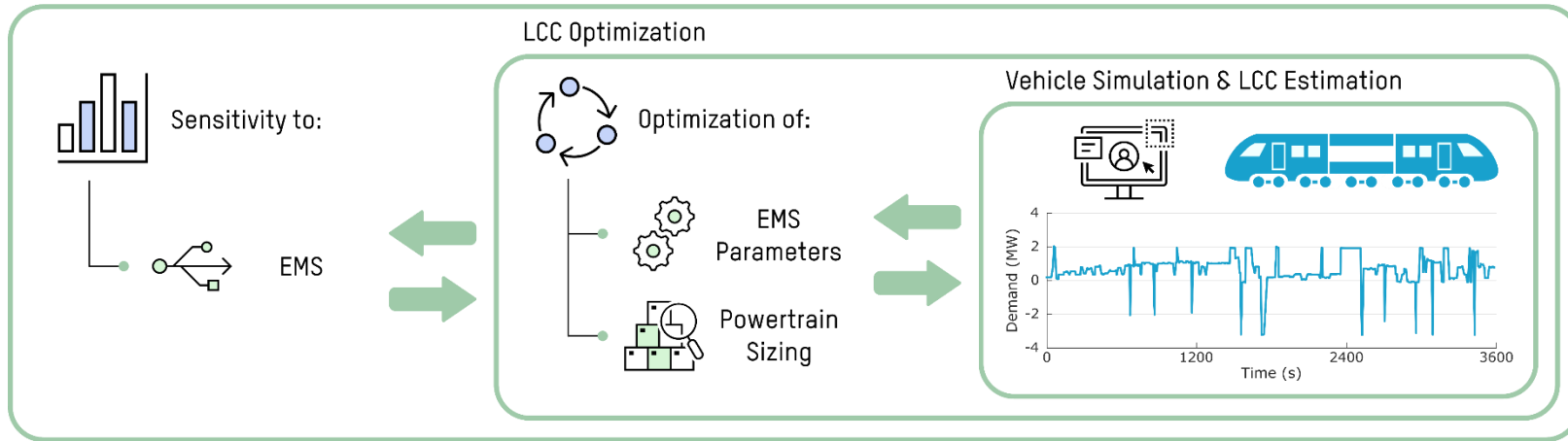


Metodología de Diseño Holístico.

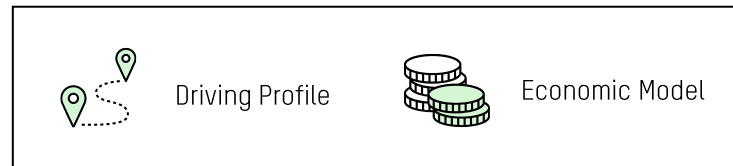


Metodología de Diseño Holístico.

[1] Sensitivity: Powertrain Design

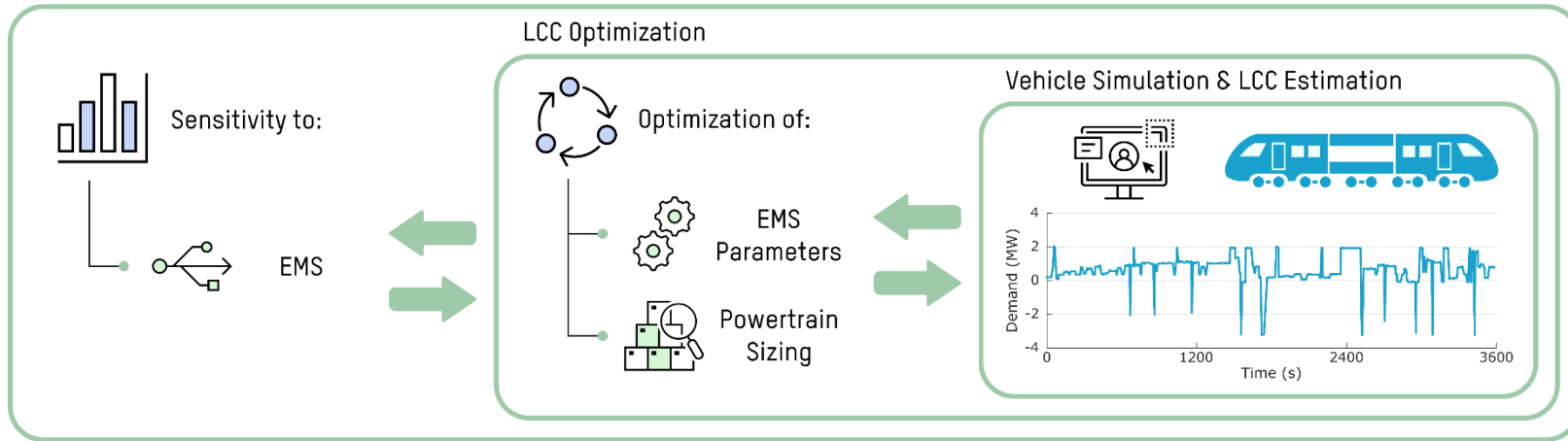


Fixed features:

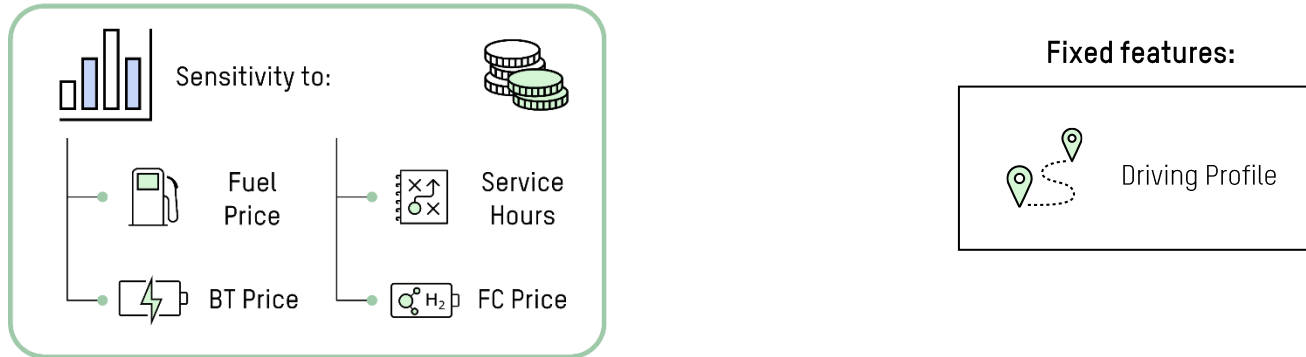


Metodología de Diseño Holístico.

[1] Sensitivity: Powertrain Design

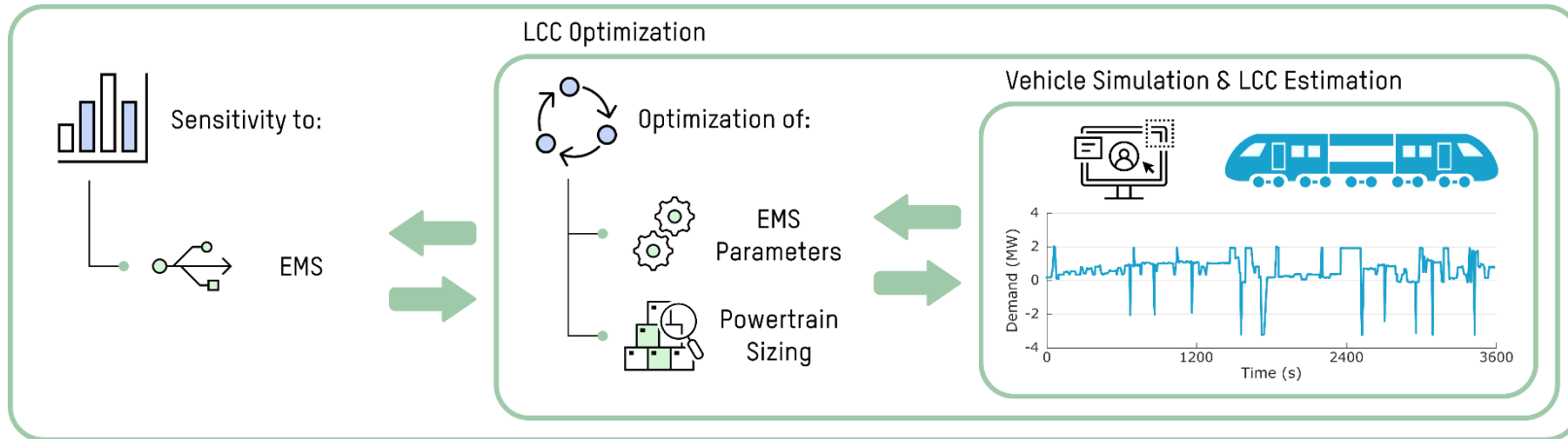


[2] Sensitivity: Economic Model

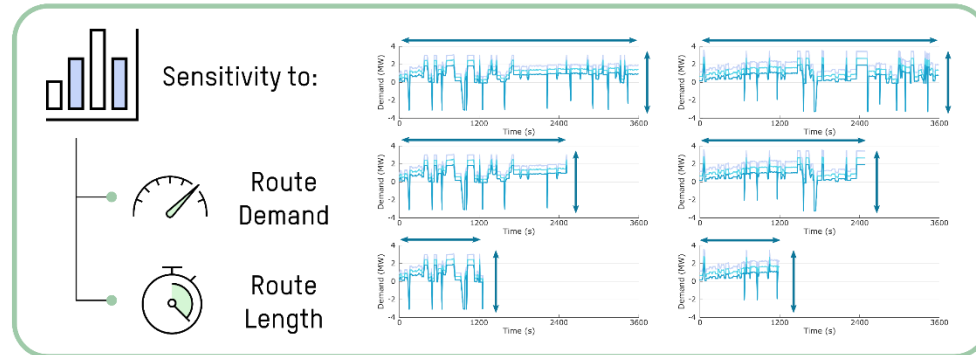
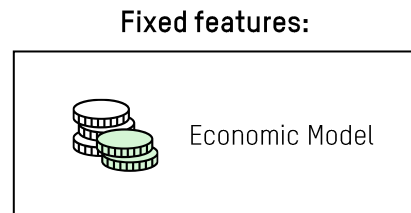


Metodología de Diseño Holístico.

[1] Sensitivity: Powertrain Design

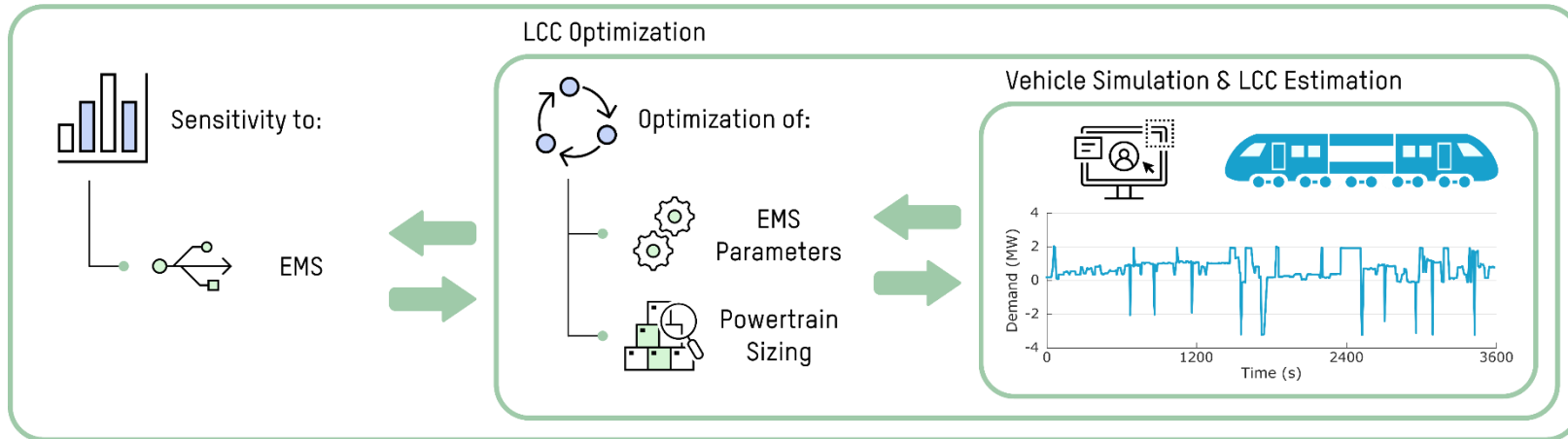


[3] Sensitivity: Drive Cycle

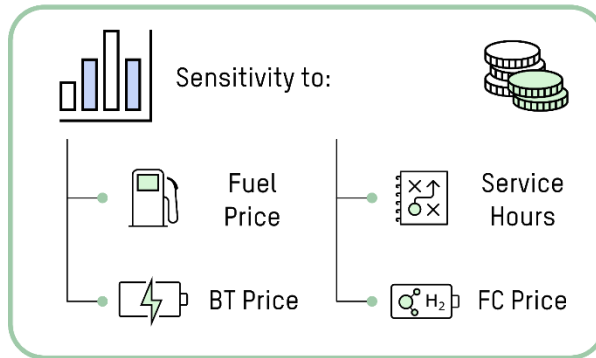


Metodología de Diseño Holístico.

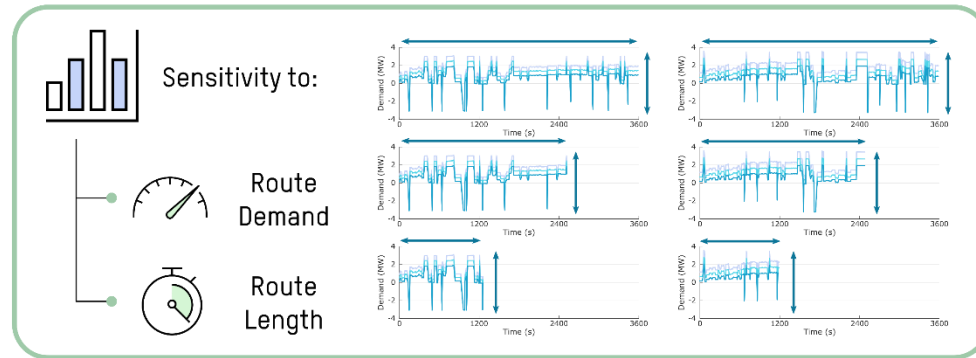
[1] Sensitivity: Powertrain Design



[2] Sensitivity: Economic Model



[3] Sensitivity: Drive Cycle



3.

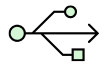
Resultados.

4. Conclusiones



Casos del Análisis de Sensibilidad.

Sensibilidad a:



EMS



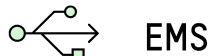
Driving profile



Economic model

Casos del Análisis de Sensibilidad.

Sensibilidad a:



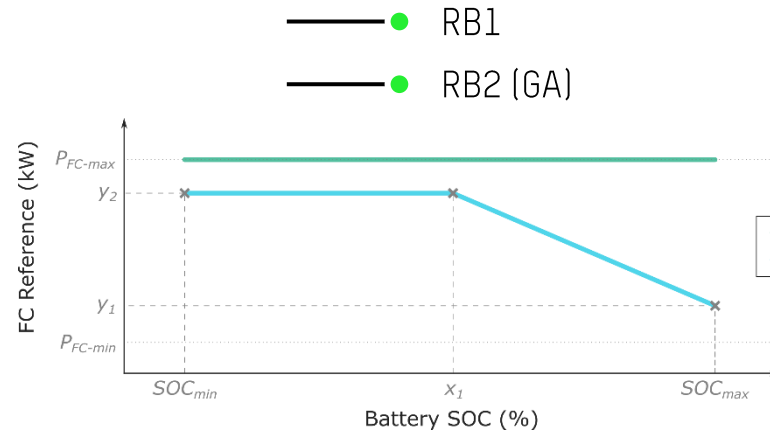
EMS



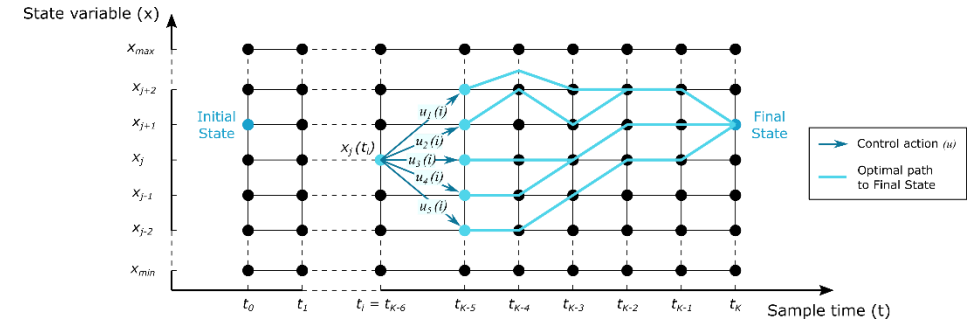
Driving profile



Economic model

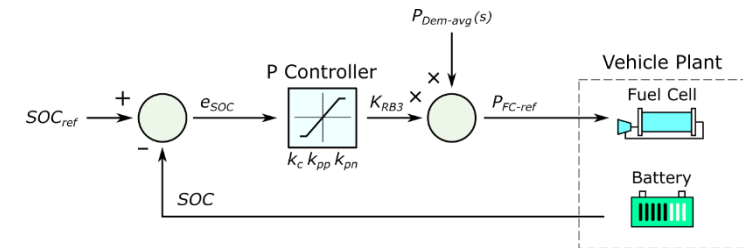
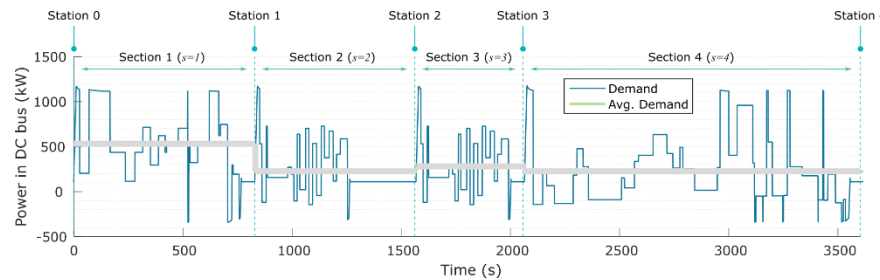


—● Dynamic Programming



$$J = \sum_{k=0}^{K-1} \left(a \cdot \dot{m}_{h2}(U(k)) + b \cdot \Delta P_{FC}(U(k)) \right) \cdot \Delta t$$

—● RB3 (GA)



Casos del Análisis de Sensibilidad.

Sensibilidad a:



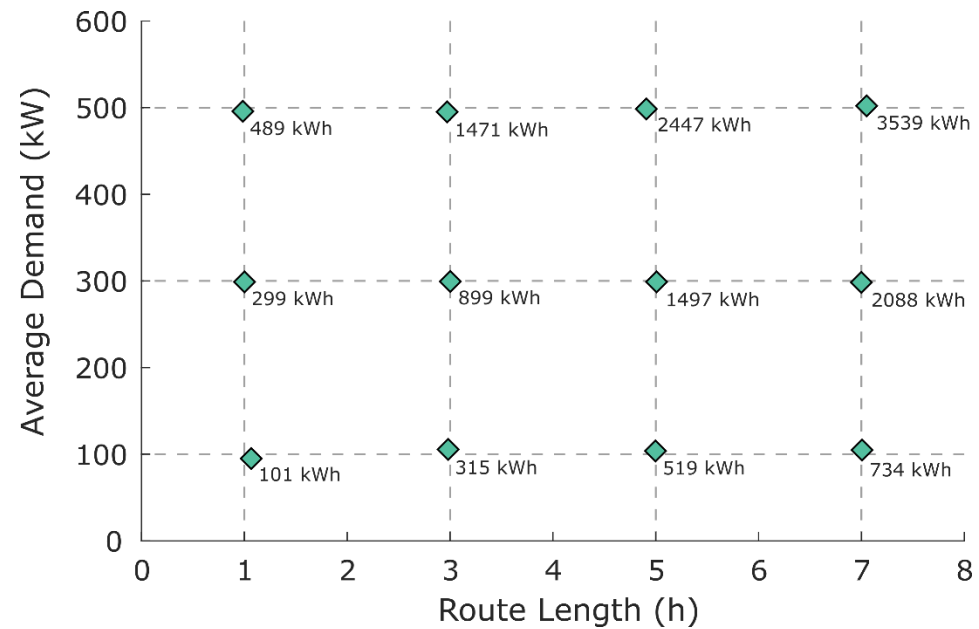
EMS



Driving profile



Economic model



Casos del Análisis de Sensibilidad.

Sensibilidad a:



EMS

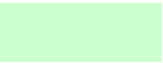


Driving profile



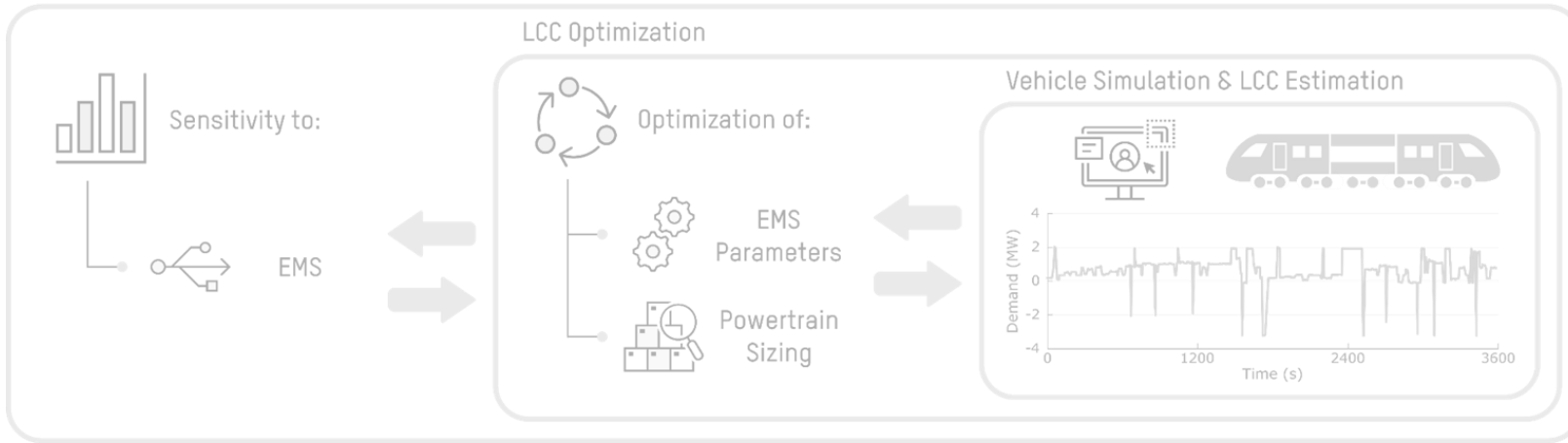
Economic model

Parameter	Low	Medium	High
Useful Life	30 years	30 years	30 years
Yearly operation	320 days	320 days	320 days
Daily operation	5 h	10 h	15 h
Interest rate	2.5 %	2.5 %	2.5 %
BT price	1200 €/kWh	1500 €/kWh	1800 €/kWh
FC Price	500 €/kW	800 €/kW	1000 €/kW
Hydrogen Price	3 €/kg	7 €/kg	11 €/kg

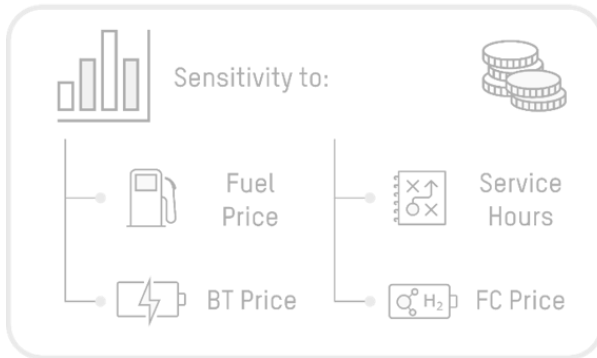
 Baseline scenario

Casos del Análisis de Sensibilidad: Hoy.

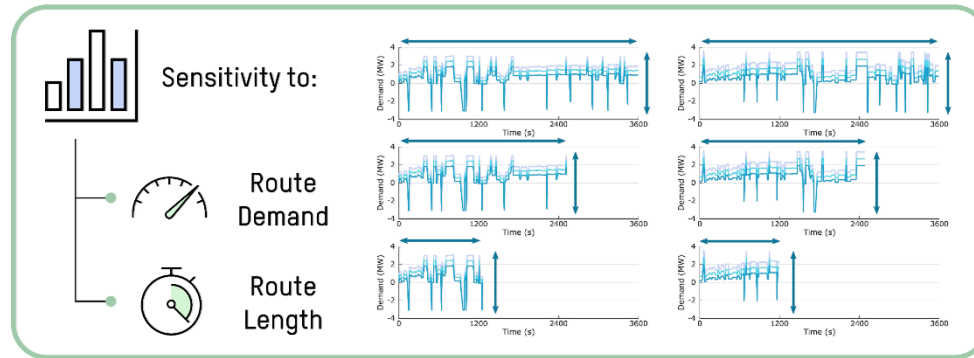
[1] Sensitivity: Powertrain Design



[2] Sensitivity: Economic Model



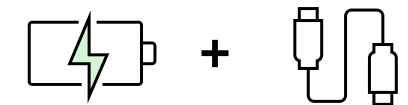
[3] Sensitivity: Drive Cycle



H₂EMU



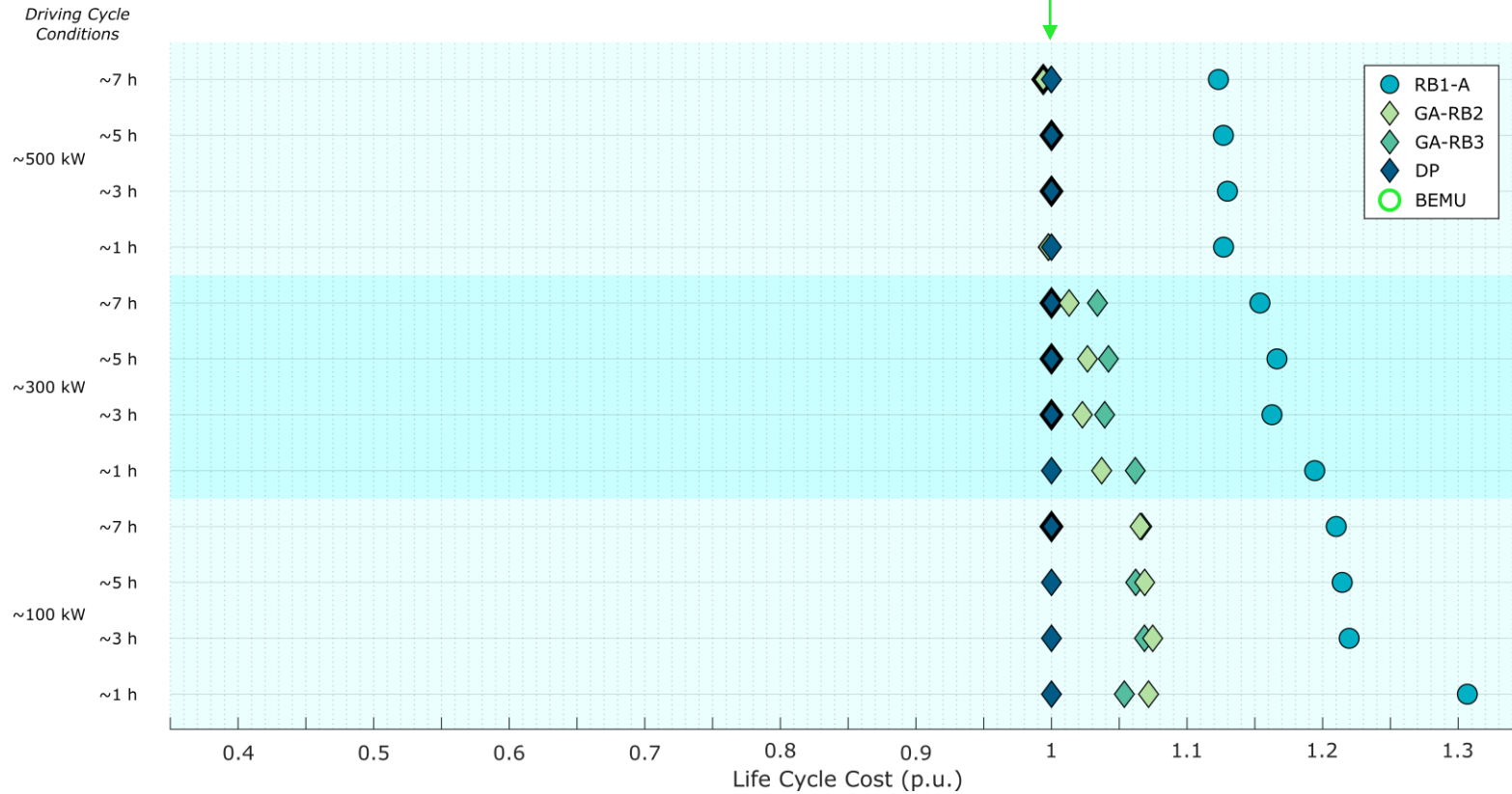
VS



BEMU

Sensibilidad al Recorrido.

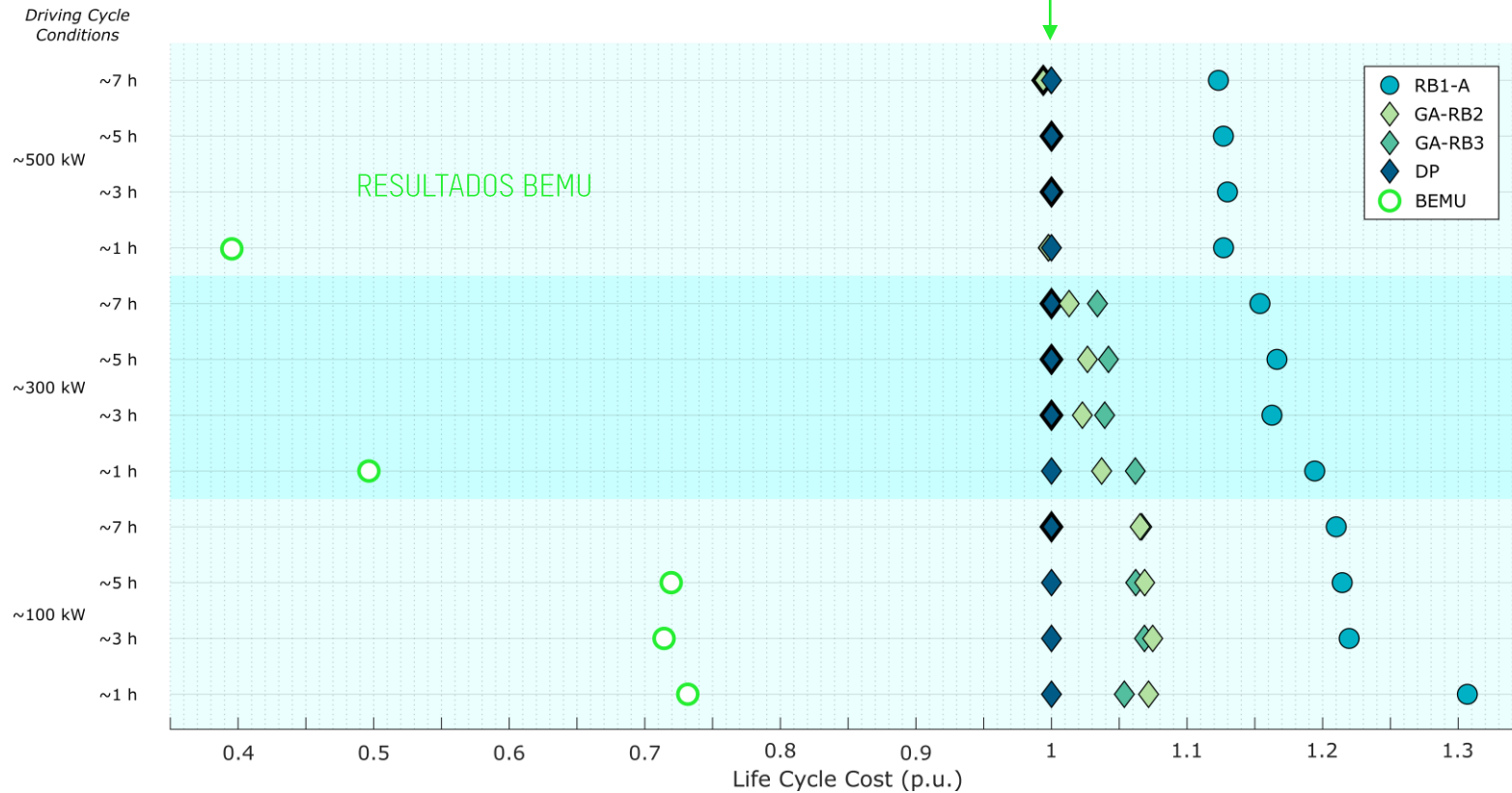
Referencia: mejor caso H₂EMU



—● Resultados en escenario Base

Sensibilidad al Recorrido.

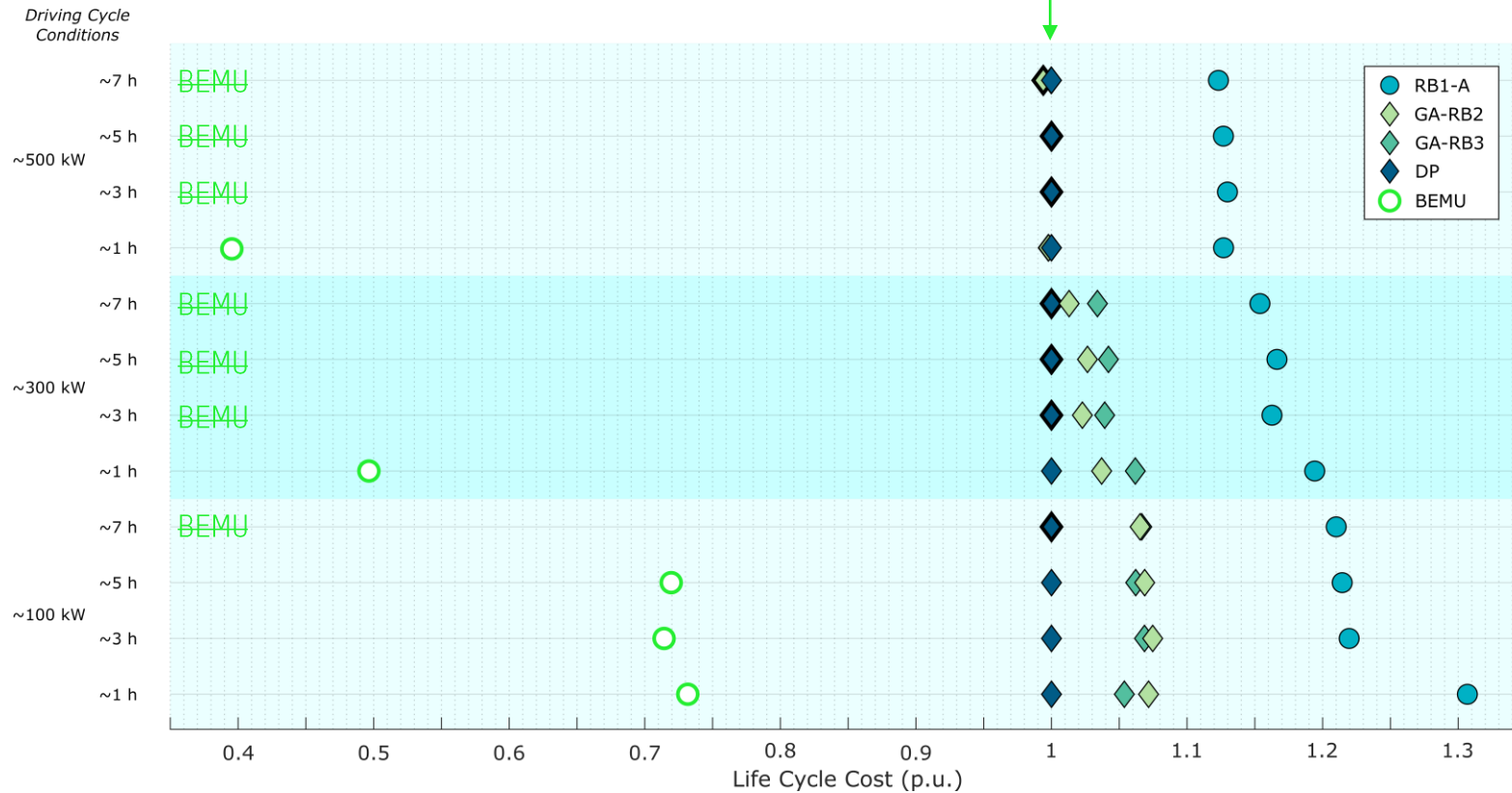
Referencia: mejor caso H₂EMU



- Resultados en escenario Base
- Solo en 5/12 escenarios es posible el funcionamiento de una BEMU. En todos los casos es la mejor opción en términos económicos.

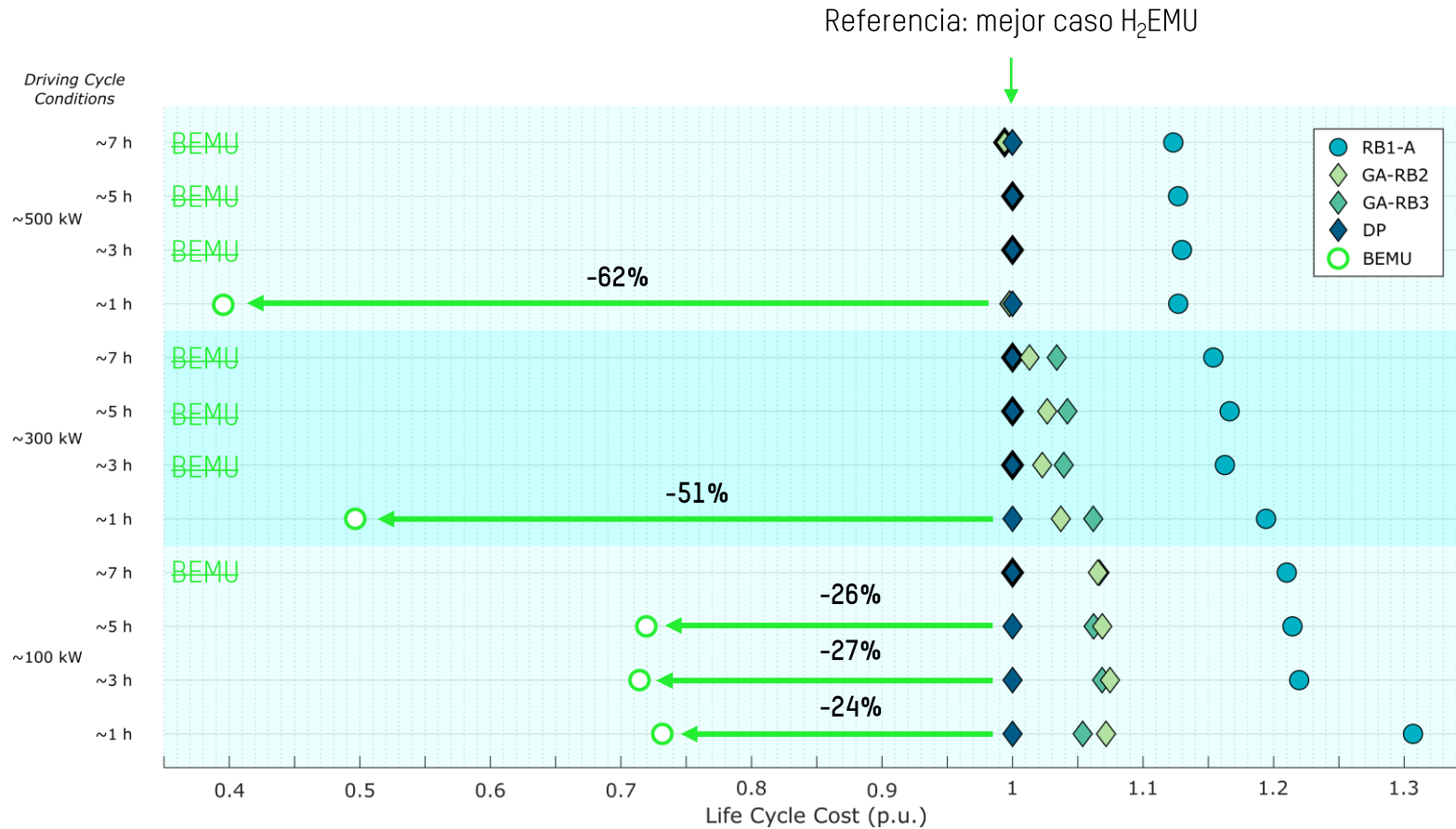
Sensibilidad al Recorrido.

Referencia: mejor caso H₂EMU



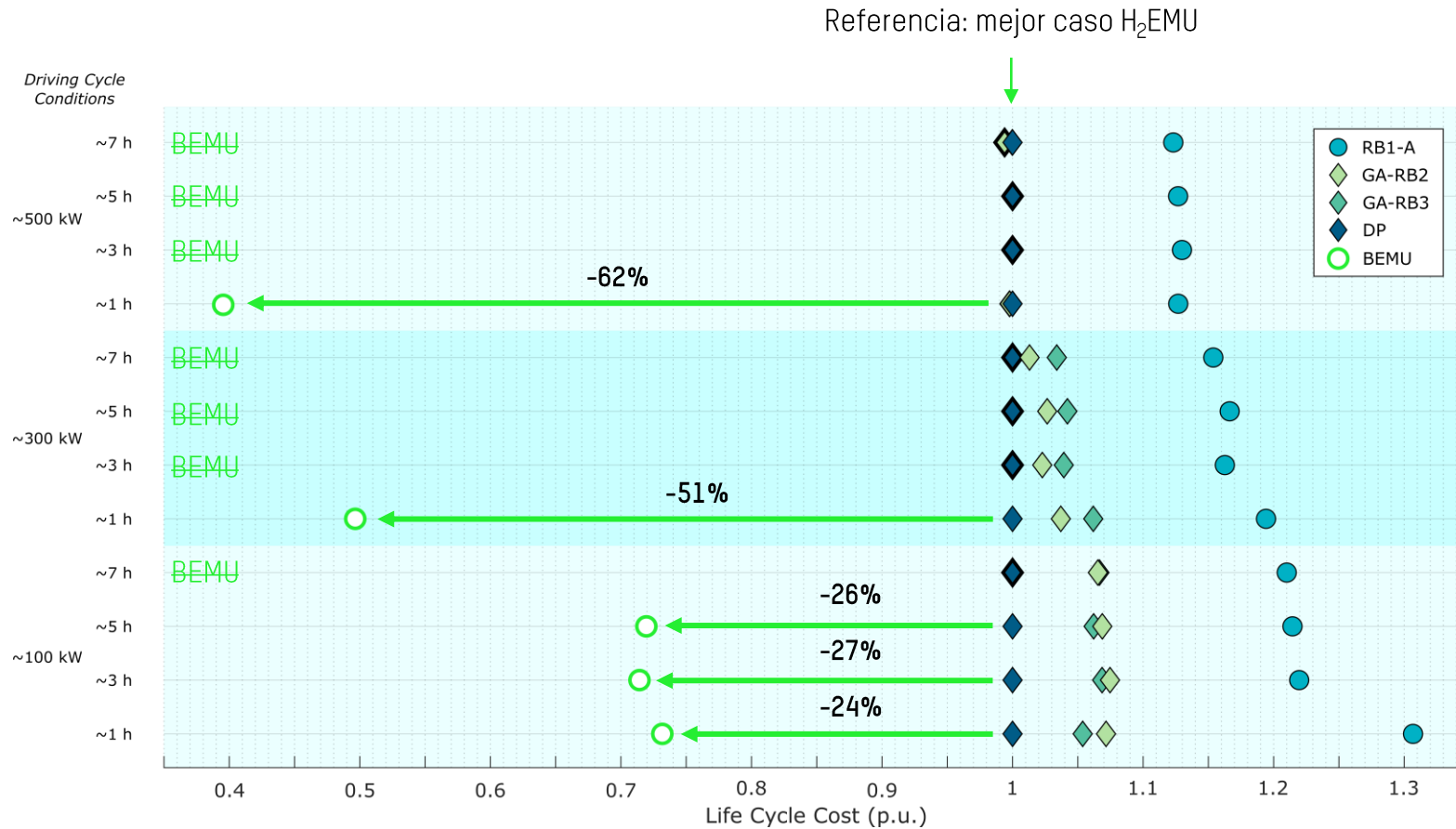
- Resultados en escenario Base
- Solo en 5/12 escenarios es posible el funcionamiento de una BEMU. En todos los casos es la mejor opción en términos económicos.

Sensibilidad al Recorrido.



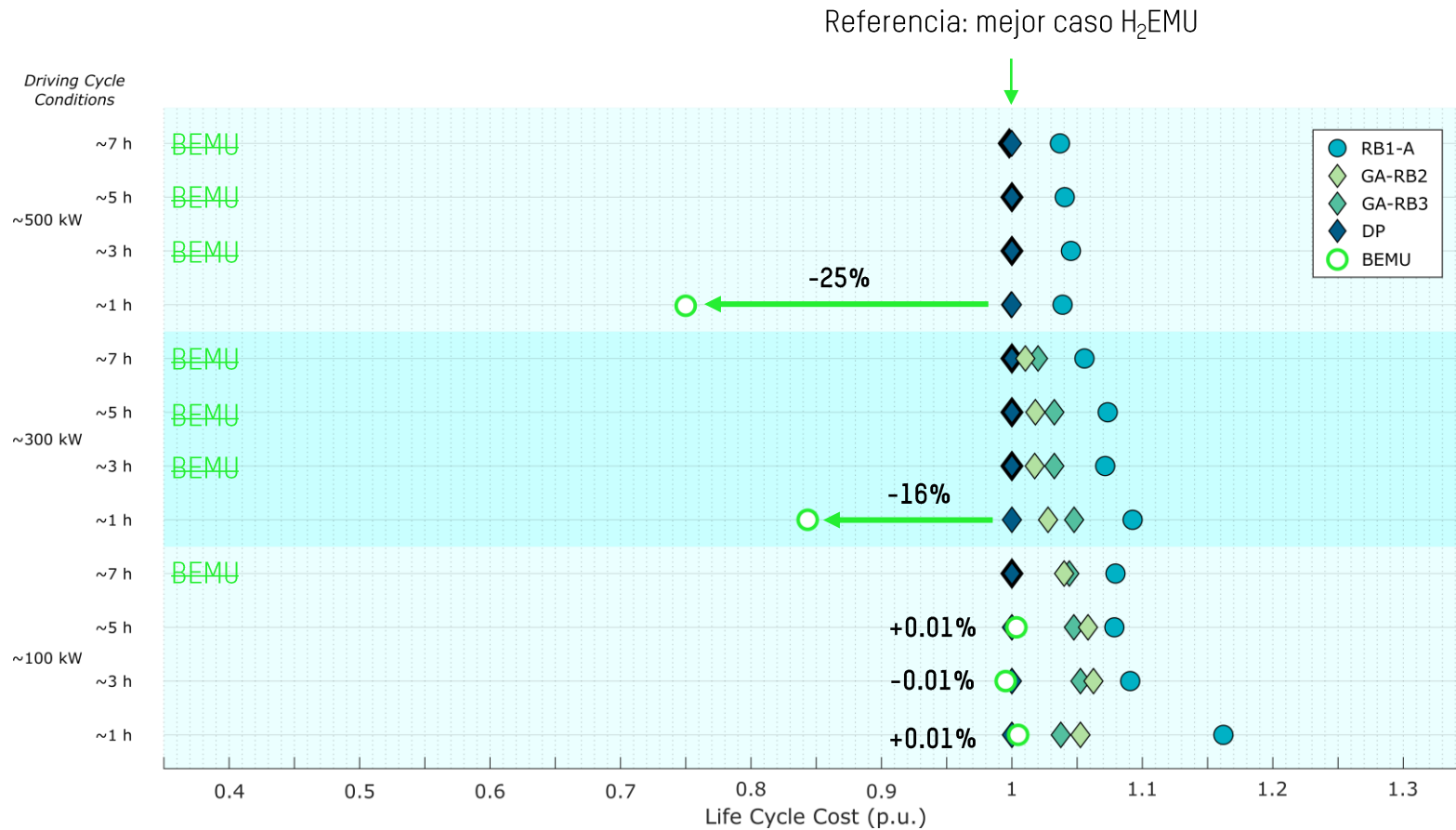
- Resultados en escenario Base
- Solo en 5/12 escenarios es posible el funcionamiento de una BEMU. En todos los casos es la mejor opción en términos económicos.
- La diferencia es **notoria**, y mayor con recorridos o vehículos más demandantes.

Sensibilidad al Recorrido.



- Resultados en escenario Base
- Solo en 5/12 escenarios es posible el funcionamiento de una BEMU. En todos los casos es la mejor opción en términos económicos.
- La diferencia es **notoria**, y mayor con recorridos o vehículos más demandantes.
- Estos resultados han sido obtenidos con un precio del hidrogeno de 11 €/kg

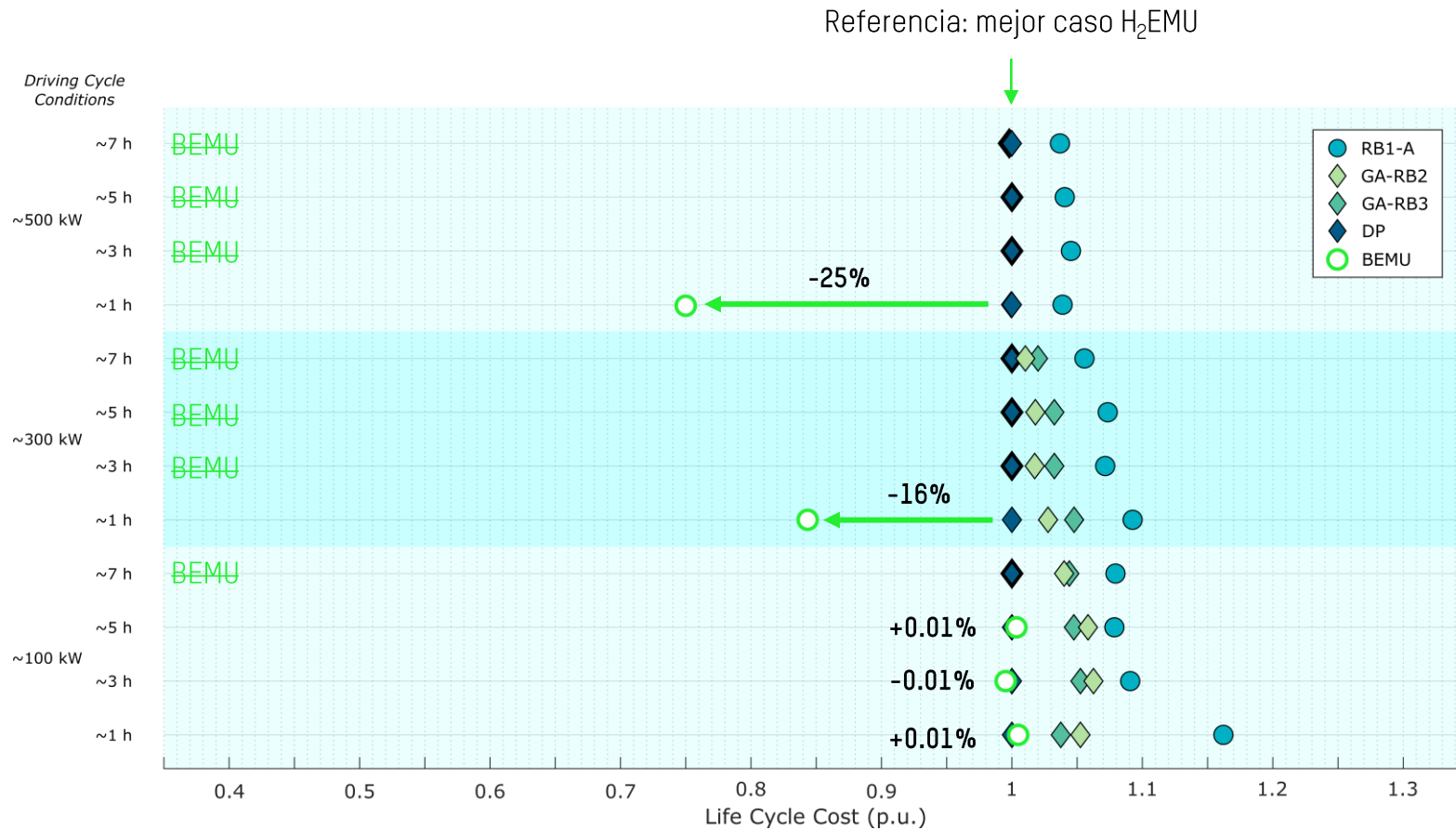
Sensibilidad al Recorrido.



● Resultados con precio 3€/kg ^[1]

^[1]The Future of Hydrogen. Technical report, IEA, Paris, 2019. URL <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>.

Sensibilidad al Recorrido.

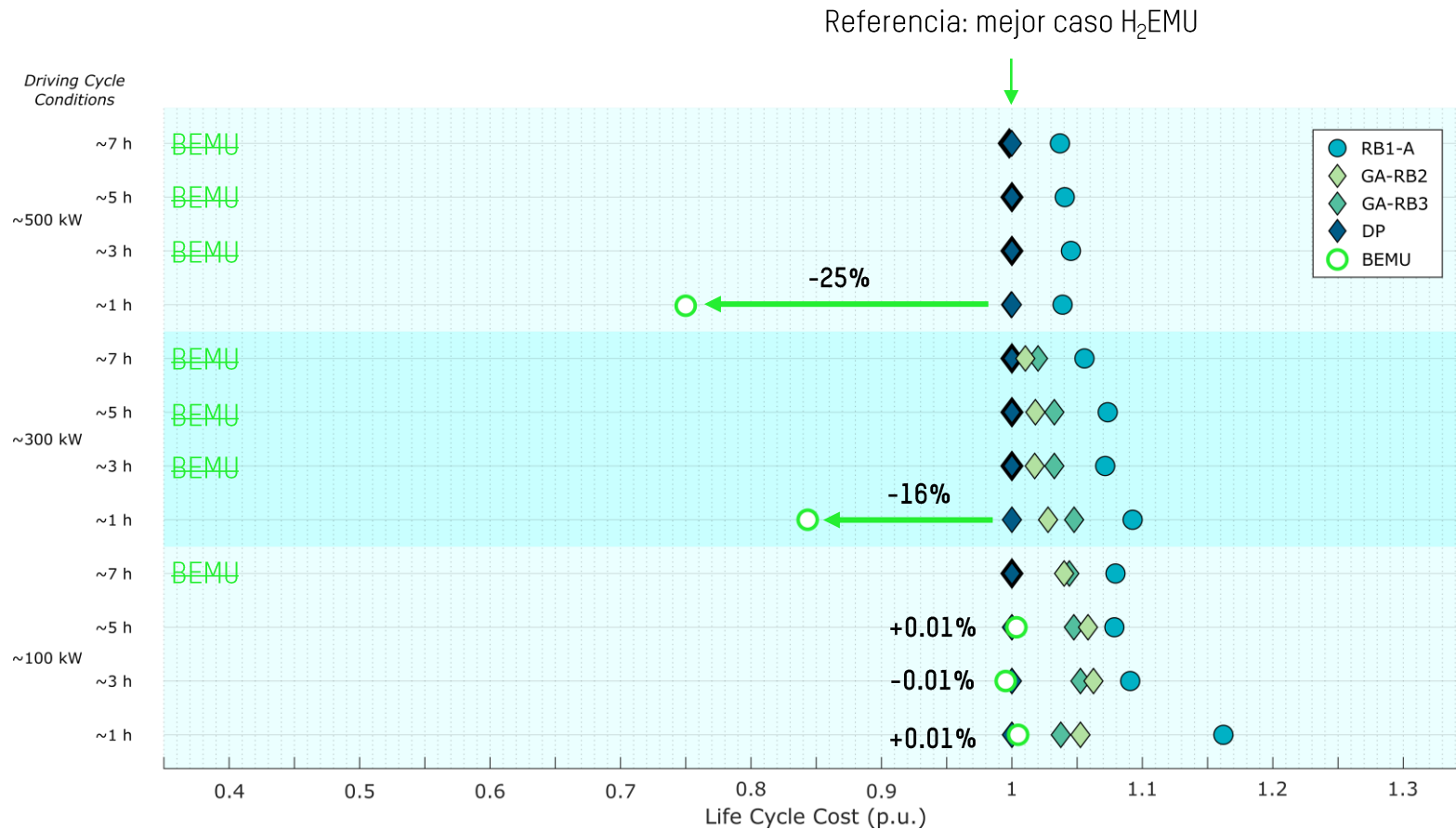


● Resultados con precio 3€/kg ^[1]

● La opción de la H₂EMU es competitiva económicamente en los recorridos menos demandantes.

^[1]The Future of Hydrogen. Technical report, IEA, Paris, 2019. URL <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>.

Sensibilidad al Recorrido.



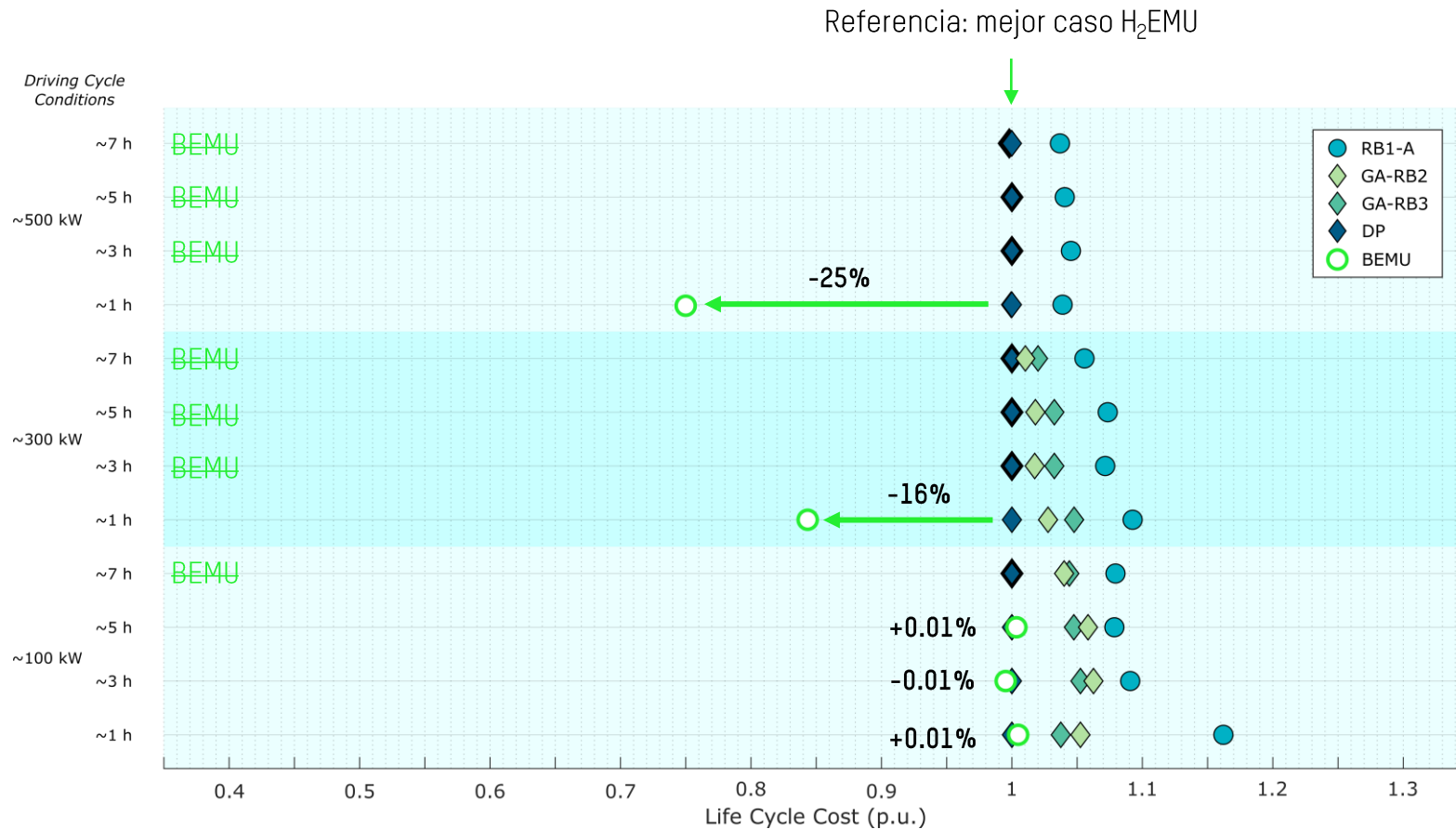
● Resultados con precio 3€/kg ^[1]

● La opción de la H₂EMU es competitiva económicamente en los recorridos menos demandantes.

● En total, en 10/12 escenarios es competitiva la opción de la H₂EMU .

^[1]The Future of Hydrogen. Technical report, IEA, Paris, 2019. URL <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>.

Sensibilidad al Recorrido.



● Resultados con precio 3€/kg ^[1]

● La opción de la H₂EMU es competitiva económicamente en los recorridos menos demandantes.

● En total, en 10/12 escenarios es competitiva la opción de la H₂EMU .

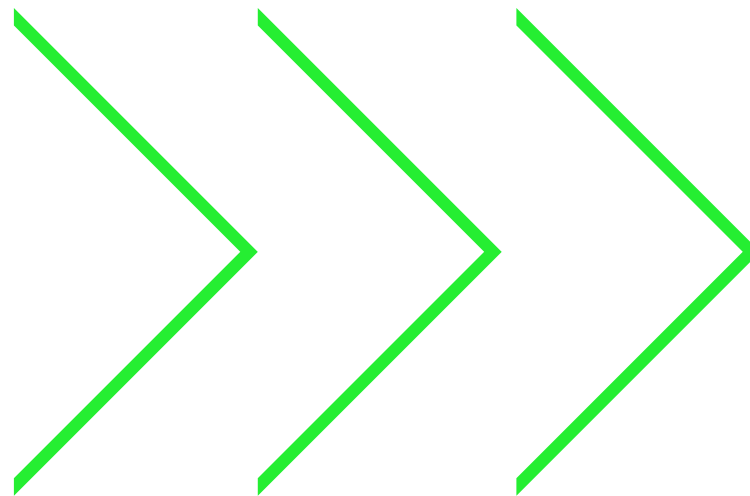
● Aun podría afectar:

- Precio de la pila
- Coste de la electricidad
- Uso diario del vehículo

^[1]The Future of Hydrogen. Technical report, IEA, Paris, 2019. URL <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>.

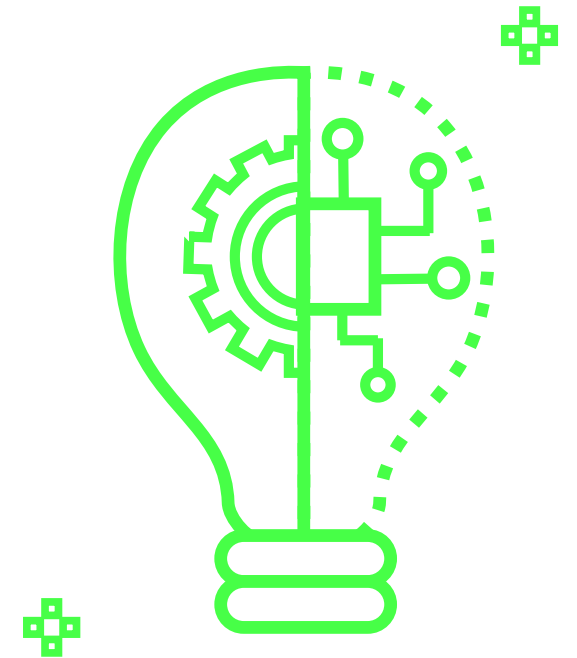
4.

Conclusiones.





Conclusiones Principales.

- La metodología desarrollada en IKERLAN nos permite definir los escenarios en los que la opción del hidrógeno es superior a la opción con baterías (además de optimizar el diseño de la opción del hidrógeno).
- El análisis es preliminar, y podría extenderse a líneas con una mayor diversidad de características o con mayor/menor uso.
- De todas formas, se observa una de las conclusiones principales: **Es necesario obtener hidrógeno a bajo coste para convertir a la opción del hidrógeno en competitiva.**



¡Muchas Gracias!

 Josu Olmos-Amondarain

 +34 607677784

 jolmos@ikerlan.es



www.ikerlan.es

P.º José María Arizmendiarieta, 2 – 20500 Arrasate-Mondragón.

