



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



PROYECTO RESIDUOS ELECTRÓNICOS
AMÉRICA LATINA-PREAL
ONUDI - FMAM



fondo
para el medio
ambiente mundial
INVERTIMOS EN NUESTRO PLANETA



Materials Science and Technology

Gestión de AEE integrados en automóviles

Heinz Böni, Charles Marmy, Manuele Capelli

Evento de Cierre

Ciudad de Panamá, 21-23 de mayo de 2024



1. RAEE en automóviles: Una mina descuidada

2. Proyecto de investigación en Suiza

- i. Automóviles y reciclaje actual
- ii. La mina urbana en los vehículos
- iii. Dispositivos electrónicos integrados
- iv. Marco legislativo de RAEE en Suiza
- v. El proyecto EVA II

3. Modelado del reciclaje de los AEE en automóviles

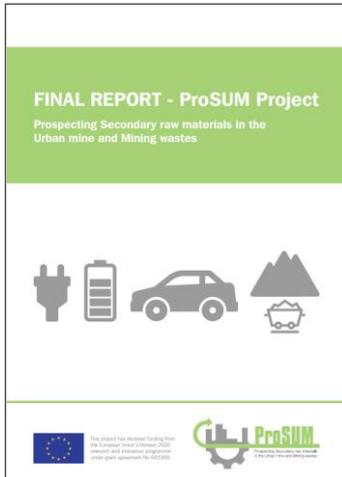
4. Resultados



1. RAEE en automobiles: Una mina descuidada

1. RAEE en automóviles: Una mina descuidada

Proyectos de la Unión Europea



2015-2017: **PROSUM** (Prospecting Secondary Raw Materials in the Urban Mine and Mining Wastes)

2017-2019: **ORAMA** (Optimizing Data Collection for Primary and Secondary Raw Materials)

2022-2026: **FUTURAM** (Future Availability of Secondary Raw Materials)

1. RAEE en automóviles: Una mina descuidada

Electrónicos frente a vehículos

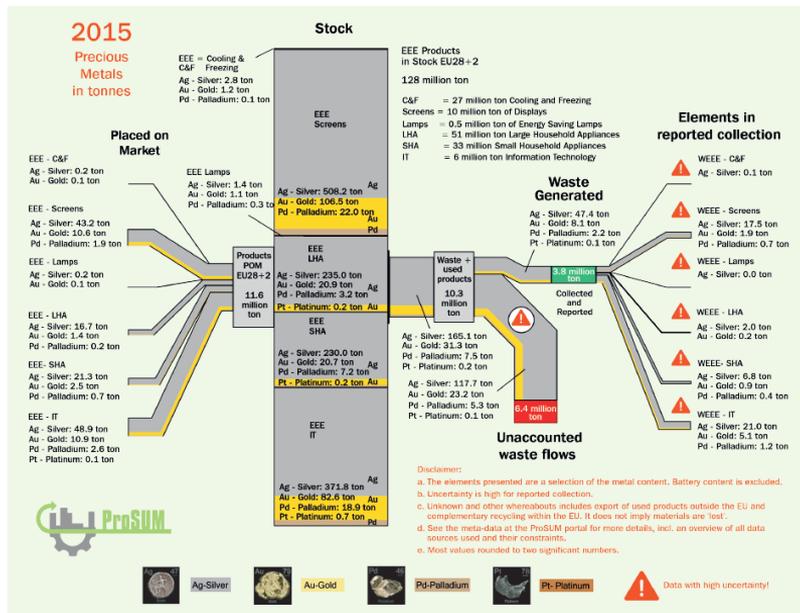


Figure 28. Stocks and Flows of precious metals in electronics in the Urban Mine, EU28+2, 2015.

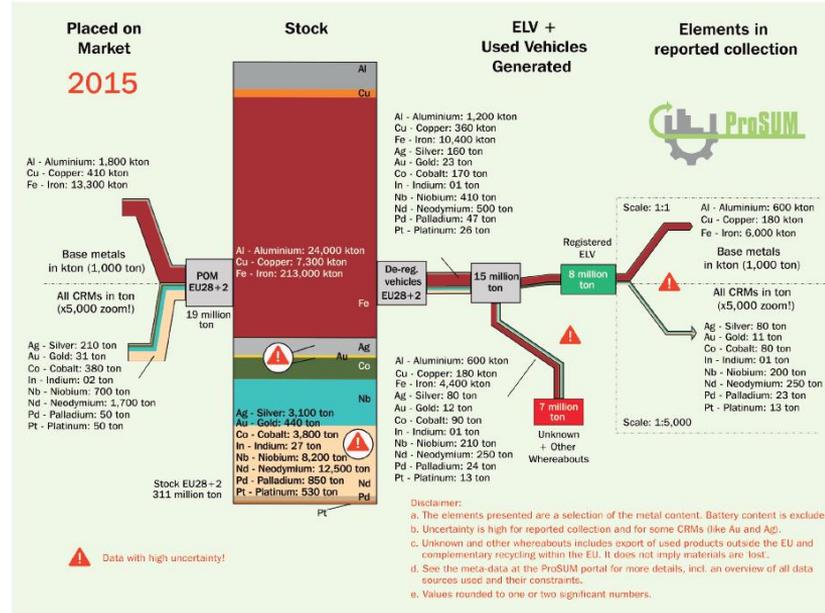
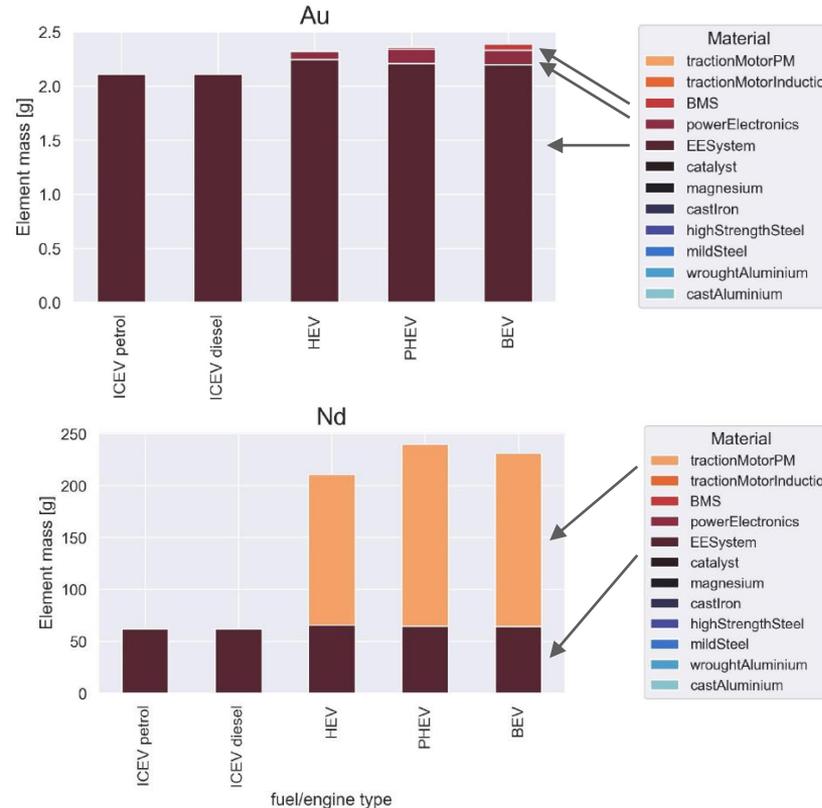
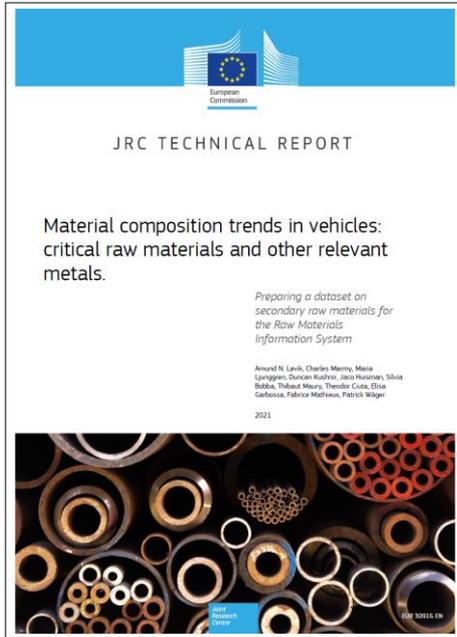


Figure 33. Stocks and Flows of metals in vehicles in the EU28+2 in 2015 in ktonnes (thousand tonnes for base metals) and tonnes (for CRMs).

1. RAEE en automóviles: Una mina descuidada

Oro y neodimio en sistemas de accionamiento

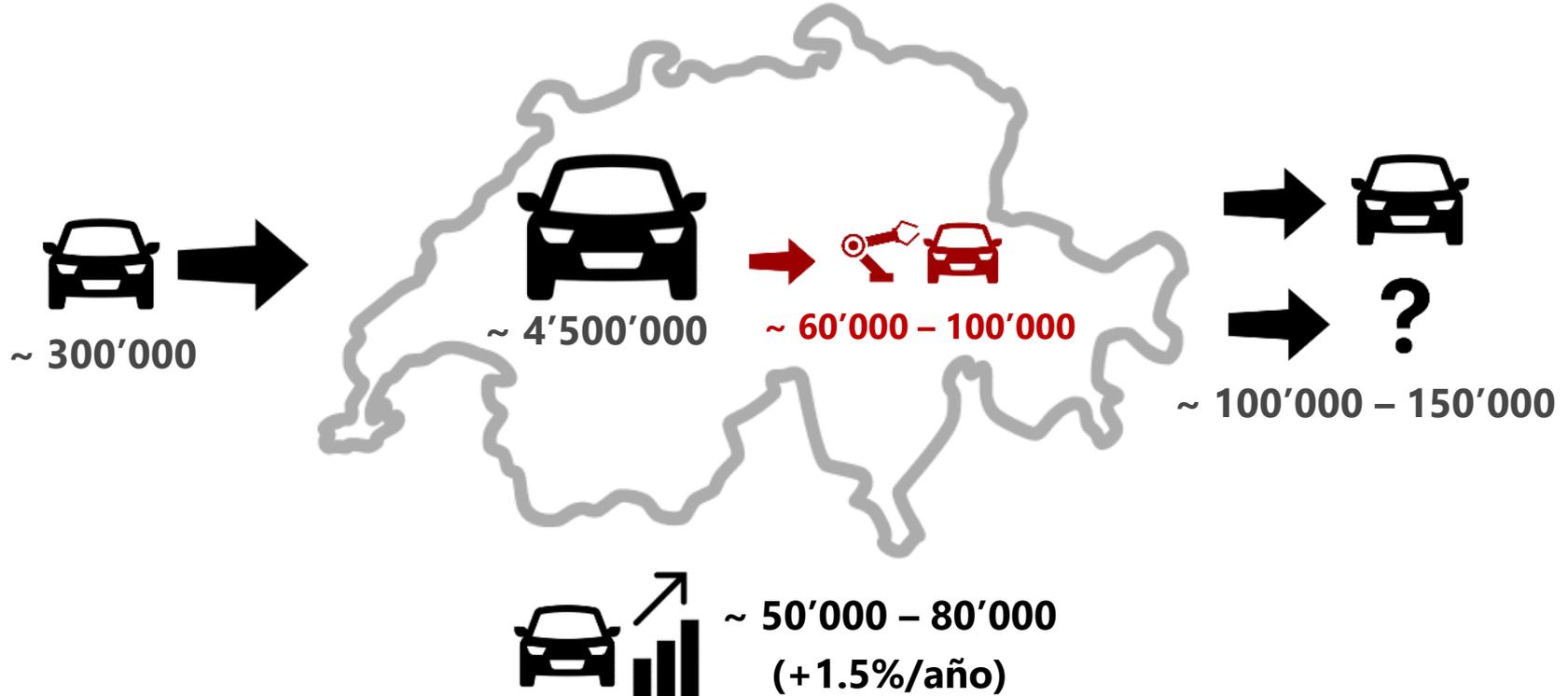




2. Proyecto de investigación en Suiza

2. Proyecto de investigación en Suiza

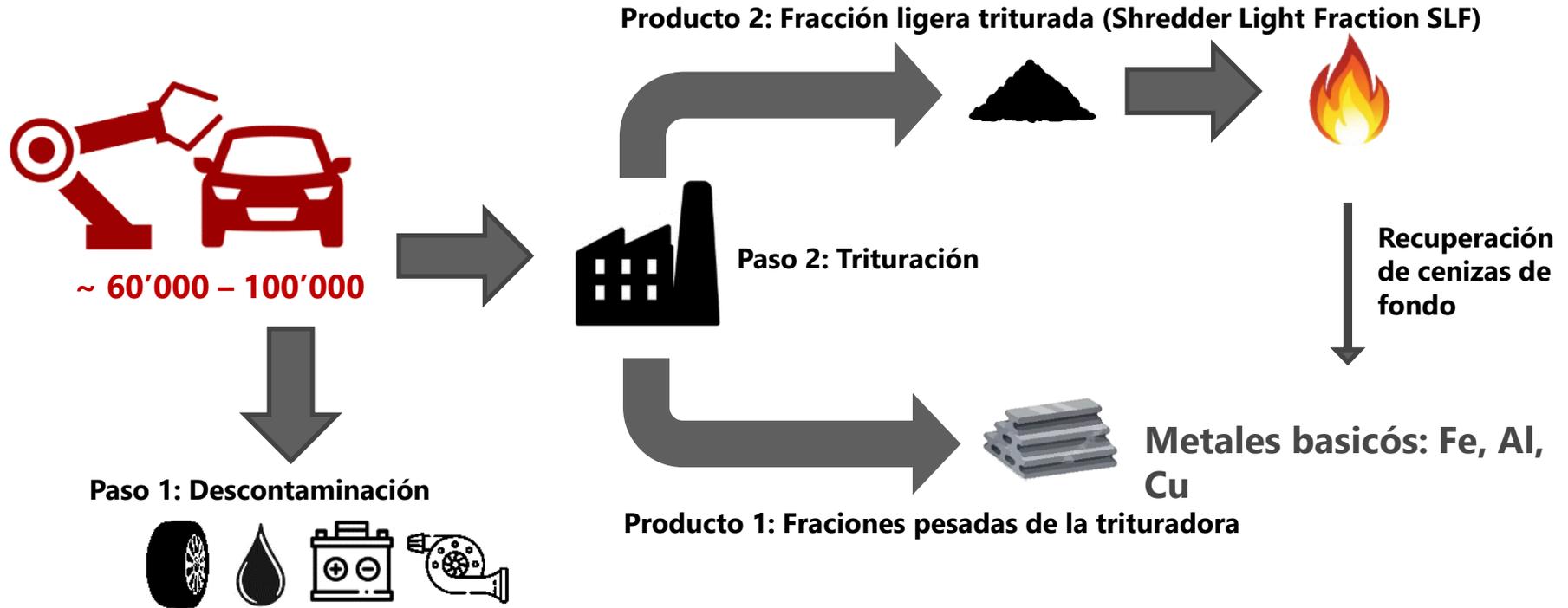
Automóviles en Suiza





2. Proyecto de investigación en Suiza

Reciclaje actual de automóviles



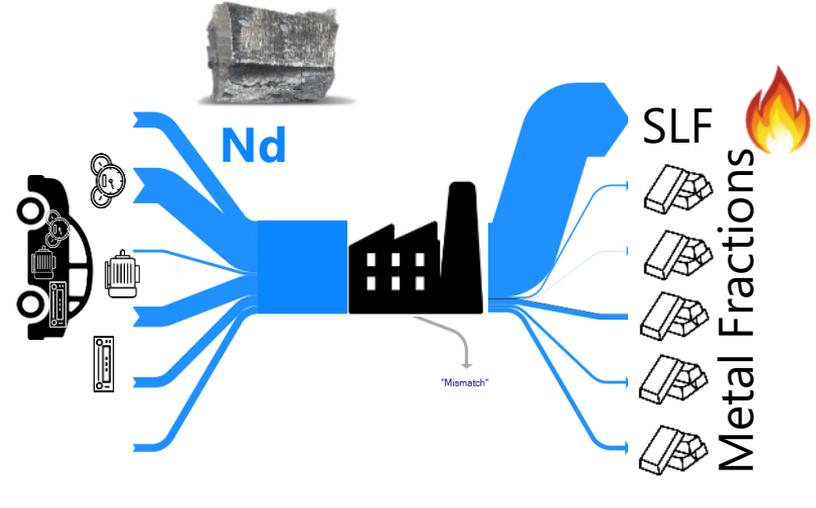
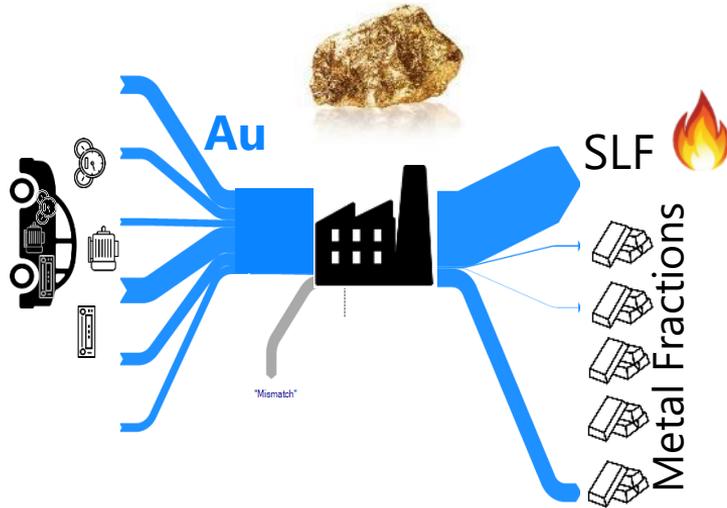


Fracción ligera: 15-20% de la masa de los automóviles

2. Proyecto de investigación en Suiza

La mina urbana en los vehículos

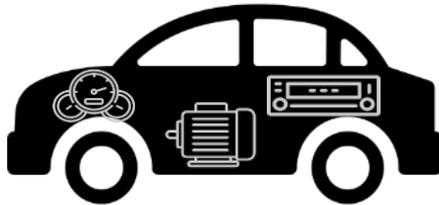
El caso de Oro y Neodimio



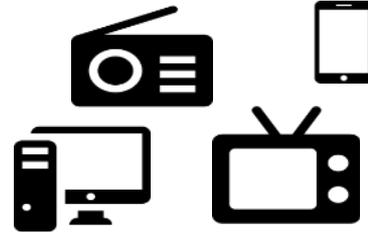
La mina urbana en los vehículos

El caso de Oro y Neodimio

Au
0.2 – 6 g/t



~70 t Nd
(CH Car-Fleet)



Au
4 g/t

~60 t Nd
(CH Electronics-Fleet)

La mina urbana en los vehículos

- **~60.000 automóviles reciclados** en Suiza (2020)
- **~10'000 toneladas de fracción ligera** producida
- **~5.5 millones CHF** valor de los metales (Abril 2022)

Flujo anual en el reciclaje

Plomo	Pb	9.1 t/y
Antimonio	Sb	2.4 t/y
estaño	Sn	2.3 t/y
Neodimio	Nd	300 kg/y
Lanthan	La	100 kg/y
Cadmio	Cd	30 kg/y
Disproso	Dy	25 kg/y
Paladio	Pd	20 kg/y
Oro	Au	5.5 kg/y
Mercurio	Hg	4.5 kg/y
Platino	Pt	3 kg/y
Cobre	Cu	240 t/y
Zinc	Zn	100 t/y
Cromo	Cr	40 t/y
Níquel	Ni	15 t/y

2. Proyecto de investigación en Suiza

Dispositivos electrónicos integrados



Marco legislativo de RAEE en Suiza

Ordenanza sobre la devolución, la recogida y la eliminación de aparatos eléctricos y electrónicos

(Art. 1) Los aparatos y sus componentes que vayan a eliminarse deben ser recogidos por separado de otros residuos y los materiales reciclables contenidos en los aparatos y sus componentes se recuperen en la medida en que **sea técnicamente posible, económicamente viable y ambientalmente razonable.**

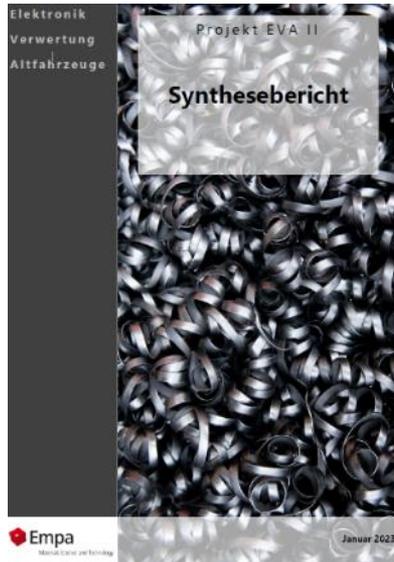
(Art. 2) En el caso de aparatos instalados de forma permanente en edificios, **vehículos** u otros objetos, la Ordenanza **sólo se aplicará** si su retirada es posible **con un esfuerzo razonable y su reciclaje es razonable según el estado de arte.**

Preguntas de investigación:

- Recogida económicamente viable y ambientalmente razonable?
- Retirada con esfuerzo razonable y reciclaje según el estado de arte?

2. Proyecto de investigación en Suiza

El proyecto EVA II (2016-2022)



 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU
Office fédéral de l'environnement OFEV
Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Uffizi federal d'ambient UFAM

Publicaciones científicas
en preparación



 Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser,
Energie und Luft

2. Proyecto de investigación en Suiza El proyecto EVA II (2016-2022)



Rolf 



Eliette 



Amund 



Lorena 



Charles 



Manuele 



Nora 



Heinz 





3. Modelado del reciclaje de AEE en automóviles

3. Modelado del reciclaje de AEE en automoviles

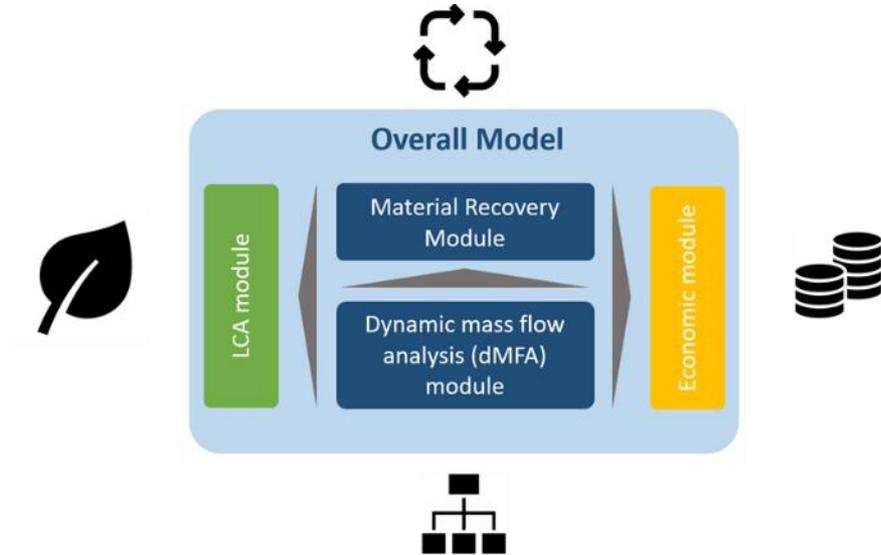
Metodología general

Módulo dMFA: Flujos de masa de automóviles y dispositivos de los automóviles en CH

Módulo de recuperación de materiales:
Potencial de recuperación de materiales

Módulo ACV: Análisis medioambiental
AEE reciclado

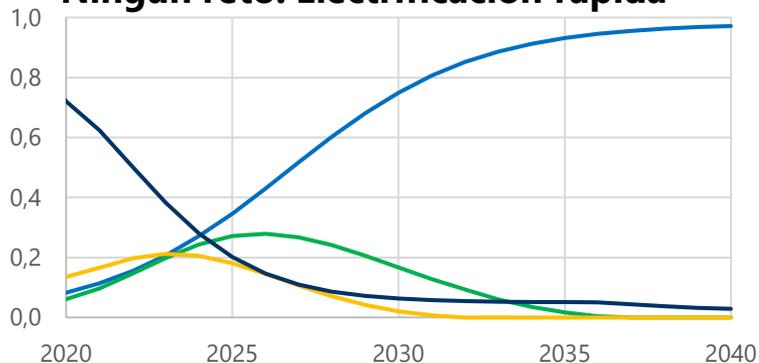
Módulo económico: Análisis económico
del reciclado de AEE



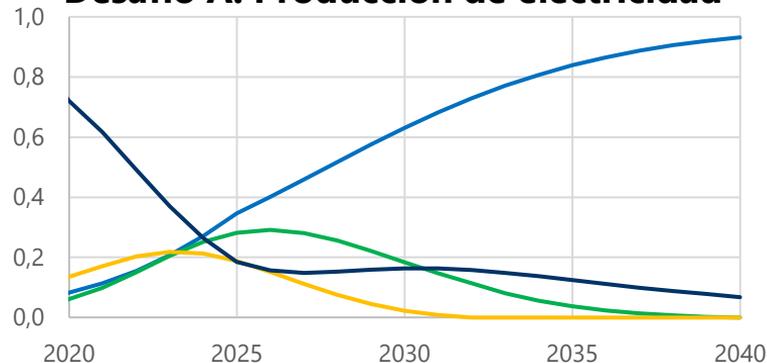
3. Modelado del reciclaje de AEE en automoviles

Módulo dMFA: Escenarios

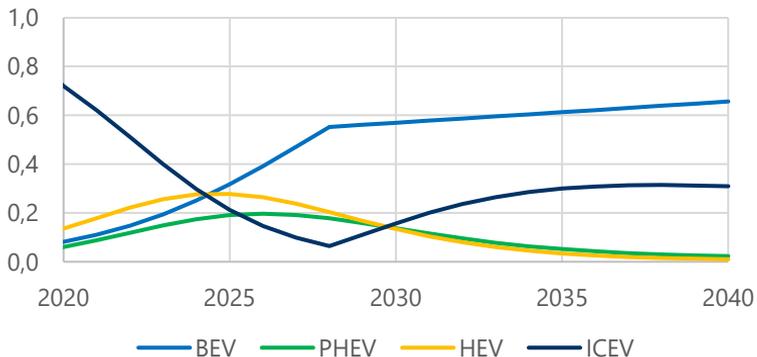
Ningún reto: Electrificación rápida



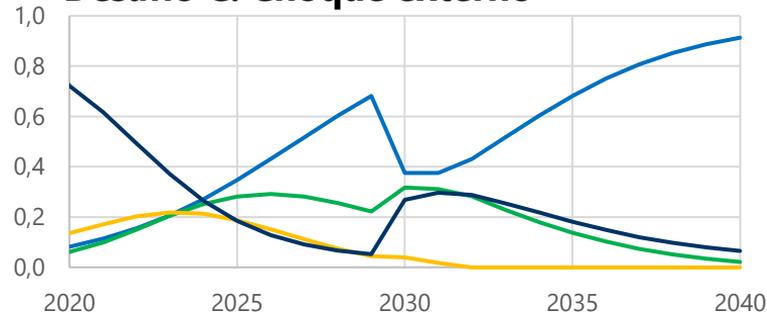
Desafío A: Producción de electricidad



Desafío B: Falta de infraestructura de recarga



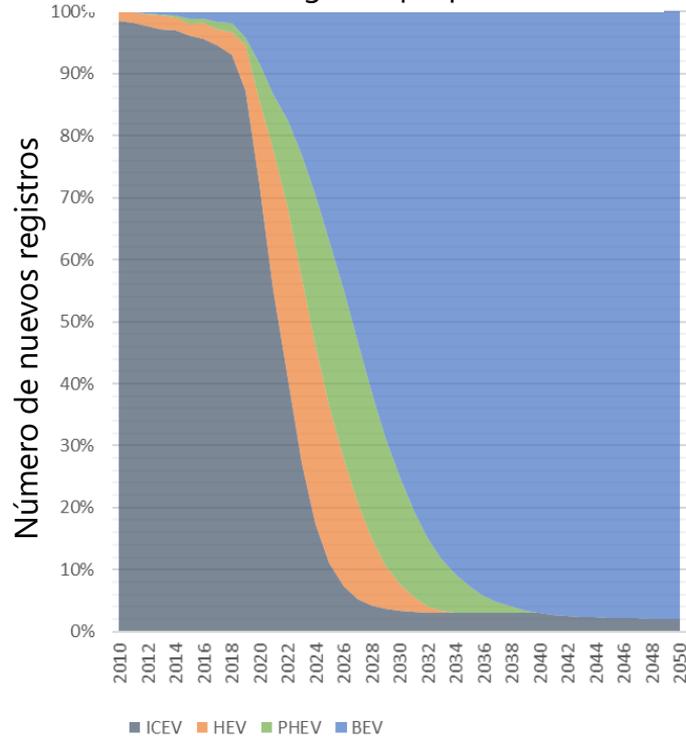
Desafío C: Choque externo



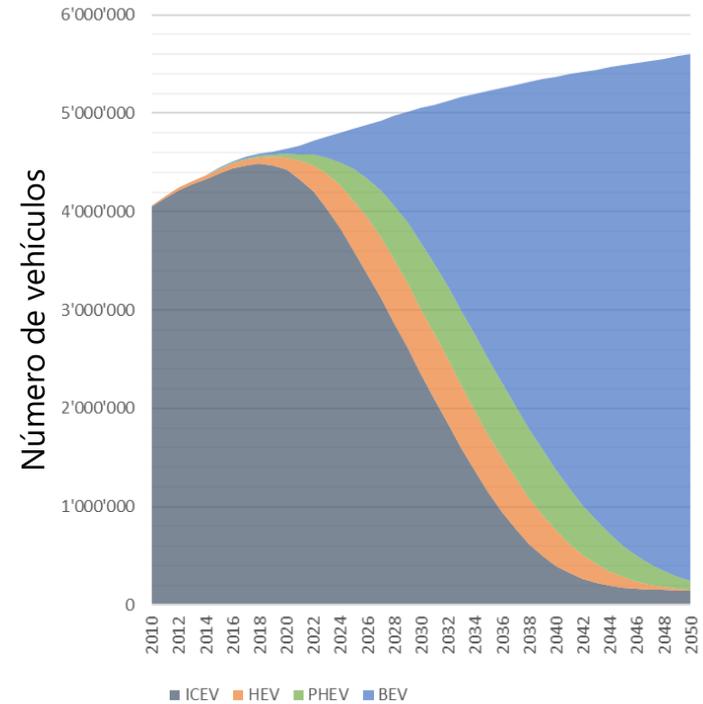
3. Modelado del reciclaje de AEE en automoviles

Módulo dMFA

Nuevas matriculaciones en Suiza por tecnología de propulsión

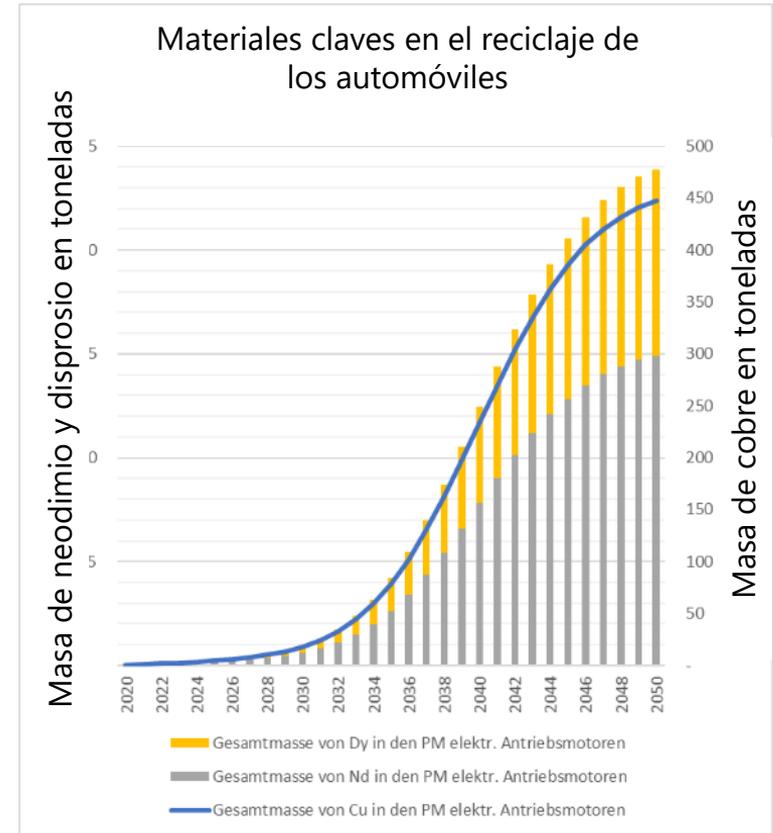
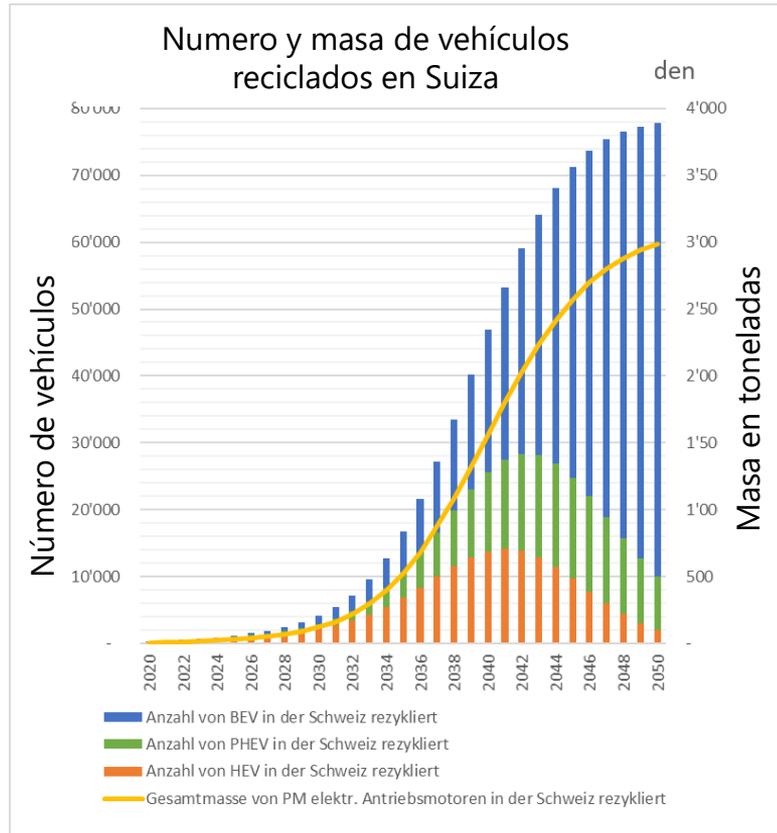


Parque automovilístico suizo por tipo de propulsor



3. Modelado del reciclaje de AEE en automobiles

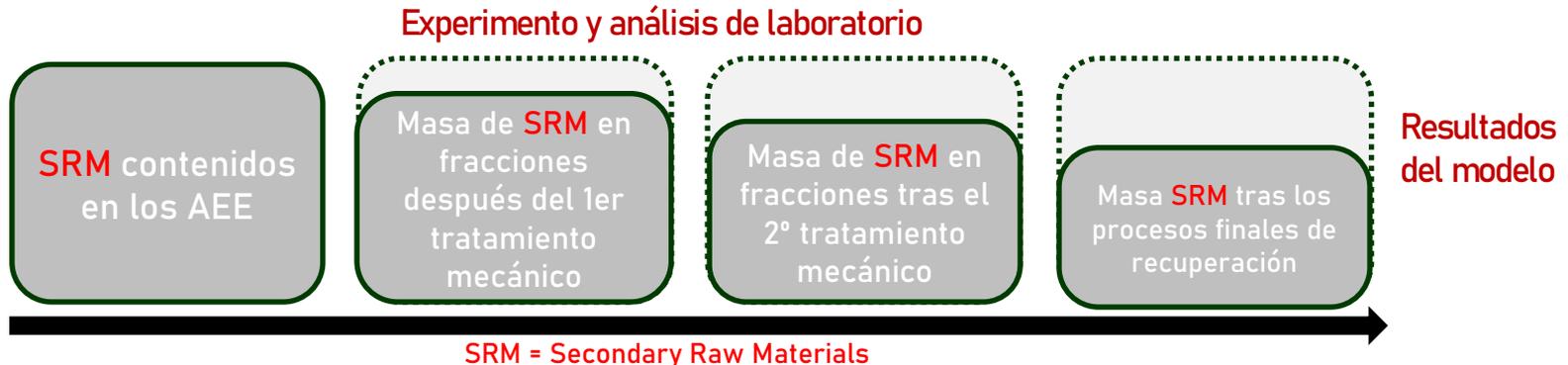
Módulo dMFA



3. Modelado del reciclaje de AEE en automobiles

Módulo de recuperación de materiales

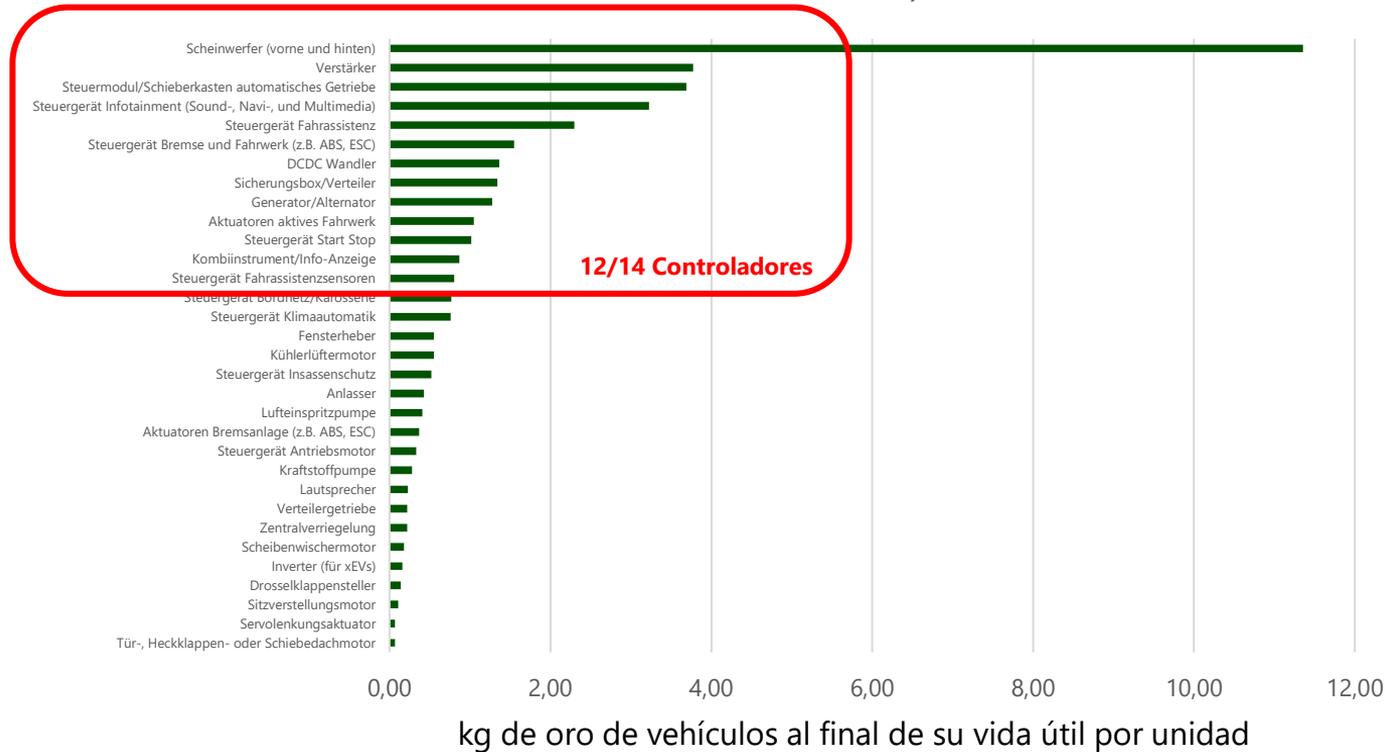
Categoría	Material
Metales básicos	Hierro
	Aluminio
	Cobre
Metales preciosos	Oro
	Plata
	Paladio
Plásticos	Plásticos objetivos (PP/PMMA/ABS/PC-ABS)



3. Modelado del reciclaje de AEE en automobiles

Módulo de recuperación de materiales

Potencial de recuperación de oro (parque de vehículos al final de su vida útil 2021)



3. Modelado del reciclaje de AEE en automobiles

Módulo ACV

Beneficio medioambiental "Linea Base"



Impactos del reciclado "Linea Base"

Beneficio medioambiental "Reciclaje por separado"



Impacto del reciclaje "Reciclaje separado"

Mejor recuperación
Menos material incinerado



Más transporte
Más procesos de tratamiento



3. Modelado del reciclaje de AEE en automobiles

Módulo Económico



Esfuerzos de retirada

Costes laborales, tiempo de separación por tipo de dispositivo



Logística

Costes medios de transporte de residuos electrónicos en CH



Esfuerzos de reciclaje

Costos del tratamiento mecánico en las instalaciones de reciclado, vinculado a los precios de los materiales.

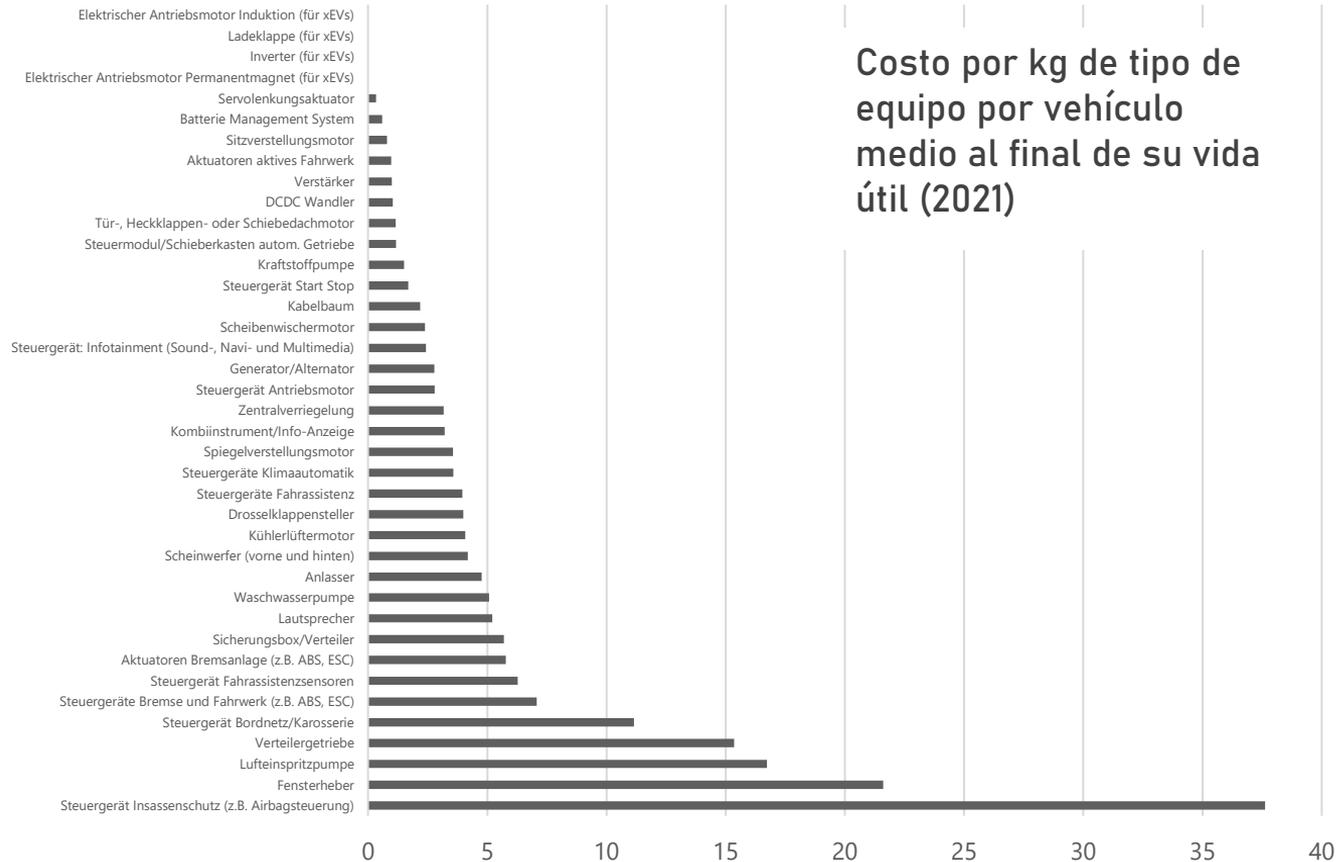
Parámetros adicionales



- Cuántos dispositivos de un determinado tipo por vehículo medio de la EdL en CH (ref = 2021)
- Porcentaje de dispositivos ya separados por tipo de dispositivo en el sistema actual

3. Modelado del reciclaje de AEE en automobiles

Módulo Económico





4. Resultados

4. Resultados

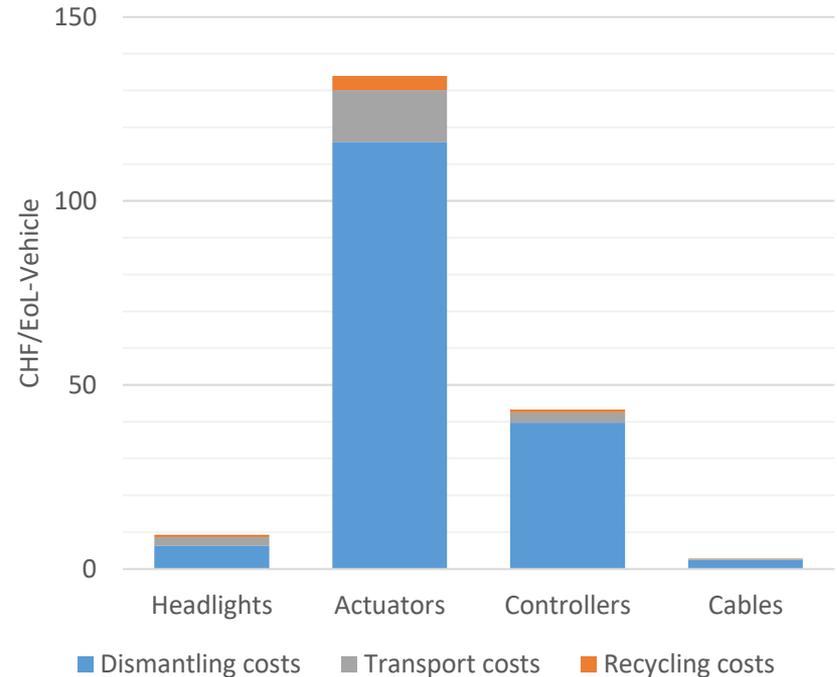
Evaluación económica

- Costos de reciclado de todos los AEE de un coche ~190 CHF/EoL-Vehículo
- Costos de los distintos tipos de dispositivos por coche EoL oscila entre 4 y 10 CHF.

Para comparar:

Descontaminación **~250 CHF/EoL-vehicle**

Precio medio de un coche nuevo en CH*: **~45'000 CHF**

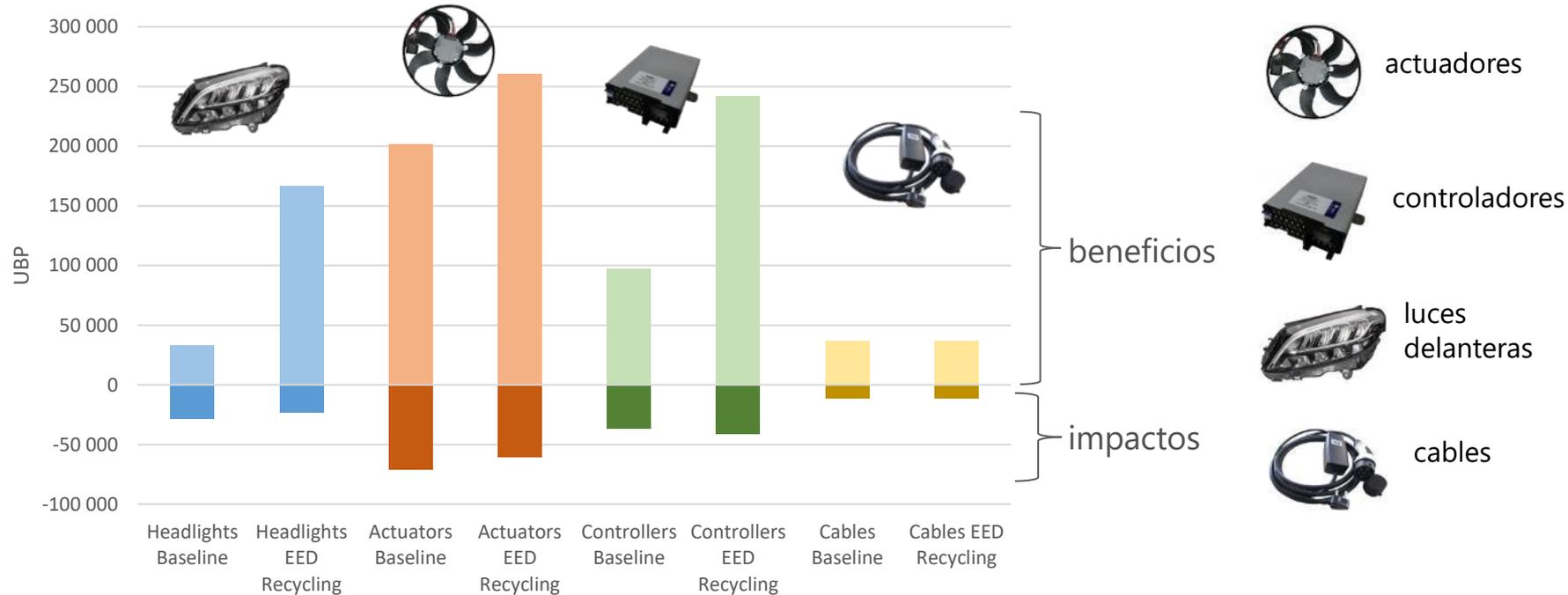


*<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/592676/umfrage/durchschnittspreis-von-neuwagen-in-der-schweiz/>
AGVS and AutoScout24, 'Marktindex Personenwagen Schweiz'. Jan. 23, 2017. [Online]. Available: <https://www.agvs-zs.ch/de/news/news-archiv/neuwagenpreise-steigen-occasionspreise-bleiben-tief>

4. Resultados

Evaluación medioambiental

Comparación de los beneficios e impactos medioambientales por categoría de dispositivo y escenario



4. Resultados

Económicamente viable y ambientalmente razonable?

■ Evaluación económica:

- Los costos del reciclado del AEE son en el orden de 0,5% del precio de un carro nuevo.

■ Evaluación ambiental:

- Se recuperan los metales preciosos y se pueden recuperar plásticos.
- Se incinera menos y se recicla más material
- El beneficio medioambiental se da para casi todos los dispositivos, especialmente actuadores, controladores y luces

Gracias por su atención.

heinz.boeni@empa.ch

