



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica
de Ingenieros de Minas

GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO TÉCNICO DE LAS VÍAS DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN FÁBRICA DE RECUPERACIÓN DE METALES DE VEHÍCULOS FUERA DE USO.

León, Julio de 2015

Autor: Jorge Fernández Puertas

Tutor: Alberto González Martínez

El presente proyecto ha sido realizado por D./Dña. Jorge Fernández Puertas, alumno/a de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León para la obtención del título de Grado en Ingeniería de la Energía.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por D./Dña. Alberto González Martínez, profesor/a del Grado en Ingeniería de la Energía.

Visto Bueno

Fdo.: D./Dña. Jorge Fernández Puertas

El autor del Trabajo Fin de Grado

Fdo.: D./Dña. Alberto González Martínez

El Tutor del Trabajo Fin de Grado

RESUMEN

Debido a la sociedad de consumo en la que vivimos, el volumen de residuos generados aumenta año tras año. Esto es uno de los graves problemas a los que se enfrenta la sociedad actual. Es imprescindible mejorar día a día la gestión de estos residuos. Investigar y desarrollar nuevos métodos de recuperación, reciclaje y reutilización es el factor prioritario.

El presente estudio tiene como objetivo analizar las dos vías adoptadas por una empresa dedicada a la recuperación de la fracción metálica de los vehículos fuera de uso para gestionar la fracción de residuo inerte (plásticos, gomas, textiles...) generada durante la actividad de la empresa.

También se valorará otro tipo de gestión para este residuo que, además, intente alcanzar los objetivos marcados por la Unión Europea en cuanto a la recuperación de un mayor porcentaje del peso total del vehículo.

ABSTRACT

Due to the consumer society in which we are living, the volume of generated waste is increasing from year to year. This is one of the serious problems that our society has to face nowadays. It is essential to make continuous improvements in waste management. The primary objective is to research and develop new methods of recycling, recovery and reuse.

The aim of this study is to analyze the two ways adopted by a company that is dedicated to recovering the metal fraction of end-of-life vehicles to manage the inert waste fraction (such as plastics, rubber, textiles, etc) produced during the company's activity.

Different ways of managing this waste that try to reach the objectives set out by the European Union regarding the recovery of a higher percentage of the total weight of the vehicle will be also valued.

ÍNDICE

1.	Introducción	1
1.1.	Reciclado y valorización	6
2.	Situación VFU: Vehículos fuera de uso.....	8
2.1.	Evolución histórica de los vehículos fuera de uso tratados.....	10
3.	Cadena de tratamiento de vehículos fuera de uso	11
3.1.	Fase I: Centros Autorizados de Tratamiento (CATs)	11
3.2.	Fase II: Instalaciones de Fragmentación.....	13
3.3.	Fase III: Instalaciones de Tecnologías Postfragmentación.....	15
3.4.	Código LER de los residuos generados en la gestión de VFVUs	17
4.	Objeto del estudio.....	18
4.1.	Origen y tipo de residuos no peligrosos tratados	19
4.2.	Procesos de recuperación	19
4.2.1.	Línea de recuperación de metales	19
4.2.2.	Línea de recuperación de cableados.....	22
4.2.3.	Línea de separación de medios densos.....	23
4.2.4.	Línea de tierras.....	25
5.	Producto estéril.....	27
5.1.	Opciones adoptadas por la empresa para gestionar el residuo	29
5.1.1.	Depósito en vertedero	29
5.1.2.	Valorización en hornos de cementera	31
5.1.3.	Recuperación de plásticos del producto estéril o ligero	33
5.1.3.1.	Problemática	35
6.	Objetivos	36
7.	Conclusiones.....	38
8.	Legislación	39
9.	Bibliografía	40
	ANEXO I	41
	ANEXO II	42
	ANEXO III	43
	ANEXO IV	46
	ANEXO V	47

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.1. Jerarquía de las acciones de gestión de los residuos..	5
Imagen 2.1. Asociaciones representativas SIGRAUTO.	10
Imagen 3.1. Operaciones en el CAT.....	12
Imagen 3.2. CATs en España.....	13
Imagen 3.3. Fases en la instalación de fragmentación.	14
Imagen 3.4. Instalaciones de fragmentación en España.	14
Imagen 3.5. Instalaciones de postfragmentación en España.....	16
Imagen 4.1. Esquema línea de proceso recuperación de metales.....	21
Imagen 4.2. Esquema línea de recuperación de cableado.....	22
Imagen 4.3. Esquema línea de separación por medios densos.	25
Imagen 4.4. Esquema línea de tierras.	26
Imagen 5.1. Residuo ligero de fragmentación.	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Clasificación residuos.....	1
Tabla 1.2. Clasificación residuos según su origen..	2
Tabla 1.3. Problemática asociada a la generación de residuos.....	2
Tabla 1.4. Etapas del sistema de Gestión de los Residuos.	4
Tabla 1.5. Razones y estrategias para el reciclado de residuos.	6
Tabla 2.1. Evolución histórica de los vehículos tratados.....	10
Tabla 2.2. Vehículos tratados en 2013.	10
Tabla 3.1. Código LER residuos VFVUs.	17
Tabla 4.1. Composición material coche.....	18
Tabla 5.1. Composición Residuo Ligero de Fragmentación.	27

1. Introducción

Vivimos en una sociedad de alto consumo. El volumen de residuos originados lleva aumentando año tras año durante las últimas décadas. Cada día, en cada una de nuestras ciudades, se produce una gran cantidad de residuos derivados de las actividades económicas y domésticas.

La excesiva generación de residuos es uno de los problemas más importantes a los que se enfrentan las sociedades modernas. Se ha convertido en una cuestión de suma importancia hacia la que se están dirigiendo políticas de intervención, información y gestión.

Un requisito imprescindible y prioritario para poder conseguir un verdadero desarrollo sostenible es la correcta gestión de los residuos. Para ello, es necesario cambiar la idea de que los residuos son basura, algo inservible o mero coste, sino que hay que contemplarlos energéticamente. Cuando los residuos se gestionan de forma adecuada se convierten en recursos que contribuyen al ahorro de materias primas, a la conservación de los recursos naturales, del clima y al desarrollo sostenible.

Los residuos se pueden clasificar de diferentes maneras.

Modo de clasificación	Tipos de residuos
Atendiendo a su naturaleza	Peligrosos o no peligrosos
Según su origen	Domésticos, industriales, comerciales o agrícolas
Según el ámbito de las competencias de gestión	Municipales y no municipales

Tabla 1.1 Clasificación residuos. Fuente: Educación Ambiental, Residuos y Reciclaje.

Tipos de residuos según su origen	
➤	Mermas industriales
⇨	Metálicos
⇨	Plásticos
⇨	Otras mermas: maderas, vidrios, áridos, etc.
➤	Residuos post-consumo
⇨	Residuos de envases ligeros de origen urbano
⇨	Vehículos fuera de uso (VFU)
⇨	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)
⇨	Otros residuos: neumáticos fuera de uso (NFU), residuos de construcción y demolición (RCD), etc.

Tabla 1.2. Clasificación residuos según su origen. Fuente: Diputación Foral de Bizkaja.

La generación de residuos puede provocar una serie de impactos negativos, referidos no solo al ámbito ambiental, sino también al económico, sanitario y social:

Problemática ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Sobreexplotación de recursos naturales - Ocupación del espacio - Deterioro del paisaje - Contaminación del suelo, agua y aire - Mayor riesgo de incendios - Olores - Alteración en los ciclos de vida de especies animales - Enfermedades o muerte en seres vivos - Bioacumulación de sustancias en especies que pasan a la cadena trófica y llegan hasta nosotros - Aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y potenciación del cambio climático
Problemática económica	<ul style="list-style-type: none"> - Alta inversión en la gestión de los residuos y su mantenimiento - Costes asociados a descontaminación y restauración de espacios - Despilfarro de posibles materias primas no utilizadas - Pérdida de valor económico del suelo
Problemática social	<ul style="list-style-type: none"> - Deterioro del entorno - "Compra-venta" de residuos que convierten las regiones más pobres en vertederos
Problemática sanitaria	<ul style="list-style-type: none"> - Proliferación de animales transmisores de enfermedades en los lugares de acumulación de residuos - Contaminación bacteriana

Tabla 1.3. Problemática asociada a la generación de residuos. Fuente: Educación Ambiental, Residuos y Reciclaje.

Dichos problemas se agravan año tras año debido a diferentes causas:

- El crecimiento de la población mundial y la adopción del “modelo de consumo occidental” en países en vías de desarrollo.
- Aumento de la densidad de población, debido a la concentración de la población en núcleos urbanos.
- La tendencia actual a utilizar bienes de un solo uso o de poca calidad y, por lo tanto, baja durabilidad.
- La presencia de ciertos elementos (como sustancias químicas, metales pesados, etc.) o su composición, dificultan el reciclado del producto al tiempo que pueden aumentar su peligrosidad y toxicidad.
- Uso innecesario de recursos y materias primas.

Para hacer frente a estos problemas que nos encontramos es muy importante llevar a cabo una buena gestión de los residuos. La política en materia de residuos debe basarse en la aplicación de un conjunto de principios que en la práctica supone:

- Promover la correcta gestión del conjunto de los residuos, disminuir su generación e impulsar las prácticas más adecuadas para su gestión.
- Establecer prioridades en las opciones de gestión desde la prevención, reutilización, valorización energética y por último la eliminación.
- Que todos los agentes implicados desde las administraciones públicas a los agentes económicos y sociales, pasando por los consumidores y usuarios asuman su cuota de responsabilidad en relación con los residuos.
- Disponer de infraestructuras suficientes para garantizar que los residuos se gestionan correctamente y en lo posible cerca de su lugar de generación.

La Gestión de residuos se define según la **Ley de Residuos 22/2011 de 28 de julio** como la recogida, almacenamiento, transporte, valorización y eliminación de los residuos, incluyendo la vigilancia de estas actividades, así como la vigilancia de los lugares de depósito o vertido después de su cierre. Dicha ley define los conceptos anteriores como:

- **Recogida:** operación consistente en el acopio de residuos, incluida la clasificación y almacenamiento iniciales para su transporte a una instalación de tratamiento.

- **Tratamiento:** las operaciones de valorización o eliminación del residuo, incluida la preparación anterior a la valorización o eliminación.
 - **Valorización:** cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales, que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función en la instalación o en la economía en general.
 - **Eliminación:** cualquier operación que no sea la valorización, incluso cuando la operación tenga como consecuencia secundaria el aprovechamiento de sustancias o energía, como pueda ser en la incineración.

Etapa del Sistema	Características
Prerrecojida	Separación, almacenamiento y depósito del residuo en el punto de recogida
Recogida	Los residuos pueden estar depositados en contenedores en la calle, contenedores soterrados, puntos limpios, o recogerse a través de sistemas de recogida neumática o "puerta a puerta"
Transferencia y transporte	En la planta de transferencia se reduce el volumen de los residuos para favorecer el transporte. Este último debe realizarse según el principio de proximidad: los residuos deben tratarse cerca de donde son producidos
Tratamiento	Los residuos son tratados en: <ul style="list-style-type: none"> • Plantas de transferencia (en la fase anterior) • Plantas de clasificación – separación selectiva • Plantas de compostaje (para materia orgánica) • Vertedero controlado • Incineradora

Tabla 1.4. Etapas del sistema de Gestión de los Residuos. Fuente: Ley de Residuos 22/2011 de 28 de julio.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta es el impacto ambiental generado como consecuencia de la opción adoptada para gestionar los residuos. Se deberá dar más prioridad, en las diferentes posibilidades de gestión de los residuos, a aquellas acciones que sean más beneficiosas para el medio ambiente. Existe una jerarquía en las acciones de gestión de los residuos:



Imagen 1.1. Jerarquía de las acciones de gestión de los residuos. Fuente: Ley de Residuos 22/2011.

Para facilitar la recuperación energética de los residuos la **Ley de Residuos 22/2011 de 28 de julio** en el artículo 4 define como una sustancia u objeto pasa de ser **residuo** (cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar) a ser **subproducto** cuando se cumplan los siguientes requisitos:

- La sustancia u objeto va a ser utilizado utilizada ulteriormente.
- Puede utilizarse directamente sin someterse a una transformación ulterior distinta de la práctica industrial normal.
- Se produce como parte integrante de un proceso de producción.
- El uso ulterior cumple todos los requisitos pertinentes relativos a los productos así como a la protección de la salud humana y del medio ambiente.

Esta definición abre un camino que debe simplificar los trámites administrativos de las autorizaciones, ya que si bien la utilización de un residuo requería siempre de una autorización especial, la de un subproducto no debería.

España va a tener que hacer un gran esfuerzo para cumplir con la aplicación de esta jerarquía, así como para cumplir con el **RD 1481/2001 que regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero**, pues en nuestro país la proporción de residuos que van a vertedero sin tratamiento alguno es todavía considerable.

1.1. Reciclado y valorización

Podemos definir estas operaciones como todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos, incluida la incineración con recuperación de energía, sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios en el medio ambiente.

Además de su importancia como actividad económica e industrial, estas actividades llevan asociados beneficios adicionales como la protección del medio ambiente a través de la reducción del consumo de recursos (materias primas y energía) y de la disminución de los impactos en suelos, agua y aire (emisiones y vertidos) y la protección de la salud de los seres humanos evitando la dispersión de contaminantes.

Razones	Estrategias
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Protección del medio ambiente <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Reducción del consumo de recursos (materias primas y energía) ⇒ Disminución de los impactos en suelos, aguas y aire (emisiones y vertidos) ➤ Protección de la salud de los seres humanos 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Prevención <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Reducción o minimización ⇒ Reutilización ➤ Reciclado y valorización <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Reciclaje mecánico ⇒ Reciclado químico (plásticos) ➤ Recuperación energética ➤ Eliminación <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Incineración ➤ Vertido <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Vertido controlado

Tabla 1.5. Razones y estrategias para el reciclado de residuos. Fuente: Diputación Foral de Bizkaia.

La elección de la forma de gestión de los residuos debe basarse en la sostenibilidad del trinomio recursos-productos-residuos, que se centra, entre otros aspectos en:

- La **disminución de la cantidad generada** mediante aplicación de programas de prevención y mejores condiciones de diseño de los productos y la reutilización de los residuos.
- El **máximo aprovechamiento** de los materiales y de la energía presente en los residuos, mediante el reciclado, (y el compostaje de la materia orgánica), favorecido por una adecuada recogida.
- El **máximo aprovechamiento de la fracción resto**, en especial de la energía contenida en los residuos, previniendo los impactos ambientales derivados de la gestión.

Estas actividades deben garantizar una viabilidad económica. Para conseguirla hay que tener en cuenta una serie de aspectos:

- Costes de separación, recogida, transporte, almacenamiento y acondicionamiento del residuo antes de su tratamiento y procesado.
- Cantidad de material disponible y condiciones de limpieza.
- Proximidad de la fuente productora al lugar en que será valorizado el material.
- Coste del procesado del producto.
- Características y aplicación del producto resultante.
- Demanda del mercado para el material valorizado.

2. Situación VFU: Vehículos fuera de uso.

En los últimos años, el sector industrial dedicado a los Vehículos Fuera de Uso (VFU) ha registrado una importante evolución. En España, la gestión de los vehículos al final de su vida útil (VFVUs) ha sufrido en la última década un profundo proceso de reconversión motivado por la publicación el 3 de Enero de 2003 del **Real Decreto 1383/2002, de 20 de Diciembre, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil**, que traspuso al derecho interno español la **Directiva 2000/53/CE**. Se conseguía que todas las instalaciones que formaban parte de la cadena de tratamiento de los VFVUs tuvieran que adaptarse a los requisitos marcados. Se paso de los antiguos desguaces hasta los modernos Centros Autorizados de Tratamiento (CAT).

Desde el punto de vista medioambiental, en los desguaces la extracción de residuos potencialmente contaminantes era prácticamente nula, salvo que fuera económicamente rentable, como era el caso de la batería por el valor del plomo, quedando el aceite y los demás líquidos en los restos del vehículo. Por otro lado, en las fragmentadoras los metales férricos no eran separados de los no férricos, debido a que su tecnología y los propios costes no se lo permitían en aquellos momentos.

Todo esto constituía un serio problema, pues esos residuos, ligeros y pesados, tenían un alto contenido de elementos peligrosos, además de ser fácilmente inflamable, por tratarse alguno de ellos de productos combustibles.

Esta nueva normativa exigía, entre otras cosas, el establecimiento de una red de recogida de vehículos al final de su vida útil autorizada por los órganos competentes en materia de medioambiente de cada Comunidad Autónoma donde los usuarios pudiesen entregar sus viejos vehículos, así como la obligación de alcanzar los siguientes porcentajes de recuperación del peso medio de los mismos:

	Reutilización y Reciclado	Recuperación Total
Periodo 2006 – 2015	80%	85%
A partir de 2015	85%	95%

El 22 de Mayo de 2002 se constituye la **Asociación Española para el tratamiento medioambiental de los vehículos fuera de uso (SIGRAUTO)**. Nace por acuerdo de las asociaciones que representan a los principales sectores involucrados en la cadena de tratamiento de los vehículos al final de su vida útil.

SIGRAUTO es un foro permanente en el que fabricantes e importadores, desguaces y fragmentadores de automóviles, analizan los problemas que afectan al tratamiento de los vehículos al final de su vida útil, buscando las soluciones más adecuadas y tratando de proporcionar a sus asociados los instrumentos necesarios para que puedan cumplir sus nuevas obligaciones medioambientales relacionadas con dicho tratamiento.

Es una asociación sin ánimo de lucro que no exime de sus responsabilidades a las empresas que forman parte de las asociaciones que la integran siendo la herramienta que debe ayudarles a cumplirlas.

Su objetivo es coordinar y gestionar las actividades derivadas de la nueva normativa sobre vehículos al final de su vida útil y, representar y defender los intereses de sus asociados de manera que puedan establecerse una cadena de tratamiento eficaz, evitando que la sociedad tenga que dedicar importantes recursos en actividades que pueden desarrollar empresas privadas.

SIGRAUTO se encarga de realizar las siguientes actuaciones:

- Concertar, en nombre de los fabricantes e importadores de vehículos, una red de centros autorizados de tratamiento suficientemente amplia y bien distribuida por todo el territorio y donde se asegure la gratuidad en la recepción.
- Informar de la localización de dichos centros.
- Facilitar el intercambio de información entre los centros autorizados de tratamiento, los fabricantes e importadores de los vehículos y las empresas de fragmentación.
- Buscar soluciones que eviten la aparición de valores negativos de mercado.

SIGRAUTO está formado por las asociaciones representativas de los actores que conforman la cadena de tratamiento de los vehículos al final de su vida útil:

- **ANFAC:** Asociación Española Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones.
- **ANIACAM:** Asociación Nacional de Importadores de Automóviles, Camiones, Autobuses y Motocicletas.
- **AEDRA:** Asociación Española de Desguazadores y Reciclaje del Automóvil.
- **FER:** Federación Española de Recuperación.



Imagen 2.1. Asociaciones representativas SIGRAUTO. Fuente: SIGRAUTO

2.1. Evolución histórica de los vehículos fuera de uso tratados.

Hasta el año 2012 las cifras eran una estimación que se obtenía realizando una corrección para eliminar las denominadas “bajas por exportación” que la DGT incluía en la cifra de bajas definitivas totales. Las cifras estadísticas relativas al año 2013 ya no son una estimación sino que se corresponden exactamente con las cifras de vehículos tratados por los Centros Autorizados de Tratamiento y por ello, aunque se va a representar junto con las cifras obtenidas anteriormente, se va a emplear un marcador distinto que deje claro que es una cifra que no puede compararse directamente con las anteriores.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
TURISMOS							
Sin corregir	878.199	740.146	932.546	759.041	616.463	618.391	
Corregido	795.841	628.619	826.353	703.994	549.735	566.280	641.256
VEHÍCULOS IND. DE MENOS DE 3.500 KG							
Sin corregir	118.910	110.752	124.995	125.737	110.783	105.243	73.364
Corregido	114.750	101.792	107.029	115.877	101.562	99.022	
TODOTERRENOS							
Sin corregir	18.136	19.167	22.843	21.475	24.460	27.491	
Corregido	17.369	17.660	18.985	19.766	20.630	22.522	20.156
TOTAL							
Sin corregir	1.015.245	870.065	1.080.384	906.253	751.706	751.125	734.776
Corregido	927.960	748.071	952.367	839.637	671.927	687.824	

Tabla 2.1. Evolución histórica de los vehículos tratados. Fuente: SIGRAUTO

Los vehículos tratados en 2013 afectados por el RD 1383/2002 fueron:

TURISMOS	IND. <3.500 KG	TODOTERRENOS	TOTAL
641.256	73.364	20.156	734.776

Tabla 2.2. Vehículos tratados en 2013. Fuente: SIGRAUTO.

3. Cadena de tratamiento de vehículos fuera de uso

3.1. Fase I: Centros Autorizados de Tratamiento (CATs)

Tal y como estipula el **RD 1383/2002, de 20 de Diciembre, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil**, los CATs son instalaciones, públicas o privadas, autorizadas para realizar cualquiera de las operaciones de tratamiento de los vehículos al final de su vida útil.

Dichos centros garantizarán, bien por sí mismos o a través de otros centros:

- Reutilización.
- Reciclado
- Valorización del vehículo.

Son las únicas instalaciones que pueden recibir vehículos al final de su vida útil, emitir el certificado de destrucción y tramitar la baja administrativa de los mismos del Registro de Vehículos de la Dirección General de Tráfico (DGT).

Los CATs , según lo establecido en el **RD 1383/2002**, deben cumplir unos requisitos mínimos en función de las distintas zonas que se diferencian dentro de la instalación. Algunas de estas zonas no son obligatorias en todos los CATs:

- **Zona de recepción:** identificación del vehículo y almacenamiento.
- **Zona de descontaminación:** retirada de los fluidos y elementos que contengan sustancias peligrosas y sean catalogados como residuos peligrosos.
- **Zona de almacenamiento de residuos:** almacenamiento de los residuos peligrosos generados en el proceso de descontaminación y del resto de residuos no peligrosos procedentes del tratamiento del VFVU.
- **Zona de desmontaje** (no es obligatoria): desmontaje, retirada y clasificación de componentes y piezas del VFVU susceptible de reutilización así como de otros elementos necesarios para el fomento del reciclado.
- **Zona de almacenamiento de componentes** (no es obligatoria): almacenamiento de piezas o componentes retiradas de los VFVU para su posterior comercialización.
- **Zona de almacenamiento de VFVUs descontaminados:** almacenamiento de los VFVUs que no contienen líquidos u otros componentes peligrosos previa a su envío a instalaciones de fragmentación.

- **Zona de preparación para el transporte y compactación** (no es obligatoria): prensado del VFVU obtenido después de la descontaminación y la retirada de todos los componentes o piezas susceptibles de reutilización o reciclado.

Principales operaciones en este tipo de instalación:

- Descontaminación.
- Reutilización de las piezas y componentes.
- Tratamientos para fomentar el reciclado.

Los VFVUs tienen la consideración de residuos peligrosos (con el código de la Lista Europea de Residuos LER 16.01.04*) una vez que entran en las instalaciones de un centro autorizado de tratamiento y se les emite el certificado de destrucción. Por ello, este tipo de instalaciones deben contar con una autorización otorgada por el órgano ambiental competente de la Comunidad Autónoma correspondiente como gestores de este tipo de residuos peligrosos.



Imagen 3.1. Operaciones en el CAT. Fuente: SIGRAUTO

Tanto en la tramitación como en la recepción y descontaminación y desmontaje, el vehículo es considerado residuo peligroso.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	CENTROS AUTORIZADOS DE TRATAMIENTO
ANDALUCÍA	182
ARAGÓN	32
ASTURIAS	24
BALEARES	22
CANARIAS	29
CANTABRIA	13
C. LA MANCHA	71
C. Y LEÓN	86
C. VALENCIANA	101
CATALUÑA	131
CEUTA	1
EXTREMADURA	36
GALICIA	113
MADRID	42
LA RIOJA	11
MELILLA	1
MURCIA	35
NAVARRA	12
PAÍS VASCO	48
TOTAL	990



Imagen 3.2. CATs en España. Fuente: Manual de buenas prácticas SIGRAUTO

3.2. Fase II: Instalaciones de Fragmentación.

Este tipo de instalaciones son las únicas que pueden recibir los vehículos al final de su vida útil una vez que han sido descontaminados y desmontados por un CAT. Las instalaciones de fragmentación son las que hacen posible la recuperación principalmente de la fracción férrica y no férrica de los vehículos, así como el tratamiento de la fracción ligera y/o pesada.

Los vehículos al final de su vida útil, una vez que son descontaminados en las instalaciones de un CAT pierden la condición de residuo peligroso y pasan a ser residuos no peligrosos (con el código LER 16.01.06). Es por este motivo por lo que este tipo de instalaciones deben contar con una autorización otorgada por el órgano ambiental competente de la Comunidad Autónoma correspondiente como gestores de este tipo de residuos no peligrosos.

Las instalaciones de fragmentación, según lo establecido en el **RD 1383/2002**, deben cumplir unos requisitos mínimos en función de las distintas zonas que se diferencian dentro de la instalación:

- **Zona de recepción de VFVUs provenientes de CATs:** identificación, pesaje y vigilancia radiológica del material que se recibe.

- **Zona de almacenamiento de VFVUs provenientes de CATs:** almacenamiento de los VFVUs (compactados o no) que han sido descontaminados y desmontados previamente por un CAT.
- **Zona de fragmentación:** trituración de los VFVUs y separación de los metales férricos del resto de fracciones.
- **Zona de almacenamiento de fracciones obtenidas:** almacenamiento de las fracciones que se obtienen tras el proceso de fragmentación y que normalmente se denominan fracción férrica, ligera y pesada de fragmentación



Imagen 3.3. Fases en la instalación de fragmentación. Fuente: SIGRAUTO.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	INSTALACIONES DE FRAGMENTACIÓN
ANDALUCÍA	3
ARAGÓN	3
ASTURIAS	1
CANARIAS	1
C. Y LEÓN	1
C. VALENCIANA	2
CATALUÑA	4
EXTREMADURA	1
GALICIA	1
MADRID	4
MURCIA	1
NAVARRA	1
PAÍS VASCO	4
TOTAL	27



Imagen 3.4. Instalaciones de fragmentación en España. Fuente: Manual de buenas prácticas SIGRAUTO.

3.3. Fase III: Instalaciones de Tecnologías Postfragmentación.

Este tipo de instalación es la menos conocida de la cadena de tratamiento de los vehículos al final de su vida útil y su función es la de procesar las fracciones generadas tras la fragmentación de los vehículos descontaminados y desmontados que las plantas fragmentadoras no son capaces de aprovechar.

En estas instalaciones se obtienen por un lado los distintos metales no férricos (aluminio, cobre, etc) que son enviados a plantas de siderurgia y, por otro, otras fracciones de materiales no metálicos que se reciclan o se valorizan energéticamente dependiendo de sus características.

Este tipo de instalación debe contar con una autorización otorgada por el órgano ambiental competente de la Comunidad Autónoma correspondiente como gestores de este tipo de residuos no peligrosos.

Principales procesos de segregación en este tipo de instalación:

- Cribados.
- Corrientes de inducción.
- Mesas densimétricas.
- Sistemas ópticos.
- Medios densos.

Las instalaciones de postfragmentación, según lo establecido en el **RD 1383/2002**, deben cumplir unos requisitos mínimos en función de las distintas zonas que se diferencian dentro de la instalación:

- **Zona de recepción de las fracciones de fragmentación recibidas:** identificación, pesaje y vigilancia radiológica del material que se recibe.
- **Zona de almacenamiento de las fracciones de fragmentación recibidas:** almacenamiento de las fracciones.
- **Zona de tratamiento y separación de las fracciones de fragmentación:** separación de los metales no férricos del resto de fracciones.
- **Zona de almacenamiento de fracciones obtenidas:** almacenamiento de los productos obtenidos.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	INSTALACIONES DE POSTFRAGMENTACIÓN
ARAGÓN	2
ASTURIAS	1
CATALUÑA	2
EXTREMADURA	1
LA RIOJA	1
PAÍS VASCO	3
TOTAL	10



Imagen 3.5. Instalaciones de postfragmentación en España. Fuente: Manual de buena práctica SIGRAUTO.

3.4. Código LER de los residuos generados en la gestión de VFVUs

RESIDUO	CLASIFICACIÓN	CÓDIGO L.E.R.	
Aceites del motor, del diferencial y de la caja de cambios (salvo que se reutilice el bloque completo, en cuyo caso se puede mantener lubricado)	PELIGROSO	130204*, 130205*, 130206*, 130207*, 130208*	
Batería	PELIGROSO	16 06 01*	
Líquido de Frenos	PELIGROSO	160113*	
Combustible	Gasoil Gasolina	PELIGROSO	130701*, 130703* 130702*
Líquido de refrigeración y anticongelante	PELIGROSO	160114*	
Fluidos del sistema de aire acondicionado, del depósito de gas licuado y cualquier otro fluido peligroso no necesario para la reutilización de algún elemento.	PELIGROSO	160504*	
Filtros de aceite	PELIGROSO	160107*	
Filtros de combustible	PELIGROSO	150202*	
Componentes y materiales que, según el Anexo II del Real Decreto 1383/2002, deben ir marcados e identificados por contener plomo, mercurio, cadmio y/o cromo hexavalente (baterías de níquel-cadmio).	PELIGROSO	160121*, 160602*	
Componentes con mercurio	PELIGROSO	160108*	
Catalizadores	NO PELIGROSO	160801	
Vidrios ¹	NO PELIGROSO	160120	
Metales férreos y no férreos	NO PELIGROSO	160117, 160118	
Componentes metálicos de cobre, aluminio y magnesio ¹	NO PELIGROSO	160118	
Componentes plásticos de gran tamaño ¹	NO PELIGROSO	160119	
Neumáticos fuera de uso ¹	NO PELIGROSO	160103	
Residuos de la fragmentación de VFUs descontaminados y desmontados	NO PELIGROSO	19 10 04	

Tabla 3.1. Código LER residuos VFVUs. Fuente: SIGRAUTO

Según el **RD 1383/2002**, estos residuos sólo se generarían en el CAT en caso de que éstos no vayan a ser retirados posteriormente en los procesos de fragmentación o de recuperación de fracciones no metálicas para ser reciclados como tales materiales.

4. Objeto del estudio

La empresa objeto del estudio centra su actividad en la recuperación y clasificación de la fracción metálica de los residuos procedentes de fragmentación de automóviles al final de su vida útil.

Dicha empresa, principalmente se encarga de la transformación de metales, de mezcla de los mismos a unidades diferenciadas. Se encarga de la separación del producto procedente de desguace de vehículos en productos férricos, no férricos y estériles, para finalizar con el metal en producto diferenciado. Dicho producto está destinado a la venta final a otros gestores o fundiciones.

Productos obtenidos:

- Materiales férricos cuyo componente principal es el hierro.
- Metales no férricos como aluminio, cobre, zinc.
- Aleaciones como latón y acero.
- Productos estériles: textiles, gomas, plásticos...

El objeto del presente estudio consistirá en analizar las dos opciones en las que se apoya la empresa objeto del estudio para gestionar la fracción de producto estéril generado durante la actividad de la empresa.

Además se valorará otro tipo de vía de gestión para este residuo que sea más beneficiosa tanto económica como medioambientalmente que las adoptadas.

Composición material de un coche medio europeo producido entre 1990/1994	
Acero, hierro fundido, cinc, cobre y plomo	65 -67,5 %
Aluminio	5,5 - 8 %
Total metales	70,5 - 75,5 %
Plásticos	9,1 - 10 %
Goma	5,5 - 6 %
Otros (vidrio, fibras, pinturas, etc..)	9,4 - 14 %

Tabla 4.1. Composición material coche. Fuente: IPEE, 1996, End-of-Live Vehicles.

4.1. Origen y tipo de residuos no peligrosos tratados

El origen de los residuos son diversas plantas fragmentadoras de metal que proporcionan mezclas de materiales y metales, que son la materia prima para el desarrollo del proceso productivo.

El producto que proviene de la fragmentadora ya ha sido descontaminado, desmontándole las partes catalogadas como residuo peligroso (baterías, aceites, filtros...) a lo largo de la cadena de tratamiento de vehículos fuera de uso.

Por lo tanto, después de descontaminar el residuo y someterlo a un tratamiento mecánico en la fragmentadora, según la Lista Europea de Residuos (LER) dicho residuo pasa a ser caracterizado con el **Código 19 12 12**:

- **19**- Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos, de las plantas externas de tratamiento de aguas residuales y de la preparación de agua para consumo humano y de agua para uso industrial.
- **12**- Residuos del tratamiento mecánico de residuos (por ejemplo, clasificación, trituración, compactación, peletización) no especificados en otra categoría.
- **12**- Otros residuos (incluidas mezclas de materiales) procedentes del tratamiento mecánico de residuos, distintos de los especificados en el código 19 12 11.

4.2. Procesos de recuperación

La empresa objeto del estudio es capaz de recuperar la fracción metálica mediante las siguientes líneas de proceso:

4.2.1. Línea de recuperación de metales

Origen y tipo de residuo peligroso tratado:

Residuo precedente de instalación de fragmentación de automóviles caracterizado con el código LER 19 12 12.

Proceso:

Mediante un tromel y separadores de diversos tipos se procede a la separación mecánica de las mezclas de metales y otros materiales.

Maquinaria:

- Tolva de alimentación al equipo de separación de metales.
- Cinta de alimentación.
- Cinta magnética para separación de metales férricos.
- Tromel cilíndrico para distribución por tamaño de la materia prima.
- Cinta de salida hacia los separadores de pulsos de aire.
- Separador de metales para granulometría de 35 mm formado por bandeja vibratoria, tambor magnético, cinta antiestática y rotor magnético.
- Separador de metales para granulometría de 0/10 mm formado por bandeja vibratoria, tambor magnético, cinta antiestática y rotor magnético.
- Separador de metales para granulometría hasta 15mm formado por bandeja vibratoria, tambor magnético, cinta antiestática y rotor magnético.
- Dos separadores de metales por pulso de aire.

Esquema línea de proceso:

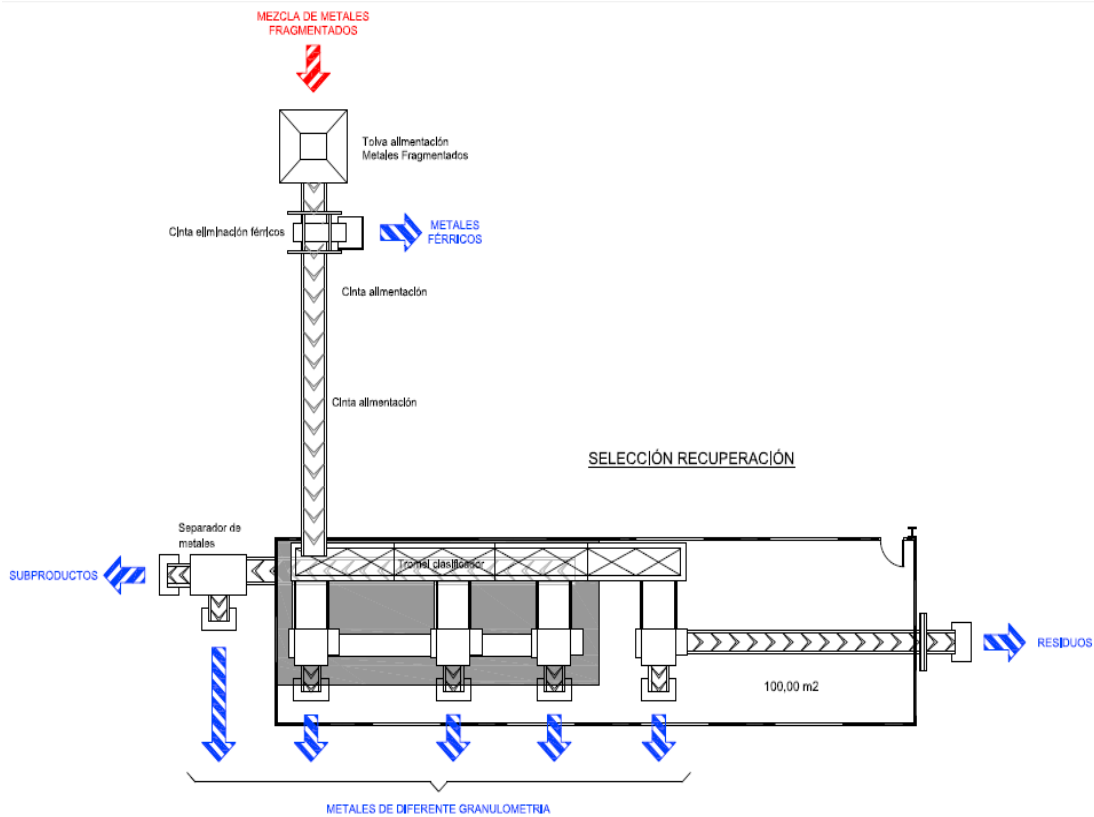


Imagen 4.1. Esquema línea de proceso recuperación de metales.

Destino residuos procesados:

- Metales llevados directamente a empresas de fundición.
- Subproductos enviados a otras plantas de tratamiento debidamente autorizadas, donde se obtienen más recursos del residuo.
- Subproductos que se procesan en la línea de separación por medios densos, en las mismas instalaciones de la empresa.
- Residuos no recuperables, que son entregados a gestor de residuos debidamente autorizado para las operaciones de eliminación.

4.2.2. Línea de recuperación de cableados

Origen y tipo de residuo peligroso tratado:

Residuo precedente de instalación de fragmentación de automóviles caracterizado con el código LER 19 12 12.

Proceso:

Se procede a la separación de metales y plásticos procedentes de restos de cables.

Mediante un molino triturador se procede al pretriturado. A continuación, el material pasa mediante cintas de transporte por un separador de materiales férricos y continúa hasta una tolva de alimentación del molino granular.

En este molino, se procede a una trituración más fina del material, que pasa por un ciclón, donde se separa el material fino (polvo), del resto de material, que finalmente pasa a una mesa densimétrica en la que se separan los metales y los plásticos del cableado.

Esquema línea de proceso:

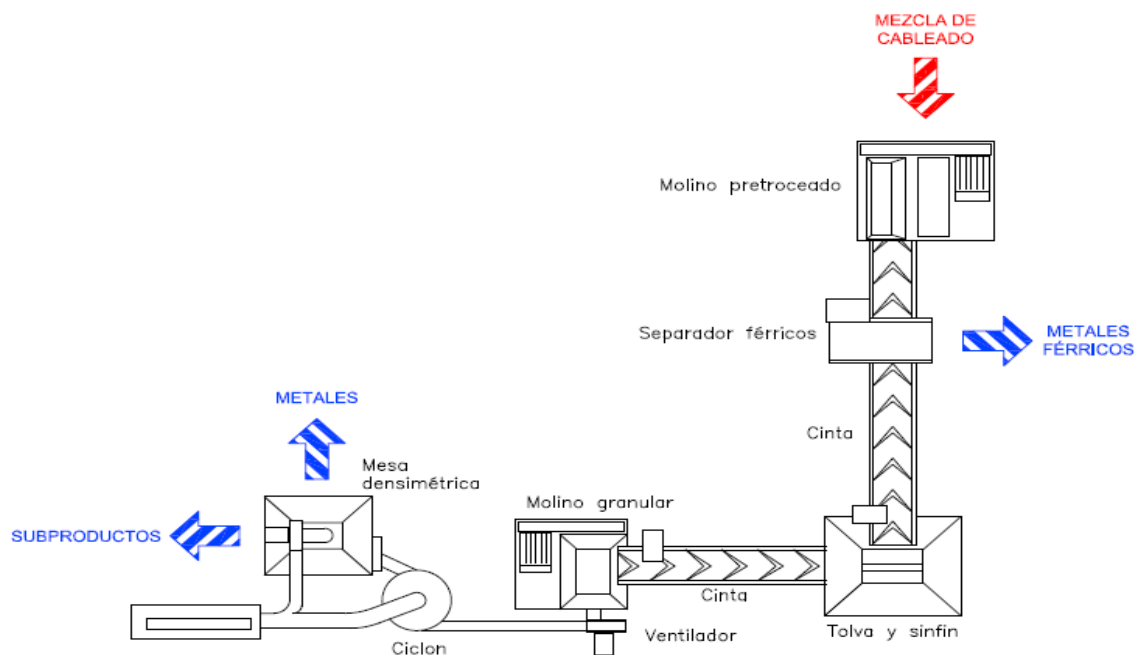


Imagen 4.2. Esquema línea de recuperación de cableado.

Maquinaria:

- Molino de retroceado de cables.
- Cinta salida de retroceados.
- Separador de férricos.
- Tolva con sinfín para dosificación.
- Cinta de alimentación del molino granulador.
- Molino granulador.
- Ventilador centrífugo.
- Sinfín de salida de material granulado.
- Ciclón para separación de aire de material.
- Mesa densimétrica para separación de metales y plásticos.
- Equipo de aspiración y filtrado de polvo.
- Sinfín y cinta salida material recuperado.

Destino residuos procesados:

Las materias primas obtenidas de los residuos procesados, en este caso metales y plásticos, son enviados a empresas de fundición que los utilizan como materias primas.

4.2.3. Línea de separación de medios densos**Origen y tipo de residuo peligroso tratado:**

Residuo precedente de instalación de fragmentación de automóviles caracterizado con el código LER 19 12 12.

En este caso, los residuos que se tratan en esta línea se han tratado previamente en la línea de recuperación de metales.

Proceso:

Se separa metales (especialmente aluminio) del resto de metales y otros residuos no recuperables, mediante métodos densimétricos.

A partir de una tolva, que alimenta a un tambor separador, se separa el aluminio del resto de metales mediante métodos densimétricos.

Una vez pasado este tambor, tanto los materiales de la línea de aluminio como la del resto de metales, se pasan por dos cribas donde se procede a otra separación más fina.

A partir de aquí, la línea del aluminio transporta los materiales hasta otro separador mecánico, donde se obtiene aluminio puro y aluminio con impurezas, y la línea del resto de metales finaliza con una cinta transportadora que conduce los materiales hasta el final de la línea de proceso.

Maquinaria:

- Tolva de alimentación al equipo de separación de metales.
- Cinta de alimentación.
- Tambor separador de metales.
- Cribas vibrantes.
- Bomba centrífuga.
- Cintas de alimentación y transporte.
- Separador de metales.

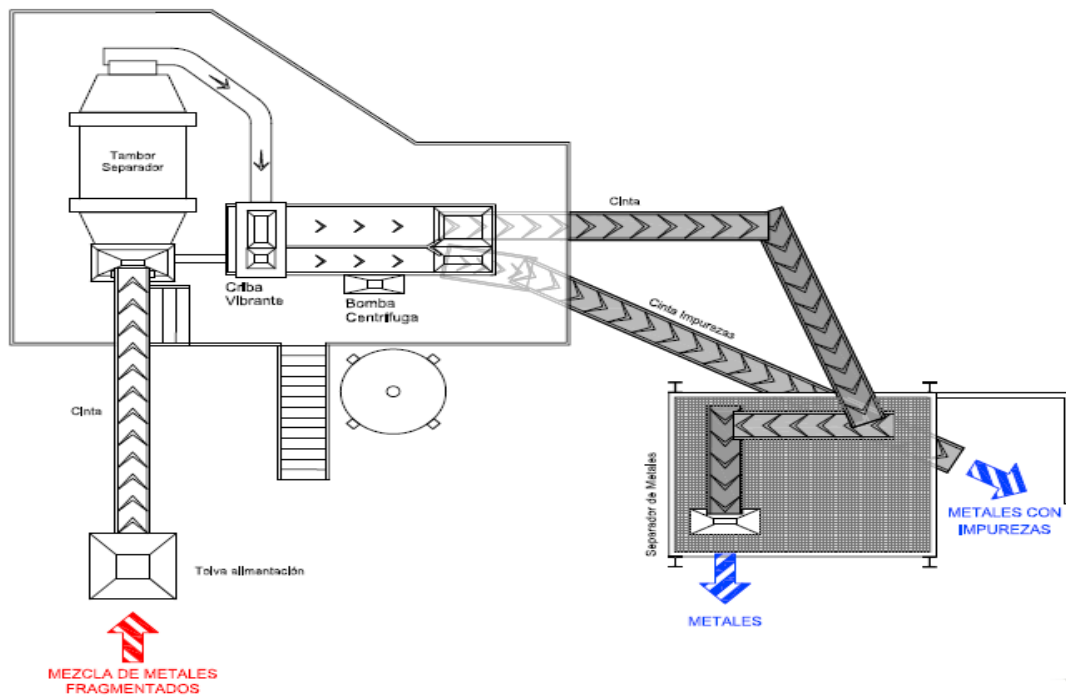
Esquema línea de proceso:

Imagen 4.3. Esquema línea de separación por medios densos.

Destino residuo procesado:

Las materias primas obtenidas de los residuos procesados, en este caso metales, son suministradas a empresas de fundición.

4.2.4. Línea de tierras**Origen y tipo de residuo peligroso tratado:**

Residuo precedente de instalación de fragmentación de automóviles caracterizado con el código LER 19 12 12.

Proceso:

Se separa materiales de granulometrías más finas, cuyo destino son bien la línea de recuperación de cableado o la línea de separación de medios densos.

A partir de una tolva, que alimenta a un tromel, donde se procede a una primera separación, el material se aporta a dos separadores de los que se obtiene un material que se destina a la línea de separación de medios densos y otro que se trata en la línea de recuperación de cableado.

Maquinaria:

- Tolva de alimentación al equipo de separación de materiales.
- Cinta de alimentación.
- Tromel cilíndrico para distribución por tamaño de la materia prima.
- Separadores de materiales.

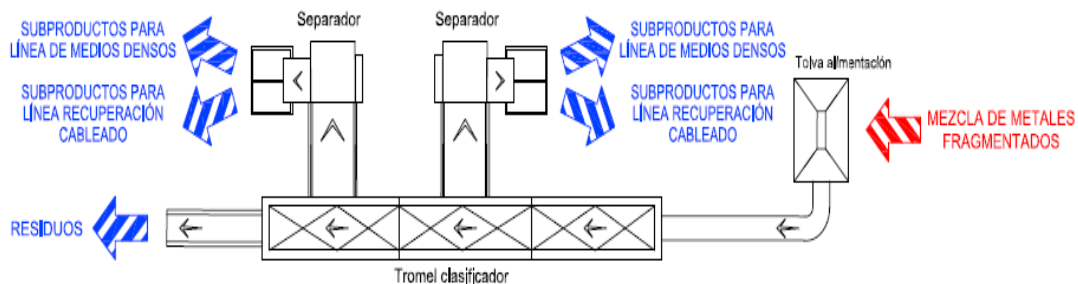
Esquema línea de proceso:

Imagen 4.4. Esquema línea de tierras.

Destino residuos procesado:

Los residuos obtenidos en esta línea de proceso son tratados en otras líneas antes de obtener el producto definitivo.

5. Producto estéril

Primero se recuperan en los CATs un porcentaje de los vidrios (ventanillas, parabrisas), cauchos (neumáticos) y componentes plásticos de gran tamaño (parachoques, salpicaderos, depósitos de fluido materiales), que abarcan sobre un 10% del peso total del vehículo. Además de en torno al 5% en peso del vehículo compuesto por aceites, filtros, líquidos de freno...

A continuación, recuperamos las fracciones férricas, no férricas y las aleaciones, que constituyen cerca del 75% del peso total del vehículo. El residuo que nos queda es la fracción estéril o residuo que no ha sido posible recuperar a lo largo de la cadena de gestión de los vehículos al final de su vida útil.

Esta fracción estéril de residuo (constituido por restos de trazas de plásticos, textiles, gomas, vidrio...) que no ha sido recuperado a lo largo de la cadena de gestión de vehículos fuera de uso constituye en torno al 10-15% del peso total del vehículo, el cual está compuesto por los siguientes materiales:

Composición Residuo Ligero de Fragmentación	
Constituido por un conjunto heterogéneo de cauchos, goma, polietilenos, plásticos, acrílicos, etc.	Composición
	40% plásticos y textiles. 30% caucho. 13% vidrio. 15% tierras. 2% metales no férricos. Pequeñas trazas de Fe, Cr, Cu, Mn, Zn y Ni

Tabla 5.1. Composición fracción estéril de residuo.

Estimando que un vehículo medio tiene un peso en torno a 800 kg, por cada vehículo obtenemos al final de todo el proceso de recuperación una fracción de residuo de unos 80-120 Kg.

Para este residuo, las diferentes CATs opciones de gestión adoptadas por la empresa son:

- Depósito en vertedero.
- Valorización energética.



Imagen 5.1. Fracción estéril de residuo.

Esta fracción de residuo, hasta la fecha, se considera residuo de carácter no peligroso, por lo que en su mayoría es enviado a vertederos autorizados.

Esta es la peor solución, aunque la más practicada, debido no sólo a la difícil logística del residuo, sino que también es debido por su composición heterogénea y variable. Es un residuo conflictivo ya que su manipulación es difícil, su composición heterogénea y tiene alto contenido energético.

En la actualidad, los fabricantes dirigen sus esfuerzos al reciclado. Para ello disminuyen la variedad de plásticos utilizados, también marcando las piezas para una fácil identificación del tipo de plástico utilizado.

Los plásticos más utilizados son los polietilenos (PE) y polipropilenos (PP) ambos fácilmente reciclables, el problema está en el uso de polivinílicos (PVC) que mezclado con los anteriores, aun en pequeñas cantidades, provoca que toda la mezcla se haga inservible.

La empresa objeto del estudio gestionó, en el año 2014, 8.431 toneladas de residuo procedente de la fragmentadora. De este residuo la empresa obtuvo como producto recuperado 5.301 toneladas en forma de materiales férricos, no férricos y aleaciones, las cuales fueron enviadas a empresas de fundición.

Por otro lado se produjeron 3.130 toneladas de residuo o elementos no recuperables del vehículo (fracción estéril).

5.1. Opciones adoptadas por la empresa para gestionar el residuo

Actualmente, las vías de gestión del residuo adoptadas por la empresa objeto del estudio son:

- Depósito en vertedero.
- Valorización energética como combustible en cementera.

5.1.1. Depósito en vertedero

Una de las opciones escogidas por la empresa objeto del estudio, en cuanto a la gestión de la fracción ligera o estéril generada, es la de depositarla en un vertedero autorizado.

En nuestro caso, la empresa objeto del estudio, gestiona en torno a 3.130 toneladas de este residuo, de los cuales sobre el 23,5% (unas 732 toneladas) son enviadas a un vertedero autorizado.

Aunque la cantidad gestionada mediante depósito en vertedero sólo es en torno a un 23,5% del residuo generado, esta es la menos preferible según el principio de jerarquía de las acciones de gestión de los residuos.

Aunque sigue siendo la opción más adoptada para este tipo de residuo tanto en España como en gran parte de los países europeos, se está notando una disminución progresiva de las toneladas de residuos gestionadas de esta manera, pues más que como una solución se presenta como un grave problema debido a su reducida degradabilidad.

Uno de los problemas que conlleva adoptar esta opción es la necesidad de crear nuevos vertederos, ya que estos ocasionan contaminación ambiental (tierra, agua y aire), que a su vez, resultan efectos perjudiciales para la salud pública, además de una degradación del terreno y un impacto paisajístico severo.

Causas del impacto negativo:

- Se producen reacciones químicas entre los residuos depositados que provocan lixiviados (líquidos de gran toxicidad). Éstos son arrastrados por el agua de lluvia filtrándose en el suelo y contaminándolo, además de llegar a las aguas subterráneas que luego son consumidas por los animales y las personas.

- Se genera una fuerte producción de metano, uno de los causantes del calentamiento global.
- Solo admiten un cierto volumen de residuos, por lo que cuando se llenan se necesitan crear más. Se destruyen ecosistemas para su creación.

Además de rechazar la posible reutilización o valorización de esos residuos con la consiguiente intensificación en la extracción de materias primas.

Según la Lista Europea de Residuos (LER) nuestro residuo se caracteriza con el **Código 19 12 12:**

- 19- Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos, de las plantas externas de tratamiento de aguas residuales y de la preparación de agua para consumo humano y de agua para uso industrial.
- 12- Residuos del tratamiento mecánico de residuos (por ejemplo, clasificación, trituración, compactación, peletización) no especificados en otra categoría.
- 12- Otros residuos (incluidas mezclas de materiales) procedentes del tratamiento mecánico de residuos, distintos de los especificados en el código 19 12 11.

Mediante el **RD.1304/2009, de 31 de julio**, se regula la eliminación de residuos mediante el depósito en vertedero.

En nuestro caso el residuo según el código LER y el **RD.1304/2009, de 31 de julio**, nuestro residuo se cataloga como no peligroso y se necesitará de un vertedero autorizado para gestionarlos.

5.1.2. Valorización en hornos de cementera

La otra medida adoptada por la empresa para gestionar el otro 76,5% de residuo es enviarlo a una cementera, para aprovecharlo como fuente de energía en los hornos. Opción más favorable según las vías de gestión de los residuos que el depósito en vertedero.

Aún siendo más favorable esta opción que el depósito en vertedero, para poder utilizar como combustibles alternativos residuos y subproductos en un horno de clinker se deben cumplir una serie de requisitos técnicos:

- No se debe ver perjudicado el comportamiento ambiental de la instalación, ni debe suponer un peligro para los trabajadores.
- Compatibilidad con la operación de la fábrica.
- La calidad del cemento no debe verse afectada.
- Garantizar el beneficio del medio ambiente en su conjunto.

Se debe evitar la formación de cloruros y sulfatos alcalinos, ya que podrían provocar atascos en los conductos del horno.

Es necesario, durante el proceso de combustión, controlar el contenido en azufre y cloro, ya que de lo contrario, el azufre daría lugar a óxidos de azufre mientras que el cloro a ClH, ambos causantes de la lluvia ácida.

La empresa cementera encargada de recibir esta cantidad de residuo impone unos requisitos mínimos para aceptarlos:

- El residuo no supera el 5% en contenido de cloro.
- La cantidad de hidrógeno está en torno al 8% según la norma **ASTM D5373**.
- El poder calorífico inferior debe ser aproximado a 6.500 kCal/kg según la norma **UNE 32006**.

Dos ventajas fundamentales aportan el uso de este residuo como materia prima o como combustible alternativo:

- Por un lado, se asocia la industria del cemento con la solución de problemas medioambientales.
- Por otro lado, se reducen los costes de fabricación ya que se ahorra en la obtención de materias primas. Además, la competitividad de la industria se mejora con el uso de combustibles alternativos más económicos.

Este residuo ligero consiste en un residuo de muy baja densidad, por lo que presenta dificultades en su manipulación, además de un coste de transporte relativamente importante.

Según pruebas realizadas en algunas fábricas de cementos en Huelva con residuo ligero de fragmentación de vehículos no se observó efectos negativos sobre el horno. Tanto las mediciones en los gases emitidos, como los datos de operación y los análisis realizados sobre el producto se obtuvieron unos valores que se pueden considerar satisfactorios.

Dentro de la problemática que supone la combustión, prioritario es conocer el poder calorífico, el contenido en cloro y el análisis inmediato del combustible. También es obligatorio realizar el análisis de las emisiones reales en el proceso de combustión.

La rentabilidad del proceso se basa en el poder calorífico del combustible y en la combustibilidad. Para producir una combustión en régimen permanente es necesario que el calor de combustión sea suficiente para que pueda aportar la energía de activación de la reacción. Mediante el análisis inmediato se conoce la cantidad de carbono fijo, agua, volátiles y cenizas del combustible.

Ventajas medioambientales

El empleo de residuos como combustible presenta una serie de ventajas medioambientales:

- Debido a las altas temperaturas (hasta 2000 °C) y los largos tiempos de residencia en atmósfera rica en oxígeno garantizan la completa destrucción de los compuestos orgánicos presentes en los residuos.
- Si el residuo contiene azufre o elementos halógenos, se generan gases ácidos en la combustión. Dichos gases sulfurosos y halogenados se neutralizan y son absorbidos por la materia prima, cuya naturaleza es alcalina, incorporándolos al cemento. Para que esto se cumpla la cantidad de azufre y halógenos no debe ser excesiva.
- La interacción de la materia prima con los gases de combustión presentes en el horno aseguran que la parte no combustible del residuo se quede retenida en el proceso incorporándose al clinker de forma prácticamente irreversible.
- Los residuos generados no deben ser tratados posteriormente. Además, las emisiones a la atmósfera no afectan negativamente.
- Reducción del consumo de los combustibles fósiles, como el carbón o petróleo.

5.1.3. Recuperación de plásticos del producto estéril o ligero

Esta opción sería beneficiosa tanto para la empresa como para el medioambiente.

Se pretende estudiar la posibilidad de recuperar una fracción del residuo inerte. Concretamente se pretende recuperar la fracción plástica, presente en mayor cantidad, cuyo destino es el vertedero. Nos encontramos con serios problemas para poder llevarla a cabo.

Como resultado, tras la cadena de tratamiento del vehículo, se aprovecha un 85% del total del peso del vehículo. El resto, residuo inerte, es una mezcla heterogénea de materiales como plásticos rígidos (termoplásticos y termoestables), espumas, restos metálicos, elastómeros y otros (madera, vidrio, textiles...), todos ellos acompañados, generalmente, por tierra.

A lo largo de la cadena de tratamiento de vehículos al final de su vida útil ya se han ido recuperando tanto los materiales como las mezclas de materiales que presentan una elevada pureza.

En los CATs ya se recupera un porcentaje de los vidrios (ventanillas, parabrisas), cauchos (neumáticos) y componentes plásticos de gran tamaño (parachoques, salpicaderos, depósitos de fluido materiales). Este residuo inerte que nos queda constituye un 15% del peso total del vehículo.

Optando por que la fracción más favorable para recuperar del residuo, desde un punto de vista económico, es la compuesta por los plásticos. Debemos tener en cuenta que los materiales o mezclas de materiales plásticos de mayor pureza ya han sido recuperados en los CATs:

- Poliolefinas (PE, PP): parachoques, salpicadero, sistemas de aire acondicionado, depósitos.
- Estirénicos (ABS, SB): rejillas de radiador, guardabarros, salpicaderos.
- Poliuretanos (PU): espumas de asientos.
- Poliamidas (PA): cubiertas.
- Fibra de poliéster: tablero de instrumentos, alfombrillas.

Este material recuperado es utilizado para la fabricación de material reciclado:

- Poliolefinas (PE, PP): parachoques, carcasas, guardabarros, depósitos.
- Estirénicos (ABS, SB): guardabarros, salpicaderos.
- Poliuretanos (PU): esterillas.
- Poliamidas (PA): cubiertas.

- Fibra de poliéster: alfombrillas, depósitos.

Para desarrollar el proceso de recuperar la fracción plástica para su posterior venta a empresas dedicadas al reciclaje de plásticos, debemos ser capaces de agrupar los plásticos en grupos más o menos homogéneos que permitan ser tratados y procesados con el fin de reutilizarlos en nuevas aplicaciones.

Para lograr el objetivo, se pensó en incorporar una nueva línea de proceso a las ya instaladas en la empresa.

Dos posibles tecnologías para conseguir el objetivo:

Tecnología húmeda

Consiste en separar y agrupar por densidades en una balsa de flotado-hundido o en hidrociclones la fracción plástica del residuo. La separación se consigue por las diferentes propiedades físico-químicas con el agua. Al agua se le añade tensoactivos para conseguirlo.

Tecnología seca

- **Separación electrostática**

Los métodos de separación electrostática están cambiando la situación actual. Con estos métodos se consigue separar materiales no metálicos por su naturaleza más o menos aislante.

Consiste en cargar selectivamente la fracción a seleccionar de una mezcla, produciendo un comportamiento diferente, de dicha fracción, en el campo eléctrico facilitando la separación.

- **Separación densimétrica por vía seca**

Mediante mesas densimétricas por vía seca se consigue la separación, por diferencia de densidades, de las distintas fracciones.

Se introduce la mezcla de materiales a clasificar en un tambor dotado en su interior de una mesa inclinada la cual está dotada de movimiento vibratorio. La mesa es atravesada por una corriente ascendente de aire. Obtenemos dos productos:

- Por un lado, los de menor densidad flotan debido a la corriente ascendente y están en contacto con la mesa, por lo que se deslizan debido a la pendiente hacia la parte inferior.
- Por el otro lado, los de mayor densidad que sí están en contacto con la mesa vibratoria, son empujados por la vibración de esta hacia la parte superior.

A mayor diferencia de densidades mayores serán las franjas granulométricas aceptables para el proceso.

Este tipo de tecnología, la húmeda y la seca, deberán estar apoyadas tanto por tolvas de alimentación, cintas transportadoras y una línea de separación manual en caso necesario.

5.1.3.1. Problemática

Una vez consiguiésemos separar la fracción plástica del resto de residuo, nos encontramos otro problema. Esta fracción recuperada de plástico no consiste en pequeñas trazas de materiales plásticos puros, sino que son mezclas de diversos componentes plásticos.

Esta mezcla de diversos componentes plásticos no permite hacer una separación entre las distintas fracciones de materiales que lo constituyen.

Debido a la variabilidad material del residuo, esto provoca que sus propiedades, tanto físicas como químicas, presenten una elevada inestabilidad provocando la incompatibilidad al aplicar un tratamiento conjunto.

Por lo tanto, para poder llevar a cabo esta opción tenemos que hacer frente no solo a la gran problemática que supone la heterogeneidad, complejidad y variabilidad de este tipo de residuo para su posterior reciclaje. También debemos enfrentarnos a una elevada inversión debido a que no hay tecnologías más o menos estandarizadas que faciliten el desarrollo de instalaciones que puedan hacerse cargo del reciclado de este residuo.

Todos estos factores, a nivel técnico y económico, suponen un gran obstáculo para adoptar como opción la recuperación de la fracción plástica del residuo.

6. Objetivos

Todavía no estamos preparados para hacer frente a este reto, pero la Unión Europea, mediante la **Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 18 de septiembre de 2000 relativo a los vehículos al final de su vida útil, entre otros aspectos, marca como objetivo de los fabricantes para obtener un mayor porcentaje de la fracción recuperada:

- El reciclado de todos los plásticos de los vehículos al final de su vida útil debe mejorar continuamente.
- En el diseño y la producción de vehículos nuevos se tenga plenamente en cuenta y se facilite el desmontaje, la reutilización y la valorización, especialmente el reciclado, de los vehículos al final de su vida útil, así como de sus componentes y materiales.
- En colaboración con los fabricantes de materiales y equipamientos, integrar una proporción cada vez mayor de materiales reciclados en los vehículos y en otros productos, con el fin de desarrollar el mercado de materiales reciclados.
- Fomentar la capacidad de reciclaje y valorización de los vehículos. Designar aquellos materiales y componentes de vehículos que podrán ser retirados antes de ser sometidos a otro tratamiento, deberán ir etiquetados o ser identificables por otros medios adecuados.
- Los productores deben velar por que el diseño y fabricación de los vehículos permitan la consecución de los objetivos cuantificados de reutilización, reciclado y valorización.
- Con el objeto de facilitar el desmontaje y la valorización, y en particular el reciclado de los vehículos al final de su vida útil, los fabricantes de vehículos deben proporcionar a las instalaciones de tratamiento autorizadas toda la información necesaria para el desmontaje, en particular de las materias peligrosas.

Dicha Directiva marca como objetivo para 2015, con respecto a todos los vehículos al final de su vida útil, un aumento de la reutilización y la valorización hasta un mínimo del 95% del peso medio por vehículo.

Aunque en España todavía no se ha llegado a alcanzar este porcentaje, varios países europeos alcanzaron ya esta cifra.

Una posible solución a adoptar en España para alcanzar este porcentaje sería adoptar la política alemana de **“vertido cero”**. Esta medida consiste en invertir en centrales de ciclo combinado (calor y electricidad) que se instalarían cerca de las viviendas para abastecer a estas de calefacción y energía. Esto también conllevaría el cierre de un número elevado de vertederos controlados, por lo que la inversión en ellos sería redireccionada a la creación de centrales de ciclo combinado.

En España solo una pequeña porción de los residuos ligeros son destinados a valorización energética, utilizándolos como combustible en las plantas cementeras.

Se debe fomentar la recuperación del máximo porcentaje posible del residuo de vehículos fuera de uso para la generación de energía de forma eficiente y segura.

En la actualidad, algunos talleres usan el sistema IRIS para facilitar el proceso de recuperación. Consiste en un programa informático en el que se refleja el modelo y las partes del vehículo y sus componentes que se pueden separar, además de su composición.

7. Conclusiones

Como objetivo principal, es prioritario reducir la cantidad de residuo que es enviado al vertedero ya que esta es la opción más desfavorable dentro de las posibles vías de gestión de los residuos.

Si los residuos se gestionan de forma adecuada se convierten en recursos que contribuyen al ahorro de materias primas, a la conservación de los recursos naturales, del clima y al desarrollo sostenible.

Aunque una de las vías de gestión de un porcentaje del residuo es su valorización como combustible en hornos cementeros, la opción más favorable sería su recuperación, para su posterior reciclado y reutilización.

Tras las opciones analizadas anteriormente para poder recuperar una mayor fracción del residuo, tanto a nivel técnico como económico suponen un gran obstáculo.

La operación de reciclado de plásticos sólo es viable aplicándola a piezas de cierto peso y volumen, como depósitos de gasolina, paneles de coche, parachoques o que estén fabricadas con un polímero (policarbonatos) de suficiente valor como las tulipas de faros y luces.

Para favorecer esta opción, los fabricantes tienen gran responsabilidad. Desde su fabricación deben fijar los objetivos de conseguir recuperar la mayor parte posible del vehículo al final de su vida útil.

Poco a poco, en la actualidad están desarrollando métodos para poder favorecer la recuperación de los materiales. Para ello se están sustituyendo las partes del coche fabricadas de mezclas de varios componentes por piezas fabricadas por componentes más puros que favorezcan su reciclado.

Otro sistema que se está implantando en algunos talleres para facilitar la recuperación de algunas componentes es el sistema IRIS, que consiste en un programa informático en el que se refleja el modelo y las partes del vehículo, además de los componentes que se pueden separar y su composición.

Mediante esta serie de medidas que se están implantando se conseguirá el reciclaje de mayor porcentaje del coche, ayudando así a cumplir los objetivos marcados para el 2015 de recuperar el 95% del peso total del vehículo.

8. Legislación

- **R.D. 1304/2009**, del 31 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante el depósito en vertedero.
- **R.D. 1383/2002**, del 20 de diciembre, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil.
- **Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 18 de septiembre de 2000, relativa a los vehículos al final de su vida útil.
- **Ley 22/2011**, de Residuos y Suelos contaminados.
- **Ley 16/2002**, prevención y control integrados de la contaminación.
- **R.D. 952/1997**, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos tóxicos y peligrosos, aprobado mediante el R.D. 833/1988, de 20 de junio.

9. Bibliografía

AEDRA: Asociación Española de Desguazadores y Reciclaje del Automóvil.
www.aedra.org

ANFAC: Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones.
www.anfac.com

ANIACAM: Asociación Nacional de Importadores de Automóviles, Camiones, Autobuses y Motocicletas. **www.aniacam.com**

Conserjería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio; Junta de Andalucía; Federación Andaluza de Municipios y Provincias; Ecoembes; Ecovidrio. Guías Didácticas de Educación Ambiental: **“Educación Ambiental, Residuos y Reciclaje”**.

FER: Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje. **www.recuperacion.org**

Fundación MAPFRE. Seguridad y Medio Ambiente: **“El tratamiento de vehículos fuera de uso en España”**. www.mapfre.com

GAIKER Centro Tecnológico. Diputación Foral de Bizkaia. **“Reciclado de materiales: perspectivas, tecnologías y oportunidades”**.

Gobierno vasco. **“Monografía sobre vehículos al final de su vida útil”**.

ISR: Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos. **“La valorización energética en el marco de la estrategia de desarrollo sostenible de la UE”**.

PROFIT: Programa de Fomento de la Investigación Técnica. Documento informe de resultados del proyecto: **“Valorización energética de residuos generados durante y al final de la vida de los vehículos”**.

SIGRAUTO: Asociación Española para el Tratamiento Medioambiental de los Vehículos Fuera de Uso. **www.sigrauto.com**

SIGRAUTO: **“Manual de BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES en la gestión de vehículos al final de su vida útil”**.

Xavier Elias Castells (y Cols.). Serie: Energía, Medioambiente, Tratamiento de Residuos. Libro **“Reciclaje y Tratamiento de Residuos Diversos”**.

ANEXO I

Definición de términos según **R.D. 1383/2002**, de 20 de diciembre, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil:

- **Vehículos:** los vehículos de motor con al menos cuatro ruedas, destinados al transporte de personas y que tengan, además del asiento del conductor, ocho plazas sentadas como máximo; los vehículos de motor con al menos cuatro ruedas, destinados al transporte de mercancías y que tengan una masa máxima no superior a 3,5 toneladas, y los vehículos de tres ruedas simétricas provistos de un motor de cilindrada superior a 50 centímetros cúbicos, si es de combustión interna, o diseñados y fabricados para no superar una velocidad de 45 km/h, con exclusión de los ciclomotores.
- **Productores:** los fabricantes nacionales, importadores o adquirentes profesionales en otros Estados miembros de la Unión Europea de vehículos o de sus componentes.
- **Gestores de vehículos al final de su vida útil:** personas físicas o jurídicas, titulares de centros autorizados de tratamiento para realizar operaciones de descontaminación u otras operaciones de tratamiento de vehículos al final de su vida útil o de sus componentes o materiales, así como cualesquiera otras que realicen operaciones de gestión de los residuos extraídos de los vehículos al final de su vida útil. No tendrán la condición de gestores los titulares de instalaciones de recepción o depósitos municipales, donde se realicen operaciones de agrupamiento temporal de los vehículos para su traslado a los centros autorizados de tratamiento para su descontaminación.
- **Tratamiento:** toda actividad, posterior a la entrega del vehículo al final de su vida útil consistente en operaciones de descontaminación, desmontaje, fragmentación, así como cualquier otra operación efectuada para posibilitar la reutilización, el reciclado, la valorización o la eliminación de vehículos al final de su vida útil, sus piezas y residuos.
- **Centros autorizados de tratamiento:** instalaciones, públicas o privadas, autorizadas para realizar, cualquiera de las operaciones de tratamiento de los vehículos al final de su vida útil. Dichos centros garantizarán la reutilización, reciclado y valorización del vehículo, bien por sí mismos o a través de otros centros de tratamiento.
- **Instalaciones de recepción de vehículos:** instalaciones de titularidad privada, tales como las de los productores, concesionarios, compañía de seguros, desguazadores, fragmentadores, entre otros, que, por razón de su actividad económica, se hacen cargo temporalmente del vehículo al final de su vida útil para su traslado a los centros de tratamiento que realizan la descontaminación.

Las instalaciones de recepción cumplirán los requisitos técnicos exigidos en el párrafo a) del anexo I de este real decreto.

- **Sistemas integrados de gestión:** entidades creadas mediante acuerdos voluntarios adoptados entre los productores y otros agentes económicos del sector para asegurar y financiar la correcta gestión ambiental de los vehículos al final de su vida útil y garantizar el logro de los objetivos contemplados en el artículo 9.
- **Fracción férrica:** producto férrico obtenido del proceso de fragmentación, listo para su consumo por las plantas siderúrgicas.
- **Fracción ligera de fragmentación:** material resultante del proceso de fragmentación obtenido mediante una o varias corrientes de aspiración y ciclones, que recogen los elementos más livianos de la trituración como son las espumas o textiles.

ANEXO II

Definición de términos según **R.D. 1481/2001**, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero:

- **Residuo no peligroso:** los residuos que no están incluidos en la definición del artículo 3, párrafo c), de la Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.
- **Residuos inertes:** aquellos residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. La lixiviabilidad total, el contenido de contaminantes de los residuos y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes, y en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales y/o subterráneas.
- **Residuos biodegradables:** todos los residuos que, en condiciones de vertido, pueden descomponerse de forma aerobia o anaerobia, tales como residuos de alimentos y de jardín, el papel y el cartón.
- **Residuos líquidos:** los residuos en forma líquida, incluidas las aguas residuales pero excluidos los lodos.
- **Tratamiento previo:** los procesos físicos, térmicos, químicos o biológicos, incluida la clasificación, que cambian las características de los residuos para

reducir su volumen o su peligrosidad, facilitar su manipulación o incrementar su valorización.

- **Vertedero:** instalación de eliminación de residuos mediante su depósito subterráneo o en la superficie, por períodos de tiempo superiores a los recogidos la definición de almacenamiento. Se incluyen en este concepto las instalaciones internas de eliminación de residuos, es decir, los vertederos en que un productor elimina sus residuos en el lugar donde se producen. No se incluyen las instalaciones en las cuales se descargan los residuos para su preparación con vistas a su transporte posterior a otro lugar para su valorización, tratamiento o eliminación.
- **Almacenamiento:** depósito, temporal y previo a la valorización o eliminación, de residuos distintos de los peligrosos por tiempo inferior a un año cuando su destino final sea la eliminación o a dos años cuando su destino final sea la valorización, así como el depósito temporal de residuos peligrosos durante menos de seis meses. No se incluye en este concepto el depósito de residuos en las instalaciones de producción con los mismos fines y por períodos de tiempo inferiores a los señalados anteriormente.
- **Lixiviado:** cualquier líquido que percole a través de los residuos depositados y que rezume desde o esté contenido en un vertedero.
- **Gases de vertedero:** todos los gases que se generen a partir de los residuos vertidos.

ANEXO III

Definición de términos según **Ley 22/2011**, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

- **Residuo:** cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar.
- **Residuos industriales:** residuos resultantes de los procesos de fabricación, de transformación, de utilización, de consumo, de limpieza o de mantenimiento generados por la actividad industrial, excluidas las emisiones a la atmósfera reguladas en la Ley 34/2007, de 15 de noviembre.
- **Residuo peligroso:** residuo que presenta una o varias de las características peligrosas enumeradas en el anexo III, y aquél que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa europea o en los convenios

internacionales de los que España se parte, así como los recipientes y envases que los hayan sometido.

- **Aceites usados:** todos los aceites minerales o sintéticos, industriales o de lubricación, que hayan dejado de ser aptos para el uso originalmente previsto, como los aceites usados de motores de combustión y los aceites de cajas de cambios, los aceites lubricantes, los aceites para turbinas y los aceites hidráulicos.
- **Prevención:** conjunto de medidas adoptadas en la fase de concepción y diseño, de producción, de distribución y de consumo de una sustancia, material o producto, para reducir la cantidad de residuo, incluso mediante la reutilización de los productos o el alargamiento de la vida útil de los productos. Reducir los impactos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana de los residuos generados, incluyendo el ahorro en el uso de materiales o energía. Reducir el contenido de sustancias nocivas en materiales y productos.
- **Producción de residuos:** cualquier persona física o jurídica cuya actividad produzca residuos (productor inicial de residuos) o cualquier persona que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla o de otro tipo, que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de esos residuos. En el caso de las mercancías retiradas por los servicios de control e inspección en las instalaciones fronterizas se considerará productor de residuos al representante de la mercancía, o bien al importador o exportador de la misma.
- **Gestión de residuos:** la recogida, el transporte y tratamiento de los residuos, incluida la vigilancia de estas operaciones, así como el mantenimiento posterior al cierre de los vertederos, incluidas las actuaciones realizadas en calidad de negociante o agente.
- **Gestor de residuos:** la persona o entidad, pública o privada, registrada mediante autorización o comunicación que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión e los residuos, sea o no el productor de los mismos.
- **Reutilización:** cualquier operación mediante la cual productos o componentes de productos que no sean residuos se utilizan de nuevo con la misma finalidad para la que fueron concebidos.
- **Tratamiento:** las operaciones de valorización o eliminación, incluida la preparación anterior a la valorización o eliminación.
- **Valorización:** cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales, que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función en la instalación o en la economía en general. El anexo II del citado real decreto recoge una lista no exhaustiva de operaciones de valorización.

- **Preparación para la reutilización:** la operación de valorización consistente en la comprobación, limpieza o reparación, mediante la cual productos o componentes de productos que se hayan convertido en residuos se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna otra transformación previa.
- **Reciclado:** toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad. Incluye la transformación del material orgánico, pero no la valorización energética ni la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles o para operaciones e relleno.
- **Eliminación:** cualquier operación que no sea la valorización, incluso cuando la operación tenga como consecuencia secundaria el aprovechamiento de sustancias o energía. En el anexo I de este real decreto recoge una lista no exhaustiva de operaciones de eliminación.
- **Suelo contaminado:** aquel cuyas características han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes químicos de carácter peligroso procedentes de la actividad humana, en concentración tal que comporte un riesgo inaceptable para la salud humana o el medio ambiente, de acuerdo con los criterios y estándares que se determinen por el Gobierno, y así se hayan declarado mediante resolución expresa.

ANEXO IV

Manual de buenas prácticas ambientales en la gestión de vehículos al final de su vida útil.



ANEXO V

Guía Didáctica de Educación Ambiental: “Educación Ambiental, Residuo y Reciclaje.”

