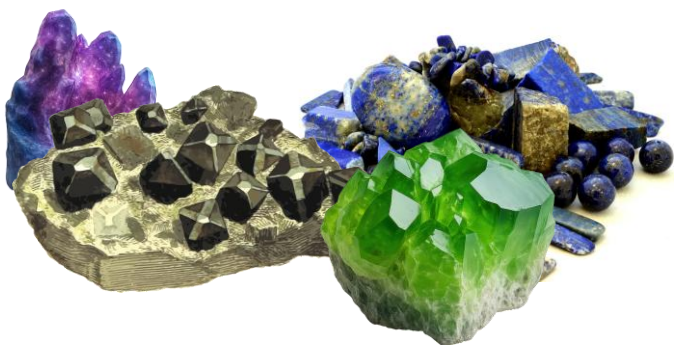


Materias primas críticas a recuperar de los AEE, pilas y baterías



Jovita Moreno Vozmediano

Profesora titular de Ingeniería Química

Directora de la cátedra Ayto Fuenlabrada – URJC de Economía Circular para la Gestión Sostenible de Residuos

Jornada técnica sobre la GESTIÓN DE RAEE Y PILAS EN EL ÁMBITO MUNICIPAL

26 DE NOVIEMBRE 2025

CIFE Avenida de las Provincias, 33 Fuenlabrada



SEMANA EUROPEA
de la PREVENCIÓN DE RESIDUOS
22-30 noviembre 2025



Ayuntamiento de
FUENLABRADA

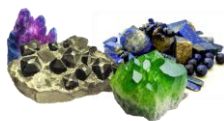


Universidad
Rey Juan Carlos



Cátedra
Economía
Circular

GESTIÓN SOSTENIBLE DE RESIDUOS



Algunas definiciones

CRM = *Critical Raw Material* → Materia Prima Crítica

- ❑ Alta importancia para la economía europea
- ❑ Riesgo de suministro
- ❑ 34 en 2023

SRM = *Strategic Raw Material* → Materia Prima Estratégica.

- ❑ Subconjunto de **CMR**, seleccionadas por ser esenciales para **objetivos estratégicos de la UE** (transición verde, tecnologías digitales, defensa y espacio)
- ❑ 16 en 2023

1. Antimonio	10. Cobre	19. Hafnio	28. Silicio metálico
2. Arsénico	11. Escandio	20. Helio	29. Tántalo
3. Aluminio/Bauxita	12. Estroncio	21. Litio	30. Tierras raras ligeras
4. Barita	13. Feldespato	22. Magnesio	31. Tierras raras pesadas
5. Berilio	14. Fósforo	23. Manganeso	32. Titanio
6. Bismuto	15. Fluorita	24. Metales del grupo del platino	33. Vanadio
7. Boro/Boratos	16. Galio	25. Níquel	34. Wolframio
8. Cobalto	17. Germanio	26. Niobio	
9. Carbón de coque	18. Grafito natural	27. Roca fosfórica	



Principales parámetros para determinar la importancia crítica de un material en la UE:

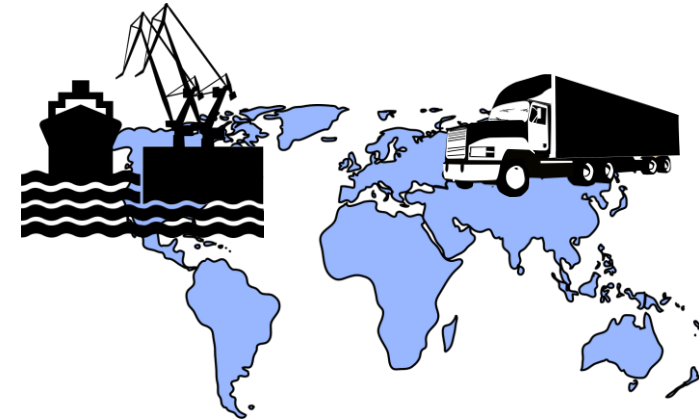
1. Importancia económica

- Relevancia del material para la economía de la UE según sus aplicaciones industriales.
- Valor añadido en sectores estratégicos (energía, digital, defensa, movilidad).
- Índice de sustitución: ¿Puede otro material cumplir la misma función sin pérdida significativa de eficiencia, durabilidad o calidad? ¿El reemplazo implica un coste mucho mayor?



2. Riesgo de suministro

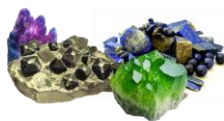
- Probabilidad de interrupción del suministro hacia la UE.
- Concentración geográfica de la producción y calidad de gobernanza y comercio en países proveedores.
- Dependencia de importaciones, diferenciando entre proveedores globales y los que abastecen a la UE.



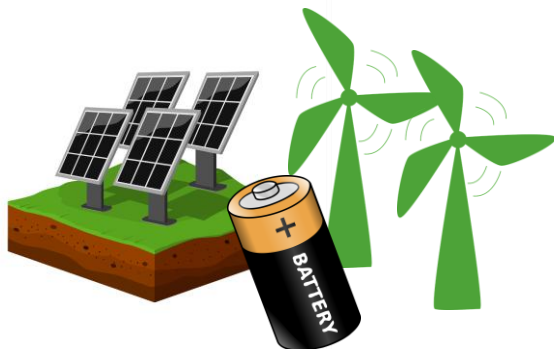
3. Existencia de medidas de mitigación

- Sustitución y reciclaje: se consideran factores que reducen el riesgo de suministro.





Transición Verde



Cu: infraestructura eléctrica, generadores, bobinados, etc.
Si: industria fotovoltaica (obleas de silicio en paneles solares)
Li: baterías de ion-litio (almacenar energía en vehículos eléctricos y sistemas de red)
B: imanes de alto rendimiento y fabricación de palas para turbinas eólicas.
Nd, Dy, Pr: turbinas eólicas y motores vehículos eléctricos
...

Nd → Neodimio; Dy → Disprobio; Pr → Praseodimio

Tecnologías digitales



Si: base de semiconductores y chips
Ga: tecnología de semiconductores, LEDs y detectores avanzados
Ge: fibra óptica avanzada y detectores infrarrojos.
Pt: sensores y electrónica de precisión.
Mn: baterías portátiles y de respaldo.
...

Defensa



Ge: sistemas de visión nocturna
Ta: componentes electrónicos de alta fiabilidad
Ti: blindajes ligeros y estructuras de aeronaves y buques
Ni: superaleaciones con alta resistencia a la corrosión (blindajes turbinas, etc.).
Co: baterías portátiles de alta fiabilidad
W: materiales de alta dureza
...

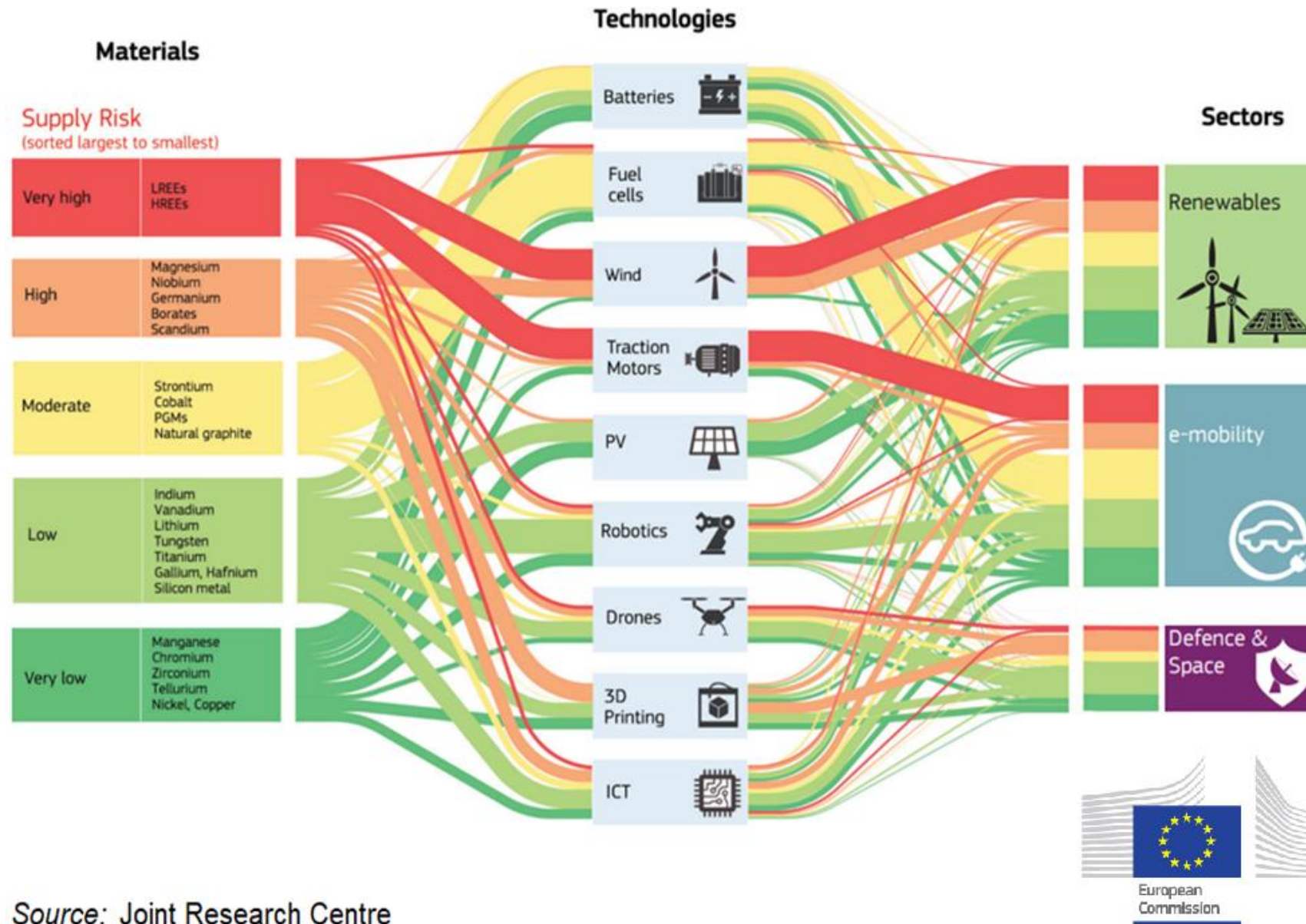
Espacio



Ti: estructuras de satélites y lanzadores
Nd: imanes permanentes para sistemas de control en satélites
W: componentes en satélites
Ni: superaleaciones de alta resistencia térmica.
Pt: catalizadores en sistemas de propulsión
...



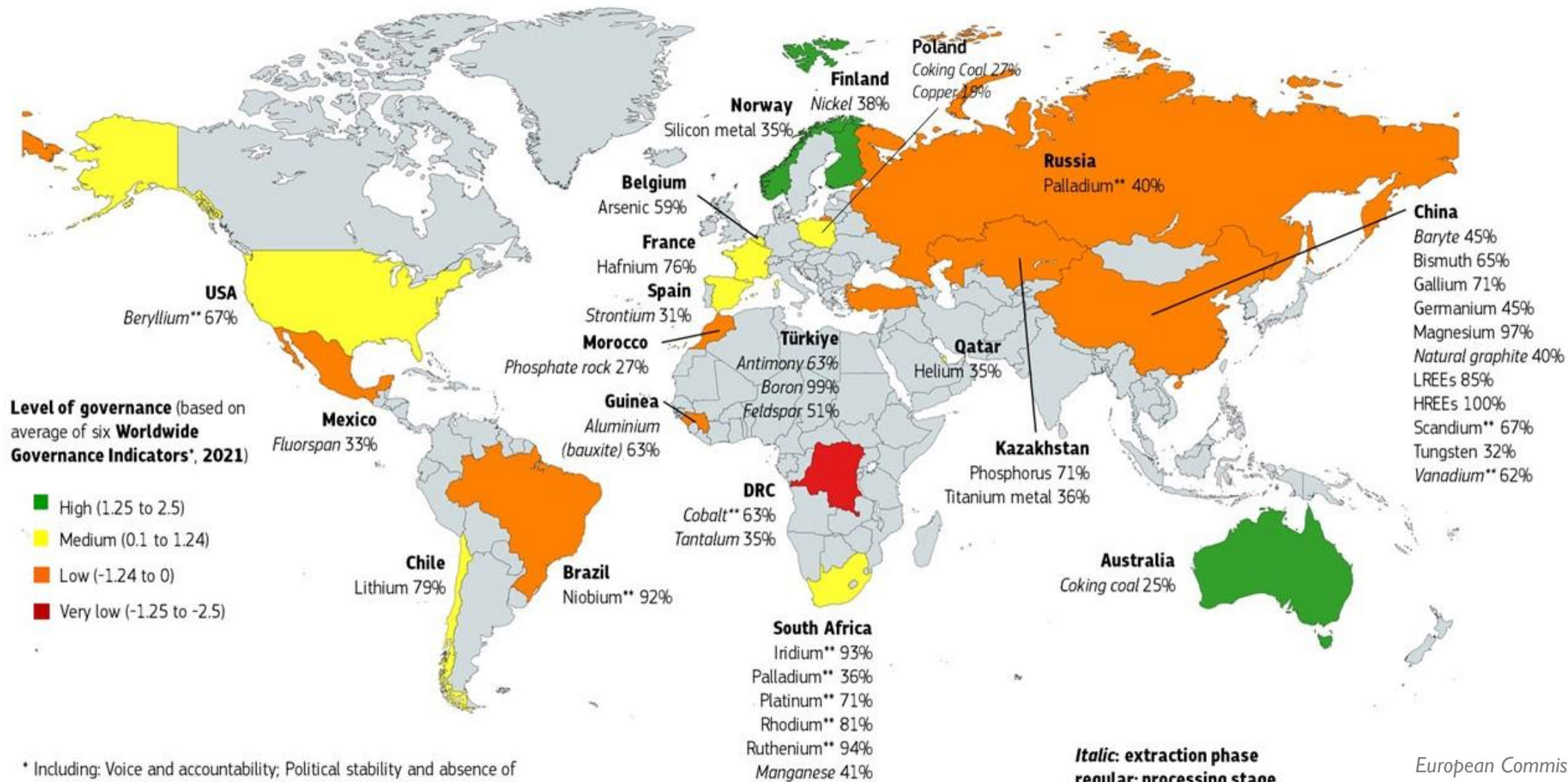
CRM y su riesgo de suministro para UE



Source: Joint Research Centre

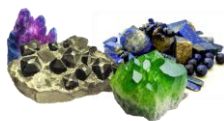


Suministradores más importantes y riesgo de gobernanza



* Including: Voice and accountability; Political stability and absence of violence/terrorism; Government effectiveness; Rule of law; Control of corruption

European Commission (2023).
Critical Raw Materials Act – Annex
and supporting studies



¿Qué materias primas críticas encontramos en los RAEEs, pilas y baterías?



EU27+4 en 2022

10,7 Mt RAEEs → 1 Mt CRM (hasta 29 elementos)

54 % de acuerdo a
normativa UE

Recuperadas
400.000 t CRM

Cu (162.000 t)
Al (207.000 t)
Si (12.000 t)
W (1.000 t)
Pt (2 t)

No recuperadas
100.000 t CRM

Tierras raras

*Critical Raw Materials Are A Vital New Currency,
Europe's E-Waste is the Vault | WEEE Forum*

46 % fuera de
canales UE

3,3 Mt mezcladas con chatarra metálica
(recuperación parcial)
700.000 t en vertederos o incineradas
400.000 t exportadas para reutilización
Resto sin documentar



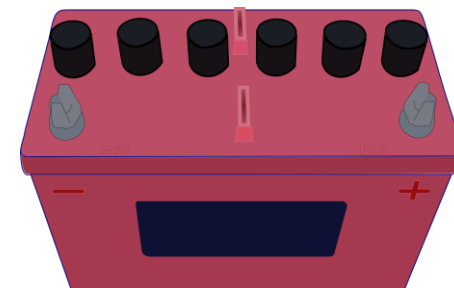
EU27+4 en 2022

244.000 t pilas vendidas

46 % recuperadas

Contienen Li,
Ni, Co, Mn

*Waste statistics - recycling of batteries and
accumulators - Statistics Explained - Eurostat*



Baterías (EV, industriales)

Estimación de recuperación
para 2030: Li 14 %, Ni 16 %, Mn
17 %, Co 25 %

Battery recycling report



¿Cuáles son los principales retos que debemos afrontar para incrementar las tasas de recuperación de CRM desde RAEEs, pilas y baterías?

I. Retos tecnológicos

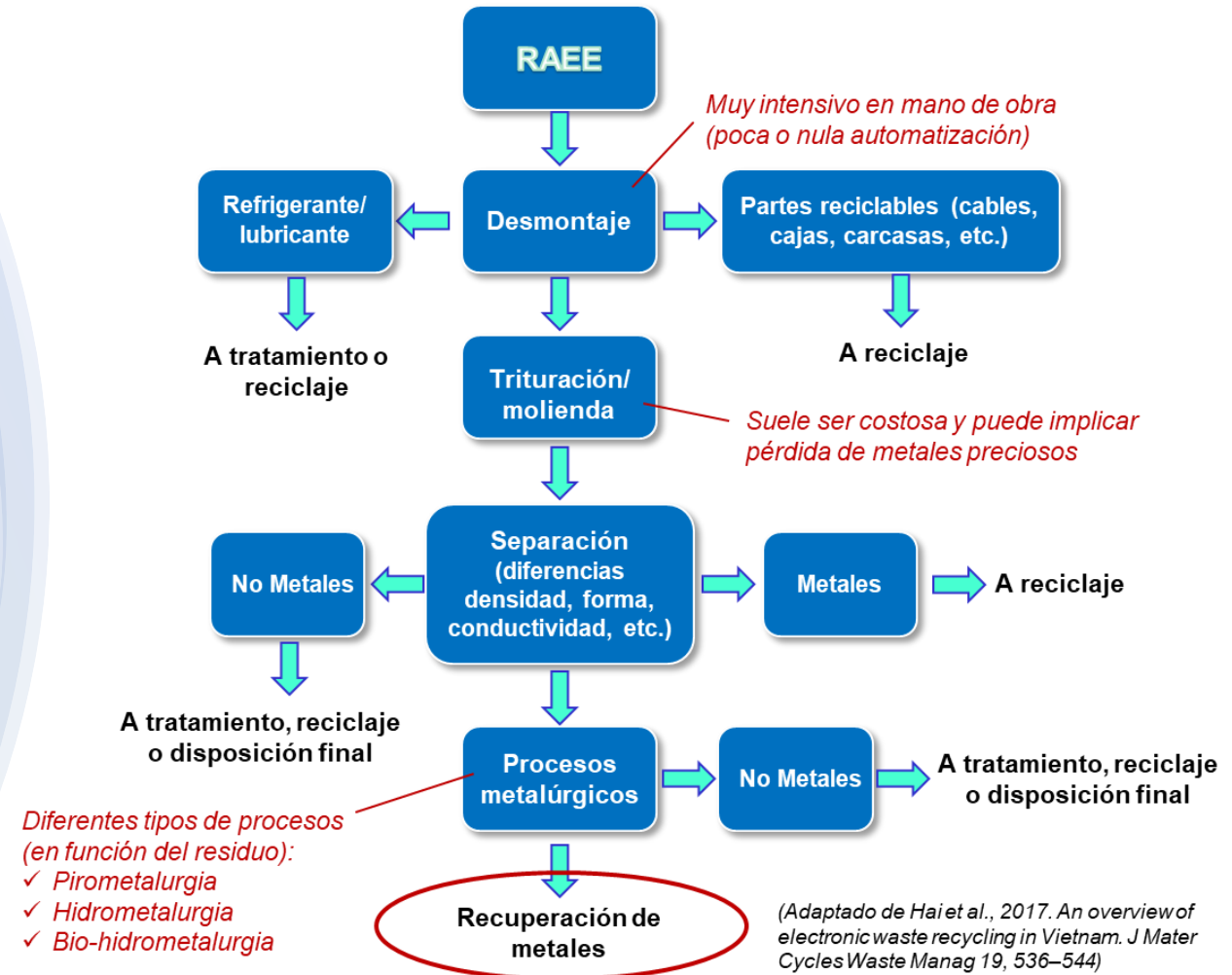
Heterogeneidad: gran variedad de materiales y formatos.

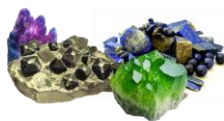
- Mezcla de plásticos, metales comunes, metales preciosos y tierras raras, unidos mediante soldaduras, adhesivos y recubrimientos.
- Componentes miniaturizados (chips, imanes, circuitos), lo que dificulta la separación mecánica.
- Diseño no enfocado al reciclaje

Madurez tecnológica y capacidad insuficiente:

Existen numerosas tecnologías avanzadas para recuperar los metales (pirometalurgia, hidrometalurgia, procesos electroquímicos, etc.) el nivel de desarrollo tecnológico de algunos procesos es todavía bajo.

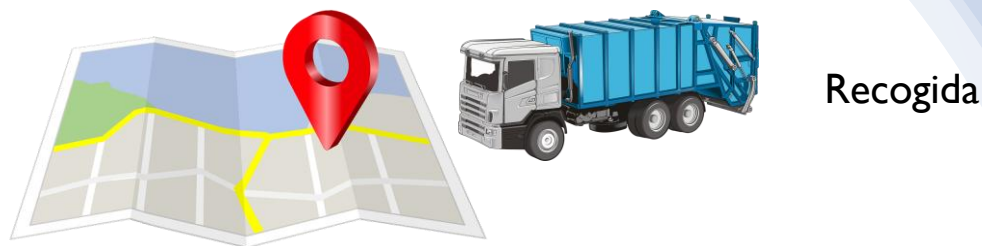
Europa necesita aumentar capacidad de tratamiento para cumplir objetivos.



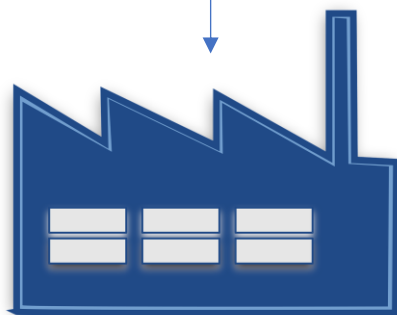


¿Cuáles son los principales retos que debemos afrontar para incrementar las tasas de recuperación de CRM desde RAEEs, pilas y baterías?

2. Retos ambientales (en ciclo de vida completo del residuo)



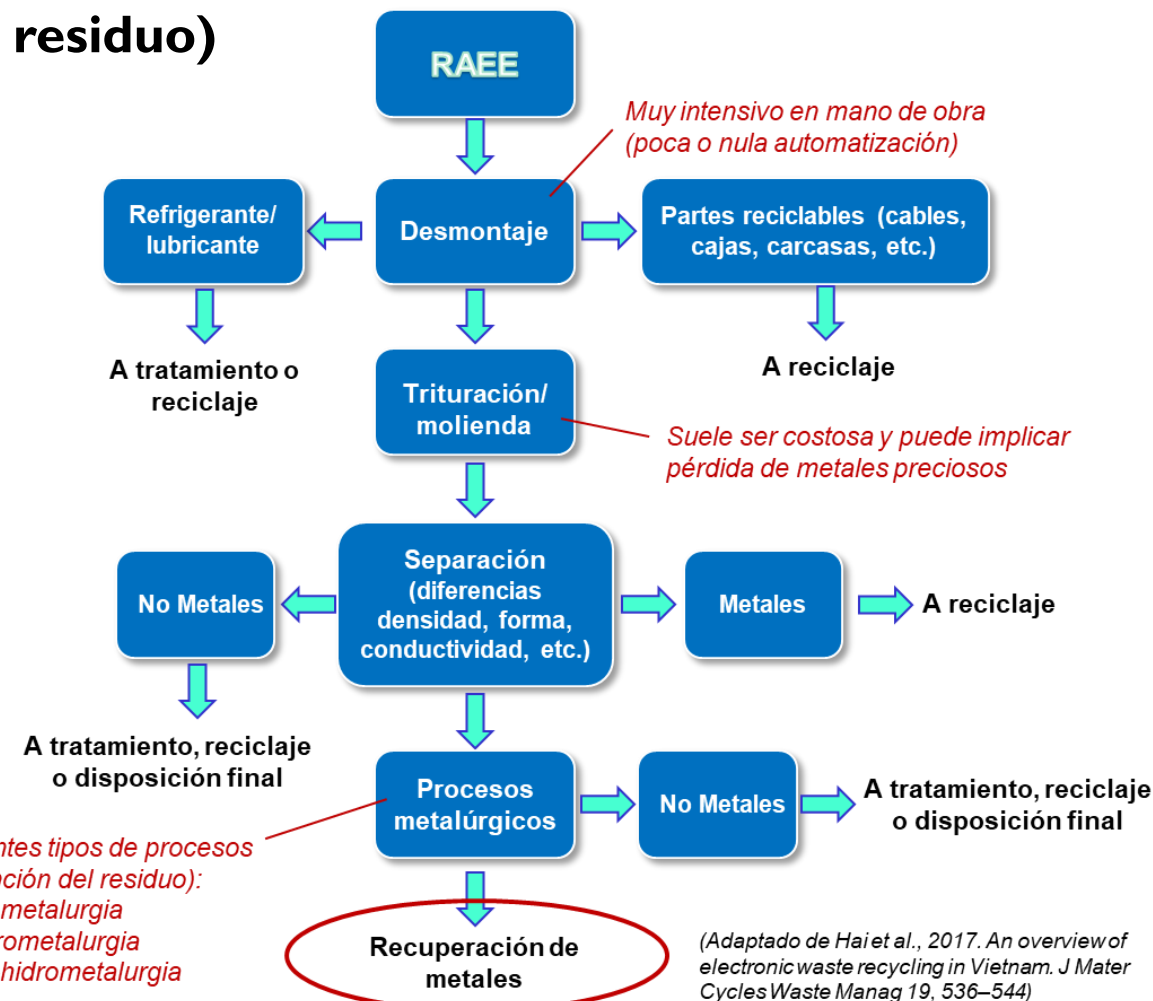
Recogida



Localización y escala de las instalaciones de reciclaje



Gestión adecuada de todas las salidas
(no solo materiales críticos)





¿Cuáles son los principales retos que debemos afrontar para incrementar las tasas de recuperación de CRM desde RAEEs, pilas y baterías?

2. Retos ambientales (en tratamiento principal de recuperación metálica)

Pirometalurgia

- Altas emisiones de CO₂ y alto consumo energético
- Generación de escorias y gases tóxicos
- Requiere sistemas de captura y recuperación energética para reducir consumo y huella de carbono



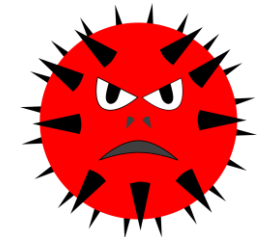
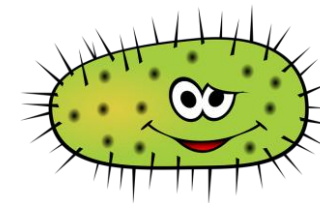
Hidrometalurgia

- Uso de reactivos químicos agresivos (ácidos, bases) que pueden generar efluentes peligrosos
- Consumo de agua significativo
- Es crítica la gestión adecuada de los lixiviados.
- Menor consumo energético que la pirometalurgia.



Bio-hidrometalurgia

- Usa microorganismos en lugar de ácidos fuertes.
- Procesos lentos → mayor espacio y tiempo de tratamiento
- Menores impactos pero requiere controles biológicos y tratamiento de efluentes
- Mucho menor nivel de desarrollo tecnológico (mayor incertidumbre en escalado)



Procesos electroquímicos

- Consumo eléctrico elevado, aunque puede mitigarse con energías renovables.
- Generación de residuos líquidos con sales y metales.
- Alta selectividad y posibilidad de integración con energía limpia.





¿Cuáles son los principales retos que debemos afrontar para incrementar las tasas de recuperación de CRM desde RAEEs, pilas y baterías?

3. Retos sociales



- Recogida separada de RAEEs, pilas y baterías.
- Baja aceptación de las instalaciones de separación, clasificación y valorización de residuos

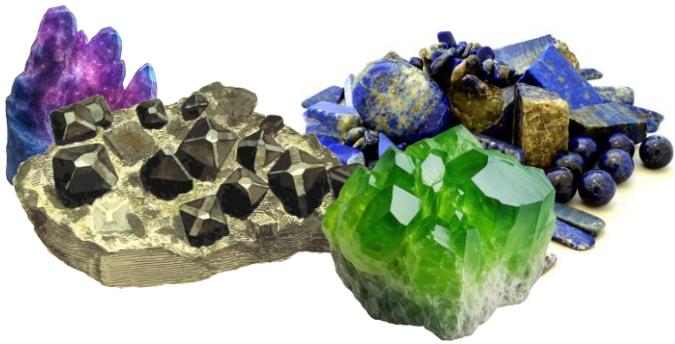


4. Retos económicos

- Costes de reciclaje elevados
- Escala insuficiente (volumen actual de RAEE y baterías recicladas no cubre la demanda industrial)
- Volatilidad del mercado de metales (cuando los precios bajan, el reciclaje deja de ser rentable)
- Falta de incentivos financieros (alto riesgo tecnológico y regulatorio)
- Competencia internacional (Asia domina el reciclaje con costes más bajos y economías de escala)
- Costes logísticos y regulatorios (transporte transfronterizo de RAEE y baterías es complejo y caro. Fragmentación normativa entre Estados miembros)



GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN



Jornada técnica sobre la GESTIÓN DE RAEE Y PILAS EN EL ÁMBITO MUNICIPAL

26 DE NOVIEMBRE 2025

CIFE Avenida de las Provincias, 33 Fuenlabrada



SEMANA EUROPEA
de la PREVENCIÓN DE RESIDUOS
22-30 noviembre 2025



Ayuntamiento de
FUENLABRADA



Universidad
Rey Juan Carlos



Cátedra
Economía
Circular

GESTIÓN SOSTENIBLE DE RESIDUOS