

AWARE – Automobile WAste Reduction of critical raw materials through rEcycling

Alicia Valero, Abel Ortego, Marta Iglesias, Alejandro Abadías,
Markus Reuter, Mar Villacampa, Nuria Fernández, Noemí Salas,
Josep María Vilaró

Edificio CIRCE / Campus Río Ebro / Mariano Esquillor Gómez, 15 / 50018 ZARAGOZA

Tfno. (+34) 976762145/ 976762950 / web: <https://icirce.unizar.es> / email: icirce@unizar.es

¿Quiénes son los participantes del proyecto?



Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology



Parte de los miembros del equipo de investigación del proyecto AWARE



El Instituto CIRCE se fundó en 2009 para crear un vínculo entre la Universidad de Zaragoza y la Fundación CIRCE.

MISIÓN:

Impulsar la investigación de excelencia y calidad y la transferencia tecnológica, potenciando un escenario energético basado en las Energías Renovables la Eficiencia de los Recursos y la Sostenibilidad, que responda a las necesidades de la sociedad.

Cuenta con **5 equipos de investigación:**

- Agua, Biomasa, Integración y Emisiones
- Integración en energías renovables
- Sistemas Térmicos
- Socioeconomía de la Energía y Sostenibilidad.

- **Ecología Industrial. Eficiencia en el uso de las materias primas**

Directora del Equipo: Dra. Alicia Valero

OBJETIVO: Avanzar en el conocimiento global y posicionarse como líder internacional en la aplicación de la termodinámica como herramienta para entender y contabilizar la degradación de los recursos limitados del planeta, en especial los recursos minerales.





ET-B Medio Ambiente de Producto Ecodiseño, ecoinnovación y reciclabilidad del producto

Helmholtz Institute Freiberg for Resource Technology



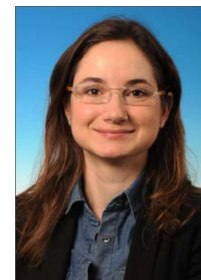
Diseño de la reciclabilidad de piezas a través del Software HSC Chemistry 9.9.



Análisis de desensamblado de piezas y estudio económico



Mar Villacampa
Product Environmental
Affairs



Marta Iglesias
Materials,
Ecodesign &
Ecoinnovations



Noemí Salas
Lifecycle
analysis & Env.
communication



Nuria Fernández
Vehicle recyclability

Josep María Vilaró
XXX



Prof. Markus Reuter. Director
de Helmholtz
Institute Freiberg
(hasta junio 2020)



Alejandro Abadías. PhD
Student



Abel Ortego
Director del Área de Desarrollo del Conocimiento
en MotorLand Aragón

Motivación del proyecto: ¿Cuántos metales hay en un vehículo, cuántos se recuperan?

En la fabricación de un vehículo se emplean más de **50 tipos de metales**, algunos de ellos son:

- Ga, Ge, Y en LEDs
- Nd, Dy, Pr en imanes permanentes
- Pt, Pd en catalizadores
- Au, Ag, Sn, Ta, Yb en electrónica
- Ce, Tb, Se en sensores
- Nb, Mo, Cr, Ti, V, W en aleaciones de alta resistencia

Sin embargo, en la actualidad **no existen procesos específicos de recuperación de estos recursos**, los cuales son **finitos** e incluso muchos de ellos ya son considerados como **críticos** por la Comisión Europea.

1																	18
1 H 1.008																	2 He 4.003
3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180
11 Na 22.990	12 Mg 24.305											13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.065	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.88	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.933	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.38	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80
37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc 98.906	44 Ru 101.07	45 Rh 101.07	46 Pd 106.32	47 Ag 107.868	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.71	51 Sb 121.757	52 Te 127.4	53 I 126.905	54 Xe 131.29
55 Cs 132.905	56 Ba 137.327	57-71 Lantánidos	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.84	75 Re 186.207	76 Os 190.22	77 Ir 192.22	78 Pt 195.084	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.387	82 Pb 207.2	83 Bi 208.980	84 Po 209	85 At 210	86 Rn 222
87 Fr 223	88 Ra 226	89-103 Actínidos	104 Rf 261	105 Db 262	106 Sg 266	107 Bh 264	108 Hs 269	109 Mt 268	110 Ds 271	111 Rg 272	112 Cn 285	113 Nh 284	114 Fl 289	115 Uup 288	116 Lv 293	117 Uus 294	118 Uuo 294
57 La 138.905	58 Ce 140.12	59 Pr 140.908	60 Nd 144.24	61 Pm 144.913	62 Sm 150.36	63 Eu 151.964	64 Gd 157.25	65 Tb 158.925	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.259	69 Tm 168.934	70 Yb 173.054	71 Lu 174.967			
89 Ac 227.028	90 Th 232.038	91 Pa 231.036	92 U 238.029	93 Np 237.048	94 Pu 244.044	95 Am 243.061	96 Cm 247.070	97 Bk 247.070	98 Cf 251.083	99 Es 252.083	100 Fm 257.103	101 Md 258.103	102 No 259.103	103 Lr 262			

Considerados críticos por la Comisión Europea Considerados críticos por otros estudios No críticos

Metales demandados por un vehículo

Objetivo principal de AWARE

- **Estudiar procesos de desensamblado y reciclado avanzados que permitan mejorar el ecodiseño de piezas para aumentar la reciclabilidad de los metales** que contiene un vehículo, en particular de aquellos que se emplean en la fabricación de **componentes eléctricos y electrónicos** que en la actualidad no disponen de procesos específicos de reciclaje que garanticen su recuperación.

Para lograrlo se ha realizado un caso de estudio aplicado a un vehículo turismo representativo de la flota nacional.

Se han seleccionado los **10 componentes del vehículo** con mayor potencial para aplicar procesos específicos de reciclaje.

Para la selección se han seguido **5 criterios**:

- Contenido de metales escasos
- Capacidad de desmontaje del vehículo
- Compatibilidad metalúrgica de los metales
- Posibilidad de separar los plásticos
- Cantidad de modelos que comparten esas piezas



SEAT LEON Generation III Diesel

Caso de estudio

- A través de los 5 criterios de selección se han escogido los siguientes componentes:

- Cuadro de instrumentos
- Luz de freno
- Retrovisor exterior
- Sensor de calidad del aire
- Cableado de potencia
- Sensor de lluvia
- Sensor de velocidad
- Cableado

- Tras la selección de las piezas se ha estudiado la posibilidad de **subdesensamblar** las diferentes partes que las componen para tener **tres grandes fracciones lo más homogéneas posibles** antes de aplicar los procesos metalúrgicos:

- Fracción férrea
- Fracción no férrea
- Fracción principal de aluminio

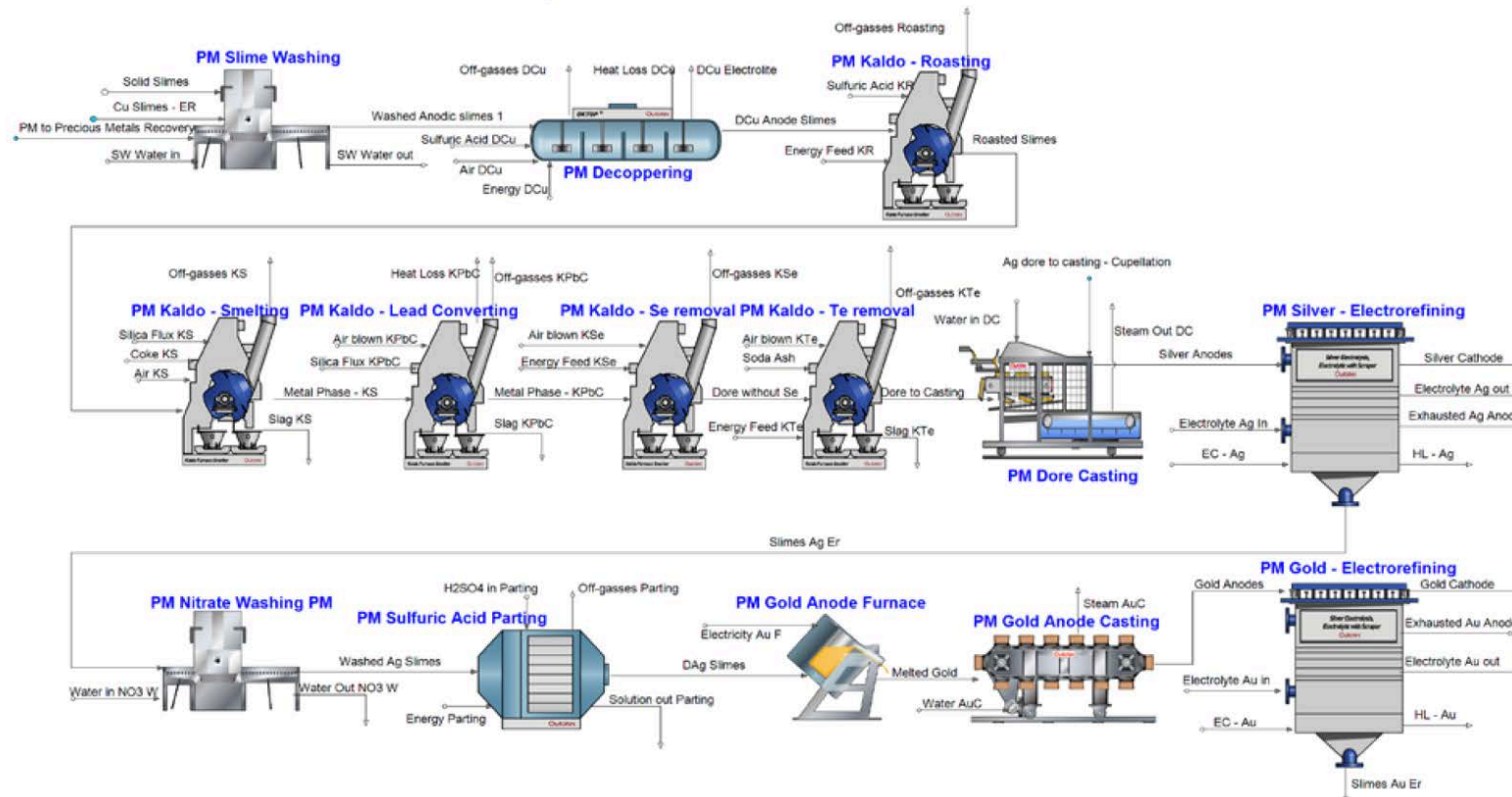


Ejemplo de pieza subdesensamblada

Caso de estudio

- Para cada fracción se ha diseñado un proceso específico de reciclaje basado en metalurgia y se ha simulado la recuperación de metales utilizando el software **HSC Chemistry 9.9**.

Precious Metals Recovery



Ejemplo de proceso metalúrgico de reciclaje diseñado

Principales resultados

- Los procesos diseñados daban como resultado final la recuperación de gran parte de los siguientes metales:

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

0-25% Recovery
 25-50% Recovery
 50-75% Recovery
 75-100% Recovery

Impacto económico:

- El valor de los metales recuperados considerando la cantidad de unidades fabricadas de cada componente es **superior a los 30 M€año.**
- La mejora económica derivada de los procesos diseñados supone un **aumento del valor económico recuperado por vehículo de un 7,3 %** sobre la situación actual.

- Se han obtenido conclusiones valiosas para mejorar el ecodiseño de las piezas en cuanto a composición y métodos de ensamblado.

Logros

Los resultados mostrados reflejan un **proceso de investigación iniciado en diciembre de 2015**. A lo largo de este periodo de tiempo se han realizado:

- **Análisis de 4 versiones de vehículos**, con diferentes motorizaciones y niveles de equipamiento.
- Estudio de **4.506 códigos de piezas de vehículos**.
- Generación de **306.136 datos de contenidos de metales** en los diferentes componentes de los vehículos estudiados.

Además:

- **Trabajo recomendado** por el consejo asesor alemán de medioambiente en sus alegaciones a la Directiva 2000/53/EC sobre vehículos fin de vida.
- Publicación de una **tesis doctoral** y una tesis doctoral en fase de elaboración.
- Publicación de **5 artículos científicos en revistas de alto impacto científico**.
- Publicación de un artículo sobre recomendaciones de eco-diseño en una revista de la **SAE**.
- Presentación de una **propuesta de proyecto europeo** en fase de evaluación para su prueba piloto.