

Electrometalurgia y Reciclaje de Materiales

Tema 8. Reciclado de materiales metálicos



Carlos Thomas García

Departamento de Ciencia e Ingeniería del
Terreno y de los Materiales

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Reciclado de materiales metálicos

- **Metales férreos:** hierro y **acero**.
- **No férreos:** (según grado de utilización) cobre, aluminio, estaño, plomo, cinc, níquel, **romo**, titanio, magnesio, **wolframio** o tungsteno, cobalto.

Hierro



Fuente: Wikipedia.

Acero



Fuente: Cintatex.

Cobre



Fuente: Ausenco.

Aluminio



Fuente: Cointra.

Crecimiento de la cantidad de residuos generados debido a **estilos de vida y consumo** imperantes, los mayores niveles de **renta y calidad de vida**.

Según la CNAE (**Clasificación Nacional de Actividades**), las actividades del sector del reciclaje de metales aparecen englobadas dentro del epígrafe 37.1 (Reciclaje de chatarra y desechos de metal) comprenden:

- La **trituration mecánica** de chatarra (coches usados, lavadoras, bicicletas, etc.) y posterior clasificación y separación.
- La **reducción** mecánica de grandes piezas de hierro (como vagones de ferrocarril, aviones).
- La **trituration de desechos** de metal.
- **Otros métodos** de tratamiento mecánico, como el corte y la compresión para reducir el volumen.

El reciclador de residuos metálicos

- 1. Accede a los residuos metálicos generados** por un tercero ya sea una empresa privada que produce **residuos con contenido metálico** o una administración pública en el caso de los **envases metálicos** contenidos en los residuos urbanos, bien sea a través de la recogida directa, en el caso de que este tercero genere un volumen importante de residuos, o bien comprándolos a un mayorista de chatarra. Normalmente, el reciclador **abona** una cantidad por estos materiales de residuo recogidos o comprados, aunque en otros casos estos materiales de residuo son retirados de manera **gratuita** por parte del reciclador (facilitando la eliminación de estos residuos al poseedor o generador de los mismos).

El reciclador de residuos metálicos

- 2. Procede a clasificar y tratar** los diversos residuos recogidos, aplicando **procesos** de transformación tanto **físicos** (actividades de trituración y fragmentación, corte, cizallado, etc.) como **químicos** (procedimientos electrolíticos, electrorrefinación, etc.) u otros medios (separación manual, separación magnética, cribados, corrientes de inducción y separadores de Foucault, flotación en medios densos, etc.).
- 3. Procede a vender** esta chatarra debidamente clasificada, reciclada y **adaptada a las necesidades del cliente**, directamente a **plantas** de fundición que operan con chatarra como materia prima en el caso de recicladores que manejan cantidades importantes o bien a **mayoristas** de chatarra que, posteriormente, venden a su vez estos materiales a las plantas fundidoras.

El reciclador de residuos metálicos

La **Lista Europea de Residuos (LER)** es un instrumento que permite ayudar en la clasificación de residuos en función de su origen y naturaleza.

- 400 tipos de residuos según la fuente que los haya originado.
- A nivel español, la última **LER** se ha publicado en la Orden MAM/304/2002.
- Única lista de residuos que deroga las dos listas anteriores (Decisión de la Comisión 94/3/CE y Decisión del Consejo 94/904/CE).
- La **LER** está dividida en 20 capítulos en función de la fuente que genera los residuos.
- Distinguiéndose además los residuos no peligrosos de los peligrosos.

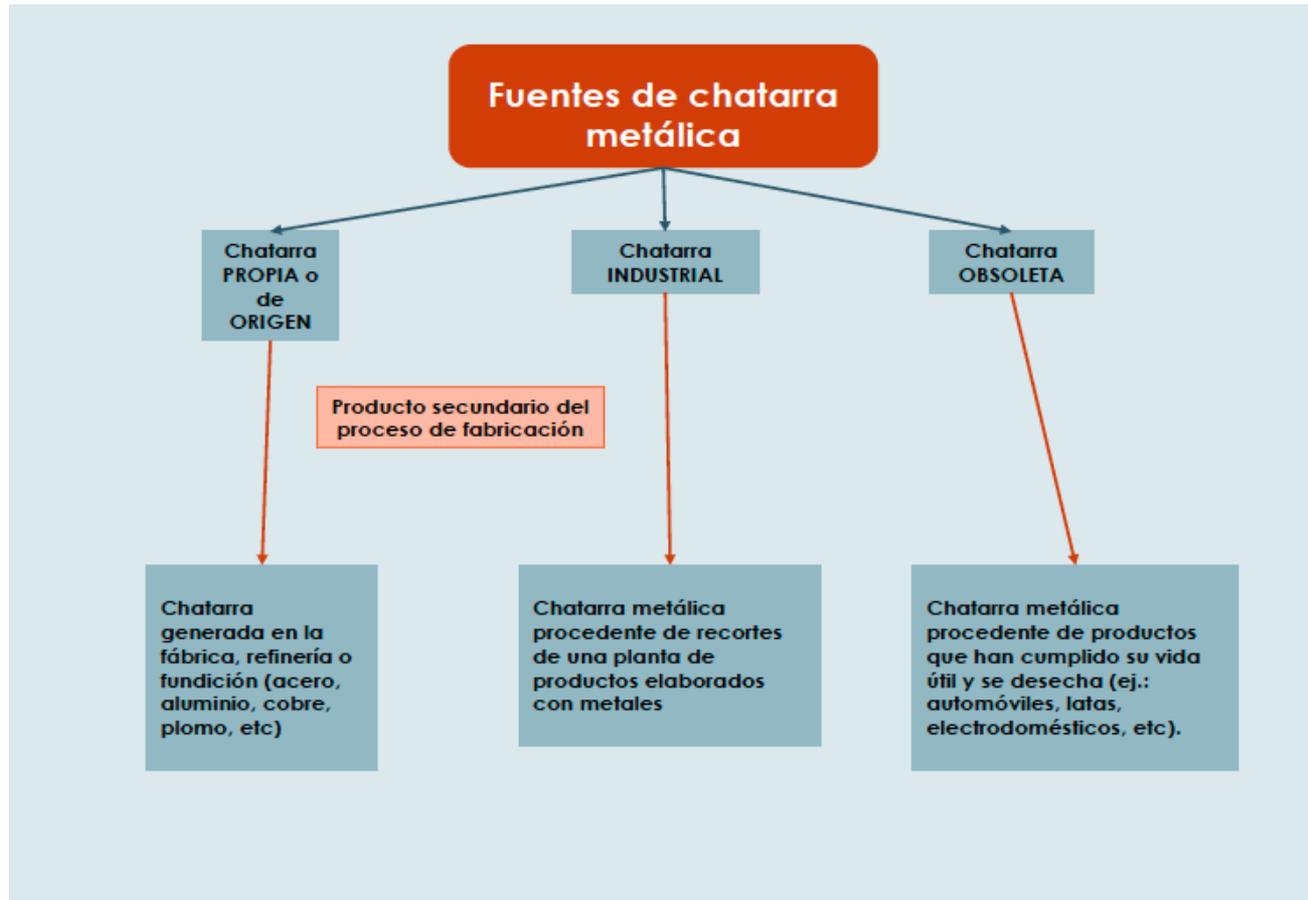
Código LER (4 dígitos)	Código LER (6 dígitos)
02 01 Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca	02 01 10 Residuos metálicos
10 02 Residuos de la industria del hierro y del acero	10 02 10 Cascarilla de laminación 10 02 99 Residuos no especificados en otra categoría
10 03 Residuos de la termometalurgia del aluminio	10 03 04 Escorias de la producción primaria (*) 10 03 08 Escorias salinas de la producción secundaria (*) 10 03 09 Granzas negras de la producción secundaria (*) 10 03 15 Espumas inflamables o que emiten, en contacto con el agua, gases inflamables en cantidades peligrosas (*) 10 03 16 Espumas distintas de las especificadas en el código 10 03 15 10 03 99 Residuos no especificados en otra categoría
10 04 Residuos de la termometalurgia del plomo	10 04 01 Escorias de la producción primaria y secundaria (*) 10 04 02 Granzas y espumas de la producción primaria y secundaria (*)
10 05 Residuos de la termometalurgia del zinc	10 05 01 Escorias de la producción primaria y secundaria 10 05 04 Otras partículas y polvos 10 05 10 Granzas y espumas inflamables o que emiten, en contacto con el agua, gases inflamables en cantidades peligrosas (*) 10 05 11 Granzas y espumas distintas de las especificadas en el código 10 05 10
10 06 Residuos de la termometalurgia del cobre	10 06 01 Escorias de la producción primaria y secundaria 10 06 02 Granzas y espumas de la producción primaria y secundaria 10 06 04 Otras partículas y polvos
10 09 Residuos de la fundición de piezas férreas	10 09 03 Escorias de horno 10 09 99 Residuos no especificados en otra categoría
10 10 Residuos de la fundición de piezas no férreas	10 10 03 Escorias de horno 10 10 99 Residuos no especificados en otra categoría

Código LER (4 dígitos)	Código LER (6 dígitos)
10 09 Residuos de la fundición de piezas férreas	10 09 03 Escorias de horno 10 09 99 Residuos no especificados en otra categoría
10 10 Residuos de la fundición de piezas no férreas	10 10 03 Escorias de horno 10 10 99 Residuos no especificados en otra categoría
11 05 Residuos de procesos de galvanización en caliente	11 05 01 Matas de galvanización 11 05 02 Cenizas de zinc
12 01 Residuos del moldeado y tratamiento físico y mecánico de superficie de metales	12 01 01 Limaduras y virutas de metales férreos 12 01 02 Polvo y partículas de metales férreos 12 01 03 Limaduras y virutas de metales no férreos 12 01 04 Polvo y partículas de metales no férreos 12 01 13 Residuos de soldadura 12 01 99 Residuos no especificados en otra categoría
15 01 Residuos de envases (incluidos los residuos de envases de la recogida selectiva municipal)	15 01 04 Envases metálicos 15 01 11 Envases metálicos, incluidos los recipientes a presión vacíos, que contienen una matriz porosa sólida peligrosa (por ejemplo, amianto) (*)
16 01 Vehículos de diferentes medios de transporte (incluidas las máquinas no de carretera) al final de su vida útil y residuos del desguace de vehículos al final de su vida útil	16 01 06 Vehículos al final de su vida útil que no contengan líquidos ni otros componentes peligrosos 16 01 17 Metales férreos 16 01 18 Metales no férreos

Código LER (4 dígitos)	Código LER (6 dígitos)
16 08 Catalizadores usados	16 08 01 Catalizadores usados que contienen oro, plata, renio, rodio, paladio, iridio o platino (excepto los del código 16 08 07) 16 08 02 Catalizadores usados que contienen metales de transición (5) peligrosos o compuestos de metales de transición peligrosos (*) 16 08 07 Catalizadores usados contaminados con sustancias peligrosas (*)
17 04 Residuos de metales procedentes de la construcción y demolición (incluidas sus aleaciones)	17 04 01 Cobre, bronce, latón 17 04 02 Aluminio 17 04 03 Plomo 17 04 04 Zinc 17 04 05 Hierro y acero 17 04 06 Estaño 17 04 07 Metales mezclados 17 04 09 Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas (*) 17 04 11 Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
19 01 Residuos de la incineración o pirólisis de residuos procedentes de instalaciones para el tratamiento de residuos	19 01 02 Materiales féreos separados de la ceniza de fondo de horno 19 01 11 Cenizas de fondo de horno y escorias que contienen sustancias peligrosas Gestores de Residuos (*)
19 10 Residuos procedentes del fragmentado de residuos procedentes de instalaciones para el tratamiento de residuos que contienen metales	19 10 01 Residuos de hierro y acero 19 10 02 Residuos no féreos 19 10 06 Otras fracciones distintas de las especificadas en el código 19 10 05

Código LER (4 dígitos)	Código LER (6 dígitos)
19 12 Residuos del tratamiento mecánico de residuos procedentes de instalaciones para el tratamiento de residuos no especificados en otra categoría	19 12 02 Metales féreos 19 12 03 Metales no féreos
20 01 Fracciones recogidas selectivamente de los residuos municipales/urbanos (excepto las especificadas en el subcapítulo 15 01)	20 01 40 Metales

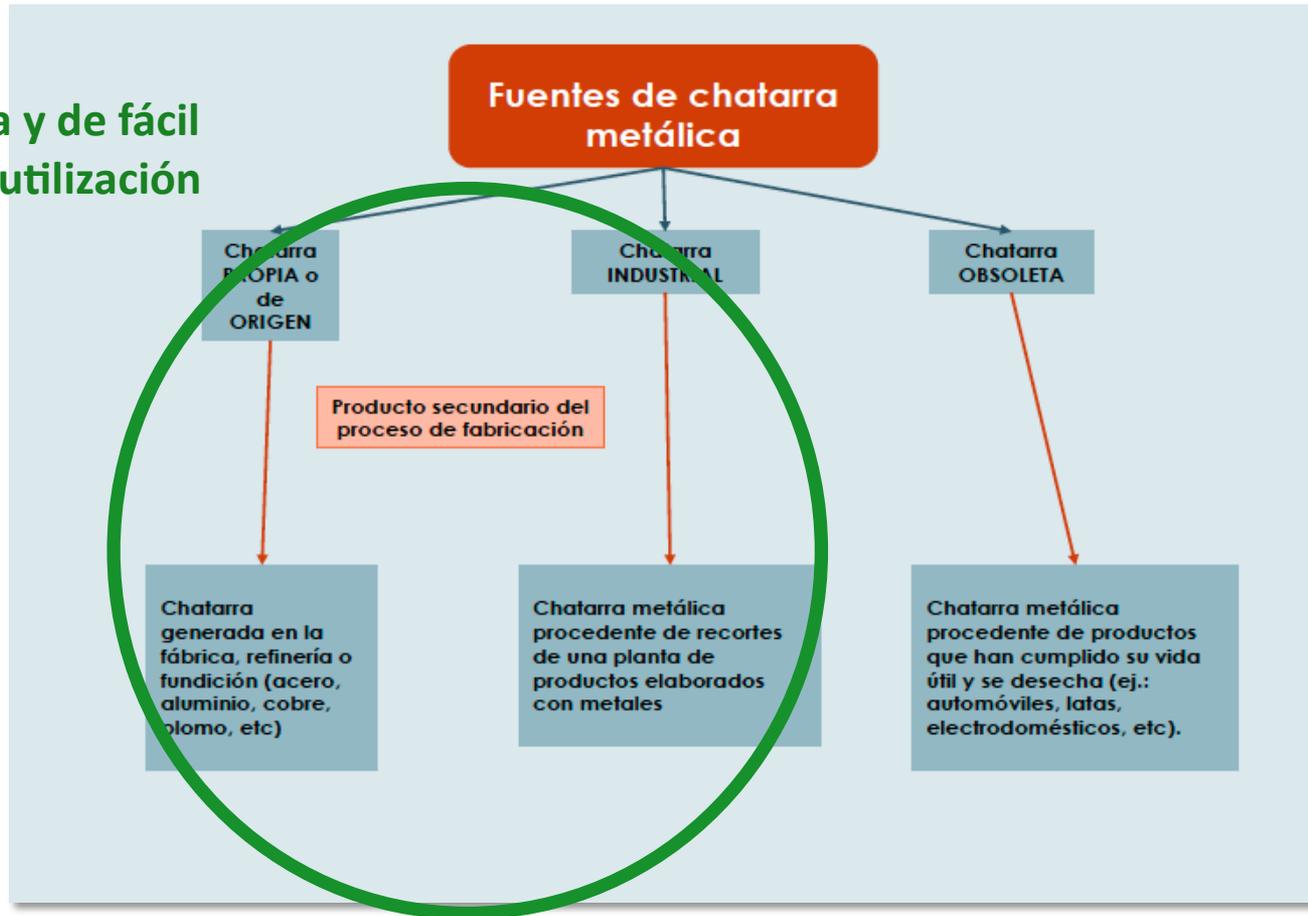
Fuentes de la chatarra metálica



Fuente: <http://www.slideshare.net/guest500a21/reciclado-de-materiales-metalicos>.

Fuentes de la chatarra metálica

Limpia y de fácil
reutilización

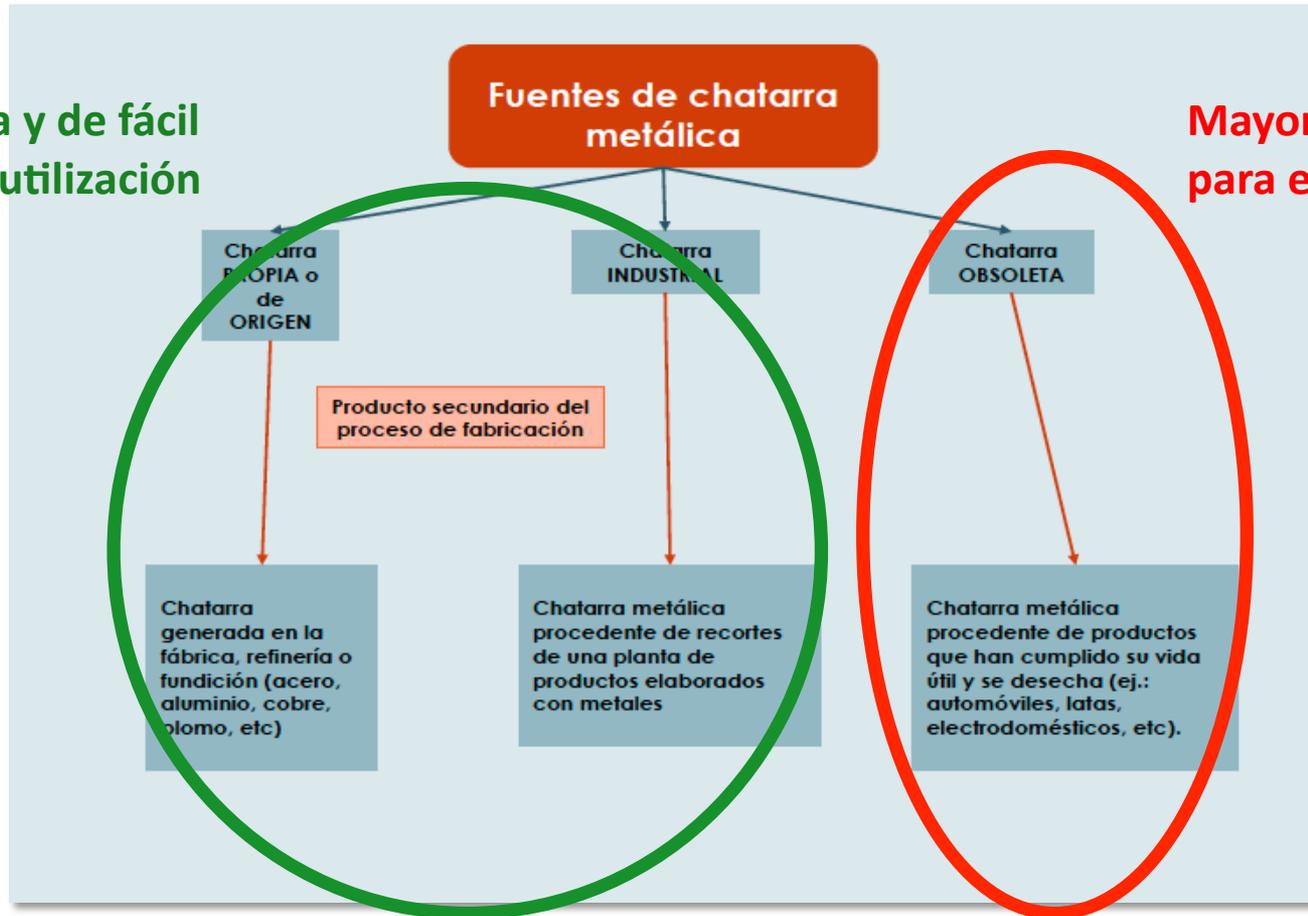


Fuente: <http://www.slideshare.net/guest500a21/reciclado-de-materiales-metalicos>.

Fuentes de la chatarra metálica

Limpia y de fácil
reutilización

Mayor esfuerzo
para el reciclaje



Fuente: <http://www.slideshare.net/guest500a21/reciclado-de-materiales-metalicos>.

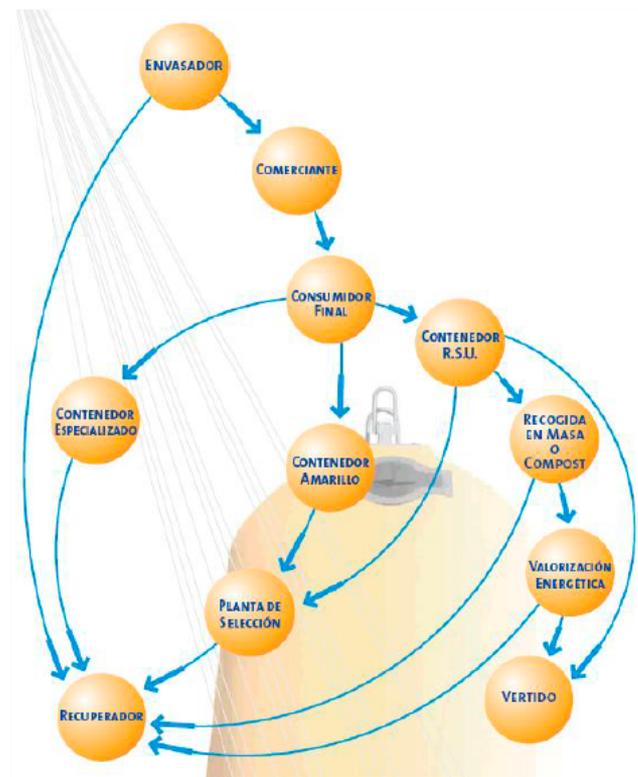
Reciclaje de los envases de metal contenidos en los RSU

La recogida selectiva: desde el año 1998, en España se ha implementado el sistema de recogida selectiva gestionado por ECOEMBES.

En España, la basura no clasificada en el hogar o arrojada a las papeleras de la calle es recogida por los camiones de los servicios municipales.

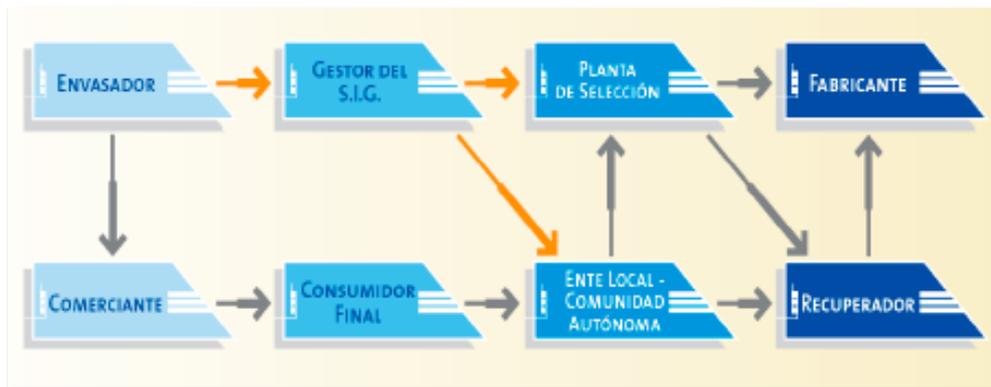
En algunas ciudades y Comunidades Autónomas, existen plantas de recuperación energética a partir de los residuos sólidos urbanos (RSU).

Más de 12.100 compañías se han adherido al SIG gestionado por ECOEMBES.



Fuente: ARPAL.

Sistema Integrado de Gestión ECOEMBES para los envases metálicos



Fuente: ARPAL.



Fuente: ECOEMBES.

Tarifas del punto verde para la recogida de metales para los envases metálicos

Materiales	2006	2007	2008	2009	2010
Acero	0,059	0,059	0,061	0,061	0,085
Aluminio	0,102	0,102	0,102	0,102	0,102

Fuente: ECOEMBES.

Recuperación de residuos metálicos procedentes de vehículos fuera de uso (VFU)

Desde el año 2003, y de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 1383/2002, **todo usuario** que quiera deshacerse de un vehículo fuera de uso (VFU) es responsable de **entregarlo** en un **centro autorizado de tratamiento** (CAT) o en su caso en una instalación de fragmentación concertada.

Un **centro autorizado de tratamiento** (CAT) es una instalación que cumple todos los requisitos que marca la ley para poder dar un tratamiento medioambientalmente correcto a los vehículos al final de su vida útil

Estos centros son **autorizados por las respectivas Administraciones Autonómicas** que deben verificar que cumplen con las exigencias legales correspondientes.

En la actualidad existen 467 CAT concertados integrados en SIGRAUTO y localizados por toda la geografía nacional.



Fuente: <https://cincodias.elpais.com>.

Proceso de recuperación de residuos metálicos procedentes de vehículos fuera de uso (VFU)



Fuente: SIGRAUTO.

Porcentaje de masa reutilizada/reciclada de vehículos fuera de uso (VFU)

- Aproximadamente un **85,5%** del peso total de un coche puede ser reutilizado o reciclado.
- **Supera** el 80% que exige la normativa vigente.
- Se reutiliza un 4,6% en peso de los vehículos.
- Se recicla un **78,5% en peso de los vehículos** (del que aproximadamente un 75% son los metales tanto **ferrosos como no ferrosos** y el resto son, plásticos, vidrios, parte de los neumáticos, etc.).
- Se valoriza **energéticamente** entre un 3 y 4%, fundamentalmente son parte de los fluidos, de los neumáticos y de las gomas.
- **No es posible** la reutilización del 14-15% del peso de un vehículo, formada por una mezcla compleja de distintos materiales (plásticos, chatarras complejas, espumas, cauchos, textiles, etc.) que son depositadas en vertedero.

Porcentaje de masa reutilizada/reciclada de vehículos fuera de uso (VFU)



Fuente: <http://www.desguacesgarciastore.com>.

Recuperación de residuos metálicos procedentes de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)

De acuerdo con la legislación existente (RD 208/2005) es posible distinguir los siguientes tipos de RAEE:

- Grandes electrodomésticos.
- Pequeños electrodomésticos.
- Equipos de informática y telecomunicaciones.
- Aparatos electrónicos de consumo.
- Aparatos de alumbrado.
- Herramientas eléctricas o electrónicas (excepto las industriales fijas permanentemente, de gran envergadura e instaladas por profesionales).
- Juguetes y equipos deportivos o de tiempo libre.
- Aparatos médicos (excepto los productos implantados e infectados).
- Instrumentos de vigilancia o control. Máquinas expendedoras.



Fuente: <http://imagui.eu>.

Recuperación de residuos metálicos procedentes de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)

Categoría de aparato	Metales férricos	Metales no férricos	Vidrio	Plástico	Otros
Electrodomésticos grandes	61%	7%	3%	9%	21%
Electrodomésticos pequeños	19%	1%	0%	48%	32%
Equipos informáticos	43%	0%	4%	30%	20%
Telecomunicaciones	13%	7%	0%	74%	6%
Televisores, radios, etc.	11%	2%	35%	31%	22%
Lámparas de descarga de gas	2%	2%	89%	3%	3%

Fuente: Fundación Ecotic.

Dichos aparatos requieren grandes cantidades de energía y de materias primas para su fabricación, algunas muy perjudiciales tanto para el medio ambiente como para el ser humano, como pueden ser los materiales ignífugos bromados y los metales pesados como el cadmio, el cromo, el plomo, el níquel y el mercurio.



Fuente: <http://imagui.eu>.

Recuperación de residuos metálicos procedentes de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)



Fuente: Fundación Ecotic.

Ejemplos de estos componentes potencialmente peligrosos se encuentran gases refrigerantes CFC (en frigoríficos, congeladores, sistemas de aire acondicionado, bombas de calor, deshumidificadores, etc.).



Fuente: <http://imagui.eu>.

El reciclado de chatarras de metales ferrosos

El acero y el hierro, al igual que el resto de los metales, **puede ser reciclado** una vez que su uso inicial ha llegado a su término un número prácticamente **ilimitado de veces**, sin perder calidad, y cualquiera que haya sido su origen.

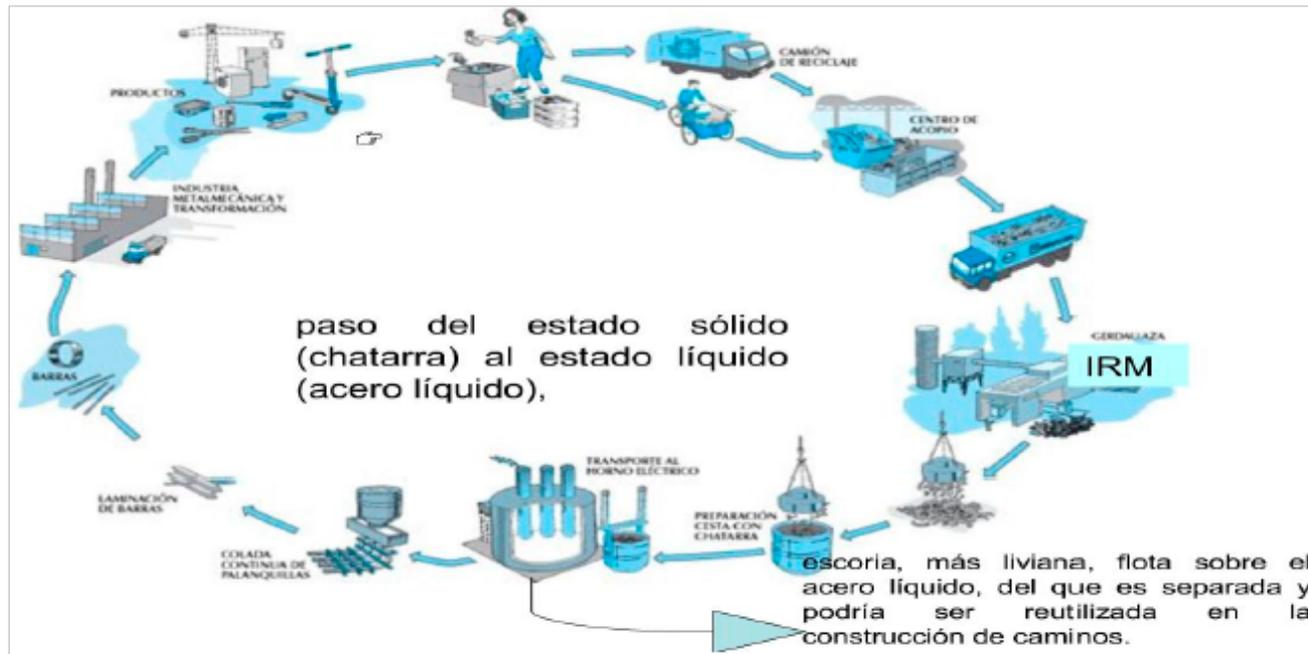
El rendimiento del reciclado viene determinado por tres factores:

- La efectividad del **proceso** de recuperación de los usos previos.
- La efectividad del **sistema** de recolección y selección.
- Las **dificultades técnicas** del reprocesamiento, por ejemplo: remoción electrolítica de la placa de estaño de las latas de conserva.



Fuente: <https://www.definicionabc.com>.

El reciclado de chatarras de metales ferrosos



Fuente: <http://www.slideshare.net/guest900a21/reciclaje-de-materiales-metalicos>.

Entre el 40-45% de las necesidades mundiales de acero viene satisfecha por chatarra reciclada.

El reciclado de chatarras de aluminio

35% de la producción mundial de aluminio corresponde a la producción de **aluminio reciclado**, con importantes crecimientos positivos en los últimos años.

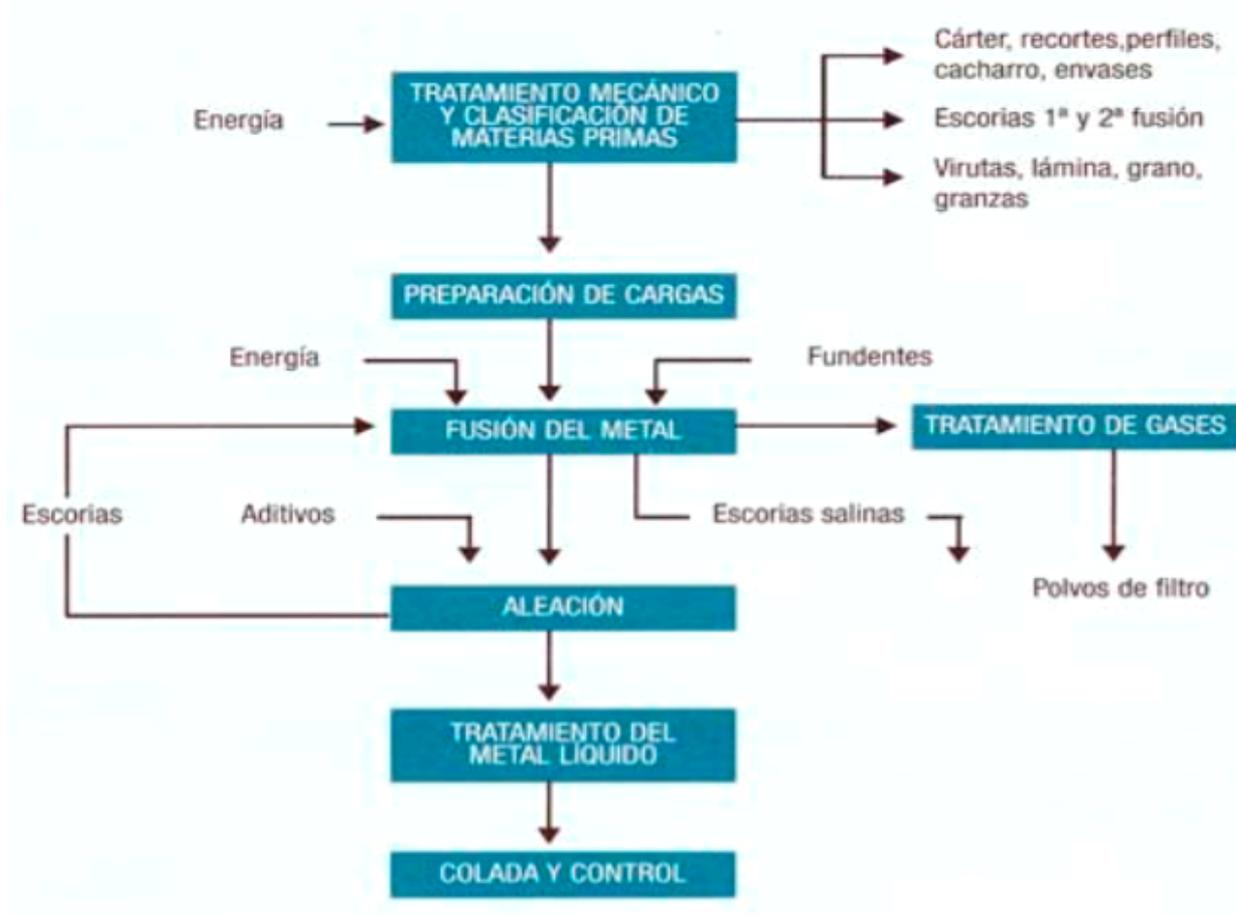
Al igual que el resto de chatarras metálicas, las de aluminio proceden de dos fuentes principales:

- **Chatarras obsoletas:** procedente de bienes de consumos e inversión que han cumplido su vida de uso, como residuos urbanos con presencia de aluminio (e.g.: **latas** de bebida, papel de aluminio) o procedentes de desguaces de **vehículos**, equipos electrónicos utilizados, cables, derribos, etc.
- **Chatarras de origen industrial:** recortes y virutas que se producen durante la **fabricación** de productos de aluminio por parte de diversos sectores industriales.



Fuente: <http://www.supraciclaje.com>.

El reciclado de chatarras de aluminio



Fuente: ASERAL.

El reciclado de chatarras de cobre

El proceso de reciclado del cobre consta básicamente de la **recogida y clasificación** de las chatarras de cobre en función de sus niveles de pureza para su posterior **envío a la fundición o tratamiento ulterior**.

- Los residuos de cobre puro pueden ser **fundidos** directamente.
- Su **pureza** se comprueba mediante análisis químicos cuando aún está en estado líquido.
- Después se desoxida y lleva a formas intermedias –como lingotes– para usarlos en otros procesos.
- Los residuos que contienen óxidos se funden para formar ánodos que van a **electrorrefinación** para obtener el nivel de pureza deseado. En algunas aleaciones, como el latón y el bronce, el residuo de cobre se funde y forma más **aleaciones**, sin que se vuelva a refinar.



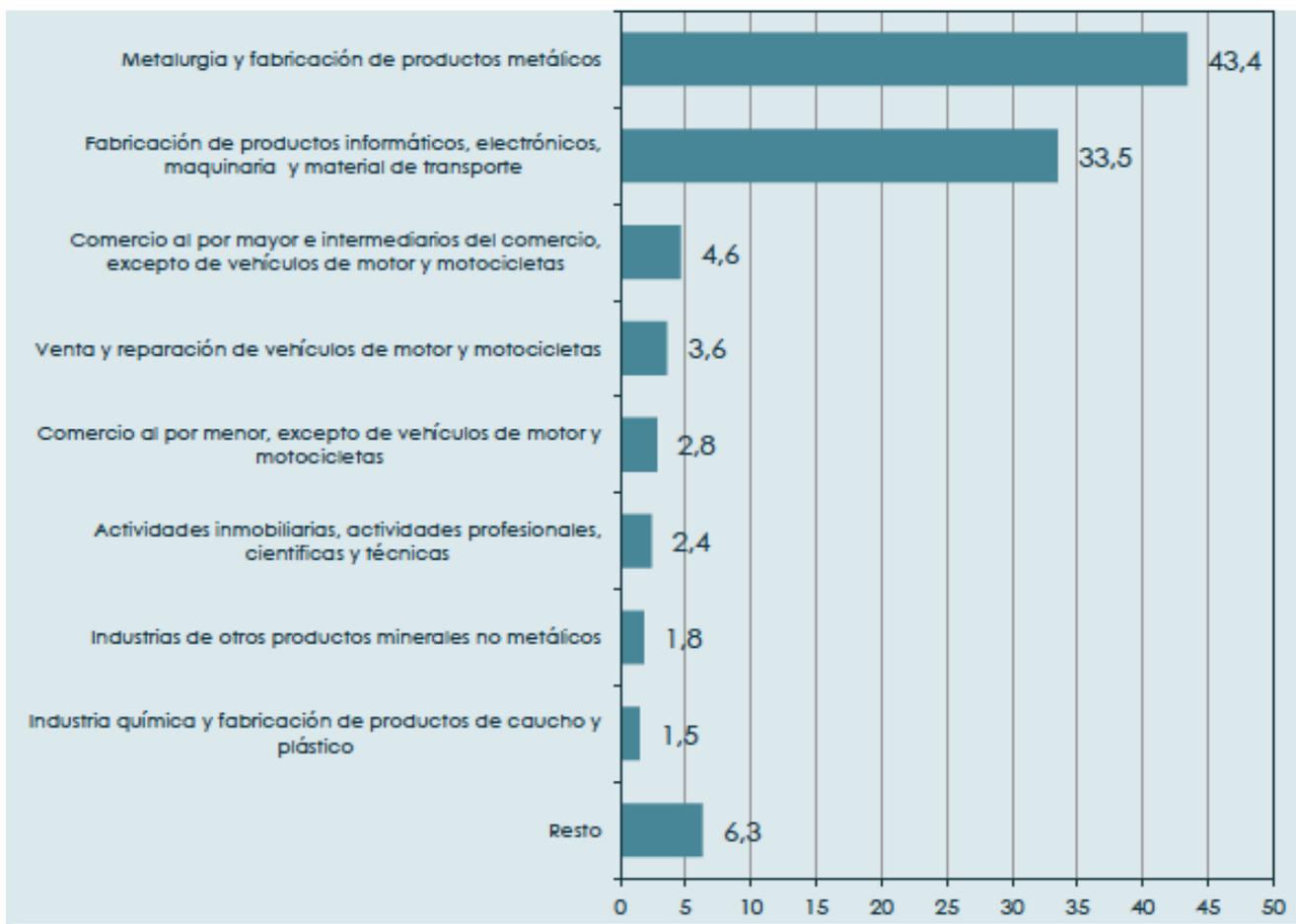
Fuente: <http://metal-ropczyce.pl>.

El reciclado de chatarras de cobre



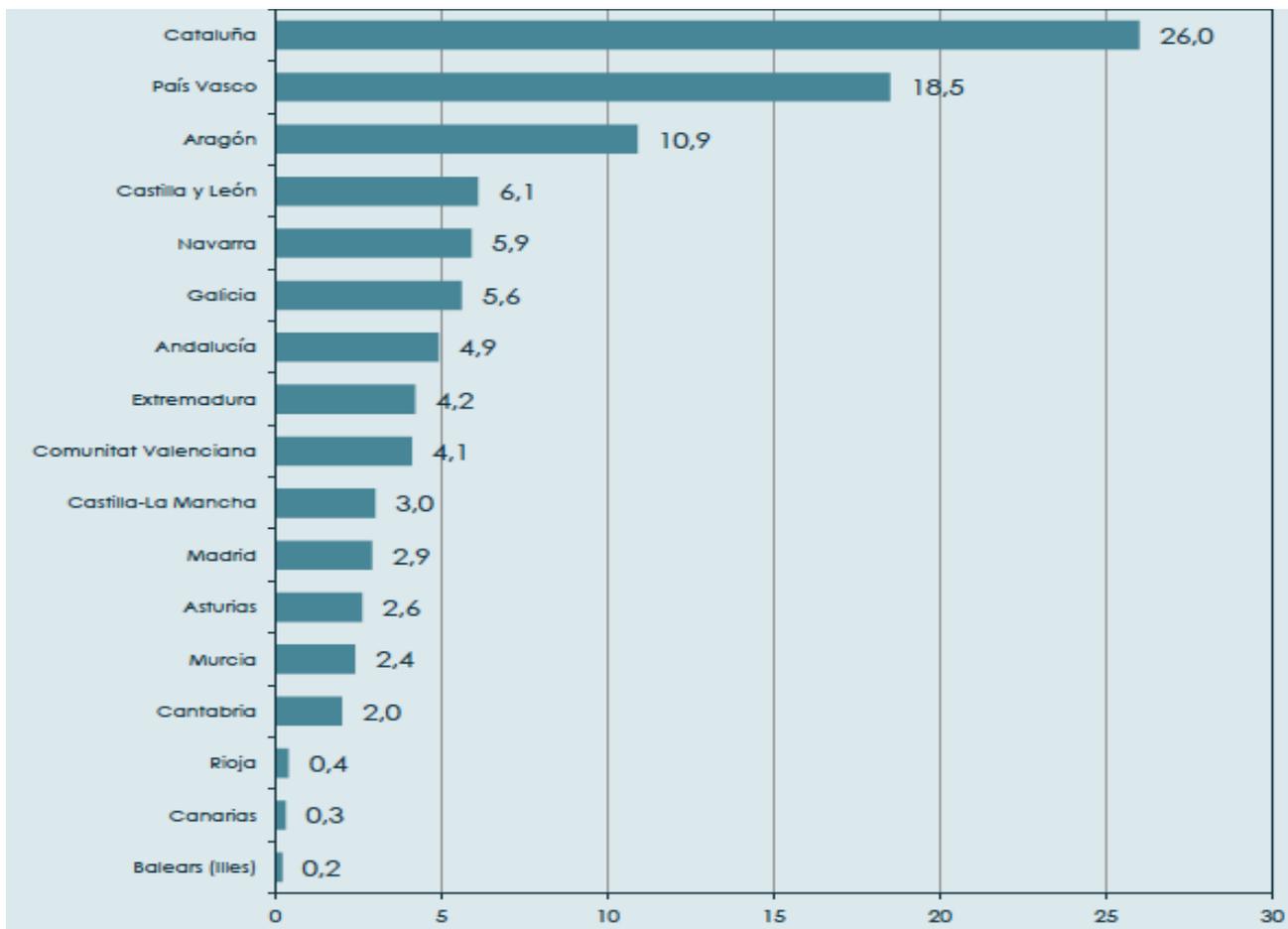
Fuente: CODELCO (<http://codelco.cl/desarrollo/reporte/2006/imagenes/CICLO/diagrama2chico.gif>).

Residuos metálicos generados por ramas de actividad



Fuente: INE (2008). Encuesta sobre Generación de Residuos en el Sector Industrial y de Servicios. Datos en %.

Residuos metálicos generados por Comunidades Autónomas



Fuente: INE (2008). Encuesta sobre Generación de Residuos en el Sector Industrial y de Servicios. Datos en %.