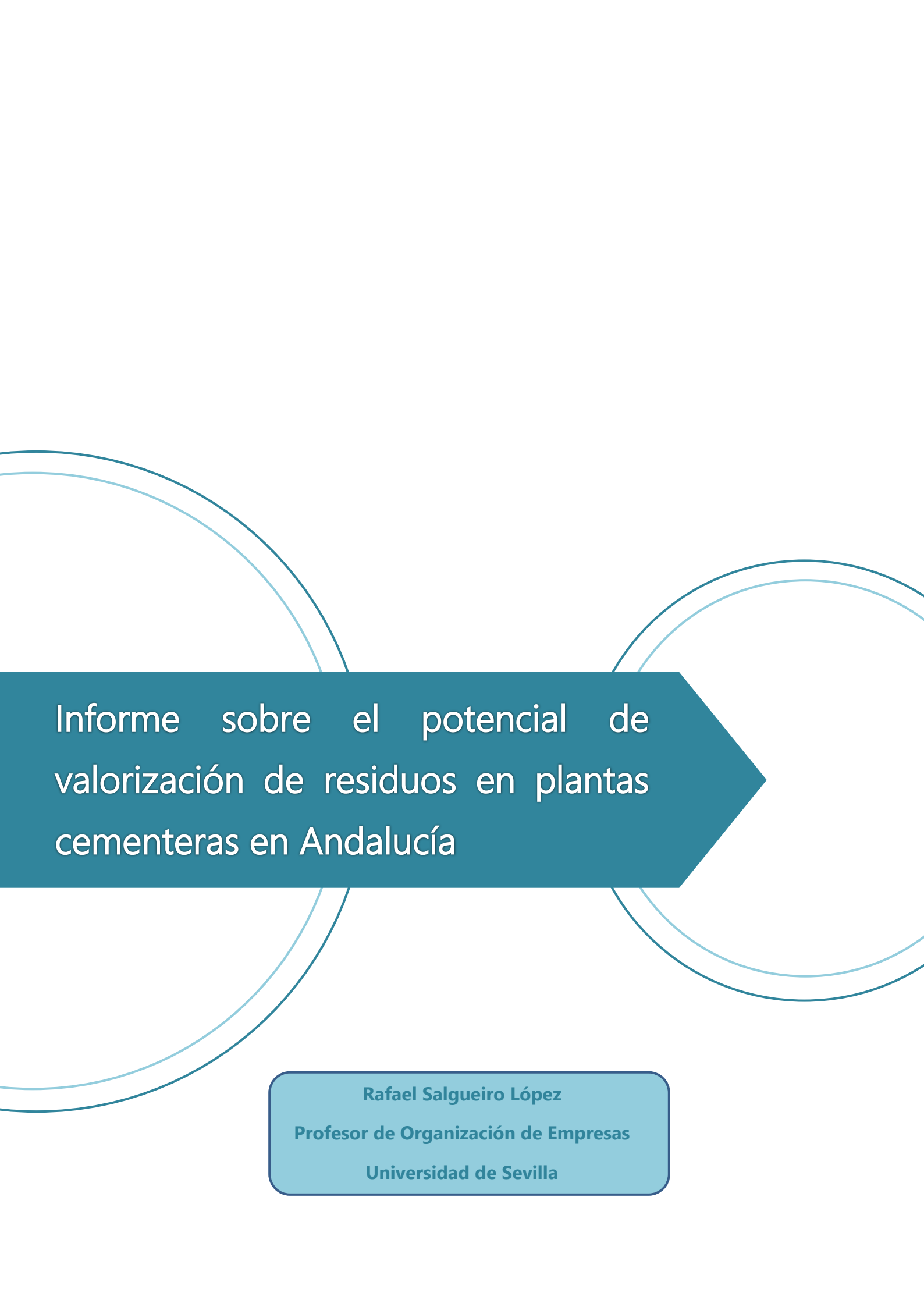




Informe sobre el potencial de valorización de residuos en plantas cementeras en Andalucía

Rafael Salgueiro López
Profesor de Organización de Empresas
Universidad de Sevilla

ÍNDICE

Resumen ejecutivo	4
Capítulo 1	
Empleo de combustibles alternativos en la industria cementera	7
Capítulo 2	
Generación y gestión de residuos de competencia municipal en España y en Andalucía	15
Capítulo 3	
Potencial de valorización energética de los residuos en las plantas cementeras de Andalucía: análisis de la capacidad, inversiones evitables y conclusiones	22
Bibliografía e información consultada	34

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe ha sido redactado por invitación de Flacema, Fundación Laboral Andaluza del Cemento y Medio Ambiente, y tiene como propósito evaluar el potencial de contribución de la industria cementera andaluza al objetivo obligatorio de la UE de reducción de la proporción de residuos municipales que son destinados a vertedero, bien directamente o bien porque constituyen el rechazo de diversas formas de tratamiento.

Esta contribución puede ser realizada mediante el aprovechamiento de la energía contenida en los residuos clasificados como valorizables energéticamente, sustituyendo el aporte de calor obtenido mediante combustibles convencionales, generalmente coque de petróleo. El empleo de combustibles alternativos se realiza ya en Andalucía y en España, si bien con unas tasas de sustitución energética modestas en relación con el promedio de la UE (16,6; 23,1 y 32% respectivamente, si bien en algún país se alcanza hasta el 80%). La tasa de sustitución andaluza, y también la española, está muy alejada de las posibilidades que ofrecen conjuntamente la capacidad instalada de producción de cemento y la gran abundancia de residuos valorizables disponibles, que en el caso de Andalucía pueden situarse en 5,2 Mt anuales de producción de clínker (el máximo alcanzado en 2005 en las actuales plantas) y 2,8 Mt anuales de residuos no peligrosos valorizables energéticamente (2014).

En el primer capítulo se exponen los principales rasgos del empleo de combustibles alternativos en la industria cementera, con especial referencia a las recomendaciones internacionalmente establecidas para esta práctica y a los estudios existentes sobre la ausencia de incidencia que el empleo de combustibles alternativos tiene en las emisiones características en una planta cementera, además de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero que conlleva su utilización. Se muestran las tasas de sustitución existentes en diferentes países de la UE y el intenso empleo de vertederos en los países en los que el tratamiento térmico de los residuos tiene un alcance limitado, pudiéndose comprobar que este tratamiento no es en absoluto influyente en el grado de recuperación de materiales. Se examina a continuación la situación del empleo de combustibles alternativos en España (la situación andaluza se examina posteriormente) y se expone el marco normativo que anima esta práctica, con algunas reflexiones sobre las actuales limitaciones para su desarrollo.

El capítulo siguiente examina con suficiente grado de detalle la actual situación de la generación y gestión de residuos de competencia municipal en España y en Andalucía. En particular se exponen los flujos de residuos según su naturaleza y técnicas de tratamiento utilizadas, constatándose que en España finaliza en un vertedero el 55,7% de los 21,2 Mt generados en 2014. En el caso de Andalucía el porcentaje es algo más elevado: 58,3% de casi 4,6 Mt. Es importante destacar en ambos casos la elevadísima proporción constituida por la fracción rechazo procedente de las numerosas plantas de tratamiento existentes.

Se expone de forma singular el caso de los neumáticos fuera de uso, dada su elevada cantidad y el interés que tienen por su elevado poder calorífico, y se incluye también de forma separada la situación de la incineración en España, con detalle de la capacidad, inversión realizada, canon de tratamiento y actividad de cada una de las 10 plantas actualmente existentes en España, que conjuntamente han gestionado 1,75 Mt en 2014, con una producción de energía de 1.547 GWh y 0,53 Mt de residuos finales. En este epígrafe se expone también el proyecto que ha sido tomado como

referencia: la planta de Zubieta (Guipúzcoa) actualmente en licitación. Se ha optado por esta elección por la actualidad de sus características: una capacidad de tratamiento de 200.000 t/año y 217 M€ de inversión, frente a la variabilidad que muestran las instalaciones preexistentes debido a sus diferentes momentos de construcción (1975-2005), capacidad de tratamiento y diversidad de cánones, tanto en su cuantía como en su naturaleza. Es interesante también anotar que ese proyecto se realiza con financiación íntegramente privada, retribuida con pagos públicos anuales por disponibilidad y por operación: 29 M€ y un máximo de 2,6 M€, respectivamente, extendidos a lo largo de 35 años.

El capítulo final constituye el núcleo del Informe: potencial de valorización de residuos en las cementeras andaluzas. Se parte de la información que ha sido proporcionada por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, con un elevado grado de detalle sobre la naturaleza (código LER) y cantidades de residuos valorizables energéticamente según el catálogo de residuos de la Junta de Andalucía. No se ha considerado necesario atender en este momento a su distribución provincial, ya que se perseguía la obtención de estimaciones agregadas a escala regional. En cuanto al empleo de combustibles alternativos en cementeras, se utilizan como referencias la composición y los volúmenes en 2014 (126.753 t en total), y asumiendo que la variabilidad de la composición de un año a otro no afecta a la perspectiva global. Tampoco la afecta el que se hayan valorizado en 2014 residuos peligrosos y no peligrosos, ya que la diferencia de producción entre ambos es muy elevada: 0,12 Mt frente a 2,8 Mt, de forma que cualquier escenario de ampliación del empleo de combustibles alternativos puede ser perfectamente atendido con residuos no peligrosos.

Se han construido tres escenarios sobre el potencial de valorización, definidos por el grado de ocupación de la capacidad productiva: 80%, 90% y 100%, y en cada uno de ellos se han considerado cuatro tasas de sustitución energética: 23,1% (España), 32% (UE), 60% y 80%.

El rango de residuos valorizables progresa desde 185.480 t (80% de capacidad y 23,1% de sustitución) hasta 802.944 t (100% de capacidad y 80% de sustitución). En este caso podría ser empleado, al menos, el 28,5% de los residuos no peligrosos valorizables energéticamente en Andalucía. Este porcentaje sería superior si se tiene en cuenta que la cantidad de neumáticos fuera de uso producidos en Andalucía es limitada y tendría que ser reemplazada por una mayor cantidad de residuos de menor poder calorífico, salvo una utilización muy intensa de plástico no reciclable, disponible en abundancia y con un poder calorífico próximo al de los neumáticos.

La importancia de este elevado potencial de valorización es triple:

1. Se reduce apreciablemente la deposición de residuos en vertedero, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de la UE a este respecto.
2. Se evita la inversión en la construcción de 1 a 3 plantas incineradoras y su consiguiente gasto anual de operación.
3. Se reducen las emisiones globales de gases de efecto invernadero por una doble vía: de forma directa en las cementeras, debido a la inclusión de biomasa sin emisiones netas entre los combustibles derivados de residuos que reemplazan al coque de petróleo, y de forma indirecta en vertederos al evitar la fermentación de aquellos residuos que se han empleado como combustibles alternativos en las cementeras.

A efectos de estimar la inversión pública evitable se ha tomado como referencia el ya mencionado proyecto de Zubieta: 200.000 t/año y 217 M€. Se ha considerado que sería necesario construir una

instalación de este tipo por cada 200.000 t/año adicionales a las actualmente valorizadas: 126.753 t en 2014. El resultado es muy claro: [se podría evitar la construcción de 1 a 3 instalaciones](#), según las diferentes conjunciones de uso de capacidad productiva y tasa de sustitución energética. Y el impacto económico es también muy claro: [se evitarían de 217 a 651 M€ de inversión pública y el pago de 11,4 a 34,2 M€ anuales como canon de tratamiento](#), tomando como referencia el promedio de 57 €/t para 9 de las plantas españolas.¹

Este impacto económico se puede traducir con facilidad en términos per cápita. La producción andaluza de residuos valorizables energéticamente es de 335 kg por persona y año, de forma que cada una de estas incineradoras tipo, al máximo de capacidad, podría atender a 597.000 habitantes. En estas condiciones, [se evitaría una inversión de 363 € por habitante atendido y un pago por tratamiento de 19€ anuales, también por habitante atendido](#).

Atendiendo a estas consideraciones se puede afirmar con seguridad que carece de sentido desaprovechar o infrautilizar las plantas cementeras existentes, aptas para la valorización energética de residuos no reciclables. Pues esto conllevaría una importante inversión pública, innecesaria para el fin que se persigue, que no es otro que progresar hacia niveles superiores en la jerarquía de la gestión de residuos, reduciendo muy intensamente la deposición en vertedero. Incluso podría afirmarse que la inversión en construcción de plantas de tratamiento térmico no necesarias contraviene los principios constitucionales de economía y eficiencia en la ejecución del gasto público.

¹ En el caso de la planta de Mallorca el pago asciende a 131,36 €/t, pero no es comparable ya que incluye la totalidad de la gestión de los residuos, no sólo la incineración.

CAPÍTULO 1. EMPLEO DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS EN LA INDUSTRIA CEMENTERA

Perspectiva general

La industria cementera tiene un consumo intenso de energía y es también un importante emisor de gases de efecto invernadero. Las emisiones de CO₂ se deben tanto al empleo de combustibles fósiles (carbón y coque de petróleo) como a la propia transformación de la materia prima. De hecho, en el caso de Andalucía, el 38% de las emisiones se deben a la combustión y el 62% a la reacción química que convierte la piedra caliza en clínker, el ingrediente activo en el cemento. Esta reacción supone unos 521 kg de CO₂ por tonelada de clínker y tiene lugar a temperaturas superiores a 1.400 °C. La energía requerida se obtiene habitualmente mediante la combustión de carbón o de coque de petróleo, dos de los combustibles fósiles más intensivos en carbono.² Esta combustión aporta aproximadamente el 40% de las emisiones de CO₂ (321 kg por tonelada de clínker). En conjunto, en Andalucía las emisiones se sitúan en 842 kg CO₂/t de clínker.

Existen tres mecanismos clave para reducir las emisiones en esta industria. Son la mejora de la eficiencia térmica y eléctrica; la reducción del ratio clínker/cemento, mediante la mezcla con materias minerales sustitutivas; y el empleo de combustibles alternativos más bajos en carbono. Las dos primeras adolecen de algunas limitaciones, ya que a corto plazo no parece posible avanzar sustancialmente en la mejora de la eficiencia energética, debido a las mejoras ya realizadas y los estándares de calidad del cemento pueden ser factores limitantes para la reducción del ratio clínker / cemento.

Sin embargo, es amplísimo el potencial de uso de combustibles alternativos menos intensivos en carbono³, con base en la experiencia de sustitución que se viene acumulando desde hace varias décadas. La tabla siguiente muestra los factores de emisión netos de CO₂ de diferentes tipos de combustibles convencionales y alternativos, para algunos de los cuales las emisiones computables son cero.

Combustible	Factor de emisión neto (kg CO ₂ /GJ)
Coque de petróleo	101
Carbón	96
Gas natural	54,2
Neumáticos	85
Aceite usado	74
Plástico	75
Residuos urbanos	8,7
Harinas animales	0
Residuos de madera	0

Fuente: The Pembina Institute and Environmental Defence.²

² White Paper: Alternative Fuel Use in Cement Manufacturing. The Pembina Institute and Environmental Defence (2014).

³ Gigaton Analysis of the Cement Industry: The Case for Rapid Adoption of Proven Technology. Carbon War Room (2011). Esta entidad es una ONG y think tank internacional que persigue la aceleración de soluciones que reduzcan a gran escala las emisiones de carbono.

Esta práctica es habitual en Japón, Estados Unidos y Unión Europea, si bien en ésta se presentan diferencias significativas entre los distintos países, como se expone más adelante.

Además de la experiencia industrial, la revisión sistemática de la información académica e institucional disponible, realizada por Network for Business Sustainability⁴, sobre el empleo de combustibles alternativos es concluyente respecto a las ventajas que conlleva su utilización.

También está considerada como una práctica muy adecuada en las consideraciones realizadas por la Agencia Internacional de la Energía y World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) sobre la reducción de emisiones de carbono en el sector cementero⁵. De la misma forma lo contempla World Wildlife Found (WWF) en sus recomendaciones para la reducción del impacto de esta industria en el cambio climático⁶.

El empleo de combustibles alternativos procedentes de residuos se considera también de interés en varios documentos de la Comisión Europea. Entre ellos, la Comunicación COM(2011)/21 "Una Europa que utilice eficazmente los recursos".

Entre los combustibles alternativos típicamente utilizados se encuentran residuos industriales y municipales pretratados, aceites usados, disolventes, plásticos no reciclables, textiles y residuos de papel. Se emplea también biomasa tal como harina de animales, astillas y residuos de madera, serrín y lodos de depuradora, entre otras. Se utilizan también con éxito los neumáticos no reciclables. Estos residuos no se aplican directamente, sino que son objeto de un proceso de preparación que incluye la selección de residuos, la separación de impropios y la homogenización del combustible, de forma que, en pureza, no cabe hablar de residuos sino de combustible derivado de residuos. Y en el caso europeo dando siempre preferencia a residuos no reciclables, ya que el reciclaje siempre tiene preferencia sobre la valorización energética en la jerarquía de gestión establecida en la Directiva Marco de Residuos.

El pretratamiento y coprocesamiento de residuos en plantas cementeras han sido objeto de varios análisis orientados a identificar las mejores prácticas, de forma que la gestión se realice con arreglo a procedimientos que han demostrado su eficacia y sirven de prevención ante posibles incidencias.^{7, 8 y}

⁹ El empleo de combustibles alternativos ha sido contemplado dentro del examen de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD/BAT) realizado por el Buró Europeo de IPPC, cuyas recomendaciones están recogidas en el documento BREF referido a la producción de cemento¹⁰.

No sea hecho referencia a la reducción de las emisiones indirectas/globales de CO₂ por que se evita que el residuo fermenta en los vertederos generando además metano.

Las emisiones de las plantas cementeras están sistemáticamente controladas, con el fin de asegurar el cumplimiento con la normativa y con los límites fijados en sus respectivas autorizaciones ambientales, independientes del tipo de combustible utilizado. Se han realizado, además, en varios países (España entre ellos) numerosos análisis específicos para determinados contaminantes, en los que se

⁴ *Alternative Energy Sources in Cement Manufacturing: A Systematic Review of the Body of Knowledge* Network for Business Sustainability (2011).

⁵ *Cement Technology Roadmap 2009: Carbon emissions reductions up to 2050*. International Energy Agency and World Business Council for Sustainable Development, (2009).

⁶ *A blueprint for a climate friendly cement industry*. WWF International (2008).

⁷ *International Best Practices for Pre-Processing and Co-Processing Municipal Solid Waste and Sewage Sludge in the Cement Industry*. Lawrence Berkeley National Laboratory (2012).

⁸ *Guidelines for Co-processing Fuels and Raw Materials in Cement Manufacturing (version 2.0)* WBCSD Cement Sustainability Initiative (2014).

⁹ *Guidelines on Co-Processing Waste Materials in Cement Production*. GTZ–Holcim Public Private Partnership (2006)

¹⁰ *Comisión Europea (2010). Documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles en la industria de fabricación de cemento, cal y óxido de magnesio*.

comprueba que el empleo de combustibles alternativos no causa una modificación de las emisiones de la industria cementera. Una síntesis de las conclusiones de los principales estudios ha sido publicada por la Fundación CEMA¹¹ y reproduce a continuación.

El [Comité Consultivo sobre Efectos Médicos de Contaminantes para la Salud del Reino Unido \(COMEAP\)](#) después de analizar varios estudios sobre emisiones de contaminantes de plantas cementeras en las que se emplean combustibles preparados con residuos líquidos y neumáticos fuera de uso, concluyó en el año 2008 que *"no presentan probabilidad de causar un incremento de riesgo para la salud"*.

La [Universidad Rovira i Virgili de Tarragona](#), ha realizado distintos estudios de monitorización medioambiental (analizando muestras de vegetación, suelo y aire) y evaluación de los potenciales riesgos para la salud de la población cercana a fábricas de cemento ubicadas en Cataluña, concluyendo en todos los casos que el uso de combustibles alternativos *"no implica riesgos adicionales para la población del entorno"*.

La [Universidad de Dalhousie \(Canadá\)](#), concluye que el uso de neumáticos como combustible alternativo no implica ningún riesgo ambiental ni de salud añadido, respecto al uso de combustibles tradicionales, ya que *"las concentraciones estarían muy por debajo de los estándares para la protección de la salud"*.

La [Universidad de Alicante](#) ha realizado un estudio sobre valorización energética de lodos de depuradora, neumáticos fuera de uso y CDR en cementera, concluyendo que *"los valores determinados de los diversos contaminantes no suponen un impacto añadido en el entorno de la fábrica estudiada, como consecuencia del empleo de combustibles derivados de residuos"*.

[CANTOX Environmental \(ahora Intertek\)](#) ha realizado una revisión de diversos estudios de impactos en la salud pública debido al uso de CDR, que concluye que *"los datos de evaluación de salud no predicen impactos adversos para la salud debido al uso de combustibles alternativos en hornos de cemento"*.

El estudio realizado por el [Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales de Barcelona \(IIQAB-CSIC\)](#) sobre emisiones de dioxinas, furanos y metales pesados en hornos cementeros en España, concluye que *"las emisiones no varían de forma significativa con la sustitución parcial del combustible y que los resultados se encuentran por debajo de los límites de emisión fijados por la normativa"*.

El [Centro de Investigaciones Energéticas y Medioambientales \(CIEMAT\)](#), en colaboración con el [CSIC](#), ha evaluado las emisiones de dioxinas del sector cementero español, concluyendo que: *"Las emisiones de dioxinas y furanos no se ven afectadas por las sustituciones de combustibles fósiles por residuos, presentando rangos de emisión dentro de los márgenes en que se encuentran las emisiones de un horno convencional"* y que *"los valores de emisión de dioxinas y furanos se encuentran muy por debajo de los límites de emisión exigidos por la legislación"*.

El [Instituto Alemán de la Industria del Cemento \(VDZ\)](#) realizó un estudio sobre las emisiones de dioxinas y furanos de sus hornos, concluyendo que no se incrementa la emisión de dioxinas por el hecho de sustituir parte del combustible tradicional por combustibles alternativos, ya que *"no se evidencian diferencias significativas según el tipo de combustible utilizado"*.

¹¹ *Recuperación energética de residuos en fábricas de cemento y salud ambiental*. Fundación CEMA, (2014).

La [Agencia de Protección Ambiental americana \(EPA\)](#) ha publicado un estudio sobre emisiones de dioxinas durante la combustión de neumáticos en la industria cementera en EE.UU. Se constata que no se incrementan las emisiones de dioxinas, de partículas e hidrocarburos en los hornos que emplean neumáticos.

El [Instituto Noruego de Investigación \(SINTEF\)](#) ha llevado a cabo una recopilación y análisis de estudios de emisiones de hornos de cemento que abarcan más de 2.000 medidas de compuestos orgánicos persistentes en hornos de cementeras de los cinco continentes. Se concluye que *"el uso adecuado y responsable de residuos orgánicos, peligrosos o de otro tipo, sustituyendo parcialmente el combustible fósil, no es un factor importante que influya en la formación de dioxinas y furanos"*.

Los documentos y estudios realizados por el [Programa de Medio Ambiente de Naciones Unidas](#), en el marco del [Convenio de Naciones Unidas sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes \(Convenio de Estocolmo\)](#), concluyen que *"el procesado de residuos en cementeras no supone un incremento en las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes, en concreto, de dioxinas y furanos"*.

La [Universidad de Génova](#) ha comparado las emisiones de diversos hornos de cementeras italianas que utilizan combustibles alternativos, concluyendo que *"cuando se sustituyen combustibles convencionales por combustibles derivados de residuos, no se modifican de forma significativa las emisiones"*.

Extraído de: [Fundación CEMA \(2014\): Recuperación energética de residuos en fábricas de cemento y salud ambiental.](#)

Cembureau, por su parte, ha producido un documento divulgativo que muestra también la ausencia de incidencia debida a la valorización energética de residuos¹², parte de cuyo contenido se reproduce dentro del siguiente cuadro.

Los principales componentes de los gases emitidos por el horno de cemento son el nitrógeno del aire de combustión, el CO₂ de la calcinación y la combustión, el vapor de agua del proceso de combustión y de las materias primas y el exceso de oxígeno. Los gases emitidos contienen una mínima cantidad de polvo, cloruros, fluoruros, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y una cantidad aún más pequeña de componentes orgánicos y metales pesados.

Impacto del coprocesado de combustibles en las emisiones del horno:

SO₂: Los combustibles alternativos no tienen influencia en las emisiones totales de SO₂.

NO_x: Los combustibles alternativos no implican emisiones más altas de NO_x, siendo éstas en algunos casos incluso menores.

COT: No hay ninguna relación entre el uso de combustibles alternativos y el nivel de emisiones de carbono orgánico total.

PCDD/PDCF: No se detecta ninguna diferencia en las emisiones de dioxinas y furanos cuando se usan combustibles alternativos.

HCl: Las emisiones de HCl varían independientemente del combustible utilizado, en función de las materias primas y el ciclo cloro-álcali del horno.

¹² La recuperación de residuos como combustibles y materias primas alternativas en la industria cementera. Cembureau, Oficemen, Fundación CEMA y Sustainable Energy Europe (2008).

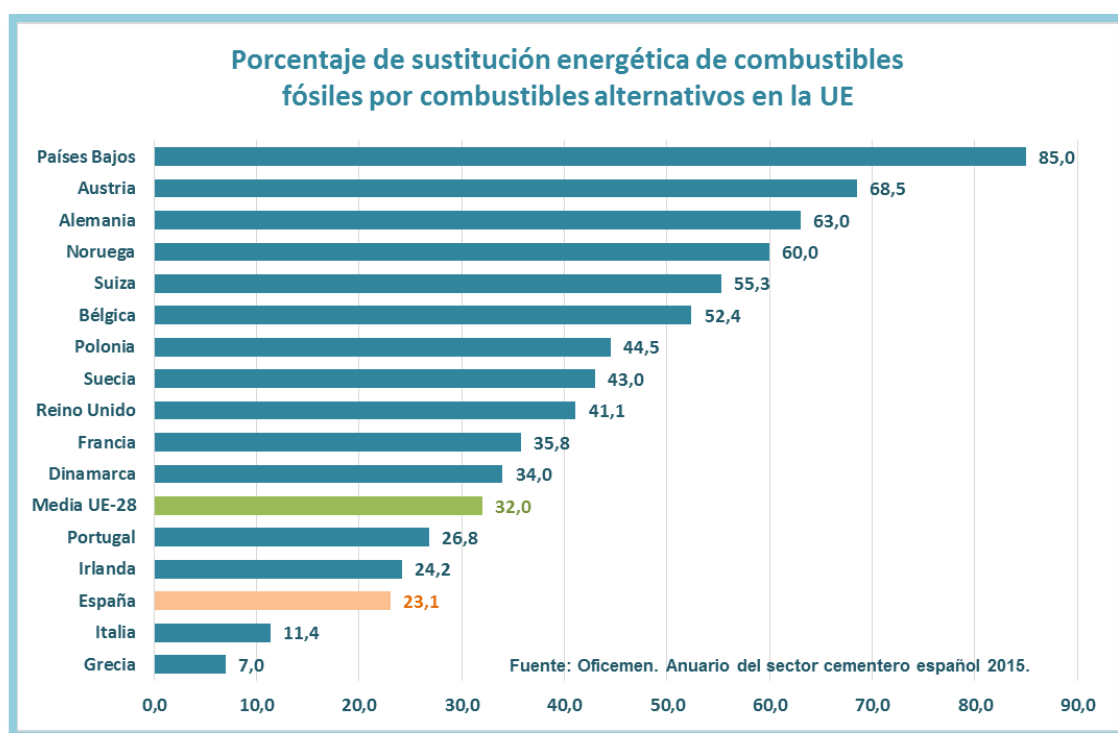
HF: No hay diferencia apreciable en las emisiones de HF cuando se usan combustibles alternativos. Metales pesados: Las emisiones varían independientemente del combustible utilizado. Sin embargo, cerca del 100% de ellos quedan retenidos en el clínker o en el polvo del horno de cemento (CKD) como componentes no lixiviables. En todo caso, los combustibles alternativos sufren un riguroso procedimiento de aceptación e inspección antes de ser utilizados.

Polvo: Las emisiones de polvo no varían cuando se usan combustibles alternativos, ya que dependen del filtro existente.

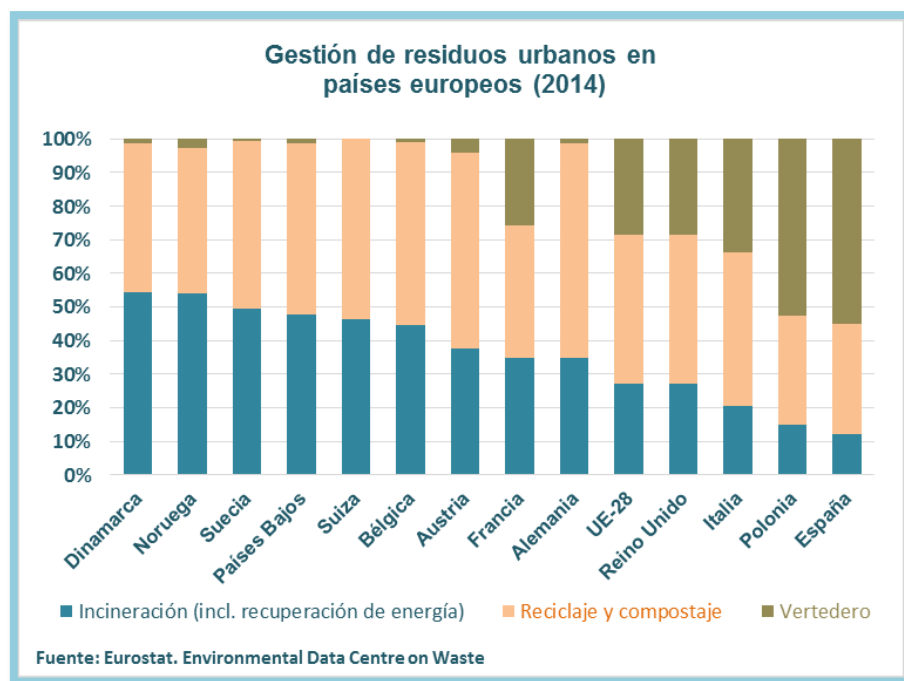
Extraído de: Cembureau et al. *La recuperación de residuos como combustibles y materias primas alternativas en la industria cementera.*

En definitiva, está constatado que el empleo de residuos no reciclables tras la adecuada preparación constituye una práctica muy conveniente para reducir el impacto de la producción de cemento, tanto en lo que se refiere a la conservación de combustibles fósiles como a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, sin modificar las restantes emisiones. Esta práctica resulta doblemente interesante en el caso de España, donde el uso de vertederos es anormalmente elevado respecto a los países más avanzados de la UE en la conservación de recursos y en protección ambiental. En estos países, como es sabido, tal práctica hace tiempo que ha dejado de ser una opción frente a la valorización energética, no sólo por la ocupación de espacio que supone, sino porque se desperdician recursos energéticos valiosos y porque la fermentación de materia orgánica causa la emisión de metano, un gas de efecto invernadero más potente que el dióxido de carbono.

Como se ha señalado más arriba, la tasa de sustitución energética varía significativamente dentro la UE, yendo desde el 7% en Grecia hasta el 85% en los Países Bajos. Esta tasa es modesta en España (23,1%) e inferior al promedio de la UE (32%), a pesar de ser uno de los principales países europeos productores de cemento. No existen razones técnicas ni escasez de combustibles alternativos derivados de residuos valorizables que impidan superar el promedio europeo y situarse dentro del rango más elevado.



El contraste de esas tasas de sustitución con la gestión de residuos en varios de estos países, mostrada en la siguiente tabla, ilustra la ausencia de conflicto entre el reciclaje de materiales / compostaje y valorización energética. La tabla muestra también que el reciclaje / compostaje no evita por sí solo el uso de vertederos, aunque se intensifiquen mediante recogida selectiva, se utilicen técnicas refinadas de tratamiento y se aporten cuantiosos recursos económicos al sistema, ya que siempre aparece una fracción para cual no es viable seguir reciclando.



La situación en España.

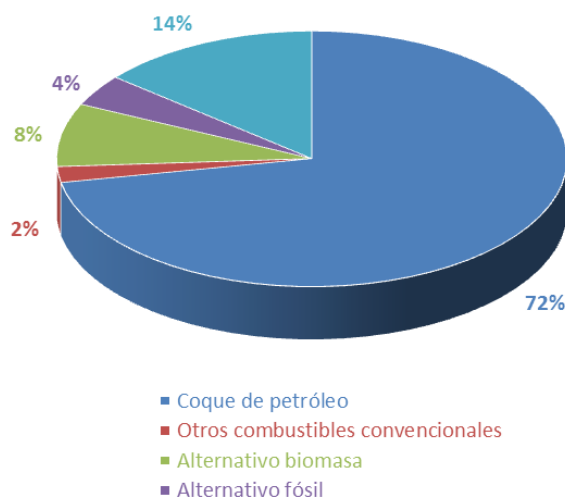
Oficemen, la asociación sectorial de empresas cementeras produce información detallada sobre la situación de esta industria y, en particular, sobre el empleo de combustibles alternativos. La información a este respecto se ve complementada con estudios específicos realizados por instituciones independientes.¹³

Consumo de combustibles en la industria cementera española en 2014 (toneladas)		
Convencional	Coque de petróleo	1.398.171
	Otros combustibles	40.746
	Subtotal	1.438.917
Alternativo	Fósil	127.345
	Parcialmente biomasa	420.744
	Biomasa	178.154
	Subtotal	726.243
Total general		2.165.160
Producción de clínker (toneladas)		16.431.310
kg de combustible alternativo por cada t de clínker		44,20

Fuente: Oficemen. Anuario del sector cementero español 2015.

¹³ Estos estudios se encuentran en <http://www.recuperaresiduosencementeras.org>. Esta web es una iniciativa conjunta de toda la industria cementera, las empresas asociadas a Oficemen y la Fundación laboral del cemento y el medio ambiente (Fundación CEMA).

Aporte calorífico por tipo de combustible en 2014.



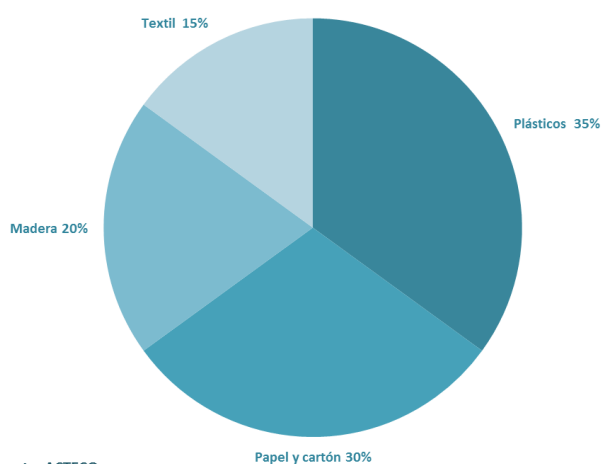
Fuente: Oficemen. Anuario del sector cementero español 2015.

Principales combustibles alternativos empleados en España en 2014 (toleladas)

CDR (Combustible derivado de residuos)	276.633	38,1%
Neumáticos fuera de uso	114.855	15,8%
Madera y biomasa vegetal	86.689	11,9%
Harinas y grasas animales	64.856	8,9%
Otros fósiles no biomasa	69.894	9,6%
Serrín impregnado con hidrocarburos	26.440	3,6%
Lodos de depuradora urbana	23.046	3,2%
Disolventes y barnices	22.349	3,1%
Otros combustibles alternativos	41.481	5,7%
Total	726.243	100,0%

Fuente: Oficemen. Anuario del sector cementero español 2015.

Composición típica de los CDR



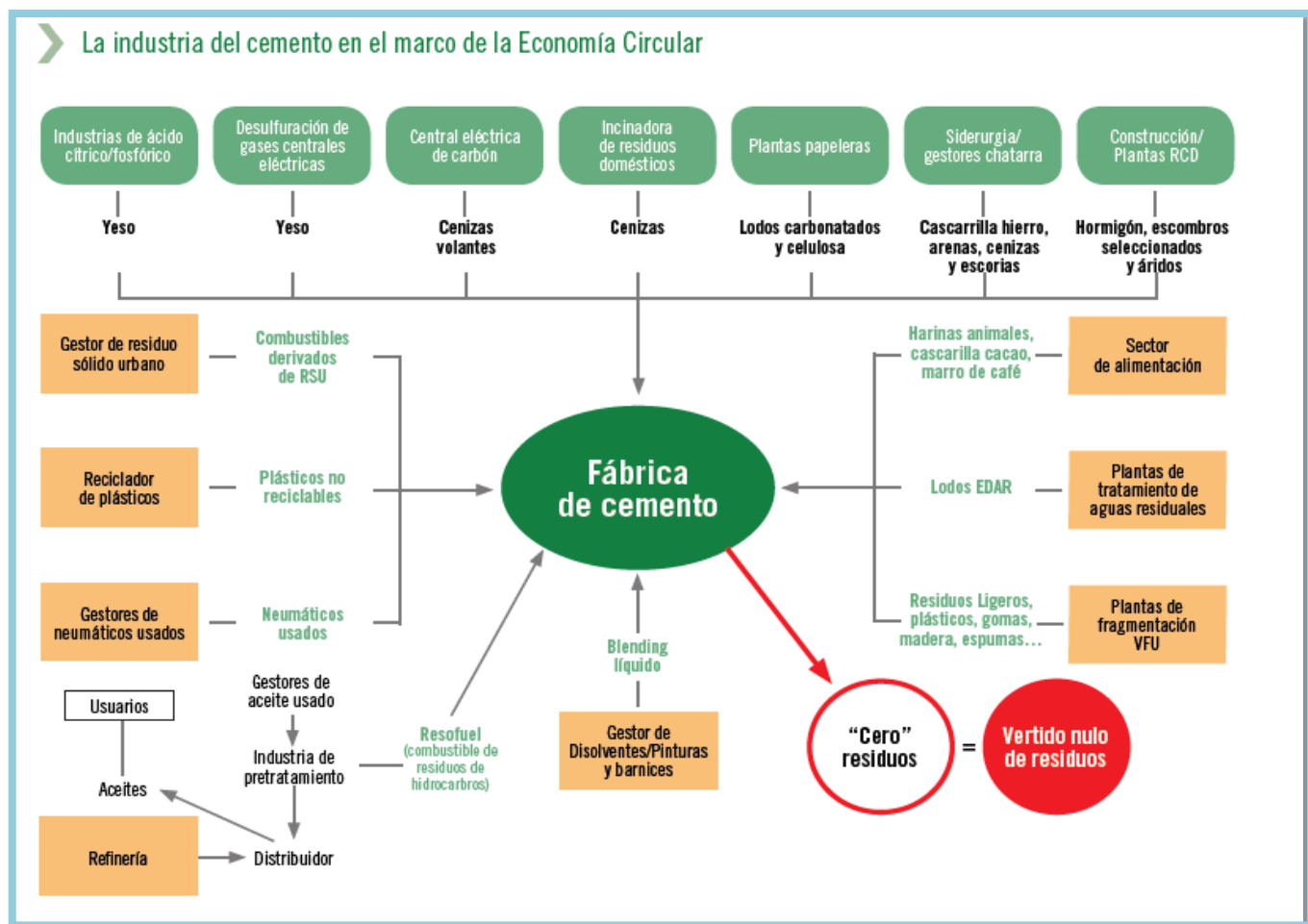
Fuente: ACTECO

Atendiendo a la cantidad y naturaleza de los residuos alternativos ya utilizados y a la situación en la que se encuentra la gestión de residuos urbanos en España (el vertedero es el destino de más del 50%), es fácil comprender el potencial de crecimiento que tiene la sustitución de coque de petróleo y la contribución que la industria cementera puede ofrecer para el alcance de los objetivos de gestión establecidos en el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos 2016-2022 (PEMAR 2016-2022), habida cuenta de que la tasa de sustitución es todavía muy modesta en relación con la de otros países europeos que son, además, referentes en gestión sostenible de residuos urbanos.

Por otra parte, el gráfico de la siguiente página, elaborado por Oficemen, muestra que la industria cementera puede jugar un papel distintivo en el progreso hacia la economía circular, más allá de la valorización energética de residuos, mediante la utilización de materiales no combustibles, y con la ventaja de que no tiene lugar la generación de residuos finales característica de las instalaciones de incineración.

Esta aportación se ha traducido durante 2015, por ejemplo, en 705.000 t de CO₂ evitadas, en 749.000 t de combustibles recuperados y en el reciclaje de 1,6 Mt de materias primas.¹⁴

¹⁴ Oficemen. Anuario del sector cementero español 2015.



El progreso en la sustitución de combustibles tradicionales cuenta con un marco general favorable, constituido por la Directiva Marco de Residuos, la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados y el PEMAR 2016-2022, entre otras disposiciones. Este progreso requerirá inversiones por parte de la industria, que en parte pueden estar compensadas por ahorros en costes de energía si el coste de los combustibles alternativos es inferior al del combustible convencional. Este factor de coste es muy importante, en la medida en que la caída del consumo de cemento en España conduce a una mayor presencia en un mercado internacional en el que la competencia en precios es intensísima.

El empleo de combustibles derivados de residuos en cementera ha de estar contemplado en la Autorización Ambiental Integrada (AAI) de la instalación, debiendo procederse a la actualización de la misma para utilizarlos, bien porque no se hubiese contemplado el empleo de combustibles alternativos en la autorización vigente o porque sea necesario ampliar la cantidad autorizada de este tipo de combustible (29 de las 33 fábricas españolas ya cuentan con autorización para valorizar en su AAI).

Sin embargo, el factor crítico se encuentra en la comprensión que la sociedad tenga de la naturaleza de los combustibles alternativos y la ventaja que su utilización ofrece a la propia sociedad, en forma de reducción de los residuos depuestos en vertedero sin valorización y en forma también de inversiones en plantas de tratamiento térmico de residuos que podrían ser evitadas, además de los cánones de tratamiento asociados a la operación de estas instalaciones¹⁵.

¹⁵ El proyecto de la incineradora de Zamudio (Guipúzcoa) contempla una inversión privada superior a 200 M€ para una capacidad de 200.000 t/anales, con un pago público de hasta 31,6 M€ anuales. Su detalle se expone más adelante.

Esa comprensión, que es el paso previo a la aceptación, se ve dificultada por una asociación equívoca entre la valorización térmica en un horno de cementera y la incineración convencional, que difieren sustancialmente en varios aspectos importantes, como son el mayor tiempo de permanencia y temperatura más elevada en el primer caso, además de una cuidadosa selección y preparación de los residuos a valorizar, que solo representan una fracción pequeña del flujo de materiales que entra en el horno de Clinker, mientras que constituye la totalidad de los materiales que se entran en el horno de una incineradora y cuyas cenizas han de ser gestionadas como un residuo peligroso. Por otra parte se produce también una asociación equívoca entre los combustibles preparados a partir de residuos (CDR) y los residuos urbanos en bruto, tal cual se recogen de los domicilios cuyo uso directo en cementera está prohibido. De ahí la importancia de la divulgación de la información científica y técnica que da soporte a las ventajas del proceso de valorización.

CAPÍTULO 2. GENERACIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS DE COMPETENCIA MUNICIPAL EN ESPAÑA Y EN ANDALUCÍA.

La última información detallada disponible sobre los residuos municipales corresponde al año 2013¹⁶, en el que la cantidad recogida ascendió a 20,4 millones de toneladas (455 kg per cápita). Esta cifra corresponde a residuos domésticos y comerciales, procedentes de hogares y del sector servicios (comercio, oficinas e instituciones) que han sido gestionados por Entidades Locales, y no incorpora residuos comerciales gestionados por canales no municipales ni residuos de origen industrial. La composición de este flujo de residuos y sus formas de tratamiento se refleja en las siguientes tablas.

Composición media de los residuos de competencia municipal*	
Materia orgánica	42%
Papel y cartón	15%
Plástico	9%
Vidrio	8%
Textil	5%
Metales	3%
Madera	2%
Bricks	1%
Otros	8%
Humedad y restos de alimentos	7%

* Corregido de humedad

Fuente: MAGRAMA. PEMAR

¹⁶ MAGRAMA: Memoria anual de generación y gestión de residuos. Por su parte, el PEMAR 2016-2022 contiene una exposición detallada de los flujos de residuos y de sus formas de tratamiento.

Residuos de competencia municipal recogidos y gestionados en España en 2013 (toneladas)								
Código LER		Residuo	Generación		Reciclado	Compostaje	Vertido	Incineración
Residuos mezclados	20 03 01	Mezclas de residuos municipales	17.320.704	535.220	3.026.415	11.371.949	2.387.120	
	20 01 01	Papel y cartón	988.226	988.226	0	0	0	
	20 01 02	Vidrio	4.745	4.745	0	0	0	
Residuos recogidos selectivamente	20 01 08	Residuos biodegradables de cocinas y restaurantes	554.108	0	365.139	129.980	58.989	
	20 02 01	Residuos biodegradables de parques y jardines	288.006	0	215.039	62.710	10.256	
	15 01 06	Envases mezclados	559.258	361.013	0	179.163	19.082	
	15 01 07	Envases de vidrio	716.185	716.185	0	0	0	
	Subtotal recogida selectiva		3.110.528	2.070.169	580.178	371.853	88.327	
	20 01 40	Residuos metálicos	20.985	20.954	0	31	0	
	20 01 39	Residuos de plástico	21.577	19.167	0	2.252	158	
Otros residuos	20 01 38	Residuos de madera	105.646	94.273	0	1.199	10.174	
	20 01 10	Residuos textiles	23.488	14.293	0	8.893	302	
	20 01 11							
	20 01 21	Equipos desechados						
	20 01 23							
	20 01 35							
	20 01 36							
	20 01 33	Residuos de pilas y acumuladores	7.119	7.117	0	1	0	
	20 01 34							
	20 03 02	Residuos de mercados y residuos voluminosos	532.122	484.074	0	41.676	6.372	
	20 03 07							
	20 02 02	Tierras y piedras de parques y jardines	406	185	0	220	0	
	Subtotal otros residuos			752.987	678.869	0	57.109	17.007
	Totales			21.184.217	3.284.258	3.606.594	11.800.910	2.492.455
Porcentajes			100,0%	15,5%	17,0%	55,7%	11,8%	

Fuente: MAGRAMA. Memoria Anual de Generación y Gestión de Residuos 2013.

Destaca, en primer lugar, que los residuos mezclados suponen el 85% del total, y que su porcentaje de reciclado es sólo el 3,1%, mientras que la eliminación mediante vertido e incineración supone el 79,4% de este flujo. Los residuos recogidos de forma separada, 3,8 millones de toneladas, muestran la eficacia de esta modalidad para facilitar el reciclaje. En este caso alcanza un porcentaje elevado: 71,1%, si bien finaliza en vertedero o incineración una parte todavía significativa de los residuos de recogida selectiva: 13,8%, en buena medida resultante de los rechazos en las plantas de selección de envases.

Residuos municipales tratados según tipo de instalación en 2013			
Tipo de instalación	Número	Entrada (t/año)	Notas
Clasificación de envases	94	559.258	No incluye los sistemas colectivos de responsabilidad
Triaje sin recuperación de fracción orgánica	6	1.042.686	
Compostaje de fracción orgánica recogida selectivamente*	41	495.745	Compost comercializado: 0,09Mt
Triaje y compostaje	67	7.364.886	Material reciclado: 0,33 Mt. Material bioestabilizado comercializado: 0,68 Mt. Rechazo: 4,66 Mt
Triaje, biometanización y compostaje de residuos mezclados y de biorresiduos recogidos separadamente**	26	3.168.781	Material bioestabilizado comercializado: 0,22 Mt. Rechazo: 2,23 Mt
Incineración	10	1.758.105	
Vertedero***	131	11.746.354	Captación de metano en 71 vertederos

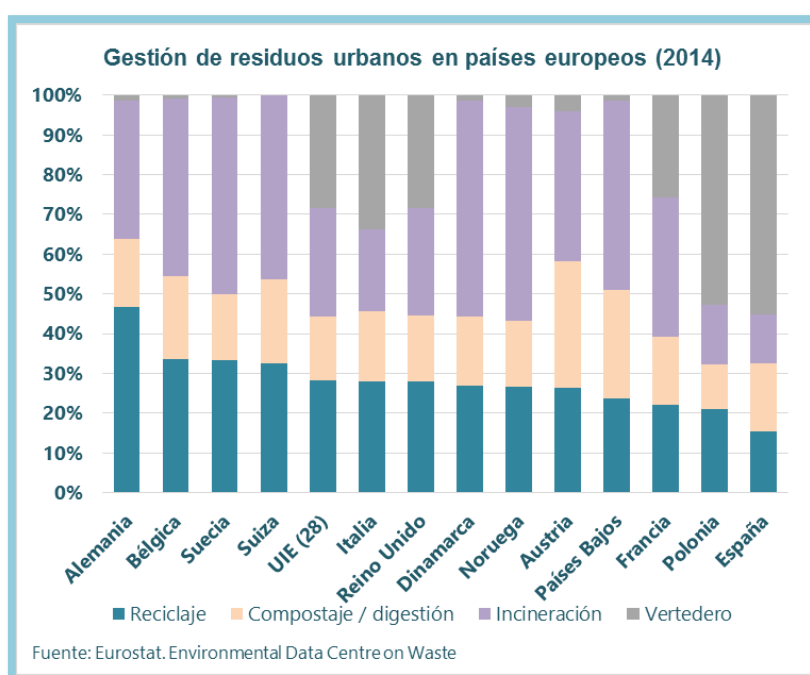
* 0,34 Mt adicionales procedentes de otras instalaciones de compostaje.

** 2,86 Mt procedentes de recogida mezclada

*** 6,63 Mt son rechazo de otras plantas de tratamiento y 0,90 Mt son residuos industriales no peligrosos

Fuente: MAGRAMA. Memoria Anual de Generación y Gestión de Residuos

Esta situación no es una anomalía de España, aunque su tasa de reciclaje es todavía modesta. Incluso en los países europeos donde es más intensa la separación de residuos en origen y en los que el sistema tiene un soporte económico significativo, es elevado el porcentaje de residuos municipales que finaliza siendo incinerado o en vertedero.



El caso de los neumáticos fuera de uso

En España existen dos sistemas integrados de gestión de neumáticos fuera de uso (NFU): SIGNUS Ecovalor y Tratamiento Neumáticos Usados (TNU). Ambos constituyen sistemas colectivos de responsabilidad ampliada del productor, orientados a facilitar el cumplimiento de lo dispuesto en el RD Real Decreto 1619/2005 sobre la gestión de neumáticos fuera de uso. El PEMAR 2016-2022, por su parte, ha introducido objetivos cuantitativos para este residuo, de modo que hasta 2020 ha de elevarse el porcentaje de preparación para la reutilización y el reciclaje material, reduciéndose la participación de la valorización energética.

El panorama de gestión de neumáticos usados en España se ilustra con las siguientes tablas, procedentes de las memorias anuales de SIGNUS y de TNU.

Gestión de los neumáticos fuera de uso en 2015		
	Toneladas	Porcentajes
Gestionados	248.090	-
Preparados para la reutilización	31.981	12,9%
No reutilizables	216.109	87,1%

Fuente: Memorias anuales 2015 de SIGNUS y TNU.

Destino final de los neumáticos al final de su vida útil en 2015		
	Toneladas	Porcentajes
Valorización material	136.241	71,0%
Valorización energética	55.602	29,0%
Total	191.843	100,0%

Fuente: Memorias anuales 2015 de SIGNUS y TNU.

Plan Estatal Marco de Residuos 2016-2022. Objetivos cuantitativos NFU (%)			
	2015	2018	2020
Preparación para la reutilización	10%	13%	15%
Reciclaje (mínimo, acero 100%)	40%	42%	45%
Valorización energética	50%	45%	40%

Fuente: PEMAR 2016-2022

Los neumáticos fuera de uso constituyen un residuo apreciable para la industria cementera, en la doble vertiente de aprovechamiento de materiales y de su poder calorífico, mediante co-procesado. En 2014 se emplearon en España 114.855 toneladas como combustible alternativo, siendo el segundo en volumen tras los CDR¹⁷.

¹⁷ Oficemen. Anuario del sector cementero español 2015. La cifra puede incluir no sólo neumáticos recogidos en 2015, sino también almacenados de años anteriores.

La incineración en España

Actualmente existen 10 instalaciones de incineración con recuperación de energía, que suman 21 hornos. Están establecidas en 6 Comunidades Autónomas y en Melilla¹⁸, y sus fechas de construcción van desde 1975 a 2006. La capacidad nominal conjunta es de 2,65 Mt/año, que en 2013 fue utilizada en un 66,5% (1,76 Mt), generando 1.547,4 GWh de energía eléctrica. Sus principales características se muestran en la tabla de la siguiente página.

Instalaciones de tratamiento térmico de residuos municipales. 2013								
CCAA o CA	Instalación	Capacidad		Entradas (t)		Salidas		
		Hornos	Capacidad nominal (t/año)	RU mezcla	Rechazos Instalaciones	Energía generada (MWh/año)	Residuos Generados (t)	Energía por tonelada (kWh/t)
Islas Baleares	Son Reus	4	732.000	437.106	54.214	265.165	159.869	540
Cantabria	Meruelo	1	96.000	0	127.052	80.323	19.869	632
Cataluña	Mataró	2	164.000	0	110.730	1.507	34.743	14
	Sant Adrià del Besòs	3	326.250	218.821	80.905	172.566	69.334	576
	Salt	2	35.250	31.231	0	5.556	4.963	178
	Tarragona	2	165.120	118.626	0	51.641	44.356	435
Total Cataluña	4 instalaciones	9	690.620	368.678	191.635	231.270	153.396	413
Galicia	Cerceda	2	533.742	0	329.489	361.156	122.856	1.096
Madrid	Las Lomas	3	300	0	242.123	166.977	26.175	690
País Vasco	Zabalgarbi	1	245.910	206.420	4.267	431.000	40.645	2.046
Melilla	Melilla	1	47.000	39.244	0	11.499	9.280	293
Total España	10 instalaciones	21	2.645.272	1.051.448	706.657	1.547.389	532.090	880

Características del proyecto de Zubieta (Guipúzcoa, en licitación)								
Habitantes atendidos	Capacidad	Entradas estimadas	Inversión	Pago por disponibilidad	Pago por tratamiento	Duración del contrato	Inversión por habitante atendido	Coste anual por habitante (máximo)
709.607	200.000 t/año	164.000 t/año	217 M€	29 M€/año	Máx. 2,6 M€/año	35 años	306 €	44,5 €
El adjudicatario asume la totalidad de la inversión y opera la planta. Los pagos comienzan una vez entre en operación, prevista en 2019.								

Fuente: Diputación Foral de Guipúzcoa.

Inversión, canon de tratamiento y participación pública			
	Inversión total (M€)*	Canon €/t (2010 o 2015 según casos)	Participación pública
Palma	210	131,36**	0%
Meruelo	65	54	100%
Mataró	33	42,14	100%
Sant Adrià del Besòs	sd	35	100%
Salt	13	77,63	100%
Tarragona	24	43	100%
Cerceda	216	51,41	51%
Madrid	119	47	100%
Bilbao	190	65	35%
Melilla	18	99	100%

*Las cifras no son comparables, debido al diferente momento de construcción, diferentes capacidades y a que en algunos casos incluyen otras instalaciones.

**Tarifa que cubre el tratamiento de todas las fracciones de RU.

Fuente: Asociación de Empresas de Valorización Energética de RU (Aeversu) e información publicada en diversas web.

¹⁸ Se encuentra en licitación el contrato de concesión (construcción y operación) de la nueva planta de Zubieta (Guipúzcoa), con una capacidad de 200.000 t/año.

GENERACIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS MUNICIPALES EN ANDALUCÍA

La información más reciente disponible (2013) muestra que en Andalucía se generan anualmente del orden de 4,56 Mt de residuos urbanos (543 kg per cápita), de los cuales casi el 88% se presentan como residuos mezclados.

Para su gestión se cuenta con 23 instalaciones de tratamiento de diverso tipo y 24 vertederos controlados, que han requerido una inversión pública muy elevada y facilitan que una alta proporción de los residuos sea sometida a algún de tratamiento. La tabla de la página siguiente expone con detalle los flujos de entradas y salidas de dichas instalaciones, debiéndose destacar desde el primer momento que la deposición directa o final en vertedero asciende a 2,66 Mt, el 58,3% de los residuos generados en 2013. Y de esa cantidad: 2,13 Mt, el 80%, está constituido por rechazos de las plantas de tratamiento.

Cantidad de residuos urbanos recogidos en Andalucía según tipo en 2013			
	Toneladas	Porcentaje	% sobre España
Domésticos y similares (domésticos y vías públicas)	3.825.590	83,8%	22,1%
Domésticos voluminosos mezclados (enseres domésticos)	181.998	4,0%	34,2%
Metálicos	5.361	0,1%	25,5%
Vidrio	79.001	1,7%	11,0%
Papel y cartón	100.864	2,2%	10,2%
Plásticos	809	0,0%	3,7%
Madera	12.611	0,3%	11,9%
Textiles	8.134	0,2%	34,6%
Equipos eléctricos y electrónicos	2.366	0,1%	5,7%
Pilas y acumuladores	134	0,0%	1,9%
Animales y vegetales	96.069	2,1%	11,4%
Envases mixtos y embalajes mezclados	77.415	1,7%	13,8%
Minerales (incluye de construcción y demolición)	121.090	2,7%	26,0%
Otros	51.452	1,1%	38,2%
Total residuos	4.562.891	100%	20,9%
Del total: residuos mezclados	4.007.587	87,8%	22,4%
Del total: residuos de recogida separada	555.304	12,2%	14,1%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

Los datos muestran también algunos extremos de interés en relación con la fracción orgánica. La cantidad de compost comercializado se limitó a unas 10.300 t, mientras que el material bioestabilizado suma casi 284.000 t, lo que conjuntamente supone sólo una modesta proporción de la fracción orgánica contenida en los residuos urbanos, ya que, según la composición global mostrada anteriormente, esta fracción es del orden de 1,9 Mt.

A tenor de los objetivos establecidos en el PEMAR 2016-2022, será necesario reducir en 2020 al 35% la deposición final en vertedero. Esto constituye un gran reto, ya que significaría reducir la cantidad actual en unos 32 puntos porcentuales. Por otra parte, el PEMAR considera que en 2020 la valorización energética podría ser del orden del 15% de los residuos municipales generados, lo que en Andalucía se traduciría en unas 680.000 t valorizadas, si se mantiene el volumen de residuos de 2013.

Sin embargo, dada la ausencia de plantas incineradoras específicas para el tratamiento térmico de los residuos, y dada la inversión necesaria y la latencia de estos proyectos, no es razonable que ese objetivo de reducción se alcance sólo mejorando la eficacia de las actuales instalaciones de tratamiento o intensificando la recogida selectiva. Una solución razonable, completamente en línea con la Directiva Marco de Residuos, con la Estrategia Europea 2020 y la Hoja de Ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los recursos y de la Economía circular, y con la práctica ya habitual en la UE es utilizar el apoyo de las plantas cementeras existentes capaces de co-procesar residuos urbanos debidamente acondicionados, aprovechando la energía contenida en los residuos.

El examen detallado de este potencial se realiza en el capítulo siguiente.

Gestión de residuos municipales en Andalucía según tipo de instalaciones en 2013 (toneladas)

Gestión de residuos municipales en Andalucía según tipo de instalaciones en 2013 (toneladas)														
Tipo de instalación	Plantas	Entradas						Salidas				Rechazo		
		Residuos en masa	Envases mezclados	Recogida selectiva fracción orgánica (FO)	Recogida selectiva fracción vegetal (FV)	Lodos de depuradora urbana (EDAR)	Rechazo de instalaciones	Otros	Total entradas	Materiales clasificados	Compost comercializado o	Material bioestabilizado* (MWh)	Porcentaje s/ entradas	
Selección de envases ligeros	20	-	77.415	-	-	-	-	-	77.415	46.108	-	-	25.549	
Triaje	1	51.871	-	-	-	-	-	-	51.871	10.580	-	-	41.979	
Compostaje de bioresiduos	1	-	-	79.077	5.144	47.125	-	-	131.346	-	10.302	83.906	83.906	
Triaje y compostaje de residuos mezclados	20	2.873.896	0	0	1.296	0	-	-	2.875.192	112.698	-	197.867	1.912.086	
Triaje, biometanización y compostaje	1	78.713	0	0	0	0	-	-	78.713	4.354	-	1.904	64.242	
Vertedero	24	821.110	-	-	-	45.717	2.346.172	267.429	3.480.428	-	-	-	-	
		Totales salidas y rechazos								173.740	10.302	283.677	779	2.127.762
														66,2%

*El material bioestabilizado se depone en vertedero

** En 10 vertederos hay recuperación de biogás

Notas: Existen diferencias entre las cantidades de entrada y de salida que pueden deberse a distintas causas (p.ej. pérdida de humedad). Los vertederos pueden recibir residuos de instalaciones no municipales.

Fuente: MAGRAMA. Memoria Anual de Generación y Gestión de Residuos. Elaboración propia

CAPÍTULO 3. POTENCIAL DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE LOS RESIDUOS EN LAS PLANTAS CEMENTERAS DE ANDALUCÍA.

Análisis de la capacidad, inversiones evitables y conclusiones.

En Andalucía están establecidas 7 plantas de producción de clínker y cemento, ubicadas en las provincias de Almería (2), Cádiz, Córdoba, Huelva, Málaga y Sevilla. Su capacidad máxima de producción de clínker puede asimilarse a la alcanzada en 2005: 5.205.638 t/año¹⁹.

Al igual que el resto de las plantas españolas, el combustible principal es el coque de petróleo. Se emplean también combustibles alternativos, si bien la actual tasa de sustitución energética es inferior al promedio nacional: 16,6% en 2014, con una producción de clínker de 3.960.308 toneladas. Esta tasa de sustitución varía, además, significativamente entre las diferentes plantas andaluzas.

Empleo de combustibles alternativos en Andalucía en 2014	
Combustible	Toneladas
Neumáticos	35.397
Serrín impregnado o madera tratada	26.440
Aceite mineral usado y emulsiones	16.180
Disolventes, barnices, pinturas y mezclas	9.358
Plásticos	8.994
Residuos líquidos de hidrocarburos	7.707
Sólidos alternativos no biomasa	6.797
Líquidos alternativos no biomasa	6.018
Lodos de depuradora urbana	5.192
Lodos industriales	3.583
Biomasa vegetal	941
Residuos sólidos de hidrocarburos	146
Total alternativos	126.753

Fuente: Oficemen.

No existen razones técnicas en las fábricas que impidan o limiten elevar esa tasa de sustitución, no ya al promedio nacional, sino avanzar hacia los niveles de empleo de combustibles alternativos característicos de los países más destacados de Europa. Tampoco existe una limitación en cuanto a la disponibilidad de residuos que adecuadamente tratados sean susceptibles de ser valorizados en las plantas cementeras, tal como se ha podido comprobar en el análisis de la generación y gestión de residuos en Andalucía. Más bien, cabe afirmar que la experiencia adquirida a lo largo de años en las numerosas plantas de tratamiento de la región demuestra que no será posible alcanzar una reducción significativa de la deposición en vertedero si no se incorporan varias plantas de incineración al parque de instalaciones de gestión de residuos.

Sin embargo, el incremento de la valorización energética de residuos en plantas cementeras es una solución muy apreciable respecto al volumen total de residuos vertidos, que ya se implementa con éxito desde hace años en algunas de las plantas andaluzas, gracias a la inversión privada realizada para ello. En consecuencia, tiene interés estimar cuál podría ser el potencial de esta valorización, tomando como puntos de partida la generación de residuos no peligrosos susceptibles de ser

¹⁹ La producción de cemento fue de 8.931.171 t en 2005.

valorizados energéticamente y la capacidad de asunción de combustible alternativo en diversos escenarios de producción. Este propósito constituye el objetivo fundamental del presente Informe.

Empleo de combustibles alternativos en las cementeras andaluzas 2011-2014 (toneladas)							
Tipo	Alternativos	2011	2012	2013	2014	Máximo	PCI MJ/t
RP	Aceite mineral usado y emulsiones	26.559	2.063	3.476	16.180	26.559	11.568
RP	Serrín impregnado o madera	13.026	11.365	23.270	26.440	26.440	12.037
RnoP	Neumáticos	27.737	21.213	21.437	35.397	35.397	31.518
RP	Disolventes, barnices y pinturas	10.284	29.538	8.796	9.358	29.538	13.565
RnoP	Plásticos	998	1.913	365	8.994	8.994	31.062
RnoP	Celulosa	12	0	7	0	12	1.900
RnoP	Lodos de depuradora urbana	4.125	2.372	3.665	5.192	5.192	12.807
RnoP	Líquidos alternativos no biomasa	0	4.274	24.774	6.018	24.774	20.704
RnoP	Sólidos alternativos no biomasa	9.108	7.565	11.726	6.797	11.726	17.547
RnoP	Biomasa vegetal	0	1.724	2.700	941	2.700	14.365
RnoP?	Procedentes de vehículos fuera de	0	0	8.228	0	8.228	25.213
RP	Lodos industriales	5.272	7.899	6.759	3.583	7.899	19.159
RP	Residuos sólidos de hidrocarburos	331	20	2.143	146	2.143	18.489
RnoP	Textil	1.077	39	117	0	1.077	30.991
RP	Residuos líquidos de hidrocarburos	684	0	0	7.707	7.707	32.477
RnoP	Madera	357	0	ND		357	14.884
Totales		99.570	89.985	117.463	126.753		

Fuente: Flacema, con datos de Oficemen y elaboración propia. Datos del Institut Cerdà para el poder calorífico.

Residuos no peligrosos susceptibles de valorización térmica generados en Andalucía.

La Consejería de Medio ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía ha facilitado una información muy detallada de la producción declarada de residuos susceptibles de ser valorizados energéticamente, según el catálogo de residuos de Andalucía, establecido mediante el Decreto 73/2012. En dicha producción no es demasiado elevada la proporción de residuos peligrosos que podrían ser objeto de valorización energética: 121.243 t en 2014, frente a 2,8 Mt de residuos no peligrosos, en los que se incluyen los de origen municipal e industrial.

Producción declarada de residuos no peligrosos en 2014		
Toneladas totales	Toneladas R1 según catálogo*	%
12.415.174	2.812.405	22,65%

* Residuos cuyo código LER permite la valorización energética (R1) según el Catálogo de Residuos de Andalucía

Los datos totales muestran que podría ser valorizado un volumen elevado de residuos, ya que no es posible su reciclaje material u otras formas de gestión preferentes. En todo caso, se puede señalar que los residuos valorizados energéticamente en las cementeras andaluzas, 126.753 t en 2014, representan todavía una proporción muy reducida del total de residuos valorizables: apenas el 4,5%.

La distribución de esta cantidad entre los principales tipos de residuos se muestra en la tabla siguiente.

Residuos no peligrosos valorizables energéticamente	
Residuo	Toneladas
Fracción no compostada de residuos	798.861
Papel y cartón	515.867
Lodos EDAR	376.135
Residuos de tejidos de vegetales y animales	287.538
Plástico	258.789
Envases	180.819
Lodos de tratamiento in situ de efluentes	81.954
Neumáticos fuera de uso	69.096
Madera y serrín	99.491
Lodos de tratamiento biológico de aguas industriales	25.643
Mezclas bituminosas	21.567
Ropa y textil	21.403
Materiales inadecuados para consumo o elaboración	20.218
Compost fuera de especificación	16.600
Lodos de clarificación	13.735
Aceites y grasas comestibles	10.627
Residuos orgánicos distintos de 16 03 05	4.418
Residuos de extracción con disolventes	3.024
Mezclas grasas	2.638
CDR	1.914
Otros residuos diversos	2.066
Total	2.812.405

Fuente: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.
Elaboración propia

La desagregación de estos datos permite ver con más claridad la composición de los residuos susceptibles de ser valorizados en Andalucía.

Fracción no compostada		
LER	Tipo	Toneladas
19 05 01	Fracción no compostada de residuos municipales y asimilados	787.650
19 05 02	Fracción no compostada de residuos de procedencia animal o vegetal	11.211
Total		798.861

Papel y cartón		
LER	Tipo	Toneladas
20 01 01	Papel y cartón	394.874
19 12 01	Papel y cartón	81.223
03 03 07	Desechos separados mecánicamente de pasta elaborada a partir de residuos de papel y cartón	39.771
Total		515.867

Residuos de tejidos de vegetales y animales		
LER	Tipo	Toneladas
02 01 03	Residuos de tejidos de vegetales	276.150
02 02 02	Residuos de tejidos de animales	11.388
Total		287.538

Plásticos		
LER	Tipo	Toneladas
19 12 04	Plástico y caucho	102.888
02 01 04	Residuos de plásticos (excepto embalajes)	98.714
20 01 39	Plásticos	45.678
16 01 19	Plástico	8.620
17 02 03	Plástico	2.425
12 01 05	Virutas y rebabas de plástico	405
07 02 13	Residuos de plástico	58
Total		258.789

Envases		
LER	Tipo	Toneladas
15 01 06	Envases mixtos	84.085
15 01 02	Envases de plástico	29.599
15 01 01	Envases de papel y cartón	36.948
15 01 03	Envases de madera	10.452
15 01 04 y 15 01 07	Envases sin contenido energético	19.736
Total		180.819

Madera y serrín		
LER	Tipo	Toneladas
03 03 01	Residuos de corteza y madera	33.045
03 01 05	Serrín, virutas y recortes de madera	31.308
20 01 38	Madera	19.623
17 02 01	Madera	12.093
19 12 07	Madera distinta de 19 12 06	2.784
02 01 07	Residuos de la silvicultura	638
Total		99.491

Ropa y textil		
LER	Tipo	Toneladas
20 01 10	Ropa	15.569
15 02 03	Absorbentes, trapos de limpieza y ropas protectoras distintos de 15 02 02	5.575
04 02 22	Residuos de fibras textiles procesadas	259
Total		21.403

Sin ninguna duda, es posible que el avance en la recogida selectiva, una mayor eficacia en la selección en las plantas de tratamiento antes examinadas, el progreso en el mercado de productos reciclados, nuevos establecimientos dedicados a esta actividad, la maduración de algunas tecnologías todavía no extendidas y, desde luego, el cumplimiento de los objetivos de preparación de los materiales para la reutilización y el reciclaje, así como la estabilización o reducción en la generación de residuos, conduzcan a que el destino de una parte de los materiales examinados sean recuperados y no finalicen su vida en un vertedero.

Sin embargo, como se ha visto, la cantidad de residuos valorizables es sumamente elevada, de modo que no sería razonable confiar en que los factores mencionados puedan producir una reducción sustantiva del flujo de residuos valorizables energéticamente que actualmente es enviado a

vertedero. Como se ha mostrado anteriormente, la experiencia internacional no acredita que esto pueda ser posible.

Las cementeras andaluzas tienen capacidades y experiencia para valorizar residuos disponibles en Andalucía, tal como pone de manifiesto la evolución del empleo de combustibles alternativos entre 2005 y 2014 mostrada en la tabla siguiente, en la que se indica también el máximo valorizado para cada tipo de residuo²⁰. Es muy destacable que el empleo de combustibles alternativos sea creciente a pesar de la disminución en el uso de la capacidad productiva, derivada de la intensa caída en el consumo nacional de cemento. Debe señalarse que entre los combustibles alternativos se encuentran residuos clasificados como peligrosos, dado que alguna instalación tiene autorización para ello: lodos industriales, residuos de hidrocarburos y serrín impregnado, entre otros.

Escenarios de valorización energética

La construcción de escenarios del potencial de valorización energética de residuos que se muestran en las páginas siguientes toman como punto de partida los combustibles alternativos empleados en 2014, tanto en su naturaleza como en sus respectivas cantidades, aunque ambas suelen variar entre diferentes años, dependiendo de diversas circunstancias. Esta condición no afecta a la perspectiva global que se quiere obtener, en la medida en que es muy amplio el rango de residuos que pueden ser empleados en una planta cementera, lo que facilita la sustitución entre ellos, como se pone de manifiesto en la tabla de la página siguiente.

Se han considerado tres escenarios de utilización de la capacidad productiva: 80% (próxima a la de 2014, 76.1%), 90% y 100%, tomando como referencia la producción máxima alcanzada en el año 2005.

En cada uno de estos escenarios se plantean las mismas tasas de sustitución, partiendo de la habida en 2014 (16,6%) y progresando hasta los promedios de España y la UE, también en 2014. Se plantean también tasas de sustitución superiores: el 60%, superado por tres países de la UE y, por último, el 80% de sustitución, próximo al alcanzado en los Países Bajos.

No se toman en consideración las diferencias entre las autorizaciones ambientales vigentes para las distintas plantas, ni las limitaciones el cuánto al carácter o el volumen de los residuos que están autorizadas a valorizar, ya que lo que se pretende identificar es el potencial de valorización que la industria cementera ofrece para la mejor gestión de residuos generados en Andalucía.

²⁰ Las autorizaciones vigentes pueden ser consultadas en el informe técnico *Reciclado y valorización de residuos en la industria cementera de España (actualización 2014)* disponible en <http://www.recuperaresiduosencementeras.org/>

Escenario 1

Potencial de empleo de combustibles alternativos al 80% de la capacidad productiva, con la composición de 2014 y diferentes tasas de sustitución energética. (Valores en toneladas/año).

Clasif.	Residuos	Andalucía 2014: Capacidad 76,1%, Sustitución 16,16%	España 23,1%	UE 32%	60%	80%
RnoP	Neumáticos	35.397	51.797	71.754	134.538	179.384
RnoP	Plásticos	8.994	13.161	18.232	34.185	45.580
RnoP	Sólidos alternativos no biomasa	6.797	9.946	13.778	25.834	34.446
RnoP	Líquidos alternativos no biomasa	6.018	8.806	12.199	22.873	30.498
RnoP	Lodos de depuradora urbana	5.192	7.598	10.525	19.734	26.312
RnoP	Biomasa vegetal	941	1.377	1.908	3.577	4.769
RP	Serrín impregnado o madera tratada	26.440	38.690	53.597	100.494	133.992
RP	Aceite mineral usado y emulsiones	16.180	23.676	32.799	61.497	81.997
RP	Disolventes, barnices, pinturas y mezclas	9.358	13.694	18.970	35.568	47.424
RP	Residuos líquidos de hidrocarburos	7.707	11.278	15.623	29.293	39.057
RP	Lodos industriales	3.583	5.243	7.263	13.618	18.158
RP	Residuos sólidos de hidrocarburos	146	214	296	555	740
		126.753	185.480	256.942	481.766	642.355

Escenario 2

Potencial de empleo de combustibles alternativos al 90% de la capacidad productiva, con la composición de 2014 y diferentes tasas de sustitución energética. (Valores en toneladas/año).

Clasif.	Residuos	Andalucía 2014: Capacidad 76,1%, Sustitución 16,16%	España 23,1%	UE 32%	60%	80%
RnoP	Neumáticos	35.397	58.272	80.723	151.355	201.807
RnoP	Plásticos	8.994	14.806	20.511	38.458	51.277
RnoP	Sólidos alternativos no biomasa	6.797	11.189	15.501	29.064	38.751
RnoP	Líquidos alternativos no biomasa	6.018	9.907	13.724	25.733	34.310
RnoP	Lodos de depuradora urbana	5.192	8.547	11.840	22.201	29.601
RnoP	Biomasa vegetal	941	1.549	2.146	4.024	5.365
RP	Serrín impregnado o madera tratada	26.440	43.526	60.296	113.056	150.741
RP	Aceite mineral usado y emulsiones	16.180	26.636	36.898	69.185	92.246
RP	Disolventes, barnices, pinturas y mezclas	9.358	15.405	21.341	40.014	53.352
RP	Residuos líquidos de hidrocarburos	7.707	12.688	17.576	32.955	43.939
RP	Lodos industriales	3.583	5.898	8.171	15.321	20.428
RP	Residuos sólidos de hidrocarburos	146	240	333	624	832
		126.753	208.665	289.060	541.987	722.649

Escenario 3

Potencial de empleo de combustibles alternativos al 100% de la capacidad productiva, con la composición de 2014 y diferentes tasas de sustitución energética. (Valores en toneladas/año).

Clasif.	Residuos	Andalucía 2014: Capacidad 76,1%, Sustitución 16,16%	España 23,1%	UE 32%	60%	80%
RnoP	Neumáticos	35.397	64.746	89.692	168.172	224.230
RnoP	Plásticos	8.994	16.451	22.790	42.731	56.974
RnoP	Sólidos alternativos no biomasa	6.797	12.433	17.223	32.293	43.057
RnoP	Líquidos alternativos no biomasa	6.018	11.008	15.249	28.592	38.122
RnoP	Lodos de depuradora urbana	5.192	9.497	13.156	24.667	32.890
RnoP	Biomasa vegetal	941	1.721	2.384	4.471	5.961
RP	Serrín impregnado o madera tratada	26.440	48.363	66.996	125.617	167.490
RP	Aceite mineral usado y emulsiones	16.180	29.596	40.998	76.872	102.496
RP	Disolventes, barnices, pinturas y mezclas	9.358	17.117	23.712	44.460	59.280
RP	Residuos líquidos de hidrocarburos	7.707	14.097	19.529	36.616	48.822
RP	Lodos industriales	3.583	6.554	9.079	17.023	22.697
RP	Residuos sólidos de hidrocarburos	146	267	370	694	925
		126.753	231.850	321.178	602.208	802.944

Consideraciones sobre los escenarios.

1. Dada la distribución de las plantas cementeras en Andalucía (en 7 provincias), estos escenarios conllevan implícitamente el respeto a los principios de autosuficiencia y de proximidad, considerados principios rectores en el Plan Director Territorial de Residuos No Peligrosos de Andalucía 2010-2019. Entre otros, este plan se plantea como objetivo que en Andalucía se gestionen los residuos conforme a las mejores técnicas disponibles y lo más cerca posible de sus lugares de generación.
2. El crecimiento en la cantidad potencial de residuos valorizables es muy apreciable, siquiera sea con tasas de sustitución tan modestas como la de España en relación con la UE.
3. Una parte significativa del potencial, habiendo partido de la realidad de 2014, viene aportada por el empleo de residuos peligrosos, algunos de ellos muy apreciables por su poder calorífico. Sin embargo, y al margen de que su disponibilidad es limitada, pueden ser reemplazados por combustible obtenido a partir de residuos no peligrosos de diverso tipo, poco utilizados actualmente como el serrín no impregnado, madera, o textil. La gran abundancia de plásticos a valorizar, como se ha expuesto más arriba, constituye una alternativa atractiva.
4. En algunos casos se alcanza relativamente pronto el volumen de producción del residuo en cuestión. Es el caso de los neumáticos fuera de uso, cuya proyección agota las casi 70.000 t producidas en Andalucía con un 80% de utilización de la capacidad y una tasa de sustitución del 32%.
5. En otros casos, el potencial proyectado se encuentra muy lejos de la producción del residuo en Andalucía. Es el caso de los lodos de depuradora urbana: el potencial máximo proyectado es apenas un 8,7% de los valorizables energéticamente. Lo mismo sucede en el caso de los

plásticos: poco más del 19,2% de los plásticos no procedentes de envases susceptibles de ser valorizados.

6. Existe un amplísimo potencial para el empleo de biomasa vegetal y combustibles basados en biomasa, dada la abundancia de este recurso y el valor añadido de la ausencia de emisiones netas de carbono.
7. Las cifras máximas de residuos valorizables varían entre 642.355 t (80% de utilización de la capacidad productiva y 80% de sustitución energética) y 802.944 t (100% de utilización de la capacidad productiva y 80% de sustitución energética).
8. Estas cifras máximas resultan equivalentes, respectivamente, al 22,8% y al 28,6% de los residuos valorizables producidos en Andalucía en 2014. Estos dos porcentajes muestran con toda claridad la elevada posibilidad de contribución que ofrece la industria cementera para reducir la deposición final en vertedero. Esta contribución tiene, además, un doble valor añadido: no requiere ninguna inversión pública y no se producen residuos finales tras el co-procesado, a diferencia de las instalaciones de tratamiento térmico convencionales, en las que los residuos finales son del orden del 30% de las entradas.
9. Se ha mencionado más arriba que la producción de residuos peligrosos valorizables es limitada en Andalucía: 121.243 t. Sin entrar en el detalle del tipo de residuo, esa cantidad se alcanza relativamente pronto, con una tasa de sustitución inferior al 32% y una utilización de la capacidad productiva al 80%. Como es lógico, se alcanzaría antes en los dos restantes escenarios.
10. Esto significa que sería necesario utilizar muy intensamente residuos no peligrosos para alcanzar las tasas de sustitución a las que se aspira. Sin embargo, y a pesar de su abundancia, su potencial de empleo está limitado por las facilidades que existen para el vertido de los residuos y por la insuficiencia de empresas que en Andalucía se dediquen al tratamiento de materiales residuales para su posterior empleo como combustible.
11. Esta carencia puede ser importante, pero también es presumible que puedan surgir nuevas empresas o las actuales se desarrollen si perciben la existencia de un potencial de demanda elevado y continuado para los CDR. Un estímulo adicional ha de provenir, necesariamente, de la limitación a la deposición en vertedero.

Potencial de costes evitados por la valorización energética frente a otras alternativas de tratamiento térmico.

Como se ha mostrado anteriormente, y es un hecho suficientemente conocido, la extensión del reciclaje / compostaje, por intensa que sea, no logra evitar que un volumen significativo de residuos sea depuesto en un vertedero, aún a pesar de las facilidades que introduzcan la preparación de los materiales para la reutilización y el reciclaje.

Dado el gran volumen de residuos de todo tipo que en España y en Andalucía finalizan su vida en un vertedero, el cumplimiento de los objetivos establecidos a este respecto obligará a emplear técnicas de tratamiento térmico con recuperación de energía, lo cual es una práctica común en no pocos países europeos con altos estándares ambientales. Algunas alternativas para el manejo de la fracción orgánica, tales como la fermentación anaerobia con aprovechamiento de energía o biometanización no están exentos de inconvenientes, ya que es necesaria una cuidadosa preparación de los residuos con el fin de homogenizarlos y retirar los impropios, y es necesario gestionar el residuo ya digerido, bien mediante su compostaje, cuando es posible, o bien mediante su vertido.²¹

Las instalaciones de incineración requieren una inversión elevada y sus costes de funcionamiento no son moderados, como ya se ha expuesto anteriormente. Además cada proyecto de nueva instalación suele conllevar conflictos sociales y políticos que dilatan su puesta en operación, incluso durante un período de tiempo considerable²². Y, por otra parte, en estas instalaciones la generación de residuos finales es del orden del 30% en peso de los residuos entrados, con el inconveniente añadido de que las cenizas han de ser gestionadas como un residuo peligroso.

En estas condiciones tiene interés evaluar los costes económicos evitados si se intensifica la tasa de sustitución de combustibles convencionales en las cementeras andaluzas.

Las premisas para este análisis son las siguientes:

1. Se considera que los residuos peligrosos utilizados como combustible alternativo en 2014 son reemplazados por residuos no peligrosos. En ese año los no peligrosos aportaron el 64% de la energía procedente de combustibles alternativos y han sido bastante similares las cantidades empleadas de cada uno de los dos tipos de residuos.
2. Buena parte de la energía aportada por los residuos no peligrosos ha provenido de neumáticos fuera de uso, cuya disponibilidad, ya comentada, se limita actualmente a unas 69.000 t/año en Andalucía. Este material tiene un elevado poder calorífico, incluso superior al de los plásticos, si bien se considera que su insuficiencia puede ser reemplazada por éstos, ya que en cualquier escenario su empleo se encuentra muy lejos de su disponibilidad actual. En todo caso, su reemplazo por materiales con un inferior poder calorífico redundaría en un mayor tonelaje necesario para obtener la misma cantidad de energía.
3. Se toma como referencia el proyecto más reciente de España, el ya aludido proyecto de Zubieta actualmente en licitación, cuyas características se muestran de nuevo.

Características del proyecto de Zubieta (Guipúzcoa, en licitación)								
Habitantes atendidos	Capacidad	Entradas estimadas	Inversión	Pago por disponibilidad	Pago por tratamiento	Duración del contrato	Inversión por habitante atendido	Coste anual por habitante (máximo)
709.607	200.000 t/año	164.000 t/año	217 M€	29 M€/año	Máx. 2,6 M€/año	35 años	306 €	44,5 €
El adjudicatario asume la totalidad de la inversión y opera la planta. Los pagos comienzan una vez entre en operación, prevista en 2019.								

Fuente: Diputación Foral de Guipúzcoa.

²¹ En España hay bastante experiencia en esta tecnología, si bien alguna planta construida (Miramundo, p.ej.) no ha llegado a entrar en funcionamiento y otras funcionan con rendimientos inferiores a los previstos. En el caso de Cataluña sólo se admiten residuos orgánicos recogidos selectivamente. Generalmente se produce electricidad empleando el metano obtenido, si bien en Madrid se introduce en la red de gas natural. Este tipo de plantas tiene un coste relativamente elevado.

²² Así ha sucedido, por ejemplo, con los proyectos de Zabalgarbi y de Zubieta, en el País Vasco. Y así sucedió con el proyecto previsto para Andalucía en los años 90 (Gersa, Miramundo) en el que la Administración terminó desistiendo dada la gran oposición social que se produjo.

4. . Se considera que se podría evitar la necesidad de construir una planta similar cuando la diferencia de tonelaje en cada escenario sea próxima o superior en 200.000 t/año a las valorizadas en 2014: 126.753 t.

Cantidad adicional de residuos valorizables próxima o superior a 200.000 t/año respecto a la cantidad valorizada en 2014*.				
Utilización de capacidad	Tasas de sustitución energética y t/año			
	23,1%	32%	60%	80%
80%	-	-	355.013	515.602
90%	-	162.307	415.234	595.896
100%	-	194.425	475.455	676.191

*No mostradas en los escenarios:

Tasa de sustitución necesaria al 80% de la capacidad productiva: 41%

Tasa de sustitución necesaria al 90% de la capacidad productiva: 36%

Como se observa en la tabla, esa diferencia se alcanza con una sustitución del 32% en los escenarios 2 y 3 (90% y 100% de utilización de capacidad) y es necesario llegar al 60% de sustitución en el primero de ellos (80% de utilización de capacidad, próxima a la actual).

La conclusión es inmediata. El progreso en el empleo de combustibles alternativos procedentes de residuos no peligrosos podría evitar la construcción de dos plantas de incineración de 200.000 t de capacidad de diseño (550 t/día), si se alcanza una tasa de sustitución del 60% en cualquiera de los tres escenarios, e incluso de tres plantas en dos de los escenarios. Una tasa de sustitución que simplemente duplique la actual ya evita la construcción de una planta si la utilización de capacidad productiva supera el 90%.

Construcción de plantas de tratamiento térmico y gasto público evitables mediante la valorización energética en cementeras																		
				Alternativas de financiación: pública o colaboración público-privada														
				Modelo de inversión pública						Pagos anuales durante 35 años			Modelo de inversión y operación privadas con pagos públicos**					
Número de plantas evitadas				Inversión (M€)		Canon de tratamiento (M€, a razón de 57€/t*)		Por disponibilidad (M€)		Por tratamiento (M€, máximos)								
32%				60%		80%		32%		60%		80%						
Tasas de sustitución	Escenario 1 (80% cap.)			-	2 ¹	2 ²	-	22,8	34,2	-	58	58	-	5,2				
	Escenario 2 (90% cap.)			1 ³	2	3	217	434	651	11,4	22,8	34,2	29	58	87	2,6	5,2	7,8
	Escenario 3 (100% cap.)			1	2 ⁴	3 ⁵	217	434	651	11,4	22,8	34,2	29	58	87	2,6	5,2	7,8

1 Déficit de 44.987 t/año s/ 400.000 t
2 Exceso de 115.602 t/año s/ 400.000 t
3 Déficit de 44.978 t/año s/ 200.000 t
4 Exceso de 75.455 t/año s/ 400.000 t
5 Exceso de 76.191 t/año s/ 600.000 t

* Promedio de las plantas españolas, excluida la de Mallorca

** Modelo aplicado en el proyecto de Zubieta

Impacto de la construcción y operación de una planta de tratamiento térmico en relación con los habitantes atendidos				
Residuos no peligrosos valorizables (2014, t)	Población (2014)	Generación de residuos valorizables por habitante y año	Habitantes atendidos por una planta de 200.000 t	Canon de tratamiento por habitante atendido
2.812.405	8.400.000	335	597.000	19

Nota: Algunos valores han sido redondeados

* Se toma como referencia el canon de tratamiento promedio de 9 plantas españolas: 57€/t

En consecuencia, se podría evitar la construcción de 1 a 3 instalaciones, según las diferentes conjunciones de uso de capacidad productiva y tasa de sustitución energética. Y el impacto económico es también muy claro: se evitarían de 217 a 651 M€ de inversión pública y el pago de 11,4 a 34,2 M€ anuales como canon de tratamiento, funcionando a plena capacidad y tomando como referencia el promedio de 57 €/t para 9 de las plantas españolas.²³

Este impacto económico se puede traducir con facilidad en términos per cápita. La producción andaluza de residuos valorizables energéticamente es de 335 kg por persona y año, de forma que cada una de estas incineradoras tipo, al máximo de capacidad, podría atender a 597.000 habitantes. En estas condiciones, se evitaría una inversión de 363 € por habitante atendido y un pago por tratamiento de 19€ anuales, también por habitante atendido.

Por otra parte, si el modelo de licitación y pago fuese también similar al del caso tomado como referencia (100% inversión y operación privadas) sería necesario abonar durante 35 años entre 29 y 87 millones de euros anuales por disponibilidad y hasta un máximo entre 2,6 y 7,8 millones de euros por tratamiento, dependiendo del número de plantas a construir.

Conclusiones

En definitiva y teniendo en cuenta consideraciones ya expuestas anteriormente, la importancia de este elevado potencial de valorización es triple:

1. Se reduce apreciablemente la deposición de residuos en vertedero, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de la UE a este respecto.
2. Se evita la inversión en construcción de 1 a 3 plantas incineradoras y su consiguiente gasto anual de operación.
3. Se reducen las emisiones globales de gases de efecto invernadero por una doble vía: de forma directa en las cementeras, debido a la inclusión de biomasa sin emisiones netas entre los combustibles derivados de residuos que reemplazan el coque de petróleo, y de forma indirecta en vertederos al evitar la fermentación de aquellos residuos que se han empleado como combustibles alternativos en las cementeras.

Atendiendo a todo ello se puede afirmar con seguridad que carece de sentido desaprovechar o infrautilizar las plantas cementeras existentes, aptas la valorización energética de residuos no reciclables. Pues esto conllevaría inversión pública innecesaria para el fin que se persigue, que no es otro que progresar hacia niveles superiores en la jerarquía de la gestión de residuos, reduciendo muy intensamente la deposición en vertedero. Incluso podría afirmarse que la inversión en construcción de plantas de tratamiento térmico no necesarias contraviene los principios constitucionales de economía y eficiencia en la ejecución del gasto público.

²³ En el caso de la planta de Mallorca el pago asciende a 131,36 €/t, pero no es comparable ya que incluye la totalidad de la gestión de los residuos, no sólo la incineración

Bibliografía e información consultada

- Ali Hasanbeigi, Hongyou Lu, Christopher Williams and Lynn Price, 2014. *International Best Practices for Pre-Processing and Co-Processing Municipal Solid Waste and Sewage Sludge in the Cement Industry* (Lawrence Berkeley National Laboratory).
- Arjun Gupta, David Colt and Zeeshan Feerasta, 2011. *Gigaton Analysis of the Cement Industry: The Case for Rapid Adoption of Proven Technology* (Carbon War Room, 2011).
- Azad Rahman,M.G. Rasul,M.M.K. Khan,S, 2013. *Sharma Impact of Alternative Fuels on the Cement Manufacturing Plant Performance: An Overview*. Procedia Engineering Volume 56, 2013, Pages 393-400
- CANTOX Environmental, 2006. *Literature Review & Assessment of Public Health Impacts of Alternative Fuel Use in the Cement Industry*. Report to the Cement Association of Canada.
- Comisión Europea, 2010. *Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries*
- Committee on the Medical Effects of Air Pollutants, 2009. *Statement on the use of Substitute Fuels in Cement Kilns*, (European Union, 2009)
- Comunidad de Madrid, 2010. *Guía de valorización energética de residuos*
- Decisión de la Comisión de 26 de marzo de 2013 por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) para la fabricación de cemento, cal y óxido de magnesio (L 100/1). Publicado en el DOUE el 9 de abril de 2013.
- Ebenezer Asamany et al. Dalhousie University, 2015 *Use of scrap tires as an alternative fuel source at the Lafarge cement kiln, Brookfield, Nova Scotia, Canada*.
- Eurostat. *Generation and treatment of municipal waste*.
- European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau, 2013. *Best Available Techniques Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide*.
- Fundación CEMA. *La recuperación de residuos como combustibles y materias primas alternativas en la industria cementera*.
- Fundación CEMA, 2014. *Informe sobre recuperación energética de neumáticos fuera de uso en hornos de clínker*.
- Fundación CEMA, 2014. *Recuperación energética de residuos en fábricas de cemento y salud ambiental*.
- Fundación CEMA e Institut Cerdà, 2014. *Reciclado y valorización de residuos en la industria cementera de España (actualización 2014)*
- Gujarat Pollution Control Board, 2014. *Enhancing the use of alternate fuels and raw materials (co.processing) in cement manufacture: White paper on selected topics*
- International Energy Association and World Business Council for Sustainable Development, *Cement Technology Roadmap 2009: Carbon emissions reductions up to 2050*.
- Kuhlmann K. et al. 1996. *PCDD/F-Emissions from German Cement Clinker Kilns*. Dioxin '96. Organohalogen Compounds 27, 78-83.
- Network for Business Sustainability, 2011 *Alternative Energy Sources in Cement Manufacturing. A Systematic Review of the Body of Knowledge*.
- MAGRAMA, 2012. *Plan piloto de caracterización de residuos urbanos de origen domiciliario*
- MAGRAMA, 2014. *Memoria anual de generación y gestión de residuos de competencia municipal*
- MAGRAMA, 2015. *Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos, PEAR 2016-2022*.
- Marco Del Borghi et al. Università di Genova, 2006. *Utilizzo di combustibili alternativi nei forni da cemento. Influenza sulle emissioni atmosferiche: l'esperienza italiana*. La Rivista dei Combustibili, 63.
- Puertas, F. & Blanco-Varela, M. T.(IETcc-CSIC) 2004. *Empleo de combustibles alternativos en la fabricación del cemento. Efecto en las características y propiedades de los clínkeres y cementos*. Materiales de Construcción, 54.
- Rovira, J. et al. Universitat Rovira i Virgili, 2011. *Monitoring environmental pollutants in the vicinity of a cement plant: A temporal study*. Archives of Environmental Contamination & Toxicology, 60.
- Ruiz Lorenzo, M.L. CIEMAT. 2008. *Determinación y evaluación de las emisiones de dioxinas y furanos en la producción de cemento en España*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense.
- Ruiz Lorenzo, M.L. CIEMAT. 2008. *Emisiones de dioxinas y furanos a la atmósfera. La experiencia nacional en el sector cementero*. Jornadas sobre "Desarrollo sostenible y valorización en el sector cementero". Oviedo, 2008.
- The GTZ-Holcim Public Private Partnership, 2006. *Guidelines on Co-processing Waste Materials in Cement Production*
- The Pembina Institute and Environmental Defence, 2014.*White Paper Alternative Fuel Use in Cement Manufacturing*. Workshop on Alternative Fuels in Cement Kilns.
- UK Environmental Agency, 2008. *The use of substitute fuels in the UK cement and lime industries*.
- Vito Albino, Rosa Maria Dangelico, Angelo Natalicchio and Devrim Murat Yazan, 2011. *Alternative Energy Sources in Cement Manufacturing: A Systematic Review of the Body of Knowledge* (Network for Business Sustainability).
- WBCSD y SINTEF, 2006. *Formation and Release of POPs in the Cement Industry (Second Edition)*.
- WBCSD Cement Sustainability Initiative, 2014. *Guidelines for Co-processing Fuels and Raw Materials in Cement Manufacturing (version 2.0)*.
- WWF, 2008. *A blueprint for a climate friendly cement industry*.



fundación laboral
andaluza del cemento
y el medio ambiente

**Fundación Laboral Andaluza del Cemento y el Medio Ambiente
(FLACEMA)**

Avenida de la Constitución, 7. 5º C

41004 – Sevilla

Tel: 954 467 003 / Fax: 954 468 017

flacema@flacema.org

www.flacema.org

