

Sesión 6.

Fuentes de energía e infraestructura

Contexto

Ulises Cano (D.Phil)
ulises.cano@sener.es

Transporte Público Sustentable: Implicaciones

- ❑ “obligación moral” gobiernos  \$ relevante, ¿prioridad/apoyos?
- ❑ Competitivo: >km/\$ (OPEX). ¿y CAPEX? alto = gasto vs. inversión
- ❑ Al implantar tracción eléctrica:
 - rutas y ciclo, horarios predefinidos, recarga central, mayor control de unidades, amplio espacio p/almacenar energía, etc.
- ❑ Eficiencia energ. + Impactos ambientales + salud = calidad de vida

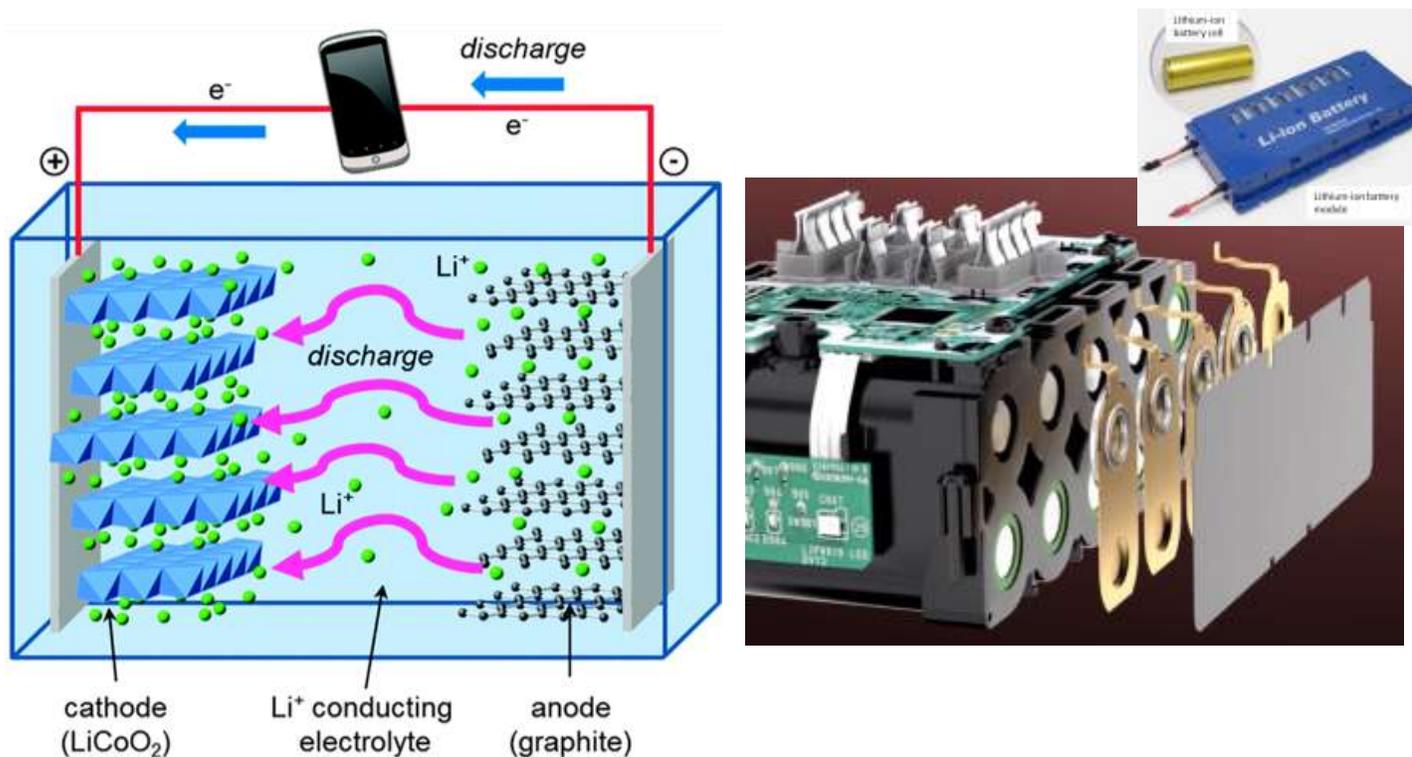
Contenido

- Tracción Eléctrica
Baterías de Litio/Hidrógeno/Trolleybus (tren ligero, tranvía)
- Infraestructura
- Sustentabilidad: Fuente de energía Energía, emisiones, etc.

La selección del tipo de Buses y sus implicaciones son de índole técnico

Baterías de iones de litio (LIB)

Dispositivo electroquímico: almacena energía química que se aprovecha como electricidad mediante reacciones, 200 Wh/kg (LFP)



Hidrógeno (H₂)

Gas de alto contenido energético, 120kJ/g, i.e. combustible (39.4 kWh/kg)



¿Cómo se usan:?

Baterías de iones de litio (LIB)

Se instalan y conectan a un motor eléctrico mediante un “acondicionador” de potencia

Hidrógeno (H₂)

- Precisa de un dispositivo adicional: Celdas de Combustible
- Se puede quemar: baja eficiencia, retos NOx
- Materia prima, agente reductor, etc.



Celdas de Combustible (FC)

Dispositivo electroquímico: transforma energía química en electricidad mediante reacciones químicas

Ambas son sistemas “algo” complejos

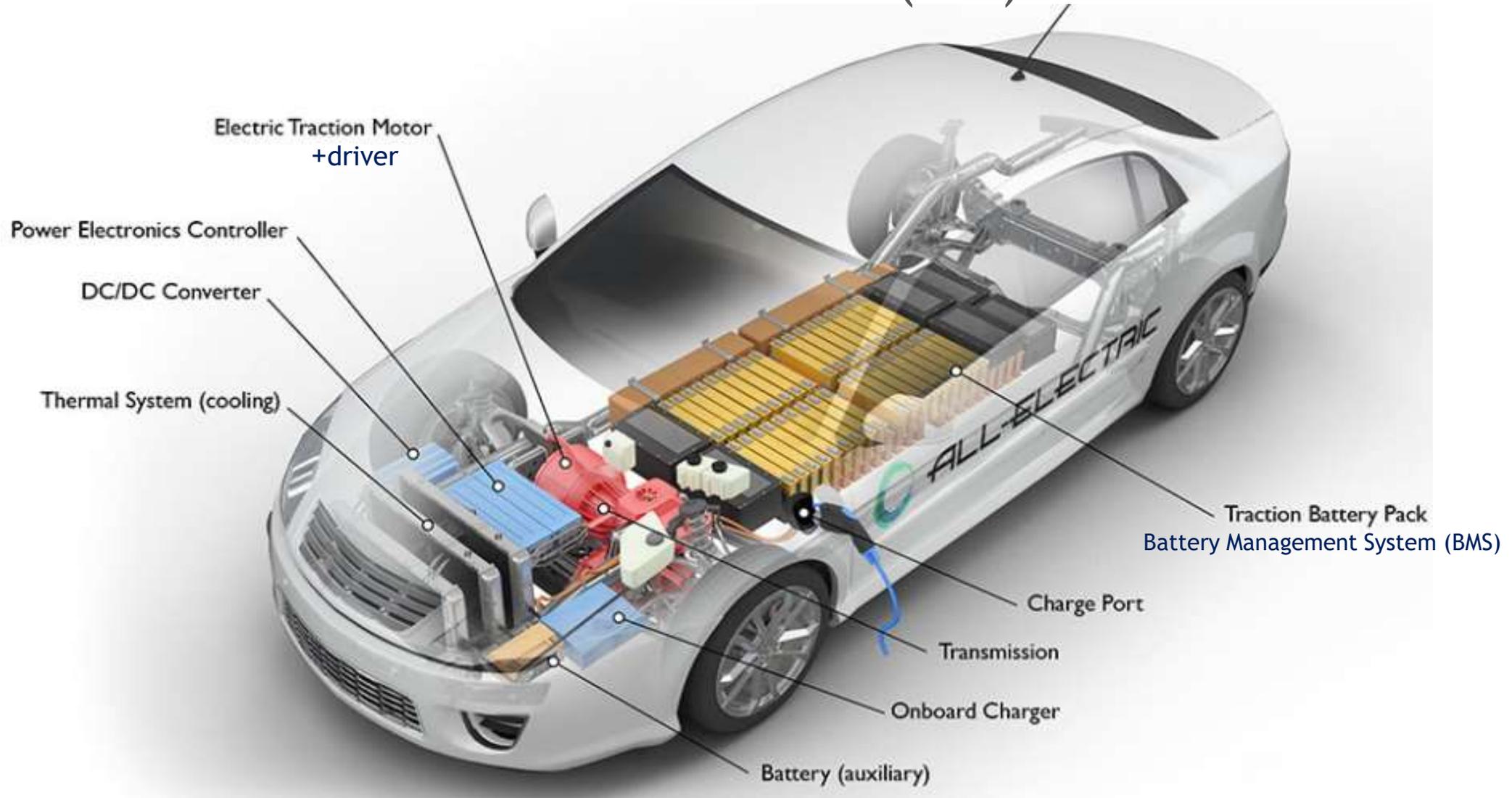
- Baterías de litio (LIB) proveen Energía y Potencia Eléctrica

Celdas unitarias, módulos, sistema (conectores, empaquetamiento, etc.), sensores, electrónica, BMS, sistema de refrigeración, cargador a bordo, sistema de carga externo, tiempo (p/carga)

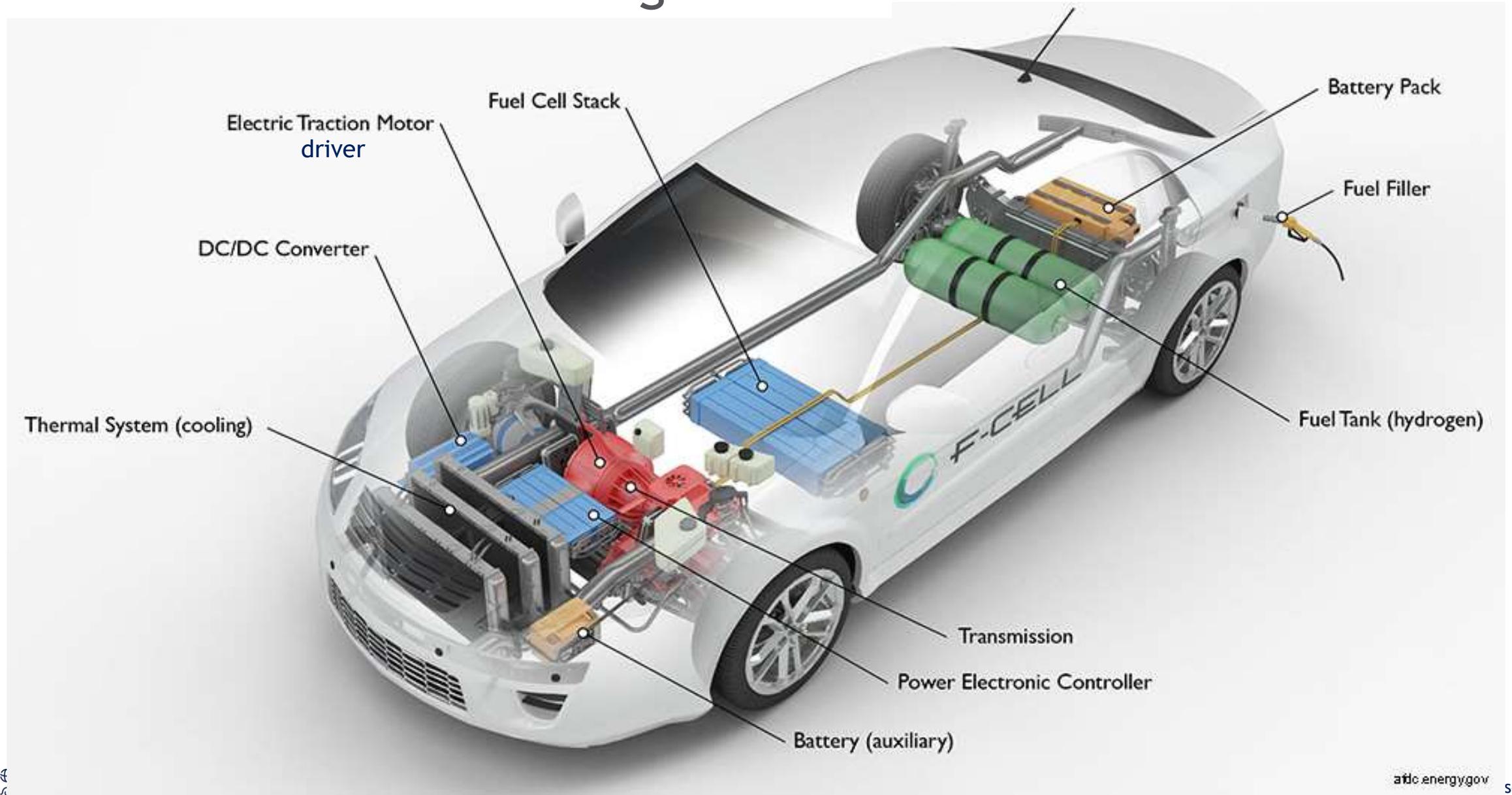
- Hidrógeno provee Energía (tanque almacenamiento)
- Celdas de Combustible generador que provee potencia

Celdas unitarias, conjuntos, sellos, alimentadores, sistema (conectores, empaquetamiento, etc.), sensores, electrónica, sistema de refrigeración, tanque de H₂, infraestructura de carga (similar a gasolina/gas), etc.

Vehículo Eléctrico a baterías - BEV (LIB)



Vehículo Eléctrico a Hidrógeno - HFCEV



Bus Eléctrico a baterías

Bus Eléctrico a Hidrógeno (HFC)



recarga



Infraestructura: Buses Eléctricos

- Acceso a la red eléctrica del depot
- Capacidad (potencia) del nodo de conexión
- Equipo eléctrico (transformadores, etc.)
- Compatibilidad con estándares de la red eléctrica (armónicos, voltajes, etc.)
- Cargadores Lentos: requiere menos capacidad en potencia, tiempos largos
- Cargadores Rápidos: equipos de carga alta potencia, acorta tiempos, pero... (\$)
- En ambos casos, los tiempos “muertos” del vehículo pueden ser largos
- Requiere gestión de energía asociada a tarifas para viabilidad de costo de carga
- Costo relativamente estable del kWh

Infraestructura: Buses a hidrógeno

- Opera similar a una estación de combustible fósil
- Requiere almacenamiento a alta presión (~800 bar)
- Requiere sistema de refrigeración
- Debe cumplir con requisitos de seguridad
- Sistema de transferencia costoso
- \$ del H₂ menos estable
- Depende de disponibilidad del combustible (origen del H₂)
- H₂ verde (electrólisis) depende del costo del kWh

Consideraciones técnicas *a priori*

✓ Aplicación

- define el rendimiento: ciclo de trabajo, energía, potencia
- define el diseño del vehículo (capacidad de LIB o de HFC+tanque de H₂)

✓ Economía

- autonomía, productividad (horas de operación y \$), eficiencias (tecnologías disponibles)

✓ Prioridades:

- Combina economía y rendimiento, productividad

✓ Tecnología y características técnicas

- Baterías, SC, HFC y otros (motor, V, potencia)
- Densidad de energía, densidad de potencia, respuesta dinámica

✓ Diseño y operación:

- Tamaño de los componentes (rendimiento, \$, disponibilidad)
- Gestión de energía (aplicación, "combustible" \$)
- Control de plantas de energía (heurístico vs inteligente)
- Especificación técnica

¿Contrastes?

BEV (Battery Electric Vehicles)

- LIB: dispositivo electroquímico
- Capacidad LIB determina autonomía y potencia máxima
- Requiere control de temperatura
- Requiere electrónica de potencia
- Usa un motor eléctrico
- Requiere energía eléctrica externa para recargar LIB
- Sustentabilidad depende de matriz energética (recarga)

HFCV (H₂) Fuel Cells Vehicles

- HFC: Dispositivo electroquímico
- Capacidad de FC determina potencia máxima. La autonomía la determina la cantidad de H₂ a bordo
- Requiere control de temperatura
- Requiere electrónica de potencia
- Usa un motor eléctrico
- Requiere H₂ generado externamente
- Sustentabilidad depende del origen del H₂ (electricidad)

¿Cuál es mejor?

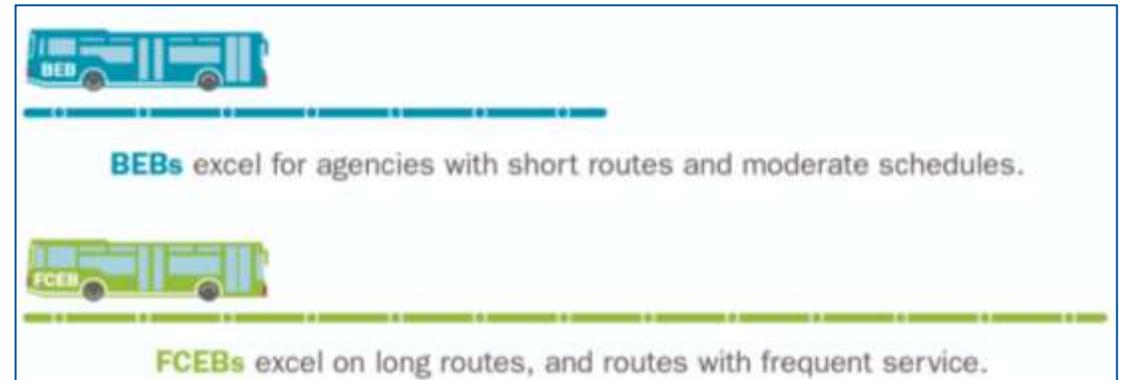
- Cada caso debe evaluarse en específico: tecnología, infraestructura, implicaciones, \$, beneficios energéticos, ambientales y sociales
- Región, factor relevante para sustentabilidad (energía primaria, kWh)
- Características de la flota y su ciclo de manejo, especialmente autonomía y frecuencia del servicio

Bus a baterías: compara por recarga

Option	Total Cost
Option 1: Battery Bus Fleet with depot charging (300 vehicles)	Can \$446m
Option 2: Battery Bus Fleet with on route opportunity charging (280 vehicles)	Can \$451m
Option 3: Equivalent Trolleybus Fleet (250 vehicles)	Can \$405m

[Bus Electrification: A comparison of capital costs - Urban Transport Magazine \(urban-transport-magazine.com\)](http://urban-transport-magazine.com)

Comparación por autonomía



[ballard-power-systems-fceb-or-beb-infographic.jpg \(1276x3002\)](http://ballard-power-systems-fceb-or-beb-infographic.jpg)

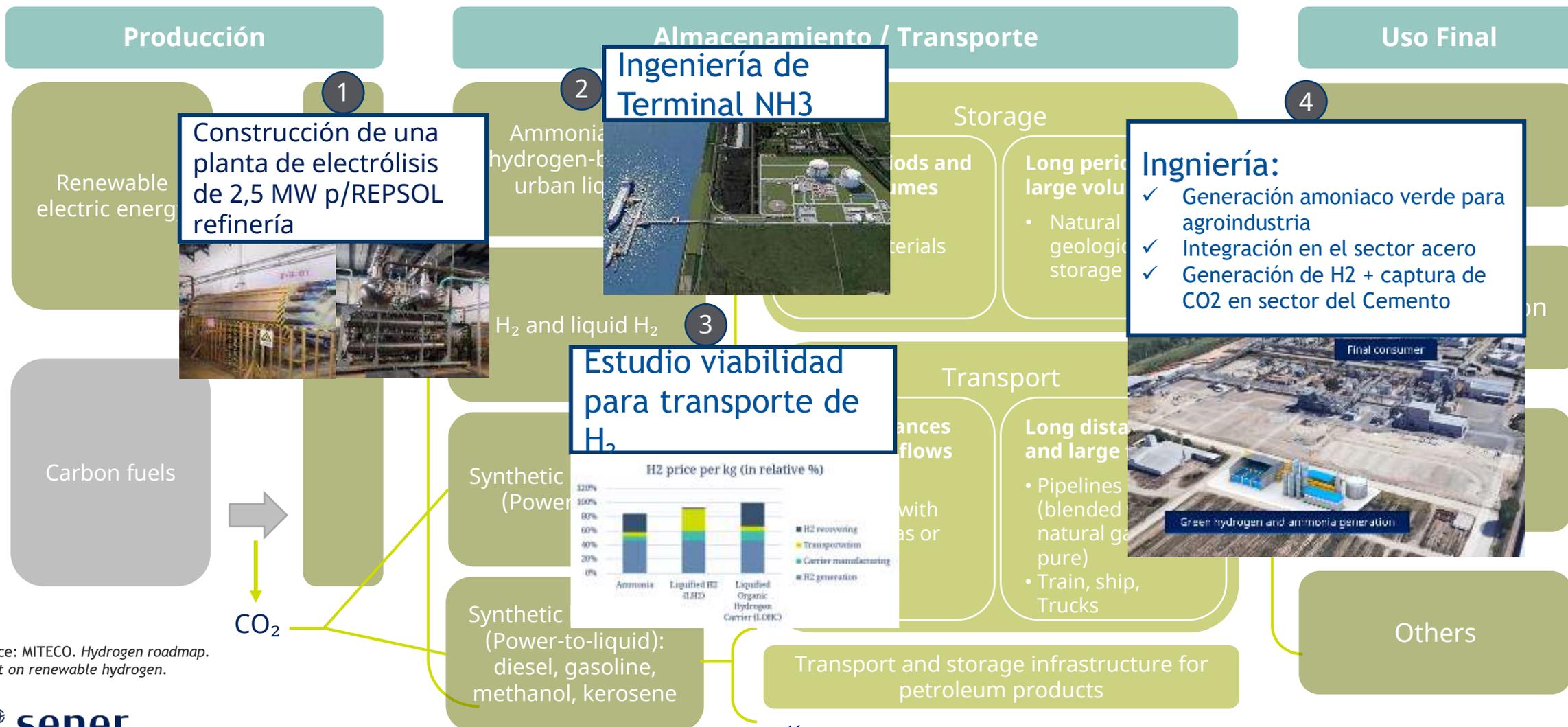
Desafíos

Algunos son comunes

- Entender aspectos de seguridad y minimizar riesgos
- Costos variables del energético (electricidad vs. costo de H₂ verde)
- Infraestructura de carga - ¿Caso del Transporte público lo requiere?
- Capacitación de administración, su personal y el público (emergencias)
- Mejoras tecnológicas: carga rápida de baterías, reducir CAPEX de Buses, almacenamiento de H₂
- Rediseño de sistemas de transporte (localización depot, trazado rutas óptimas, coordinación con red eléctrica, etc.)
- Capacidades en agencias públicas responsables del servicio
- Necesidad de profesionales c/conocimiento para análisis y estudios técnicos
- Sustentabilidad ligada a energía primaria asociada a la recarga

Cómo aporta SENER

A lo largo de la cadena de valor del hidrógeno



Source: MITECO. Hydrogen roadmap. A bet on renewable hydrogen.



www.group.sener

www.linkedin.com/company/sener

www.youtube.com/@SenerGroup