

# La sustitución de combustibles fósiles en el sector cementero. Oportunidad para reducir el vertido de residuos.

**Santiago Palomino Guzmán.** *Director Técnico del Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos.*

*El objetivo fundamental de este estudio es conocer el destino de los diferentes tipos de residuos potencialmente valorizables, especialmente de aquellos que no están siendo reutilizados ni reciclados y que actualmente se depositan mayoritariamente en vertederos, así como cuantificar su potencial empleo en las plantas cementeras.*

*La lista de posibles residuos valorizables energéticamente en plantas de clínker es muy amplia, ya que podría cubrir la casi totalidad de los residuos combustibles. No todos ellos se han analizado sino sólo aquellos flujos para los que existen ya infraestructuras específicas de gestión y que presenten ventajas evidentes, actuales o a corto plazo, frente a otras posibles vías de eliminación.*

*De este estudio se desprende que el flujo de residuos que tiene mayor potencial de utilización en plantas cementeras son los combustibles derivados de residuos urbanos, cuya obtención se realizaría fundamentalmente a partir de los rechazos de las plantas actuales de tratamiento que actualmente se destinan a vertederos, y que suponen más de 1 millón de toneladas anuales.*

## Introducción

La fabricación de cemento, y más específicamente la producción de clínker, es una actividad que requiere un consumo intensivo de energía, tanto en forma de energía térmica como en forma de electricidad.

Esta aportación energética puede ser realizada a partir de diferentes fuentes:

- Por el uso de combustibles tradicionales, fundamentalmente por combustibles sólidos como el carbón y coque de petróleo, y en menor proporción por combustibles líquidos como el fuel oil o la gasoil, o gaseosos como el gas natural.
- Por el uso de combustibles alternativos constituidos por diferentes tipos de residuos recuperados, que tratados tienen, como características comunes, un poder calorífico suficientemente elevado para realizar una aportación energética neta al proceso de producción y la ausencia de contaminantes claves que puedan ser perjudiciales para la salud de los trabajadores y el medio ambiente, para el funcionamiento de las instalaciones o para la calidad del producto final.

La utilización de compuestos recuperados a partir de determinados residuos en la fabricación de clínker y en la de cemento es un hecho completamente incorporado a los procedimientos de fabricación, tanto por la sustitución de combustibles tradicionales como por la utilización de algunos residuos como materias primas alternativas.

Las ventajas de la utilización de combustibles alternativos en el sector cementero se han detallado en anteriores estudios llevados a cabo por la Fundación CEMA, como el realizado por Alonso&Asociados sobre "Valorización de residuos en la industria cementera europea: estudio comparado", y el estudio de "Reciclado y valorización de residuos en la industria cementera en España" elaborado por el Instituto Cerdá<sup>1</sup>.

## 1. Objetivo y metodología del estudio

El objetivo fundamental de este estudio es conocer el destino de los diferentes tipos de residuos potencialmente valorizables, especialmente de aquellos que no están siendo reutilizados ni reciclados y que actualmente se depositan mayoritariamente en vertederos, así como su potencial empleo en las plantas cementeras en detrimento de este vertido.

La lista de posibles residuos valorizables energéticamente en plantas de clínker es muy amplia, ya que podría cubrir la casi totalidad de los residuos combustibles. No todos ellos se han analizado sino sólo aquellos flujos para los que existen ya infraestructuras específicas de gestión y que presenten ventajas evidentes, actuales o a corto plazo, frente a otras posibles vías de eliminación, que son los siguientes:

- Neumáticos fuera de uso.
- Aceites usados.
- Residuos industriales.
- Harinas animales.
- Vehículos fuera de uso.
- Lodos de depuradora de aguas residuales urbanas.
- Residuos de plásticos agrícolas.
- Combustibles derivados de residuos.

Los datos referidos a generación de los distintos tipos de residuos en España, sus formas de gestión y la planificación prevista para los mismos se han obtenido fundamentalmente a partir de los documentos oficiales de planificación (Planes Autonómicos de Residuos, borrador del II Plan Nacional Integral de

**NOTA** <sup>1</sup> Estudios disponibles en la web de la Fundación CEMA ([www.fundacioncema.org](http://www.fundacioncema.org)).

Residuos 2008-2015 de noviembre de 2007) y de las Memorias de Actividad de las diferentes comunidades autónomas.

El presente estudio, elaborado durante el segundo semestre del año 2008, es anterior a la aprobación del Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2008-2015, aprobado el 26 de diciembre de 2008. Aunque algunas cifras del PNIR difieren de las cifras del borrador utilizado para el estudio, las variaciones no afectan de modo significativo a las conclusiones del mismo.

## 2. Utilización de neumáticos fuera de uso

La utilización de neumáticos fuera de uso (NFU) como combustible alternativo en la industria del cemento se remonta a más de veinticinco años. Esta sustitución es posible por su alto poder calorífico, reduciendo así la cantidad de NFU que se depositan en vertederos de residuos urbanos, que era casi la única alternativa practicada.

Las características técnicas de los hornos de clínker permiten la valorización tanto de los neumáticos completos, de tamaño reducido, como de los neumáticos troceados. Numerosos hornos de clínker europeos utilizan neumáticos fuera de uso en alguna de las formas señaladas; los países que hacen mayor uso de esta fuente de energía alternativa son Francia, Suiza, Austria, Alemania y Reino Unido. En España el grado de sustitución es reducido (15% de los neumáticos fuera de uso generados), a pesar de que numerosas comunidades autónomas han autorizado, de alguna forma, la valorización de los mismos.

Desde el punto de vista ambiental debe considerarse otro aspecto importante: la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente CO<sub>2</sub>, ya que aproximadamente el 30% del neumático está compuesta por caucho, es decir, biomasa.

### 2.1 Marco legal para la gestión de neumáticos fuera de uso

La gestión de los neumáticos fuera de uso está definida por el Real Decreto 1619/2005, sobre gestión de neumáticos fuera de uso, que desarrolla lo dispuesto con carácter general en la Ley 10/1998, de residuos:

- Fija los criterios para alcanzar una óptima gestión de los NFU, estimulando las medidas de prevención y promoviendo el re-

ciclaje material de los mismos de forma preferente a la valorización energética, prohibiendo cualquier forma de depósito en vertederos, aunque este último aspecto ya estaba considerado, y sujeto a plazos, en el Real Decreto 1481/2001, sobre eliminación de residuos mediante depósito en vertederos.

- Desarrolla el principio de responsabilidad del productor y la obligación de los fabricantes y distribuidores de neumáticos a contribuir económicamente para alcanzar el cumplimiento de los objetivos ecológicos relacionados con la gestión.

Algunas comunidades autónomas han desarrollado normativa específica sobre NFU, al amparo de la Ley de residuos, aunque básicamente siguen lo establecido en el Real Decreto 1619/2005.

Uno de los elementos más importantes de este Real Decreto es la definición de los Sistemas Integrados de Gestión (SIG) de neumáticos fuera de uso como entidades que pueden asumir la responsabilidad de los productores asociados al mismo.

Cada SIG será responsable del cumplimiento de las obligaciones individuales de los productores asociados, especialmente del cumplimiento de los objetivos ecológicos establecidos en el Plan de Gestión específico y de las responsabilidades financieras derivadas del cumplimiento del mismo. Hasta la fecha se han constituido dos SIG de NFU que actúan de forma independiente dentro del territorio nacional: SIGNUS Ecovalor y Tratamiento de Neumáticos Usados-TNU.

### 2.2 Generación de neumáticos fuera de uso

De acuerdo con los datos del I Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso 2001-2006, la evolución de la generación y gestión de los mismos en España ha sido como se muestra en la siguiente tabla.

Según los datos recogidos para la elaboración del II Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso 2007-2015, en relación con la tendencia seguida y las perspectivas futuras, se sacan las siguientes conclusiones:

- Se observa un crecimiento medio sostenido en la generación de NFU del 3,4% anual, aunque el Plan contemplaba una previsión de reducción del 5% de la cantidad de NFU generados, que no se ha cumplido.

■ **Tabla 1. Generación y gestión de los neumáticos fuera de uso en el periodo 2000-2005 (toneladas).**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Generación	265.409	276.970	300.159	284.898	304.900	302.000
Recauchutado	34.139	38.646	42.092	40.300	37.200	45.000
Reciclado material	4.000	4.000	23.500	27.100	42.500	41.000
Valorización energética	20.000	17.000	30.000	35.000	52.500	50.000
Exportación	7.270	6.324	13.567	12.498	19.700	15.000
Vertido	200.000	211.000	191.000	170.000	153.000	151.000

- El impulso más importante corresponde a la valorización material, especialmente a la producción de caucho para usos muy diversos (producción de pavimentos artificiales para pistas de atletismo, soportes para campos de hierba artificial, material para la industria del automóvil, industria del calzado, etc.).
- La valorización energética también ha tenido un crecimiento muy importante, hasta casi el 17% de los NFU generados en el año 2005 (50.000 toneladas), debido casi exclusivamente a la utilización de neumáticos en plantas cementeras. No obstante, el porcentaje de valorización alcanzado es muy inferior al de los países de la Unión Europea, que alcanzaron porcentajes del orden del 32% en el año 2005.
- El punto más importante es la disminución de la cantidad de neumáticos destinados a vertedero, que se ha reducido en casi un 25% desde el año 2000 hasta el 2005. Aún así, seguía representando casi la mitad de la generación, frente a un 15% en los países de la Unión Europea, a pesar de las limitaciones introducidas en el Real Decreto 1481/2001, que prohíbe el vertido de neumáticos enteros desde mediados de 2003 y de neumáticos triturados a partir de 2006<sup>2</sup>.

### 2.3 Objetivos ecológicos para la gestión de neumáticos fuera de uso

Algunos de los objetivos ecológicos fijados en el borrador del II Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso para el año 2008 son:

- Recuperación y valorización del 98% de los neumáticos generados.
- Recauchutado de, al menos, un 20% en peso de los NFU. En este punto debe considerarse que el nivel de recauchutado ya es similar al alcanzado en otros países europeos, por lo que el crecimiento en la tasa de recauchutado podría ser selectivo, especialmente para grandes neumáticos.
- Reciclado material del 50% en peso de los NFU generados:
  - El 40% mediante utilización como componente de mezclas bituminosas para pavimentación de carreteras. Representa la gran apuesta del II Plan de NFU, habiéndose potenciado extraordinariamente las actividades de I+D+i en relación con la producción de mezclas bituminosas para uso en obra civil y carreteras, estableciendo los requisitos y especificaciones que deberían cumplir las mezclas bituminosas que contengan polvo de caucho procedente de NFU (Orden 21/2007 del Ministerio de Fomento).
- Valorización energética del 30% de los NFU generados, que supondría una gestión del orden de 100.000 toneladas anuales. En la actualidad esta valorización se concentra casi ex-

clusivamente en las plantas cementeras y alcanza las 42.000 toneladas anuales, de acuerdo con los datos de las Memorias de Oficemen y de los Sistemas Integrados de Gestión de NFU correspondientes al año 2007.

Posteriormente, la versión definitiva del PNIR establece como objetivos para el año 2015 una mayor tasa de reciclaje material de los neumáticos fuera de uso (55% en peso de los NFU generados) y la valorización energética del 20% de los neumáticos generados.

### 2.4 Posibilidades de uso de neumáticos fuera de uso en fábricas de cemento

Teniendo en cuenta los antecedentes en relación con la generación de NFU y los objetivos ecológicos contemplados en el II Plan de Neumáticos Fuera de Uso, se ha realizado una simulación de las cantidades de NFU gestionadas siguiendo las distintas alternativas, con los siguientes condicionantes, basados tanto en la experiencia del sector como en las posibilidades reales de nuevas aplicaciones<sup>3</sup>:

- Se supone un aumento neto de la generación del 0,5% anual, incluyendo la reducción por actividades de prevención contenidas en el II Plan de NFU (10% de reducción al final del periodo de vigencia).
- El recauchutado se mantiene en torno al 12% de la generación, siguiendo un comportamiento similar al resto de los países de la Unión Europea.
- El reciclado material crecerá proporcionalmente hasta alcanzar los objetivos del Plan para el año 2008, en el que se reciclará el 50% del peso de los NFU. Por consiguiente, se supondrá que la recuperación material se mantiene en las 150.000-160.000 toneladas anuales, para cubrir los objetivos de recuperación.
- El vertido actual de 76.000 toneladas, según balances del año 2007, se reduce progresivamente y se estabiliza en 10.000 toneladas durante el resto del periodo.

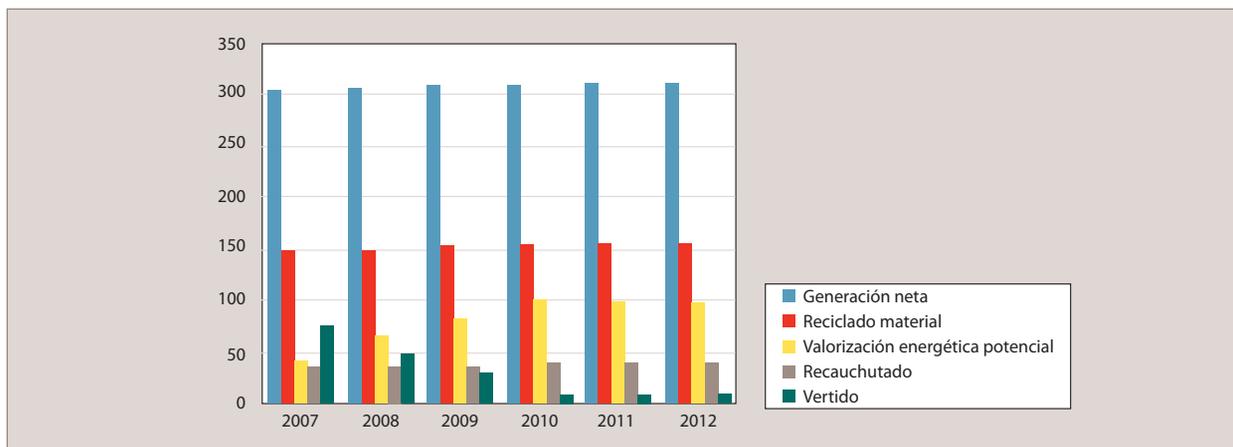
Los resultados de la simulación permitirían conocer la cantidad de NFU que podrían destinarse a valorización energética, que se muestra en el gráfico siguiente. En la Tabla 2 se recogen también los valores mostrados.

Puede observarse que la cantidad de neumáticos fuera de uso que podría destinarse a valorización energética (suma de la cantidad vertida y la valorizada) es, desde el año 2007 hasta el año 2012, ligeramente superior a 100.000 toneladas anuales, ya que las actividades de recauchutado y valorización material se suponen prácticamente saturadas; de forma que únicamente la valorización energética tendría capacidad para absorber las reducciones esperadas en el vertido.

<sup>2</sup> Según el PNIR en su versión definitiva, en la comparativa del año 2004 con 2007 oficialmente no se ha vertido ninguna cantidad de neumáticos fuera de uso, debido a la prohibición de realizar este vertido establecido en la legislación.

<sup>3</sup> Estas cantidades varían ligeramente en la versión definitiva del PNIR que prevé para 2015 un mayor peso para reciclado y un menor peso para valorización.

■ Gráfico 1. Simulación de la gestión de los neumáticos fuera de uso (toneladas).



■ Tabla 2. Simulación de la gestión de los neumáticos fuera de uso (toneladas).

Año	Generación neta	Recauchutado	Reciclado material	Vertido	Valorización energética potencial
2007	305.028	36.603	150.000	76.424	42.000
2008	306.553	36.786	151.090	50.000	63.940
2009	308.085	36.970	152.181	30.000	82.541
2010	309.626	37.155	153.271	10.000	101.109
2011	311.174	37.341	154.361	10.000	99.642
2012	312.730	37.528	155.451	10.000	98.141

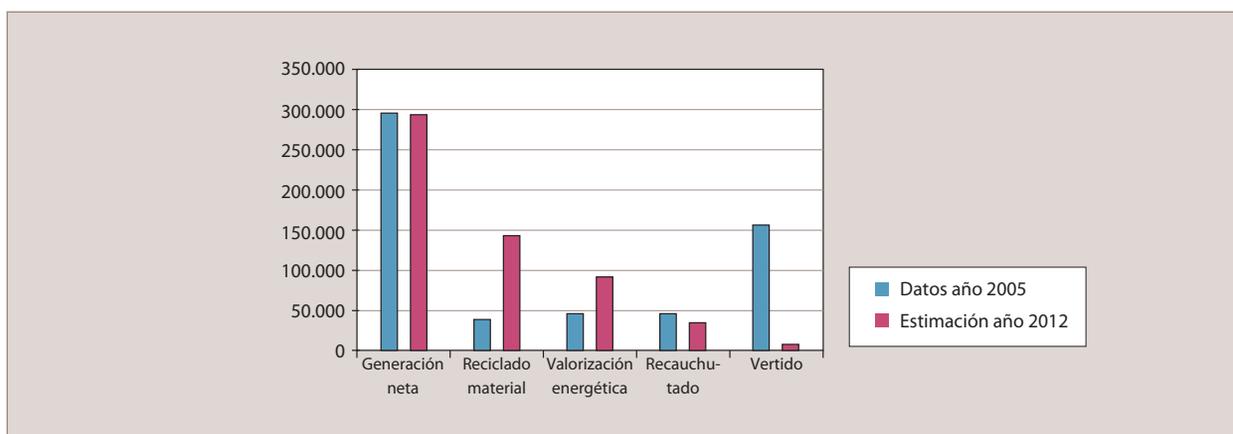
También podrían incluirse en la valorización energética los rechazos combustibles de material procedentes de la valorización material (caucho y textiles), que pueden suponer casi un 15% del material destinado a reciclado material, al menos en las plantas españolas.

En el siguiente gráfico se muestra la situación existente en el año 2005 y la estimación realizada para el año 2012 de las cantidades de neumáticos fuera de uso gestionadas. Se observa el crecimiento que debería producirse en el reciclado material y la valorización energética, y la disminución en el vertido, para cumplir los objetivos fijados en el II Plan de Neumáticos Fuera de Uso.

### 3. Utilización de aceites usados

La utilización de aceites usados como combustible alternativo en las fábricas de cemento ha sido una forma tradicional de gestión de este tipo de residuos, por las características generales de los hornos y por la facilidad de adaptación de las instalaciones al nuevo combustible, que prácticamente no presenta exigencias técnicas complementarias a los combustibles líquidos tradicionales usados por las cementeras. En general, sólo requieren un pretratamiento para la eliminación de los lodos y un control analítico completo previo a la aceptación, tanto por razones de control reglamentario como por garantía de funcionamiento adecuado.

■ Gráfico 2. Comparación de la gestión de neumáticos fuera de uso entre la situación en el 2005 y la estimación para el año 2012 (toneladas).



Esta práctica está muy extendida en Europa, donde los aceites usados suponen un porcentaje importante de los combustibles alternativos usados en las fábricas de cemento. En España numerosas instalaciones han sido autorizadas para la utilización de aceites usados como combustible, lo cual no impide que la estrategia para la gestión de los aceites usados considere prioritaria la regeneración de los mismos frente a la valorización energética.

Esta valorización energética, que ha cumplido su función en el pasado, sigue teniendo su utilidad como complemento de otras formas de gestión, especialmente para los aceites de difícil tratamiento, que no se pueden regenerar.

### 3.1 Marco legal para la gestión de aceites usados

El Real Decreto 679/2006, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados, modifica la normativa relacionada con la gestión de los aceites usados, adaptándola al marco comunitario actual y a la Ley 10/1988 de residuos.

Este Real Decreto introduce la figura de los Sistemas Integrados de Gestión para que asuman las responsabilidades de los productores de aceites que se asocien a ellos, especialmente en la financiación de la gestión; mientras que los comercializadores de aceites no asociados deben asumir su responsabilidad como productores de forma individual.

Los mayores fabricantes de aceites se han integrado dentro de Sigaus, que representa más del 90% de todos los aceites puestos en el mercado español.

### 3.2 Generación de aceites usados

De acuerdo con los datos de Aselube (Asociación Española de Lubricantes) correspondientes al año 2006, el consumo de aceites lubricantes en España ascendió a 507.000 toneladas, de las cuales el 52% corresponde a los distintos tipos de aceites de automoción (263.000 toneladas) y el resto a aceites industriales (244.000 toneladas).

El grado de transformación de aceites en residuos es diferente según cada uno de los usos. Así, en el caso de los aceites de automoción se estima que un 63% se transforma en residuos mientras que sólo el 40% del aceite industrial acaba siendo un residuo.

Por otra parte, el grado de recogida, al menos por los circuitos tradicionales de estos residuos, es también diferente para cada tipo de residuo. Así, se estima que el 80% de los aceites de automoción generados son recogidos e integrados en los circuitos

de gestión, mientras que para los aceites industriales este porcentaje es del 77%.

### 3.3 Objetivos ecológicos para la gestión de aceites usados

El Real Decreto 679/2006 establece una serie de objetivos ecológicos que cuantifican y jerarquizan la estrategia ambiental en relación con los aceites usados. Estos objetivos mínimos, revisables por el Gobierno en el año 2009, son:

- Recuperación del 95% de los aceites usados generados, lo que obligará a realizar esfuerzos importantes en la recogida. La cantidad generada para cada tipo de aceite depende del uso del mismo y se estima de acuerdo con las estadísticas del sector.
- Valorización del 100% de los aceites usados recuperados, ya sea mediante regeneración, por reciclado en la producción de otros productos o mediante valorización energética.
- Regeneración de un 55% de los aceites usados recuperados a partir del 1 de enero de 2007 (y de un 65 % de los aceites usados recuperados a partir del 1 de enero de 2008). Algunos tipos de aceites usados, los recuperados de separadores de agua-aceite y los que no puedan garantizar su origen, se consideran no regenerables y están excluidos de los objetivos de regeneración.

Teniendo en cuenta los rendimientos de estas plantas, cuyo valor mínimo se especifica en el artículo 9 del mismo Real Decreto, la regeneración dará lugar a residuos secundarios (fondos, cabezas de columnas de destilación, aceite residual no regenerado, etc.), que deben ser gestionados y valorizados de acuerdo con la legislación general de residuos peligrosos, pudiendo ser destinados a valorización energética.

### 3.4 Posibilidades de uso de aceites usados en fábricas de cemento para reducir su vertido

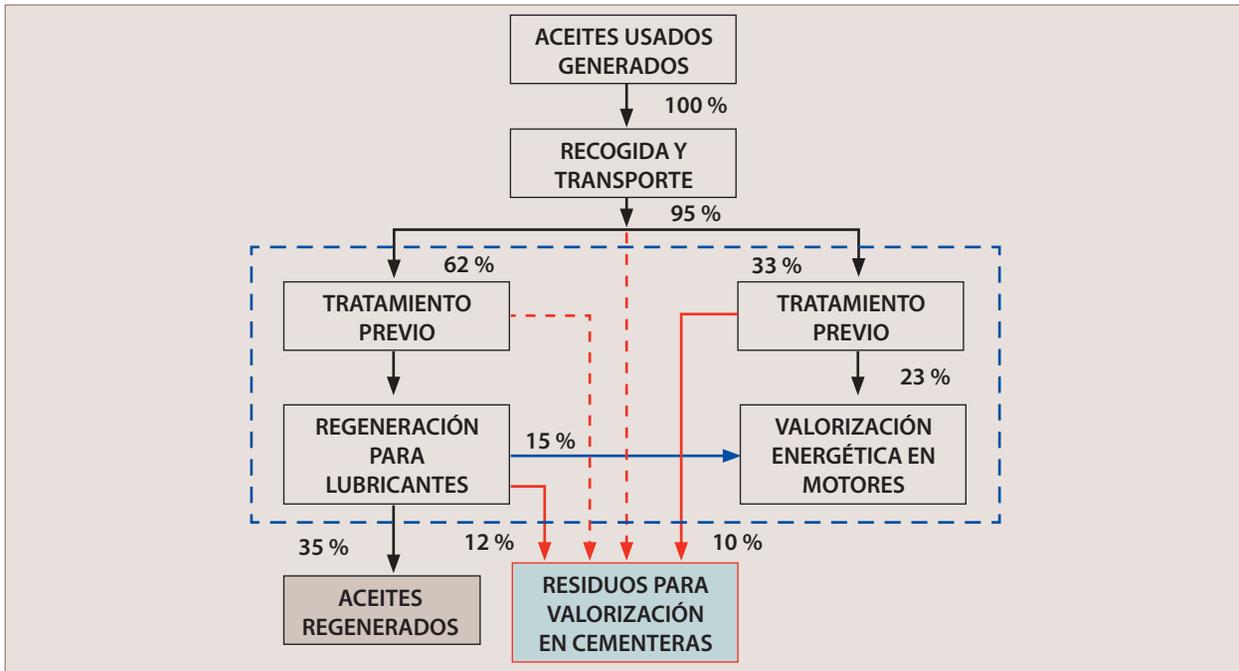
Tal y como hemos visto en el punto anterior, en el marco legal español el tratamiento de los aceites usados mediante regeneración se ha considerado prioritario en la gestión de este tipo de residuo, por lo que se prevé que las cantidades de aceites usados a tratar en plantas cementeras sean del orden que se aprecia en la Figura 1.

- El 63% del aceite recogido (62% del generado) se destinaría a regeneración, tras un pretratamiento; el resto (32% del generado) se dedicaría a valorización energética.

■ **Tabla 3. Generación y recogida de aceites usados en el año 2006 (toneladas).**

Tipos de aceites	Ventas de aceite	Generación de aceites usados	Recogida de aceites usados
Aceites de automoción	263.000	165.000	132.000
Aceites industriales	244.000	98.000	75.000
Total	507.000	263.000	207.000

■ Figura 1. Esquema de los flujos de gestión de aceites usados aplicando los objetivos establecidos en el Real Decreto 679/2006.



- La regeneración produce tres fracciones: un 35% de bases regeneradas, un 15% de fracciones ligeras que se unirían a la fracción valorizable energéticamente y un 12% de residuos pesados susceptibles de valorización energética en cementeras.
- El pretratamiento de la fracción destinada a valorización en forma de energía eléctrica produciría un residuo, del orden del 10%, que podría ser valorizado energéticamente en cementeras.

En consecuencia, la valorización para producción de electricidad podría alcanzar hasta un 38%, tanto de aceites usados generados como de aceites procedentes directamente de pretratamiento y de las fracciones ligeras procedentes de la regeneración.

Las cantidades de aceites usados que podrían destinarse a valorización energética como combustibles alternativos en plantas de clínker supondrían un porcentaje global del orden del 22% de los aceites usados generados, correspondiente a los residuos pesados de los diferentes tratamientos no susceptibles de valorización en motores de combustión interna.

Hay que tener en cuenta que la valorización energética de estos aceites en motores de generación eléctrica goza de una subvención por producción de energía eléctrica en régimen especial, que le otorga una cierta ventaja económica, por lo que las cantidades que no sean reciclables se repartirán entre ambas opciones.

La consecución de los objetivos planteados en el Real Decreto 679/2006 supondría los siguientes cambios en la gestión actual:

■ Tabla 4. Simulación de la gestión de aceites usados aplicando los objetivos establecidos en el Real Decreto 679/2006 (toneladas).

Aceite usados	Cantidad
Generación (año 2006)	263.000
Recogida	250.000
Regeneración	162.000
Valorización vía generación eléctrica	131.000
Valorización energética en hornos de cemento	45.000

NOTA: la simulación se ha realizado a partir del dato de generación de aceites usados del año 2006.

- Un aumento importante, casi 43.000 toneladas anuales, de la cantidad de aceites recogidos, ya que en la actualidad se recoge en torno a 207.000 toneladas anuales de aceites usados. En cualquier caso, resulta improbable que, al menos a corto plazo, se aumente la recogida hasta el 95% de los aceites usados generados.

Por otra parte cabe señalar que:

- El porcentaje asignado para regeneración parece muy elevado, ya que no existe un acuerdo general sobre la prioridad ambiental de la regeneración de aceites usados en la Unión Europea<sup>4</sup>; la capacidad instalada de regeneración de aceites es del orden de 130.000 toneladas anuales.
- La cantidad total de aceites usados asignados para valorización energética en forma de electricidad podría ascender

**NOTA** <sup>4</sup> Los análisis de ciclo de vida muestran que desde el punto de vista del cambio climático es generalmente preferible la valorización energética a la regeneración de los aceites usados (Fuente: Critical Review of existing studies and Life Cycle Analysis on the regeneration and incineration of waste oils, European Commission. DG Environment. Diciembre 2001).

hasta 131.000 toneladas anuales, de las que las dos terceras partes serían aceites usados pretratados y el resto fracciones ligeras procedentes de las instalaciones de regeneración.

Por tanto, la disponibilidad de combustibles derivados de aceites usados para las instalaciones cementeras podría limitarse a los residuos pesados procedentes de la regeneración y de los pretratamientos, que para una generación de aceites usados ligeramente superior a 263.000 toneladas (dato correspondiente al año 2006) supondrían unas 45.000 toneladas anuales, aplicando los objetivos establecidos en el Real Decreto 679/2006.

#### 4. Utilización de residuos industriales

Tradicionalmente, las plantas de clinker han utilizado distintos tipos de residuos industriales, tanto como combustibles alternativos como en sustitución de materias primas. Entre los primeros, los más habituales han sido los residuos líquidos, como los aceites usados, los restos y lodos de disolventes orgánicos no clorados y diferentes residuos procedentes de las industrias petroquímica y farmacéutica; también se han utilizado otros residuos sólidos o pastosos como los lodos de fabricación y aplicación de pinturas y barnices y los lodos de diferentes procesos químicos orgánicos.

Esta sustitución se ha basado tanto en la capacidad intrínseca de los hornos de clinker para la valorización energética de estos residuos dentro de un marco de completa garantía ambiental como por la facilidad de manejo de los mismos, tanto en el acopio y almacenamiento de los mismos, como en la introducción al proceso.

De acuerdo con la Memoria de Oficemen del año 2006, a lo largo de ese año se han utilizado casi 47.000 toneladas de residuos líquidos (sin incluir los aceites usados), constituidos fundamentalmente por disolventes y residuos petroquímicos; a la cifra anterior deben añadirse 15.000 toneladas de residuos sólidos y pastosos.

##### 4.1 El papel de las comunidades autónomas en la gestión de residuos peligrosos

La planificación y la gestión de los residuos peligrosos tienen algunos condicionantes territoriales que los diferencian de otros tipos de residuos, y en especial, de los residuos urbanos:

- Las cantidades generadas en cada comunidad autónoma no siempre justifican infraestructuras específicas de gestión, que exigen un volumen mínimo de residuos gestionados para su adecuado funcionamiento.
- El transporte de los residuos peligrosos está completamente regulado y controlado por las comunidades y por el propio Ministerio, por lo que el traslado de residuos peligrosos no debería ser un inconveniente insalvable para el adecuado control de la gestión, más allá del propio coste económico.
- Únicamente cuando el traslado de residuos peligrosos afecta negativamente a la planificación territorial debería ser

objeto de restricciones administrativas. Esta limitación tiene importancia cuando se superen las capacidades de tratamiento de las instalaciones existentes o se reduzca de forma apreciable el volumen disponible en depósitos de seguridad.

- El sector de gestión ha ido evolucionando hacia la creación de escasos grupos económicos con niveles tecnológicos elevados, completamente homologables a los de otros países, que descansan su actividad en numerosos gestores de recogida, vinculados o no a las instalaciones de gestión.

En consecuencia, el papel de las administraciones autonómicas es fundamental en relación con el control de la producción de residuos, de los traslados dentro y fuera de su ámbito territorial y de la forma de gestión. Sin embargo, esta importancia disminuye en relación con la planificación y dotación de las infraestructuras adecuadas, cuya implantación puede ser asumida por la iniciativa privada siempre que exista un marco administrativo y social adecuado.

En este sentido es decisiva la posición de las Administraciones en relación con las autorizaciones de instalaciones, especialmente de gestión, que cubran la totalidad de los tratamientos convenientes, dentro de un marco de complementariedad territorial. En este sentido, y especialmente en relación con la valorización energética en instalaciones de producción de cemento, deben considerarse los siguientes aspectos:

- La utilización de residuos como combustibles alternativos en cementeras es considerada una valorización y, por tanto, el traslado de los residuos no debería estar sujeto a restricciones especiales; los residuos peligrosos deberían poder ser trasladados a otras comunidades autónomas para su valorización energética siempre que las instalaciones receptoras estén debidamente autorizadas para los mismos.
- No debería considerarse un marco territorial cerrado de generación-preparación como combustible-valorización que limite la actividad al ámbito territorial de cada una de las comunidades autónomas; así se recoge en el propio Plan Nacional al estimar el déficit de instalaciones de valorización energética, contemplando las soluciones de los mismos en un ámbito nacional.
- Dentro de ese esquema de gestión es posible que la valorización de los residuos se realice en cementeras situadas en comunidades autónomas distintas de las que se realiza la preparación como combustible y la generación de los residuos peligrosos.

En consecuencia, la autorización de la valorización energética en cementeras por parte de las comunidades autónomas debería estar mucho más relacionada con el establecimiento de las condiciones pertinentes en las respectivas autorizaciones y con el control de las mismas que con la disponibilidad de residuos adecuados dentro de los límites territoriales de la propia comunidad autónoma.

## 4.2 Marco legal: II Plan Nacional de Residuos Peligrosos 2007-2015

Aunque la planificación contemplada en el II Plan de Residuos Peligrosos se basa en la aplicación de la estrategia de gestión en cinco niveles (reducir, reutilizar, reciclar, valorizar y eliminar), la oposición social a algunas formas de gestión, entre ellas la valorización como recuperación energética, ha modificado la aplicación razonable de la estrategia jerarquizada, que conduce a un mayor esfuerzo en la recuperación material y, sobre todo, a una aplicación poco razonada de algunas tecnologías de eliminación, especialmente de tratamiento físico-químico y biológico.

En el II Plan de Residuos Peligrosos los residuos considerados como potencialmente valorizables han sido considerados dentro de la actividad R1 (Operación de valorización o recuperación, recovery en inglés), para su transformación previa en combustibles alternativos en plantas de blending, y su posterior uso en instalaciones autorizadas.

El blending es la operación mediante la cual el flujo residual combustible es mezclado con otros residuos o bien con combustibles de carácter tradicional, con objeto de obtener un combustible con las características adecuadas para el proceso en que se pretende emplear. Habitualmente esta mezcla se realiza en tanques con sistemas de homogeneización, no obstante existen procesos específicos de mezclado como la fluidificación. En ocasiones se denomina de forma genérica blending al combustible preparado a partir de residuos en una planta de tratamiento genérica para residuos sólidos o líquidos.

## 4.3 Posibilidades de uso de residuos industriales en fábricas de cemento para reducir su vertido

Para conocer la cantidad de residuos que podrían ser valorizados mediante su transformación en combustibles alternativos en las fábricas de cemento (actividad R1), en la Tabla 5 se muestra la generación de residuos peligrosos recogida en el II Plan de Residuos Peligrosos, correspondientes al año 2005, incluido en el borrador del PNIR, por tipos de residuos siguiendo los códigos de la Lista Europea de Residuos (se han excluido los datos correspondientes a aceites usados, analizado en otro punto del estudio por disponer de normativa específica).

Asimismo el borrador del PNIR asigna unos porcentajes de participación de cada una de las formas de gestión de los residuos peligrosos generados que considera más óptima, de acuerdo con el principio de jerarquía. En la Tabla 5 se indica la estimación cuantitativa para la actividad R1 (operación de valorización energética).

Aunque los datos de partida no estén muy actualizados, los porcentajes asignados a la forma de gestión R1 son muy reducidos, quizá por la sobrevaloración del potencial de otras opciones de gestión, especialmente de la recuperación material y procesos de tratamiento físico-químico orientados a la estabilización y/o inertización de los residuos peligrosos como paso previo a su depósito en vertederos de residuos peligrosos.

De acuerdo con los datos incluidos en el borrador del PNIR, la generación total, incluyendo todas las posiciones de la Lista Europea de Residuos, sería de 3.181.000 toneladas anuales, aunque en el estudio sólo se han considerado 8 posiciones, descartando otras poco claras como potenciales combustibles.

En un primer análisis se observa una gran disponibilidad (más de 82.000 toneladas anuales) de residuos peligrosos cuya opción prioritaria de gestión debería ser la transformación en combustible para valorización energética en instalaciones industriales como las fábricas de cemento, según el PNIR, aunque en la práctica esta cantidad es considerablemente menor, por el desvío hacia otras formas de gestión.

El análisis detallado de cada uno de los Grupos de la Lista Europea de Residuos, en orden decreciente de cantidades asignadas para la valorización energética, permite algunas observaciones previas:

- En el Grupo 19 se incluyen las fracciones de aceites y grasas separadas en las instalaciones de tratamiento efluentes, que representan una cantidad en torno a 23.000 toneladas anuales, aunque su valor energético puede ser muy variable en función del tipo de instalación de procedencia. En este apartado no se incluyen los lodos de las depuradoras, que se analizan separadamente, por su interés futuro y sus posibilidades.
- El Grupo 7 está constituido por los residuos procedentes de procesos químicos orgánicos. Deben considerarse dentro de

■ **Tabla 5. Generación de residuos peligrosos en el año 2005 y estimación de la valorización energética (toneladas).**

Lista Europea de Residuos	Descripción	Generación	Estimación actividad R1 (valorización energética)
03	Residuos transformación de madera	8.085	1.689
05	Residuos refino de petróleo	95.305	13.096
07	Residuos procesos químicos orgánicos	185.640	17.175
08	Residuos de pinturas y barnices	184.663	7.095
12	Taladrinas y aceites de uso mecánico	103.296	16.791
14	Disolventes no halogenados	126.000	1.749
19	Lodos de plantas de tratamiento efluentes	247.495	23.713
20	Residuos municipales (puntos limpios)	43.112	1.475

este grupo los residuos pesados procedentes de procesos de destilación, los disolventes líquidos residuales (muy cargados de impurezas que impiden su reutilización), así como subproductos de reacciones químicas orgánicas, no reutilizables. En general, es importante la presencia de inertes (como medios de filtración y diferentes lodos), lo que reduce considerablemente su valor energético e impide un mayor porcentaje de valorización.

- El Grupo 5 lo constituyen los residuos procedentes del sector de refino de crudo, que generalmente son restos oleosos de tanques y de operaciones de mantenimiento, derrames de hidrocarburos, etc. En general, la recuperación energética de la mayor parte de estos residuos es poco ventajosa, por la gran cantidad de inertes presentes en los residuos, pero puede considerarse como la mejor opción ambiental.
- En el Grupo 12 se han considerado los residuos procedentes de los aceites sintéticos utilizados en la preparación de taldrinas; éstas y otros residuos oleosos deben ser sometidas a tratamientos físico-químicos previos antes de su transformación en combustibles. La mayor incertidumbre se refiere a la cantidad realmente gestionada.
- En el Grupo 8 sólo se consideran destinados a actividades R1 a algunas fracciones de residuos de pinturas, cuando la presencia de metales pesados es reducida o controlada, y a las fracciones que contienen cantidades apreciables de aceites y fijadores orgánicos.
- Dentro del Grupo 3, correspondiente a residuos del sector de la madera, se han considerado una generación muy reducida, del orden de 8.000 toneladas anuales que puede corresponder a restos de lacas y barnices.
- Finalmente, dentro del Grupo 14 se encuentran los residuos de disolventes, refrigerantes y propelentes, sean o no halogenados, que responden a colas de destilación de la recuperación de disolventes, con contenidos importantes de lodos. La cantidad estimada para valorización energética parece muy baja, del orden de 2.000 toneladas anuales.

Por tanto, de acuerdo con las previsiones del Plan de Residuos Peligrosos 2007-2015, si se excluyen a los aceites usados y los lodos de depuración de aguas residuales urbanas, que se analizan separadamente, la cantidad estimada de residuos peligrosos que podrían ser destinados a valorización energética mediante su transformación en combustibles alternativos sería del orden de 82.000 toneladas anuales.

#### 4.4 Valorización energética de residuos industriales no peligrosos

La información sobre generación y formas de gestión no está disponible para los residuos industriales no peligrosos, para los que no existe una legislación específica de ámbito nacional, salvo la Ley 10/1998 de residuos, ni un grado de control tan estricto.

Los inventarios de residuos no permiten, en general, desglosar las cantidades generadas en función de la vía de tratamiento, por la gran heterogeneidad de los residuos y porque la forma de gestión está basada en las disponibilidades reales de cada comunidad autónoma más que en justificaciones de estrategia ambiental.

Los inventarios tampoco son muy útiles para la estimación del potencial de valorización, por la falta de homogeneidad y detalle de la forma de clasificación. En el Plan se recoge un objetivo de valorización energética del 15% de la generación, pero este porcentaje debería ser referido exclusivamente a algunos apartados de la Lista Europea de Residuos, que no son los recogidos mayoritariamente en la documentación de generación del Plan.

### 5. Utilización de harinas animales

Tradicionalmente, los subproductos animales se han destinado a la preparación de piensos para animales, tanto por su contenido en proteínas fácilmente digeribles como por la presencia de grasas, que otorgan un poder alimenticio a los piensos.

Sin embargo, la aparición de nuevos tipos de enfermedades relacionados con la presencia en la alimentación de determinados tejidos (sistema nervioso), así como la alimentación con animales de la misma especie dio lugar a la crisis de las vacas locas y obligó a una redefinición de la legislación de subproductos no destinados a consumo humano, que fue establecida por el Reglamento (CE) 1774/2002, relativo a subproductos animales no destinados a consumo humano. Este Reglamento clasifica los subproductos animales en tres categorías, en función del riesgo biológico de los mismos:

- Material de categoría 1: son los de mayor riesgo e incluyen los animales que presenten un riesgo de transmisión de encefalopatías espongiiformes (EET), de riesgos desconocidos o relacionados con el uso de sustancias ilegales en la alimentación animal o contaminantes medioambientales. Uno de los subproductos típicos son los Materiales Específicos de Riesgo (MER).
- Material de categoría 2: son los subproductos que presentan otros riesgos relacionados con enfermedades animales no transmisibles o que contienen otros residuos de medicamentos veterinarios. También se incluyen los cadáveres de animales muertos en las explotaciones ganaderas.
- Material de categoría 3: son los subproductos no destinados a consumo humano que proceden del sacrificio de animales sanos.

Para cada una de las categorías se determina una forma de tratamiento para minimizar los riesgos y unos usos posibles para los subproductos transformados obtenidos de los subproductos originales. Así, los materiales de categoría 1 y 2 son sometidos a un tratamiento de esterilización (en unas condiciones

de temperatura, presión y tiempo definidas por el Reglamento europeo) durante su transformación en harina animal para que ésta pueda ser valorizada energéticamente en instalaciones industriales, o depositada en vertedero. Las harinas resultantes de este proceso son residuos no peligrosos, de manera que ya no presentan ningún tipo de riesgo biológico.

Únicamente los subproductos transformados de categoría 3, básicamente grasas y harinas, pueden ser destinadas a alimentación animal, para preparación de piensos, con determinadas restricciones en relación con las especies animales.

Por esto, en el presente estudio no se considerarán las harinas de categoría 3 como potencial combustible en plantas cementeras, limitando el estudio a las harinas de categorías 1 y 2, para las que sólo pueden considerarse dos alternativas de destrucción:

- Valorización energética de las harinas en instalaciones autorizadas.
- Eliminación de las harinas en vertederos de residuos.

La valorización energética de harinas de categoría 1 y 2 en cementeras es la alternativa más viable dentro de los requerimientos de destrucción efectiva de estos residuos en un periodo de tiempo necesariamente reducido, y la opción elegida en numerosos países europeos. Por otra parte, como la harina es biomasa, la valorización de la misma no supone una aportación neta de CO<sub>2</sub>.

En la actualidad numerosas plantas cementeras españolas tienen autorización para la coincineración de harinas animales. Para ello los subproductos deben ser transformados en harinas, mediante un proceso de evaporación de la humedad y separación de parte de la grasa contenida en los mismos.

## 5.1 Marco legal para la valorización energética de harinas cárnicas

Para la valorización de las harinas en cementeras y en otras instalaciones (centrales de producción eléctrica, etc.), son de aplicación las condiciones establecidas en el Real Decreto 653/2003, de coincineración de residuos.

## 5.2 Generación de subproductos animales

De acuerdo con los datos del Libro Blanco sobre Subproductos Animales no destinados a consumo humano (año 2004), la cantidad total de subproductos animales generados es del orden de 2 millones de toneladas anuales, de las cuales 380.000 toneladas corresponden a la producción primaria y unas 1.600.000 toneladas a las industrias agroalimentarias.

Por categorías, la cantidad más importante son los subproductos de categoría 3, con una producción de casi 1.700.000 toneladas anuales. La generación de subproductos de categoría 2 es marginal (inferior al 2% de la generación total), por lo que son gestionados con los subproductos de categoría 1. Según

datos proporcionados por el sector transformador, la producción aproximada de materiales de categorías 1 y 2 es del orden de unas 480.000 toneladas anuales.

La transformación de los subproductos de categorías 1 y 2 conduce a la producción de grasa (no utilizable para alimentación animal) y harina que debe ser gestionada como un residuo. La proporción entre grasa y harina es muy variable, dependiendo de la especie de la que proceden los subproductos frescos, del proceso de transformación y de las instalaciones; en general, puede estimarse una producción media del 60% de grasa y del 40% de harina, referidos a material fresco.

## 5.3 Posibilidades de uso de harinas cárnicas en fábricas de cemento para reducir su vertido

Aproximadamente el 70% de los subproductos de categorías 1 y 2 son procesadas en plantas de transformación, para obtención de grasas (no utilizable para alimentación animal) y harinas que deben ser gestionadas como residuos.

Como se ha comentado anteriormente, la proporción entre grasa y harina es muy variable, dependiendo de la especie de la que proceden los subproductos frescos, del proceso de transformación y de las instalaciones. En general, puede estimarse una producción media del 60% de grasa y del 40% de harina, referidos a material fresco. En consecuencia, la máxima cantidad de harinas cárnicas, procedentes de subproductos de categoría 1 y 2, que podría utilizarse como combustible alternativo será del orden de 130.000-150.000 toneladas anuales.

La cantidad de harinas animales utilizadas como combustible en plantas cementeras en el año 2006, de acuerdo con los datos del estudio elaborado por la Fundación CEMA, fue del orden de 89.000 toneladas anuales, que representa casi el 60% de la harina teóricamente disponible.

Esto indica que del orden de 40.000 a 60.000 toneladas anuales de harinas de categorías 1 y 2, junto con una parte de la harina de categoría 3 que no pueda ser vendida para alimentación de animales de compañía, está siendo depositada en vertederos.

La tendencia futura, en relación con estos subproductos en las condiciones actuales, es la estabilización de la cantidad destinada para valorización, una vez que se reduzcan progresivamente las cantidades depositadas en vertederos, hasta alcanzar las 130.000-150.000 toneladas anuales, ya que no es esperable un aumento de la cantidad de harinas de categorías 1 y 2.

## **6. Utilización de residuos procedentes de vehículos fuera de uso**

### 6.1 Marco legal para la gestión de residuos procedentes de vehículos fuera de uso

La gestión de los residuos procedentes de vehículos fuera de uso viene regulada por el Real Decreto 1383/2002, que transpone la

Directiva 2000/53/CE. Esta gestión debe ir encaminada a garantizar la recogida de los vehículos para su descontaminación en centros de tratamiento específicamente autorizados, a la correcta gestión ambiental de los elementos y componentes extraídos del vehículo y al cumplimiento de los objetivos de reutilización, reciclado y valorización establecidos.

Para garantizar la adecuada gestión de los vehículos usados a lo largo de la cadena de tratamiento de los mismos como residuos, se ha creado un sistema integrado de gestión (Sigrauto), que engloba tanto a los productores e importadores de vehículos como a los sistemas de gestión (centros de tratamiento y descontaminación y centros de fragmentación y recuperación de materiales).

### 6.2 Objetivos ecológicos para la gestión de residuos procedentes de vehículos fuera de uso

En relación con los objetivos establecidos en el Real Decreto 1383/2002, se contemplan dos plazos para alcanzar determinadas cotas de reutilización y reciclado:

- El 1 de enero del año 2006, se reutilizará o valorizará como mínimo el 85% del peso de los vehículos recogidos, y se reutilizará y reciclará como mínimo el 80% del peso (según datos de Sigrauto, estos objetivos se cumplen).
- El 1 de enero del año 2015, se reutilizará y valorizará al menos el 95% del peso de los vehículos recogidos.

### 6.3 Gestión de los vehículos fuera de uso

El esquema básico de gestión de los vehículos fuera de uso (VFU) tiene lugar en dos escalones de gestión consecutivos:

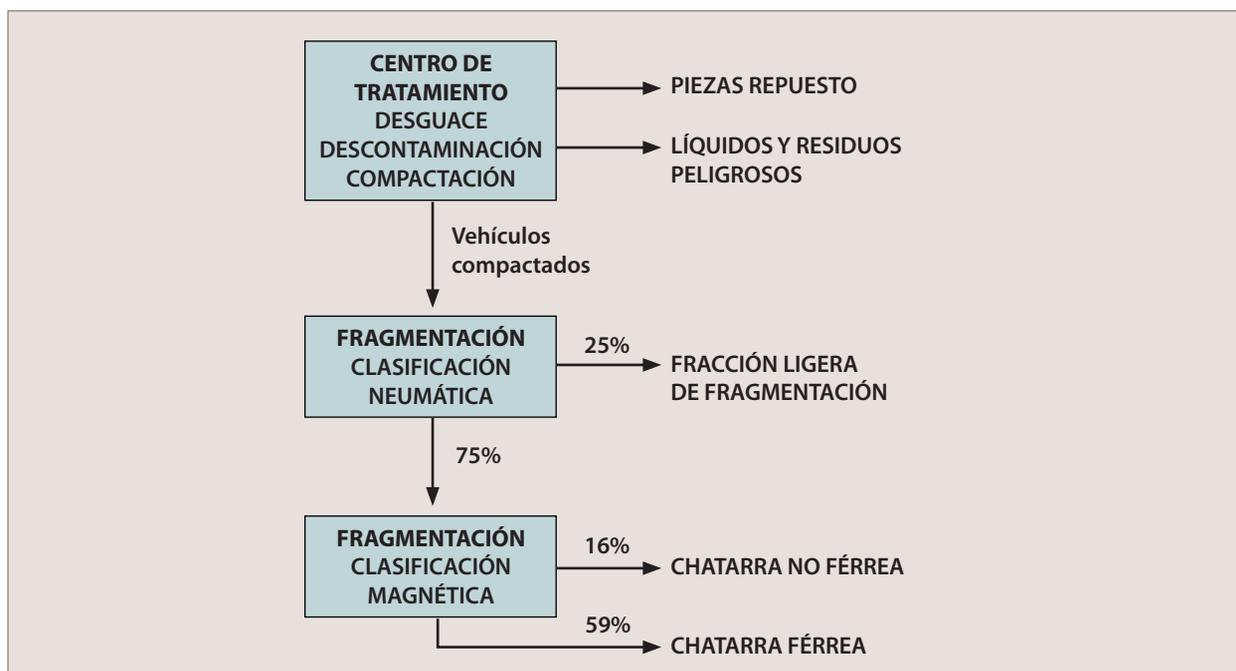
- En el primero, en los Centros Autorizados de Tratamiento, tiene lugar el desguace para la recuperación de piezas válidas como repuestos y otros materiales que pueden ser reciclados (distintos de las chatarras) y el desmontaje y retirada de determinados componentes que pueden ser perjudiciales para la gestión posterior. Además, en estos Centros Autorizados de Tratamiento se realiza la descontaminación de los vehículos, retirando los aceites y otros líquidos que tienen carácter de residuos peligrosos; los vehículos son finalmente compactados para su traslado a las plantas de fragmentación.
- En las plantas de fragmentación, los vehículos compactados son triturados por molinos de martillos hasta tamaños de 20 a 40 cm. El material triturado es sometido a diversos procesos de clasificación neumática, mediante aspiradoras y ventiladores, que retiran los materiales menos pesados y más tarde, mediante corrientes magnéticas se separan los metales férricos que son enviados a fundición para la elaboración de nuevos materiales.

En la Figura 2 se muestran los distintos escalones de gestión de los vehículos fuera de uso, así como los porcentajes medios del peso de los vehículos que son retirados en cada una de las etapas y su destino preferente.

### 6.4 Posibilidades de uso de residuos procedentes de vehículos fuera de uso en fábricas de cemento para reducir su vertido

Aunque algunos de los residuos peligrosos retirados en la etapa de desguace y descontaminación en los Centros Autorizados de Tratamiento pueden ser valorizados en las plantas de cemento (como los aceites), este estudio se centra en el residuo ligero procedente de las plantas de fragmentación.

■ Figura 2. Esquema de la gestión de los vehículos fuera de uso.



Este residuo, que puede llegar al 25% del peso total del vehículo compactado, presenta una composición variable y diferente de unas plantas fragmentadoras a otras. La composición media aproximada es:

- 40% plásticos y textiles.
- 23% caucho y elastómeros.
- 13% vidrio.
- 15% inertes (tierras, masillas, compuesto cerámicos).
- 2% metales no férreos.

La característica fundamental, en relación con el aprovechamiento energético de esta fracción, es su poder calorífico, que varía entre 12 MJ/kg y 18 MJ/kg, debido a la presencia de porcentajes muy importantes de plásticos, textiles y caucho.

Una primera vía de valorización podría estar constituida por el reciclado material de plásticos. Sin embargo, esta vía presenta dificultades por la heterogeneidad de los mismos; la Asociación Europea de Fabricantes de Plásticos estima que no más del 10% del plástico contenido en los residuos ligeros de fragmentación podría ser reciclado materialmente.

Así, las alternativas más viables para la fracción ligera de fragmentación son la valorización energética y el depósito en vertedero, que es la aplicación casi general de los residuos ligeros de fragmentación.

La valorización energética es la vía obligatoria en diferentes países europeos, como Suiza, y de progresiva implantación en otros países (Alemania, Francia, etc.) por las restricciones crecientes al vertido o por la prohibición de eliminar residuos con

un potencial energético aprovechable, como es el caso de los residuos ligeros de las fragmentadoras.

Se estima que la generación de combustibles alternativos para fábricas cementeras puede ascender hasta el 55% de las cantidades de residuos ligeros separados en las plantas de fragmentación, correspondiendo fundamentalmente a las fracciones de plástico y caucho presentes en los vehículos fuera de uso.

En la siguiente tabla se muestran los datos recogidos en el Plan de vehículos fuera de uso sobre la estimación de la generación de residuos en las instalaciones de fragmentación en España, en el año 2006.

Debe recordarse que no todas las comunidades autónomas disponen de Centros de Fragmentación, por lo que las cantidades asignadas a cada una de ellas no necesariamente significa que la producción de combustible alternativo tenga lugar en las mismas sino en las que poseen plantas de fragmentación.

Teniendo en cuenta los datos anteriores, la cantidad de combustible que potencialmente se podría obtener de la fracción ligera de fragmentación sería del orden de 100.000 toneladas anuales considerando un alto grado de recuperación de plásticos y otros combustibles. De esta cantidad deben detraerse las correspondientes a instalaciones de fragmentación de escala reducida y situadas en puntos en los que el vertido siga siendo una opción aceptada por las comunidades autónomas. Considerando las fragmentadoras de mayor capacidad (Madrid, Cataluña, Valencia y Andalucía), la posibilidad de producción de combustible alternativo a partir de la fracción ligera de fragmentación podría estimarse en 65.000 toneladas anuales.

■ **Tabla 6. Estimación de la generación de residuos de vehículos fuera de uso en el año 2006 (toneladas).**

Comunidad Autónoma	Estimación de la generación de residuos de Vehículos Fuera de Uso	Estimación de la generación de la fracción ligera de fragmentación (destinada generalmente a vertedero)	Estimación combustible alternativo potencial
Andalucía*	123.172	30.793	16.936
Aragón*	26.982	6.746	3.710
Asturias*	18.022	4.506	2.478
Cantabria	10.000	2.500	1.375
Castilla-La Mancha	26.650	6.663	3.664
Castilla y León*	40.110	10.028	5.515
Cataluña*	126.815	31.704	17.437
Extremadura*	16.231	4.058	2.232
Galicia*	45.573	11.393	6.266
La Rioja	5.163	1.291	710
Madrid*	125.130	31.283	17.205
Murcia	22.361	5.590	3.075
Navarra	13.113	3.278	1.803
País Vasco*	42.305	10.576	5.817
Valencia*	94.943	23.736	13.055
TOTAL	736.570	184.143	101.278

Nota: el asterisco indica la existencia de plantas fragmentadoras en la comunidad autónoma.

## 7. Utilización de lodos de depuradora de aguas residuales urbanas

### 7.1 Marco legal para la gestión de lodos de depuradora de aguas residuales urbanas

La gestión de los lodos de depuradora urbana debe considerar dos aspectos complementarios:

- De una parte, su carácter de residuos no peligrosos. Como tales residuos, su gestión está regulada y controlada, y de forma especial su eliminación en vertedero y su valorización energética mediante incineración o co-incineración.
- De otro, su posibilidad de utilización como enmienda del suelo o como fertilizantes, teniendo en cuenta la presencia de nutrientes y las posibles limitaciones en su aplicación.

En el primer aspecto, los lodos de depuradoras de aguas residuales urbanas son residuos a los que les es de aplicación las normas en vigor relativas a los mismos y en particular la Ley 10/1998 de residuos y su normativa derivada (Orden MAM 304/2002), que incluye la clasificación de los lodos en el código 190805 de la Lista Europea de Residuos.

Si los lodos se gestionan mediante valorización energética en cementeras o incineración, las condiciones técnicas y de autorización de las instalaciones vienen establecidas por el Real Decreto 653/2003, de co-incineración de residuos.

Si los lodos se gestionan mediante depósito en vertederos es de aplicación el Real Decreto 1481/2001, de vertido de residuos que establece la obligación de tratar los lodos previamente al vertido, al tiempo que establece otras condiciones de aceptabilidad en relación con el depósito en el propio vertedero.

En relación con su aprovechamiento para aplicaciones agrícolas debe tenerse en cuenta lo señalado en la Directiva 86/278/CEE transpuesta por el Real Decreto 1310/1990, relativa a la protección de los suelos frente a la utilización de los lodos con fines agrícolas. Este Real Decreto, y la Orden de 26 de octubre de 1993 que lo desarrolla, regulan las condiciones de aplicación de los lodos a los suelos agrícolas para evitar el posible efecto nocivo sobre las aguas, el suelo, la vegetación, los animales y la salud humana.

El Real Decreto 1310/1990 prohíbe la aplicación directa de lodos sin tratar, al tiempo que establece que la utilización de los lodos en agricultura debe hacerse teniendo en cuenta las necesidades de nutrientes de las plantas; se limitan los contenidos en metales pesados y se exigen análisis periódicos de los suelos y de los lodos aplicados.

En algunos países se han establecido restricciones superiores a las establecidas por la Directiva 86/278/CEE, tanto limitando la cantidad de metales pesados contenidas en los lodos antes de su aplicación agrícola, como restringiendo su utilización en función

de la cantidad de nutrientes aportados por unidad de superficie y tipo de cultivo o de los patógenos contenidos en los lodos.

### 7.2 Generación de lodos de depuradora de aguas residuales urbanas

La generación estimada de lodos, expresada en toneladas de materia seca, de acuerdo con los datos del II Plan de Lodos de Depuradora y las informaciones directas obtenidas, se muestra en la Tabla 7.

■ **Tabla 7. Estimación de la generación de lodos de depuradora (toneladas de materia seca).**

Comunidad Autónoma	Estimación de la generación de lodos de depuradora
Andalucía	63.000
Aragón	41.000
Asturias	36.000
Cantabria	18.000
Castilla y León	81.000
Castilla-La Mancha	43.000
Cataluña	143.000
Extremadura	36.000
Galicia	90.000
Madrid	156.000
Murcia	37.000
Navarra	11.000
La Rioja	8.000
País Vasco	63.000
Valencia	125.000
TOTAL	925.000

Se observan grandes variaciones entre las cifras facilitadas por las diferentes comunidades autónomas, que pueden ser debidas a que en algunos casos estén facilitando datos estimados.

### 7.3 Objetivos ecológicos para la gestión de los lodos de depuradora de aguas residuales urbanas

El borrador del II Plan Nacional de Lodos de Depuradoras de Aguas Residuales EDAR 2007-2015, establece los siguientes objetivos ecológicos en relación con los lodos de depuradora<sup>6</sup>:

- Valorización en usos agrícolas de, al menos, el 70% de los lodos de depuradora, previo tratamiento, antes del año 2011.
- Valorización energética de un 15%, como máximo, de los lodos generados, antes de 2011.
- Depósito en vertedero de un máximo de un 15% de los lodos, antes de 2011.

**NOTA** <sup>6</sup> En la versión definitiva del PNIR estos objetivos varían ligeramente respecto a los incluidos en el borrador del PNIR utilizado para el presente estudio.

- Correcta gestión ambiental del 100% de las cenizas de incineración de lodos.

La gestión parece orientarse claramente hacia la valorización en usos agrícolas, en tanto la calidad de los lodos y la disponibilidad de los suelos lo permitan. Sin embargo la aplicación de esta planificación no parece contemplar algunos aspectos importantes:

- La mayor cantidad de lodos se producen en las aglomeraciones urbanas de alta densidad de población, que generalmente adolecen de falta de terreno agrícola en el que pueda realizarse la aplicación.
- La generación de lodos suele coincidir con la generación de cantidades importantes de otros residuos cuya vía de gestión coincide con la de los lodos en la producción de compost.
- La aplicación agrícola no puede realizarse de forma continua para satisfacer las necesidades de salida de lodos de las estaciones depuradoras de aguas residuales.

En la Tabla 8 se muestran los usos de los lodos en la Unión Europea y en España en el año 2005, y los objetivos establecidos en los Planes de Gestión de Lodos de Depuradora.

Posteriormente, la versión definitiva del PNIR establece como objetivos para el año 2015 la aplicación en suelos agrícolas del 67% como mínimo de los lodos; la valorización en otros suelos u otros tipos de valorización (donde se incluye la valorización energética en cementeras) de, como mínimo, el 18% de los lodos; la incineración del 3% como máximo y el depósito en vertedero del 12% como máximo de los lodos generados. Se mantiene el mismo objetivo de gestionar correctamente la totalidad de las cenizas de incineración.

En el Gráfico 3 se muestra la situación existente en el año 2005 en España y los objetivos establecidos en la versión definitiva del PNIR para el año 2015 sobre los usos de los lodos de depuradora. El cumplimiento de estos objetivos supondría un aumento de la valorización energética y aplicación agrícola de los mismos, y una reducción en su vertido.

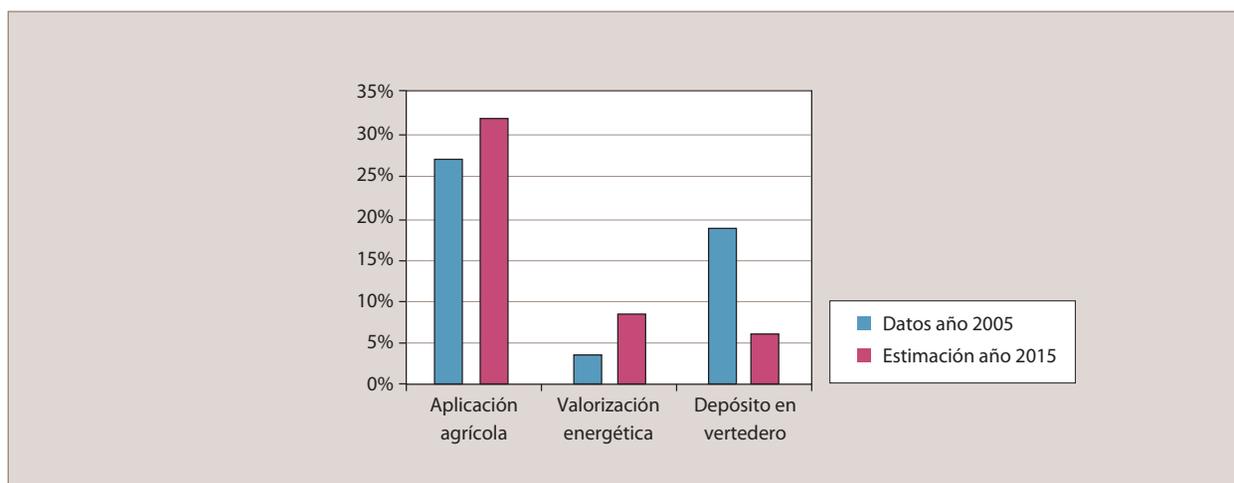
## 7.4 Posibilidades de uso de los lodos de depuradora de aguas residuales urbanas en fábricas cementeras para reducir su vertido

La estrategia española frente a los lodos de depuración descansa, fundamentalmente, en la aplicación de los mismos al suelo, como enmienda agrícola, ya sea por aplicación directa de los lodos deshidratados o tras un compostaje previo con otros residuos, especialmente con residuos vegetales.

■ **Tabla 8. Destino de los lodos de depuradora en la Unión Europea y España.**

	Año 2005		Objetivos	
	Unión Europea	España	I Plan de Lodos de Depuradora	II Plan de Lodos de Depuradora (año 2010)
Aplicación agrícola	54%	54%	65%	70%
Valorización energética	18%	7%	15%	15%
Depósito en vertedero	25%	34%	20%	15%
Correcta gestión ambiental de las cenizas de incineración				100% (de las cenizas generadas)

■ **Gráfico 3. Comparación de la gestión de lodos de depuradora entre la situación en 2005 y los objetivos establecidos para 2015 en España.**



En la versión definitiva del PNIR se contempla la valorización energética de una forma secundaria, reducida al 18% de la gestión total, especialmente cuando la calidad del lodo impida su uso agrícola. Así, se podrían usar hasta 166.500 toneladas anuales de lodos como combustible alternativo, según los datos aportados previamente sobre generación de lodos.

Sin embargo, la acumulación de nutrientes procedentes de distintos tipos de residuos, y las exigencias de un tratamiento previo al uso agrícola, pueden impedir la utilización agrícola, al tiempo que el traslado a otras áreas puede suponer un incremento de coste poco asumible.

La valorización energética en plantas cementeras exige un paso previo de secado térmico, hasta alcanzar un grado de sequedad superior al 80-90% de materia seca. En estas condiciones los lodos pueden ser más fácilmente transportados y constituir un combustible de suficiente poder calorífico. En España existen numerosas plantas de secado térmico, aunque no es el procedimiento general de gestión de los lodos, con una capacidad total de tratamiento del orden de 180.000 toneladas anuales de lodos expresados como materia seca.

En el caso de Cataluña se detecta un excedente de más de 67.000 toneladas anuales de lodos, expresados como materia seca, que podrían ser valorizables en cementeras de la comunidad autónoma.

Si bien en algunas comunidades autónomas se han instalado plantas de incineración de lodos, en la mayoría la forma de gestión casi exclusiva sigue siendo la aplicación agrícola.

En algunos países europeos el empleo de lodos en cementeras es la forma habitual de gestión de los mismos, frente al depósito en vertederos o la aplicación en el terreno en forma de compost. Sin embargo, en otros se están produciendo restricciones a la valorización energética si el contenido de mercurio y otros metales pesados volátiles en el lodo es elevado, aunque esto no suele ser muy habitual en instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas.

## 8. Utilización de residuos de plásticos agrícolas

### 8.1 Marco legal para la gestión de residuos de plásticos agrícolas

En relación a la gestión de residuos de plásticos agrícolas, no existe legislación estatal a nivel específico. La única comuni-

dad autónoma que ha legislado sobre la materia ha sido Andalucía, a través del Decreto 104/2000, por el que se regulan las autorizaciones administrativas de las actividades de valorización y eliminación de residuos y la gestión de residuos plásticos agrícolas.

En el mismo se señala la obligación de los fabricantes, distribuidores y vendedores de materia prima, plásticos y elementos de plástico para usar en explotaciones agrícolas a participar en Grupos de Gestión que garanticen la correcta valorización y eliminación de los plásticos y elementos de plástico de desecho, garantizando el cumplimiento de los objetivos marcados en el Plan Director Territorial de Gestión de Residuos Urbanos de Andalucía.

### 8.2 Generación de residuos de plásticos agrícolas

El consumo de plástico en actividades agrícolas, basado en los datos de productores y recicladores y recogidos en el borrador del Plan Nacional Integrado de Residuos, es del orden de 235.000 toneladas anuales, que se mantienen razonablemente estables en los últimos años.

La distribución territorial está centrada fundamentalmente en Andalucía, que consume casi el 70% del film (65.000 toneladas/año), seguida por Murcia (8.000 toneladas anuales), Canarias (7.500 toneladas anuales) y Valencia (5.700 toneladas anuales) con cantidades muy inferiores, o nulas, en el resto de las comunidades autónomas.

De acuerdo con las informaciones facilitadas tanto por el sector agrario como por el del reciclaje, puede estimarse que la generación de residuos de plásticos agrícolas es del orden del 80% del consumo, tanto de film como de otros usos, con una vida media de los materiales de 3 años; el 20% restante son pérdidas durante el uso, que no se recogen de forma organizada.

Así, la generación de residuos plásticos puede alcanzar unas 188.000 toneladas al año, localizadas en los puntos de consumo.

La reciclabilidad del plástico está muy relacionada con el tipo de uso, siendo muy elevada para los film de invernadero y túneles y para los materiales de tuberías de polietileno de baja densidad (PEBD), y muy reducida para los plásticos de acolchado, porque tienen una gran suciedad y restos de tierras, que hacen el reciclado muy difícil y costoso.

■ **Tabla 9. Estimación de generación, reciclaje y valorización energética de residuos de plásticos agrícolas (toneladas).**

Tipo de plástico	Consumo	Estimación generación de residuos	Estimación reciclado	Estimación valorización energética
Acolchado	37.000	29.600	8.000	21.600
Tunelillo	6.500	5.200	5.000	500
Invernadero	51.000	40.800	37.000	3.800
Otros	140.500	112.400	78.000	34.000
TOTAL	235.000	188.000	128.000	60.000

■ **Tabla 10. Objetivos ecológicos del I Plan Nacional de Residuos de Plásticos de uso agrario.**

	2010		2015	
Prevención/reutilización	5%	9.400 t	10%	18.800 t
Reciclado	55%	103.400 t	70%	131.600 t
Valorización energética	30%	56.400 t	15%	28.200 t
Eliminación en vertedero	10%	18.800 t	5%	9.400 t

La cantidad de residuos plásticos potencialmente valorizables energéticamente sería de aproximadamente 60.000 toneladas anuales, estimadas como diferencia entre los residuos plásticos generados y los reciclados, que equivale a un 25,5% del consumo de plásticos. La parte más importante destinada a valorización corresponde a los film de acolchado y a los residuos de tuberías, piezas soporte, etc.

### 8.3 Objetivos ecológicos para la gestión de residuos de plásticos agrícolas

Los objetivos ecológicos contemplados en el I Plan Nacional de Residuos de Plásticos de uso agrario 2008-2015 se muestran en la Tabla 10.

Como puede observarse, se realiza una apuesta importante por el reciclado material, que es variable para cada tipo de material. Para los residuos plásticos agrícolas no reutilizables ni reciclables restan sólo dos opciones de tratamiento: la valorización energética, en sus diversas variantes, o la eliminación en depósito de seguridad o vertedero.

La valorización energética de los rechazos de plásticos no reciclables puede permitir el aprovechamiento del importante poder calorífico de los plásticos, que es ligeramente inferior al del gas natural, y superior al del papel, madera y otros residuos urbanos.

Este aprovechamiento de la energía contenida en los residuos de plásticos puede hacerse en instalaciones industriales ya existentes, como sustitutos de combustibles, siempre que se cumplan determinadas condiciones ecológicas y administrativas.

### 8.4 Posibilidades de uso de residuos de plásticos agrícolas en fábricas de cemento para reducir su vertido

Según la estimación del I Plan Nacional de Residuos de Plásticos de uso agrario la valorización energética alcanzará un 15% de los residuos generados al finalizar el periodo de vigencia del Plan, con un objetivo intermedio de valorización del 30% en el año 2010, lo que supondría una valorización de casi 57.000 toneladas anuales de material plástico en el año 2010.

La forma de valorización más adecuada puede ser en cementeras, generalmente tras una preparación de combustibles con otros tipos de residuos, como los CDR (combustibles derivados de residuos).

La única alternativa a la valorización energética para los residuos de plásticos agrícolas no reciclables es la eliminación en verte-

dero, que debe ser considerada como una opción posterior a la valorización energética.

## 9. Utilización de combustibles derivados de residuos urbanos

Las plantas de cemento han utilizado tradicionalmente residuos de origen industrial. Sin embargo, la presencia de materiales procedentes de los residuos urbanos, o de algunas de sus fracciones energéticas ha sido, hasta hace unos años, muy escasa en España.

Durante los últimos años se han introducido algunas modificaciones en las formas de tratamiento de los residuos urbanos, orientadas a mejorar la gestión de la materia orgánica contenida en los mismos. Complementariamente, se obtienen fracciones secas de alta calidad que pueden ser utilizadas como combustibles alternativos.

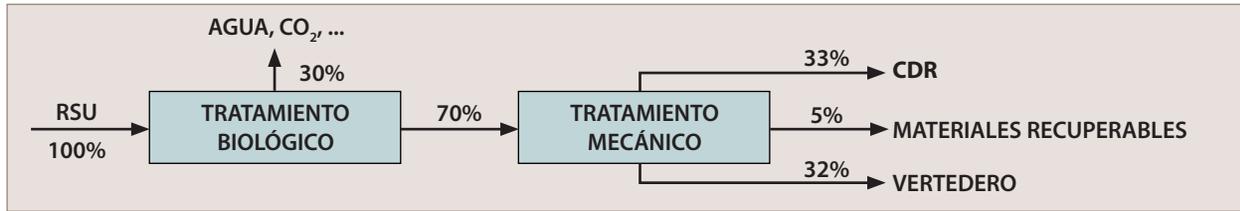
Las ventajas fundamentales de la utilización de Combustibles Derivados de Residuos (CDR) para las fábricas de cemento son comunes a la utilización de otros residuos como combustibles alternativos y se refieren al menor coste de la energía primaria para las instalaciones usuarias, al tiempo que se produce una reducción de los residuos destinados a vertedero (obligación establecida por el Real Decreto 1481/2001, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, y que engloba la Directiva 1999/31/CE, que prevé que se reduzca la cantidad de residuos biodegradables vertidos, con respecto a los niveles de 1995, a un 75% para julio de 2006, un 50% para julio de 2009 y un 35% para julio de 2016).

Además, la sustitución de los combustibles tradicionales por combustibles alternativos pueden reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> cuando estos combustibles tienen una parte de origen biogénico, como ocurre con los CDR, de los que casi el 40% del poder calorífico es biomasa. En consecuencia, la sustitución de 1 tonelada de coque por CDR supondría una reducción de emisiones del orden de 1 tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente, aunque esta cifra puede variar sensiblemente en función del origen de los residuos.

### 9.1 Producción de Combustibles Derivados de Residuos a partir de los residuos urbanos

El tratamiento de los residuos urbanos para obtener Combustibles Derivados de Residuos se realiza mediante distintos

■ **Figura 3. Tratamiento por biosecado de la fracción resto de los residuos urbanos y proporción media de las diferentes fracciones obtenidas.**



tratamientos mecánicos y biológicos, dependiendo de la fracción de partida:

- a) Por biosecado de la fracción resto de los residuos urbanos, que consiste en una biodegradación acelerada de la materia orgánica más volátil y una posterior separación y clasificación, para obtener por un lado materiales destinados a reciclaje y por otro un combustible de alto poder calorífico.

La cantidad de CDR obtenible es del orden del 33% de la cantidad de residuos urbanos alimentados a la instalación, aunque puede variar ligeramente en función de la composición de los residuos urbanos; el poder calorífico es del orden de 13-15 MJ/kg. La calidad de este CDR puede mejorarse por clasificación, separando plásticos y papel, hasta alcanzar un alto PCI y un valor bajo de humedad.

Por la escasa estabilización de los subproductos resultantes, este CDR no se suele destinar a cementeras sino a otras instalaciones (incineradoras).

- b) Por tratamiento mecánico de la fracción resto de los residuos urbanos. En este tratamiento se busca la separación de dos fracciones: una húmeda, que tiene un elevado contenido de materia orgánica que debe ser estabilizada mediante compostaje antes de su uso o vertido; otra seca, que tras ser sometida a una clasificación mecánica permite la obtención de un combustible de alta calidad y un rechazo que se deposita en vertedero.

La diferencia fundamental entre ambos procesos es que en el biosecado se trata la totalidad del residuo (residuos urbanos o fracción resto), mientras que en el segundo proceso

se realiza en primer lugar una separación mecánica, ya que la fracción orgánica se destina a la producción de compost o de residuos estabilizado para vertido.

A diferencia del biosecado, este procedimiento permite obtener una menor cantidad de CDR; la ventaja fundamental de este procedimiento es que puede ser aplicado en las numerosas plantas de compostaje actualmente en funcionamiento en la mayor parte de las comunidades autónomas, que destina la fracción seca a vertido directo.

Este procedimiento tiene múltiples alternativas, en función del grado de separación de fracciones en la etapa de producción de CDR, que puede incluir también operaciones de densificación, clasificación por tamaños, etc., hasta alcanzar las especificaciones concretas requeridas por cada instalación cementera.

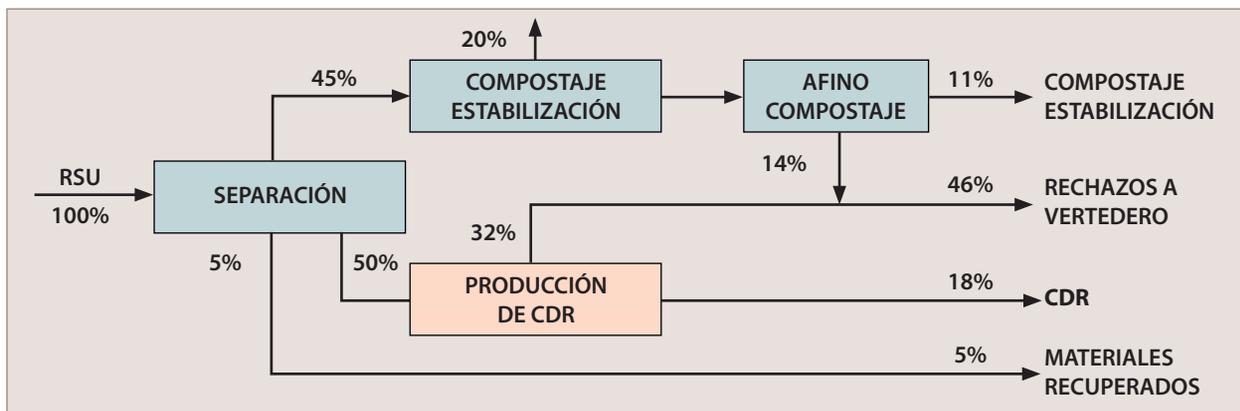
- Si el tratamiento biológico tiene lugar por vía anaerobia, por biometanización, el diagrama de bloques de la transformación sería como se indica en la Figura 5.

El resultado sería una obtención de porcentajes similares de CDR y de rechazos a vertedero. Como estos CDR son obtenidos a partir de una fracción húmeda separada mecánicamente, no constituyen un material habitual en cementeras sino en otras instalaciones.

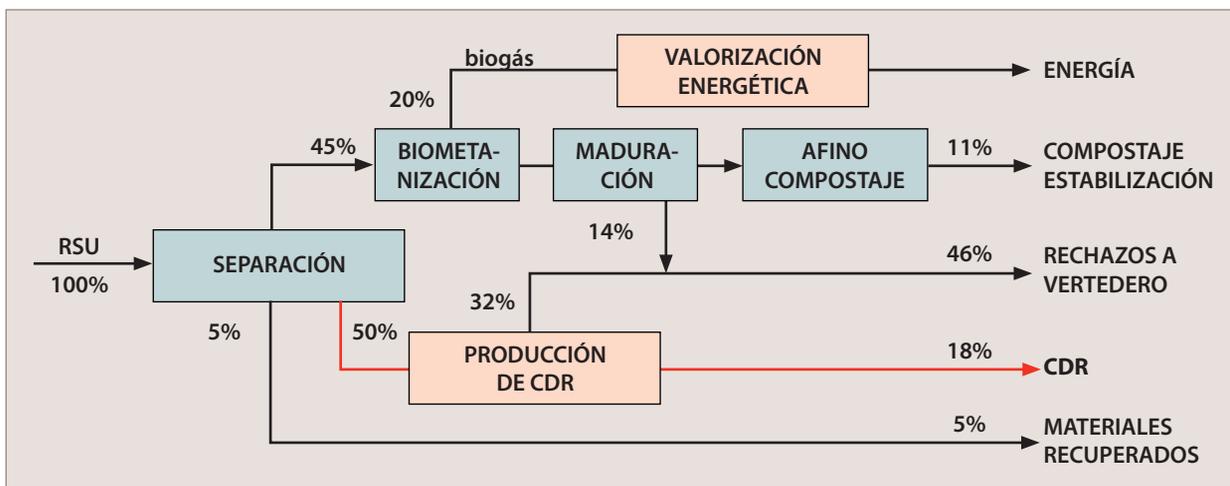
### 9.2 Posibilidades de obtención de Combustibles Derivados de Residuos a partir de residuos urbanos

Para poder estimar la potencial producción de CDR desde las distintas instalaciones de residuos urbanos se han analizado las

■ **Figura 4. Tratamiento mecánico de la fracción resto de los residuos urbanos y proporción media de las diferentes fracciones obtenidas.**



■ **Figura 5. Tratamiento por biometanización de la fracción resto de los residuos urbanos y proporción media de las diferentes fracciones obtenidas.**



instalaciones y los procesos señalados en el apartado anterior (ver Tabla 11):

- La cantidad total de residuos urbanos recogidos en las plantas de triaje y compostaje existentes en España es del orden de 7,1 millones de toneladas anuales. Es posible la obtención de CDR a partir de la fracción seca separada de los residuos recogidos en masa en estas plantas, mediante tratamientos mecánicos. Considerando un factor de transformación potencial de residuos urbanos en CDR del 18%, la producción máxima posible sería de 1.250.000 toneladas anuales de CDR si todas las plantas de compostaje se modificaran para la producción de CDR a partir de los rechazos.
- De la misma forma, para las plantas de biometanización puede admitirse un factor de transformación de residuos urbanos en CDR del 15%. Como las plantas de biometanización en funcionamiento tienen una capacidad total de unas 750.000 toneladas anuales, la producción máxima de CDR en estas instalaciones sería del orden de 112.000 toneladas anuales.
- Los vertederos controlados existentes en España reciben casi 15 millones de toneladas anuales de residuos no clasi-

ficados, en los que se incluyen los rechazos de las plantas de triaje y compostaje y los de las plantas de clasificación de envases. La incorporación de plantas de biosecado a cada uno de los vertederos permitiría la obtención de casi 4,9 millones de toneladas anuales de CDR, suponiendo una transformación del orden del 33% de residuos urbanos en CDR.

- Finalmente, la cantidad de envases de plástico recogidos anualmente en las plantas independientes de clasificación de envases ligeros procedentes de recogida selectiva, es del orden de 350.000 toneladas de los que se recuperaron unas 252.000 toneladas, según los datos de la Memoria de Ecoembes 2007. El rechazo de casi 100.000 toneladas puede ser transformado en CDR con un rendimiento medio del 50%, lo que supondría una aportación potencial de unas 45.000 toneladas anuales de CDR.

Por tanto, el potencial máximo de obtención de CDR a partir de los diferentes flujos de residuos urbanos será del orden de 6,3 millones de toneladas anuales. Aunque no toda la generación de CDR sería homogénea ni las probabilidades serían las mismas para cada una de las corrientes señaladas, por lo que la cifra indicada debe entenderse como un techo.

■ **Tabla 11. Estimación del potencial máximo de obtención de combustible derivado de residuos (toneladas anuales).**

Instalaciones	Residuos tratados	Factor transformación en CDR	CDR potencial
Plantas de triaje y compostaje	7.100.000	18% de la fracción seca separada	1.250.000
Plantas de biometanización	750.000 <sup>1</sup>	15% de los residuos tratados	112.000
Vertederos controlados	15.000.000 <sup>2</sup>	33% de los residuos vertidos <sup>3</sup>	4.900.000
Plantas de clasificación de envases ligeros	350.000	50% del rechazo	45.000
TOTAL	6.307.000		

<sup>1</sup> Dato referido a capacidad de tratamiento.

<sup>2</sup> Incluye rechazos de las plantas de triaje y compostaje y de las plantas de clasificación de envases.

<sup>3</sup> Requiere incorporar plantas de biosecado.

En la Tabla 12 se refleja la estimación potencial de CDR a partir de residuos urbanos en las distintas comunidades autónomas aprovechando las infraestructuras de gestión existentes, fundamentalmente de los rechazos de las actuales plantas de tratamiento (compostaje o biometanización con triaje previo) que se destinan a vertedero, que son las únicas instalaciones que tienen interés, teniendo en cuenta lo siguiente:

- La potencial generación de CDR a partir de los residuos depositados directamente en los vertederos (que supondría casi 4,9 millones de toneladas anuales en plantas de biosecado), al tratarse de una forma de gestión poco aceptable, no se ha tenido en cuenta en la siguiente tabla, puesto que esas plantas de biosecado no existen en la actualidad, y en caso de que se planteasen nuevas infraestructuras, éstas irían orientadas a una gestión que optimizara la recuperación total de los residuos (mayor reciclaje y obtención de un CDR estabilizado).
- Las instalaciones de clasificación de envases ligeros tampoco se han considerado, por su menor importancia cuantitativa.
- No se han incluido las comunidades autónomas de Navarra, La Rioja, Baleares y Canarias, por el escaso volumen de residuos generados.

Por tanto, la estimación de obtención de CDR a partir de residuos urbanos, fundamentalmente de los rechazos de las plantas actuales de tratamiento que hoy se destinan a vertedero, es del orden de 1.213.000 toneladas anuales.

En general se observa que el CDR se produce a partir de residuos destinados a vertedero por lo que, además de una mejora en el uso de los recursos, no se produce ninguna interferencia en las actividades de reciclado material de los mismos.

A pesar del desarrollo de las actividades de prevención y reciclado, en la situación española actual un porcentaje muy elevado de los residuos urbanos (más del 60%) es depositado en vertedero. Aunque es previsible un crecimiento del reciclado, es probable que las cantidades de fracción resto sigan siendo muy elevadas, como ocurre en el resto de los países europeos con altas tasas de reciclado.

En consecuencia, a corto y medio plazo las cantidades de residuos destinados a la producción de CDR, para cumplir los objetivos europeos de recuperación de residuos, seguirán siendo muy elevadas, especialmente las procedentes de instalaciones de compostaje o de estabilización.

## 10. Conclusiones

La utilización de determinados residuos en las fábricas de cemento es un hecho completamente incorporado a los procedimientos de fabricación, tanto por sustitución de combustibles tradicionales como por la utilización de algunos residuos como materias primas alternativas.

El objetivo de este estudio es conocer el destino de los diferentes tipos de residuos que pueden ser valorizados energéticamente en fábricas de cemento, especialmente aquellos que no pueden ser reciclados y que actualmente se depositan en vertederos.

■ **Tabla 12. Estimación de la generación potencial de combustible derivado de residuos (toneladas anuales).**

Comunidad Autónoma	Generación residuos urbanos	Rechazo plantas de tratamiento	CDR potencial 1
Andalucía	4.094.982	1.778.393	300.000
Aragón	563.000	225.000	90.000
Asturias	526.000	395.000	0
Cantabria	302.500	195.000	0
Castilla-La Mancha	741.000	326.000	133.000
Castilla y León	1.200.000	453.200	185.000
Cataluña	4.002.000	2.110.000	50.000
Extremadura	302.500	228.000	57.000
Galicia	900.000	300.000	15.000
Madrid	2.500.000	1.350.000	130.000
Murcia	374.000	164.500	67.000
País Vasco	1.165.000	650.000	26.000
Comunidad Valenciana	2.595.000	1.709.000	160.000

<sup>1</sup> La obtención de CDR se realizaría a partir de los rechazos de las plantas de triaje, compostaje y biometanización que actualmente se destinan a vertedero, en todas las comunidades autónomas con las siguientes excepciones:

- En Asturias no se ha evaluado la posibilidad de obtención de CDR, donde el Plan de Gestión, a fecha de 2008, tiende a un modelo de incineración de los rechazos no reciclables.
- En Cantabria no se ha evaluado la posibilidad de obtención de CDR porque los rechazos de la planta de clasificación y compostaje, a fecha de 2008, son incinerados.

Sin embargo, la situación en estas comunidades autónomas es probable que cambie a corto plazo, a medida que se vayan aplicando las restricciones al vertido.

De manera que aunque la lista de posibles residuos valorizables energéticamente en plantas de cemento es muy amplia, sólo se han analizado aquellos flujos para los que existen infraestructuras específicas de gestión y presentan evidentes ventajas, actuales o a corto plazo, frente al vertido de los mismos.

Las principales conclusiones obtenidas se recogen a continuación.

## Neumáticos usados

Según los datos del I Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso 2001-2006, incluido en el borrador del PNIR, la cantidad de neumáticos fuera de uso generados en España en el año 2005 fue del orden de 302.000 toneladas, de las que 151.000 toneladas (50% de los neumáticos generados) se depositaron en vertedero, a pesar de la prohibición introducida en el Real Decreto 1481/2001. La valorización energética alcanzó las 50.000 toneladas (cerca del 17%) y el reciclado material las 41.000 toneladas (casi el 14%).

Los objetivos ecológicos contemplados en el borrador del II Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso para el año 2008 prevén el reciclado material del 50% en peso y la valorización energética del 30% de los NFU generados (estas cantidades varían ligeramente en el PNIR en su versión definitiva, que prevé para el año 2015 un mayor peso para el reciclado y un menor peso para la valorización).

Las previsiones de generación a largo plazo estiman un aumento del 0,5% anual, incluyendo las actividades de prevención relacionadas con el uso de vehículos. Como consecuencia de la obligada disminución de la cantidad de neumáticos enviados a vertedero, es previsible un crecimiento de las disponibilidades de neumáticos fuera de uso para valorización energética de hasta casi 100.000 toneladas anuales, ya que las actividades de recauchutado y valorización material se suponen prácticamente saturadas; únicamente la valorización energética tendría capacidad para absorber las reducciones esperadas en el vertido.

Las características técnicas de los hornos de clínker permiten la valorización tanto de los neumáticos completos, de tamaño reducido, como de los neumáticos troceados.

También podrían incluirse en la valorización energética los rechazos combustibles de material procedentes de la valorización material (caucho y textiles) que pueden suponer casi un 15% del material destinado a reciclado material, al menos de las plantas españolas.

Según datos de las memorias de los SIG de neumáticos fuera de uso (Signus Ecovalor y Tratamiento de Neumáticos Usados-TNU), en 2008 se recogieron 251.000 t de NFU, de las que casi 152.000 t se sometieron a reciclaje material, casi 99.000 t se valorizaron energéticamente y 32.000 t se reutilizaron.

## Aceites usados

Según los datos de ASELUBE (Asociación Española de Lubricantes) correspondientes al año 2006, el consumo de aceites lubricantes en España ascendió a 507.000 toneladas, de las cuales el 52% corresponde a los distintos tipos de aceites de automoción (263.000 toneladas) y el resto a aceites industriales (244.000 toneladas).

De estas cantidades consumidas, se estima que el 63% de los aceites de automoción (unas 165.000 toneladas) y el 40% del aceite industrial (unas 98.000 toneladas) se transforman en residuos.

Por otra parte, el grado de recogida es también diferente para cada tipo de aceite residual. Así, se estima que el 80% de los aceites de automoción (132.00 toneladas) generados son recogidos e integrados en los circuitos de gestión mientras que para los aceites industriales este porcentaje es del 77% (75.000 toneladas).

El Real Decreto 679/2006, que regula la gestión de los aceites industriales usados, establece un objetivo de recogida del 95% de los aceites usados generados, además de considerar prioritaria su regeneración, proceso en el que se generan residuos secundarios (fondos, cabezas de columnas de destilación, aceite residual no regenerado, etc.), que deben ser gestionados y valorizados de acuerdo con la legislación general de residuos peligrosos.

Aplicando los objetivos establecidos en el Real Decreto 679/2006, se generarían unas 45.000 toneladas de residuos pesados procedentes de la regeneración y de los pretratamientos (aproximadamente el 22% de los aceites usados generados), que podrían ser destinados a valorización energética en cementeras, debido a las características generales de los hornos y a la facilidad de adaptación de las instalaciones al nuevo combustible, que prácticamente no presenta exigencias técnicas complementarias a los combustibles líquidos tradicionales usados por las cementeras. En general, sólo requieren un pretratamiento para la eliminación de los lodos y un control analítico completo previo a la aceptación, tanto por razones de control reglamentario como por garantía de funcionamiento adecuado.

## Residuos industriales

Aunque el II Plan Nacional de Residuos Peligrosos indica la insuficiencia de datos sobre producción y gestión, es evidente que es el sector mejor conocido, a través de las declaraciones anuales de productores y gestores y el exhaustivo control de traslados. Si acaso, el aspecto menos definido en la planificación es la asignación de las formas de tratamiento para cada tipo de residuos, que suele ser diferente en las distintas comunidades autónomas en función de las instalaciones disponibles en cada una de ellas, ya que en la mayor parte de los casos se determina esta gestión en función de las instalaciones disponibles.

En el estudio se recogen las cantidades de residuos que el borrador del PNIR ha asignado para la forma de gestión R1 (operación de valorización energética) como la mejor opción de gestión de acuerdo con el principio de jerarquía. En un primer análisis se observa una gran disponibilidad (más de 82.000 toneladas anuales) de residuos peligrosos cuya opción prioritaria de gestión, según el borrador del PNIR, debería ser la transformación en combustible para su recuperación energética en instalaciones industriales como las cementeras, aunque en la práctica esta cantidad es considerablemente menor, por el desvío hacia otras formas de gestión.

Dentro de los distintos grupos de residuos potencialmente valorizables destacan los procedentes de procesos químicos orgánicos, las taladrinas y aceites de uso mecánico, los residuos del sector de refino de crudo y los disolventes usados. La mayor parte de estos residuos corresponden a los rechazos de operaciones de reciclado y son destinados, mayoritariamente, a vertederos de residuos urbanos.

### Harinas animales

Según los datos proporcionados por el sector transformador, la producción aproximada de subproductos animales de categorías 1 y 2 (clasificación en función del riesgo biológico según el Reglamento (CE) 1774/2002, relativo a subproductos animales no destinados a consumo humano) es del orden de unas 480.000 toneladas anuales.

Aproximadamente el 70% de estos subproductos de categorías 1 y 2 son procesados en plantas de transformación, para obtención de grasas (no utilizable para alimentación animal) y harinas que deben ser gestionadas como residuos.

La proporción entre grasa y harina es muy variable, dependiendo de la especie de la que proceden los subproductos frescos, del proceso de transformación y de las instalaciones. En general, puede estimarse una producción media del 60% de grasa y del 40% de harina, referidos a material fresco. Así, se generarían unas 130.000-150.000 toneladas anuales de harinas cárnicas procedentes de subproductos de categoría 1 y 2.

El Reglamento europeo anteriormente mencionado establece dos alternativas de destrucción para los materiales de categorías 1 y 2: la valorización energética de las harinas en instalaciones autorizadas o su eliminación en vertedero, siendo la valorización energética en cementeras la alternativa más viable dentro de los requerimientos de destrucción efectiva de estos residuos en un periodo de tiempo necesariamente reducido. Por otra parte, como la harina es biomasa, la valorización de la misma no supone una aportación neta de CO<sub>2</sub>.

En la actualidad numerosas plantas cementeras españolas tienen autorización para la coincineración de harinas animales. Para ello, los subproductos animales son sometidos a un tratamiento de esterilización (en unas condiciones de temperatura, presión y tiempo definidas por el Reglamento europeo) durante su transformación en harina animal para

que ésta pueda ser valorizada energéticamente en sus instalaciones.

### Vehículos fuera de uso

Según datos del Plan de Vehículos Fuera de Uso incluido en el borrador del PNIR, se estima que en el año 2006 se generaron unas 736.000 toneladas de residuos procedentes de vehículos fuera de uso que fueron enviados a instalaciones de fragmentación, tras los procesos de desguace (para la recuperación de piezas válidas como repuestos y otros materiales que pueden ser reciclados, y retirada de componentes perjudiciales para su posterior gestión) y descontaminación (retirada de aceites y líquidos clasificados como residuos peligrosos).

En las plantas de fragmentación, los vehículos compactados son triturados y sometidos a diversos procesos de clasificación neumática, para retirar los materiales más ligeros, que fundamentalmente son las fracciones de plástico, textiles y caucho presentes en los vehículos fuera de uso. Esta fracción ligera de fragmentación puede alcanzar el 25% del peso total del vehículo compactado, lo que supone unas 184.000 toneladas anuales. Una primera vía de valorización de estos residuos sería el reciclado material de plásticos. Aunque la Asociación Europea de Fabricantes estima que no más del 10% del plástico contenido en los residuos ligeros de fragmentación podrían ser reciclados como materiales, considerando un alto grado de recuperación de plásticos y otros combustibles, se generarían unas 100.000 toneladas de fracción ligera de fragmentación, cuyas alternativas de gestión más viables son la valorización energética y el depósito en vertederos, que es el destino habitual de estos residuos.

Sin considerar a las comunidades autónomas donde el vertido es una opción aceptada, unas 65.000 toneladas de residuos ligeros separados en las plantas de fragmentación se están llevando a vertedero y podrían valorizarse energéticamente en cementeras, que es la vía obligatoria en distintos países europeos por las restricciones crecientes al vertido o por la prohibición de eliminar residuos con un potencial energético aprovechable.

### Lodos de depuradora de aguas urbanas

La generación estimada de lodos en el año 2005, expresada en toneladas de materia seca, de acuerdo con los datos del II Plan de Lodos de Depuradora y las informaciones directas obtenidas, fue de 925.000 toneladas, de las que el 54% (unas 500.000 toneladas) se valorizaron en usos agrícolas, el 34% (314.500 toneladas) se depositaron en vertedero y el 7% (64.750 toneladas) se valorizaron energéticamente.

Los objetivos de gestión establecidos en el Plan Nacional de Lodos de Depuradora para el año 2010 priorizan la valorización agrícola de los lodos (70% de los lodos), mediante aplicación directa o compostaje, frente a la valorización energética (15% de los lodos), al tiempo que refuerza la prohibición de depósito en vertedero (15% de los lodos). El cumplimiento de estos objetivos supondría un aumento de la valorización

energética y aplicación agrícola de los lodos, y una reducción en su vertido.

Posteriormente, la versión definitiva del PNIR establece como objetivos para el año 2015 la aplicación en suelos agrícolas del 67% como mínimo de los lodos; la valorización en otros suelos u otros tipos de valorización (donde se incluye la valorización energética en cementeras) de, como mínimo, el 18% de los lodos; la incineración del 3% como máximo y el depósito en vertedero del 12% como máximo de los lodos generados.

Así, se podrían valorizar energéticamente hasta 166.500 toneladas anuales de lodos en cementeras, según los datos aportados previamente sobre generación de lodos.

## Residuos de plásticos agrícolas

Según datos del borrador del PNIR, el consumo de plástico en actividades agrícolas es del orden de 235.000 toneladas anuales, y se estima que la generación de residuos de plásticos agrícolas es del 80% del consumo (unas 188.000 toneladas anuales). De estos residuos, se estima que aproximadamente se reciclan 128.000 toneladas.

Si nos centramos en el resto, que está llevándose a vertedero, la cantidad de residuos plásticos potencialmente valorizables energéticamente es de 60.000 toneladas anuales, que equivale a un 25,5% del consumo de plásticos, que corresponde a los plásticos de acolchado y a los residuos de tuberías, piezas soporte, etc., que tienen menos calidad para el reciclado.

La valorización energética de estos residuos puede hacerse tanto en plantas cementeras, en las que se han desarrollado ensayos suficientemente concluyentes, como en otras instalaciones térmicas con tecnologías emergentes, orientadas a la generación de electricidad o a la obtención de combustibles líquidos, aunque en estos casos las referencias son escasas.

Los objetivos ecológicos contemplados en el Plan de Gestión de Plásticos Agrícolas prevén una valorización energética del 30% de los residuos plásticos generados para el año 2010 mientras que este porcentaje se reduciría hasta el 15% en el año 2015.

Esta segunda previsión parece escasamente justificada, porque la limitación actual no se debe a falta de demanda de los productos reciclados sino a la calidad del residuo.

## Combustibles derivados de residuos urbanos

A pesar del desarrollo de las actividades de prevención y reciclado, en la situación española actual un porcentaje muy elevado de los residuos urbanos (más del 60%) es depositado en vertedero. Es necesario impulsar alternativas de reciclado y valorización, entre las que se encontrarían las instalaciones de producción de cemento, para reducir los flujos de residuos destinados a vertedero.

En España no existe una cultura de aprovechamiento de la fracción resto, aunque esta situación tendrá que cambiar por la obligación de reducir la cantidad de residuos biodegradables vertidos, establecida por el Real Decreto 1481/2001, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. Actualmente, en la mayor parte de las comunidades autónomas este aprovechamiento se limita a un triaje para incrementar la recuperación de algunos materiales (papel, plásticos, vidrio, etc.) y para la separación de la fracción húmeda, que posteriormente se estabiliza mediante compostaje; raramente se contempla la valorización de la fracción seca procedente del triaje señalado, salvo en los casos de sistemas de incineración.

Las posibilidades de obtención de combustible a partir de este tipo de residuos (CDR) están condicionadas, fundamentalmente, por la forma de tratamiento de la fracción resto de los residuos urbanos.

La obtención de CDR se realizaría a partir de los rechazos de las plantas de triaje, compostaje y biometanización que actualmente se destinan a vertedero, por lo que además de una mejora en el uso de los recursos, no se produciría ninguna interferencia en las actividades de reciclado material de los mismos.

Por tanto, la potencial generación de CDR a partir de residuos urbanos (fundamentalmente de los rechazos de las plantas actuales de tratamiento que hoy se destinan a vertederos) es el orden de 1.213.000 toneladas anuales.