RECICLADO Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA CEMENTERA EN ESPAÑA

Estudio realizado por el Instituto Cerdá

› Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente ‹

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 5

1. OBJETIVO DEL ESTUDIO 9

2. GENERACIÓN Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS EN ESPAÑA 10

2.1 RESIDUOS URBANOS 11

2.2 CAPACIDAD DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS 15
2.2.1 Capacidad de valorización de residuos peligrosos 15
2.2.2 Capacidad de eliminación de residuos peligrosos 17

3 ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO COMUNITARIO, ESTATAL Y AUTONÓMICO EN RELACIÓN A LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS EN FÁBRICAS DE CEMENTO 19

3.1 MARCO NORMATIVO COMUNITARIO 19

3.2 MARCO NORMATIVO ESTATAL 22

3.3 MARCO NORMATIVO AUTONÓMICO 24
3.3.1 Andalucía 25
3.3.2 Aragón 25
3.3.3 Castilla-La Mancha 26

3.3.4 Castilla y León 26
3.3.5 Cataluña 27
3.3.6 Comunidad Valenciana 27
3.3.7 Galicia 28
3.3.8 Islas Baleares 28
3.3.9 Islas Canarias 28
3.3.10 Comunidad de Madrid 29
3.3.11 Navarra 29
3.3.12 País Vasco 29

4 ANÁLISIS DE LAS AUTORIZACIONES AMBIENTALES INTEGRADAS DE LAS FÁBRICAS DE CEMENTO 30

4.1 RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LAS AUTORIZACIONES AMBIENTALES INTEGRADAS 32

4.2 AUTORIZACIÓN PARA LA UTILIZACIÓN DE RESIDUOS COMO COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS 35
4.2.1 Residuos autorizados 35
4.2.2 Limitaciones respecto a la procedencia de los residuos 42
4.2.3 Características de los residuos requeridos 42
4.2.4 Características del proceso 45
4.2.5 Emisiones 45

4.3 AUTORIZACIÓN PARA LA UTILIZACIÓN DE RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS COMO MATERIAS PRIMAS ALTERNATIVAS 50
4.3.1 Residuos y subproductos autorizados 50
4.3.2 Máximos anuales de materias primas alternativas 54
4.3.3 Máximos contenidos presentes en las materias primas alternativas 56

5 INVENTARIO POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS DEL RECICLADO Y LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS EN FÁBRICAS DE CEMENTO 58

5.1 RESUMEN DEL INVENTARIO DEL RECICLADO Y LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS 58

5.2 CONSUMOS ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN DE CEMENTO EN ESPAÑA 59
5.2.1 Consumos de materias primas alternativas 60
5.2.2 Consumo de combustibles 76
5.2.2.1 Consumo de combustibles tradicionales por tipología 81
5.2.2.2 Consumo de combustibles alternativos por tipología 85
5.2.2.3 Emisiones ahorradas por la valorización energética 93

6 DESARROLLO DE EFECTOS NIMBY EN INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN DE CEMENTO EN ESPAÑA 97

7 PRINCIPALES CONCLUSIONES 99

ANEXO I LISTADO DE NORMATIVA 105

ANEXO II DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA LA PREPARACIÓN DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS EN FÁBRICAS DE CEMENTO 110

ANEXO III RESIDUOS AUTORIZADOS PARA SU VALORIZACIÓN ENERGÉTICA EN FÁBRICAS DE CEMENTO 139

ANEXO IV MATERIAS PRIMAS ALTERNATIVAS AUTORIZADAS EN FÁBRICAS DE CEMENTO 148

ANEXO V CONSUMOS DE MATERIAS PRIMAS Y COMBUSTIBLES DETALLADOS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS 155

ANEXO VI PODERES CALORÍFICOS INFERIORES PROMEDIO DE LOS COMBUSTIBLES ANALIZADOS 168

INTRODUCCIÓN

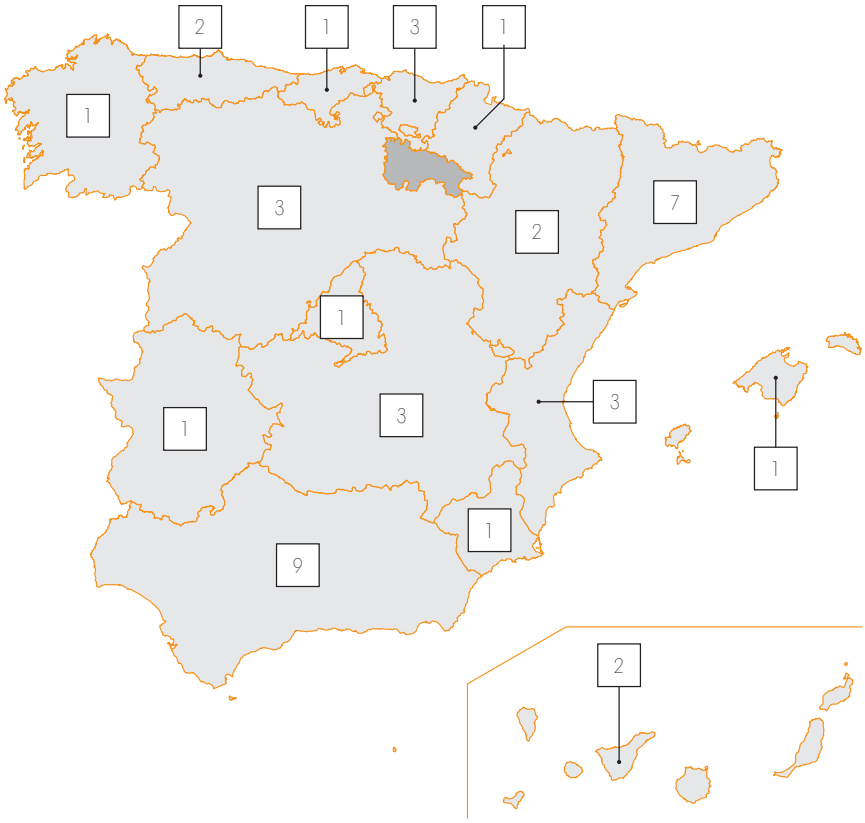
En 2006 las empresas asociadas a Oficemen contaban cuarenta y una instalaciones de producción de cemento de las que treinta y siete corresponden a fábricas de clínker y molienda y cuatro únicamente a la molienda para la obtención de cemento. Las Comunidades Autónomas en las cuales hay ubicadas un mayor número de plantas son Andalucía con un total de nueve, seguida de Cataluña con siete instalaciones.

Las instalaciones de producción de cemento de España, en su conjunto, presentaban en el 2006 una capacidad anual de producción de 37.482.820 toneladas de clínker y 55.391.520 toneladas de cemento[1]. De las más de treinta y siete millones de toneladas de clínker, la mayor parte de éstas son de clínker gris (95%), siendo el clínker blanco (4,8%) y el clínker de aluminato de calcio (0,1%) fracciones minoritarias. En el caso del cemento se da la misma situación, ocupando el cemento gris el 96% del total de las aproximadamente cincuenta y seis millones de toneladas de capacidad de producción global, existiendo únicamente un 3,9% de capacidad de producción de cemento blanco y un 0,1% de cemento de aluminato de calcio. Cabe destacar que el clínker gris se produce en treinta y cinco plantas, el clínker blanco en seis de ellas y el clínker de aluminato de calcio únicamente en Cataluña. En el caso del cemento, la variedad gris se produce en treinta y nueve instalaciones, la blanca en seis y el cemento de aluminato de calcio únicamente se produce en una instalación.

La distribución de la capacidad de producción de clínker y cemento en las diferentes Comunidades Autónomas no es homogénea. Así, Cataluña (con capacidad de producción de 8.196.850 toneladas de clínker y 10.736.520 toneladas de cemento), An-

1 Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de Cemento y Hormigón (2006) y de las Autorizaciones Ambientales Integradas de las plantas cementeras. Los datos de detalle sobre capacidad de producción de los siguientes apartados presentan la misma fuente de información.

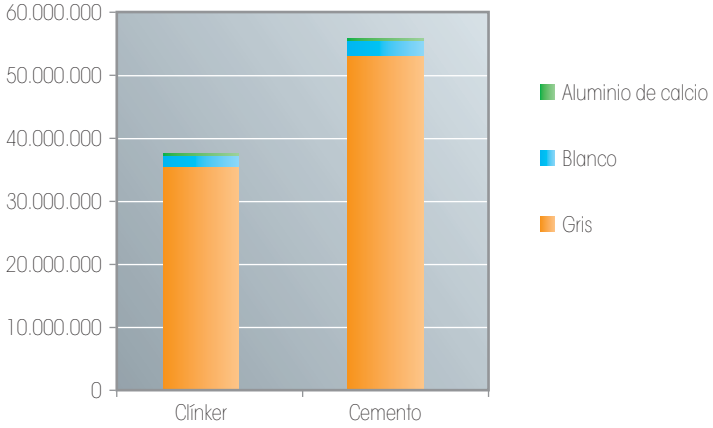
Figura 1. Plantas cementeras por Comunidades Autónomas.
Fuente: Cemento y Hormigón, 2006.



dalucía (con capacidad de producción de 6.319.500 toneladas de clínker y 9.800.000 toneladas de cemento) y la Comunidad Valenciana (con capacidad de producción de 5.071.025 toneladas de clínker y 5.982.000 toneladas de cemento) son las comunidades que tienen mayores capacidades de producción para ambos materiales.

Por el contrario, Galicia (con capacidad de producción de 492.750 toneladas de clínker y 500.000 toneladas de cemento) e Islas Baleares (con capacidades de 576.345 toneladas de clínker y 731.000 toneladas de cemento) son las Comunidades Autónomas con menores capacidades de producción para ambos casos, sin considerar aquellas en las que no existen este tipo de instalaciones.

Gráfico 1. Capacidad de producción total en España de los diversos tipos de clínker y cemento (toneladas).



En paralelo, la necesidad de orientar las economías hacia un desarrollo sostenible implica que éstas deben desarrollarse utilizando los recursos naturales sin exceder su capacidad de regeneración. De manera que, para conseguir un futuro sostenible, es cada vez más necesario incrementar el reciclaje material y encontrar energías alternativas competitivas que sustituyan a las energías fósiles.

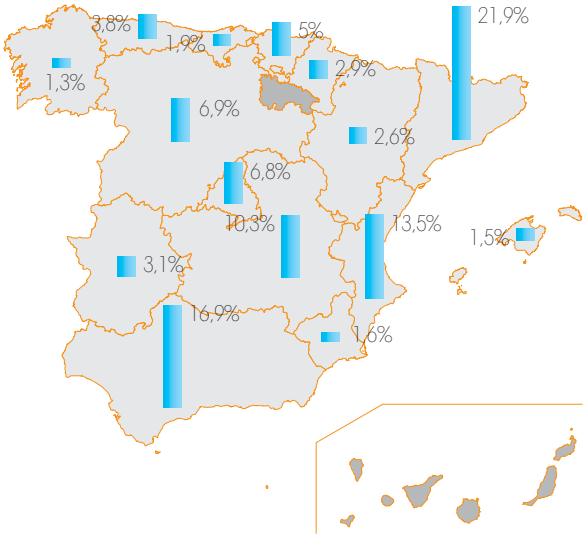
En el periodo 1994-2004, según datos del Ministerio de Medio Ambiente, la generación de residuos urbanos por habitante ha aumentado un 62%, motivo por el cual la gestión de los mismos sigue siendo un reto para la sociedad actual.
En este sentido, desde hace más de tres décadas diferentes países europeos han apostado por la utilización de residuos como materias primas y combustibles alternativos en los procesos industriales, como los hornos de clínker, para dar solución tanto a la gestión de los residuos como a la obtención de energía.

La producción de cemento es un proceso intensivo en energía, siendo tradicionalmente los combustibles utilizados de tipo fósil (coque de petróleo, carbón o fuel oil). Los costes energéticos de combustibles y energía eléctrica suponen más del 30% de los costes de fabricación, por lo que una reducción del consumo energético y una búsqueda de fuentes energéticas alternativas a las tradicionales son factores clave para la competitividad de las empresas cementeras.

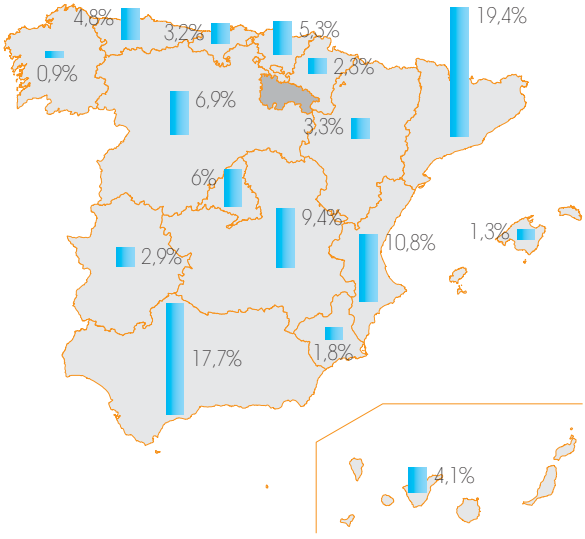
No obstante, y contrariamente a lo que sucede en otros países europeos, únicamente un 4,2% del combustible consumido por el sector cementero en el año 2006 correspondió a combustibles alternativos, frente a la media europea del 18%. Además, en nuestro país existe una gran variedad entre la normativa vigente, los combustibles alternativos empleados y los porcentajes de sustitución efectuados entre las diferentes Comunidades Autónomas.

Figura 2. Distribución porcentual de la capacidad de producción, por Comunidades Autónomas, de clínker y de cemento.

Clínker



Cemento



Capítulo 1
OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del presente estudio es el de analizar en profundidad y de forma comparativa el contexto actual y el nivel de implantación del reciclaje y la valorización energética y material de residuos en fábricas de cemento.

Así, los trabajos elaborados han permitido:

- Caracterizar brevemente la generación y gestión de los residuos urbanos en España.
- Analizar el marco normativo comunitario, estatal y autonómico en relación al reciclado y valorización de residuos en instalaciones de producción de cemento.
- Describir las tecnologías disponibles para la preparación de combustibles alternativos en instalaciones de producción de cemento.
- Analizar las Autorizaciones Ambientales Integradas de las instalaciones de producción de cemento de España.
- Inventariar por Comunidades Autónomas el reciclado y la valorización energética en instalaciones de producción de cemento.

Capítulo 2
GENERACIÓN Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS EN ESPAÑA

La generación de residuos en España no ha dejado de aumentar en las últimas décadas, como consecuencia del crecimiento económico y del incremento de la población española. Aunque en la mayoría de las Comunidades Autónomas existe una falta de información de carácter reciente respecto a la generación y gestión de residuos, y de homogeneidad de los datos, lo que hace difícil su agregación y comparativa. Esta situación respecto a la calidad de la información es un hándicap de gran importancia a la hora de planificar políticas orientadas a la gestión de los residuos.

En el estudio se presentan los últimos datos para los que existen cifras de generación de residuos en España. Concretamente, se han analizado aquellos flujos de residuos que pueden contener en su seno cantidades elevadas de elementos potencialmente valorizables en cementeras. En este sentido, se han considerado los siguientes flujos de residuos[2]:

- Residuos urbanos.
- Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
- Lodos de depuradoras de aguas residuales urbanas.
- Residuos peligrosos.

2 Como principal fuente de todos los datos recogidos se ha empleado el Plan Nacional de Residuos Integrado 2008-2015 del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Indicar que no se han incluido datos de otros flujos de residuos potencialmente valorizables como los vehículos fuera de uso, los neumáticos fuera de uso y los residuos industriales no peligrosos por la falta de datos sobre su generación a nivel autonómico.

En la Tabla 1 se indican las cantidades de residuos generadas en España.

Tabla 1. Residuos generados en España.

Residuo		Cantidad generada (toneladas)
Residuos urbanos (datos año 2006)		23.648.032
Residuos peligrosos (datos año 2005)	RP LER01-LER20	3.735.000
	RP LER02-LER20	2.955.000
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (datos año 2007)		269.017
Lodos EDAR urbanas (datos año 2006)		1.064.972

2.1 Residuos urbanos

Según los últimos datos disponibles en el Plan Nacional Integrado de Residuos del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, que se muestran en la Tabla 2, en el año 2006 el 14% del total de residuos urbanos recogidos procedía de los depositados en contenedores específicos y en los puntos limpios, y el 86% restante procedía de la fracción resto (cuya composición es variable, según cómo se haya separado previamente: vidrio, papel/cartón, envases ligeros, fracción orgánica).

Tabla 2. Residuos urbanos recogidos en España (2006).

Modalidad de recogida		Toneladas	Porcentaje
Residuos recogidos selectivamente	Separados en domicilio:	2.519.340	11%
	• Papel/cartón	934.062	4%
	• Vidrio	562.000	2%
	• Envases ligeros	606.200	3%
	• Fracción Orgánica	417.078	2%
	Depositados en puntos limpios	697.432	3%
Residuos Mezclados		20.431.260	86%

De forma adicional a la generación, se han recogido datos relativos al tratamiento al que fueron destinados los residuos urbanos, y al número de instalaciones de tratamiento existentes en el año 2006, que se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Instalaciones de tratamiento y eliminación de residuos urbanos (2006).

Instalaciones	Nº centros	Entrada (toneladas)
Instalaciones de clasificación de envases	90	606.200
Instalaciones de compostaje de fracción orgánica recogida selectivamente	18	160.017
Instalaciones de triaje y compostaje	59	6.991.541
Instalaciones de triaje, biometanización y compostaje	13	1.168.565
Instalaciones de incineración[1]	10	2.024.586
Vertederos[1]	183	16.007.098

1 Los rechazos de las plantas de clasificación de envases así como los procedentes de las de tratamiento biológico, están contabilizados en las entradas a las instalaciones de incineración y de vertido.

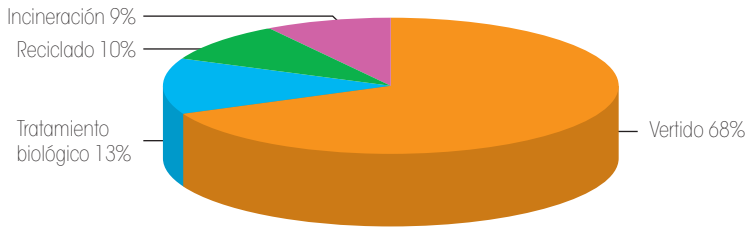
Los destinos de los distintos residuos son los siguientes:

- Los residuos de los envases ligeros depositados en sus contenedores específicos se separan y clasifican por material en las plantas de clasificación de envases para su reciclado posterior, aunque también pueden clasificarse en algunas instalaciones de triaje y compostaje que reciben residuos mezclados.

- Los residuos de papel/cartón y de vidrio recogidos selectivamente se clasifican y entregan a los recicladores.

- La fracción orgánica se recoge mayoritariamente mezclada con otros residuos y se destina a instalaciones de triaje y compostaje e instalaciones de triaje, biometanización y compostaje, para su separación y valorización. La fracción orgánica recogida selectivamente se destina principalmente a instalaciones

Gráfico 2. Gestión de los residuos urbanos (2006).



de compostaje, aunque una parte se trata conjuntamente con residuos mezclados en algunas instalaciones de triaje, biometanización y compostaje.

Así, en el año 2006 cerca del 68% de los residuos urbanos terminaron en vertederos, el 13% se sometió a tratamiento biológico, se destinó al reciclado de materiales el 10% y se incineró aproximadamente el 9%.

En las Tablas 4-7 se detalla, por Comunidades Autónomas, las cantidades de residuos urbanos tratadas en los distintos tipos de instalaciones, así como las cantidades de rechazo de las instalaciones de compostaje y reciclaje (materiales que técnicamente no se han podido reciclar).

Tabla 4. Instalaciones de compostaje de fracción orgánica recogida selectivamente (2006).

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Nº plantas	Residuos totales (t)	Residuos FORM (t)	Residuos FV (t)	Compostaje producido (t)	Rechazo (t)
Baleares	1	4.369	1.655	2.714	935	157
Cataluña	17	155.648	122.267	33.381	12.793	23.568
TOTALES	18	160.017	123.922	36.095	13.728	23.725

Tabla 5. Instalaciones de triaje y compostaje (2006).

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Nº plantas	Residuos mezclados (t)	Compostaje producido (t)	Rechazo (t)
Andalucía	21	2.470.279	153.224	1.564.887
Baleares	1	51.913	7.300	27.127
Canarias	1	45.000	900	0
Cantabria	1	250.913	10.687	197.769
Castilla - La Mancha	8	201.651	42.102	85.172
Castilla y León	3	143.025	8.899	61.181
Extremadura	5	302.263	20.521	167.103
Galicia	1	16.207	951	9.053
Madrid	3	1.089.512	84.869	566.514
Murcia	6	631.153	63.114	443.772
Navarra	1	11.826	2.950	4.731
Comunidad Valenciana	8	1.741.830	119.641	1.281.141
TOTALES	59	6.955.572	515.158	4.408.450

(t): toneladas.

Tabla 6. Instalaciones de triaje, biometanización y compostaje de residuos mezclados y de fracción orgánica recogida selectivamente (2006).

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Nº plantas	Residuos totales (t)	Biometanización			Compostaje				Compostaje producido (t)	Rechazo total (t)
			Residuos Mezclados (t)	FORM (t)	FV (t)	Fracción de Biometanización (t)	Residuos Mezclados (t)	FORM (t)	FV (t)		
Baleares	1	1.927						1.927			
Castilla y León	4	478.224	41.610				436.614			32.482	304.834
Cataluña	4	279.359	138.391					140.289	679	7.306	162.572
Galicia	1	254.132		64.757	20.768	76.975	91.632			70.576	80.025
Madrid	1	127.253	127.253								115.465
Navarra	1	4.027	4.027								1.893
La Rioja	1	100.618	49.629				50.989			8	41.171
TOTALES	13	1.168.565	360.910	64.757	20.768	76.975	579.235	142.216	679	110.372	705.960

Tabla 7. Instalaciones de clasificación de envases (2006).

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Nº plantas	Entrada (t)	Rechazo a vertedero / Incineración (t)	Metales (t)	Plásticos (t)	Vidrio (t)	Papel y cartón (t)	Otros (t)
Andalucía	21	45.870	16.144	7.097	19.892		1.634	3.821
Asturias	1	5.916	1.783	613	2.836			500
Baleares	2	7.283	2.228	1.213	3.278	45		338
Canarias	4	6.648	2.235	835	3.026	44	131	307
Cantabria	3	3.448	1.112	342	1.218		287	267
Castilla y León	10	71.073	63.255	2.330	3.459		1.365	781
Castilla La Mancha	7	9.270	2.968	1.370	3.553	77		1.352
Cataluña	12	135.850	66.093	9.249	29.750	2.513	11.585	16.464
Extremadura	5	4.688	2.115	558	1.320			359
Galicia	3	148.329	132.303	3.859	6.046		3.516	1.161
La Rioja	1	4.448	2.065	485	1.502		45	351
Madrid	6	79.517	29.992	9.736	16.727	310	17.944	2.992
Murcia	3	8.741	2.223	779	1.385		383	459
Navarra	4	33.810	19.449	2.584	5.919	195	1.805	1.088
Pais Vasco	4	16.452	4.638	2.517	7.047	104	255	1.987
Comunidad Valenciana	4	24.857	9.403	2.492	8.124			3.975
TOTAL PLANTAS	90	606.200	358.006	46.059	115.082	3.288	38.950	36.202

2.2 Capacidad de las instalaciones existentes de tratamiento de residuos peligrosos

Para los residuos peligrosos se han evaluado las capacidades de tratamiento existentes para las principales categorías de tratamiento recogidas en la Orden MAM/304/2002 por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y de la lista europea de residuos.

OPERACIONES DE VALORIZACIÓN	
R1	Utilización principal como combustible o como otro medio de generar energía
R2	Recuperación o regeneración de disolventes
R3	Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes (incluidas las operaciones de formación de abono y otras transformaciones biológicas)
R4	Reciclado o recuperación de metales y de compuestos metálicos
R5	Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas
R6	Regeneración de ácidos o bases
R7	Recuperación de componentes utilizados para reducir la contaminación
R8	Recuperación de componentes procedentes de catalizadores
R9	Regeneración u otro nuevo empleo de aceites
R13	Acumulación de residuos para someterlos a cualquiera de las operaciones enumeradas entre R1 y R12

OPERACIONES DE ELIMINACIÓN	
D5	Vertido en lugares especialmente diseñados (p.ej. Colocación en celdas estancas separadas, recubiertas y aisladas entre sí y el medio ambiente, etc.)
D8	Tratamiento biológico no especificado en otro apartado y que dé como resultado compuestos o mezclas que se eliminen mediante alguno de los procedimientos enumerados entre D1 y D12
D9	Tratamiento fisicoquímico no especificado en otro apartado y que dé como resultado compuestos o mezclas que se eliminen mediante alguno de los procedimientos enumerados entre D1 y D12. (p.ej. Evaporación, secado, etc.)
D10	Incineración en tierra

2.2.1 Capacidad de valorización de residuos peligrosos

En este contexto, del análisis de la capacidad de valorización existente en el año 2003, se han extraído las siguientes conclusiones:

- La valorización de residuos peligrosos por reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes (R3) es la tipología de tratamiento con una mayor capacidad anual disponible (más de un millón

y medio de toneladas). Por Comunidades Autónomas, la que mayor importancia tiene para esta categoría es Cataluña, con una capacidad de 954 millones de toneladas anuales, seguida de lejos por La Rioja (231 mt/año) y Andalucía (231 mt/año), siendo la aportación del resto de comunidades muy inferior.

Tabla 8. Capacidad de las instalaciones existentes (millones de toneladas) de valorización de residuos peligrosos (2003).

COMUNIDAD AUTÓNOMA	R1	R2	R3	R4	R4 LER09	R4 LER 15	R4 LER 16,20	R5	R6	R7	R8 -11	R9 -12	R3/R13 LER 1304 -13
Andalucía	36			15						3			231
Aragón							3			0			
Asturias	0			9					42				
Baleares	4				0					0			
Canarias	11				7		0						101
Cantabria					6	0							0
Castilla-La Mancha	0					0							
Castilla y León	11	1		130		5	81						
Cataluña	5	61	2	24	1	42	16	82		0		30	954
Comunidad Valenciana	15	0	2		0	1	1	80					15
Extremadura					1	3							
Galicia	25	0					0						232
Madrid	30	10		19	0		18					26	
Murcia	42		2				40					4	
Navarra				2			1						0
País Vasco	20	1		245	0	0	0	36				22	
La Rioja	1							1				25	100
Ceuta													
Melilla	1												
España	201	73	6	444	15	51	160	199	42	3		107	1643

- La segunda operación de valorización con mayor capacidad anual es el reciclado o recuperación de metales y compuestos metálicos (R4) con unas capacidades de tratamiento superiores a las 400.000 toneladas. En este caso el País Vasco (245 mt/año) y Castilla y León (130 mt/año) son las que presentan unas mayores capacidades.

- La tercera operación con mayor capacidad anual es la utilización principal como combustible o como medio para generar energía (R1), con una capacidad total de 201 mt/año. Esta capacidad se encuentra muy repartida entre las distintas Comunidades, siendo las que tienen un mayor volumen de tratamiento Murcia, Andalucía y Madrid. Por el contrario, Cantabria, Ceuta, Navarra, Aragón y Extremadura presentan una capacidad cero para esta opción.

- El resto de operaciones de valorización se encuentran por debajo de las 200.000 t/año.

2.2.2 Capacidad de eliminación de residuos peligrosos

En relación a las capacidades de eliminación de residuos peligrosos existentes, aquellas opciones con unas mayores capacidades de eliminación son el vertido en lugares especialmente diseñados (D5), con una capacidad de eliminación de alrededor de 2 millones de toneladas anuales, con Andalucía, Asturias y Cataluña como Comunidades Autónomas líderes.

Tabla 9. Capacidad de las instalaciones existentes (millones de toneladas) de eliminación de residuos peligrosos (2003).

COMUNIDAD AUTÓNOMA	D5	D5 LER 01	D8	D9	D9 LER 18	D10	D10 LER 18
Andalucía	408	300	0	460	5	0	0
Aragón	30	0	0	0	1	0	0
Asturias	479	900	0	11	0	0	1
Baleares	20	0	0	30	0	0	0
Canarias	0	0	0	13	0	0	0
Cantabria	0	850	44	109	0	0	1
Castilla-La Mancha	51	9	0	0	0	0	0
Castilla y León	52	0	0	58	0	0	0
Cataluña	216	0	108	201	3	60	0
Comunidad Valenciana	0	1	0	40	1	3	0
Extremadura	0	0	0	0	3	0	0
Galicia	32	0	9	75	0	0	0
Madrid	77	0	0	34	6	0	0
Murcia	45	0	0	14	1	0	0
Navarra	0	0	0	40	0	0	0
País Vasco	65	0	0	208	0	0	0
La Rioja	0	0	0	6	0	0	0
Ceuta	0	0	0	0	0	0	0
Melilla	0	0	0	0	0	0	0
España	1.475	2.060	161	1.299	20	63	2

Capítulo 3
ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO COMUNITARIO, ESTATAL Y AUTONÓMICO EN RELACIÓN A LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS EN FÁBRICAS DE CEMENTO

Con objeto de garantizar una mayor protección de la salud y el medio ambiente, los diferentes órganos legislativos a diferentes escalas han desarrollado normativa relativa a los requisitos de instalación de las actividades industriales. Asimismo, la planificación de residuos ha escenificado un claro desarrollo en la última década con objeto de garantizar una correcta gestión de los mismos basada en el principio de jerarquía de gestión. Ambos aspectos, el legislativo y planificativo incorporan cada vez más referencias a la valorización de residuos en la industria cementera, motivo por el cual se ha considerado necesario realizar un análisis del marco legal existente y de su afección a nivel comunitario, estatal y autonómico.

Según establece la Directiva 2008/98/CE, de 19 de noviembre, sobre los residuos, la valorización es cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función, en la instalación o en la economía en general.

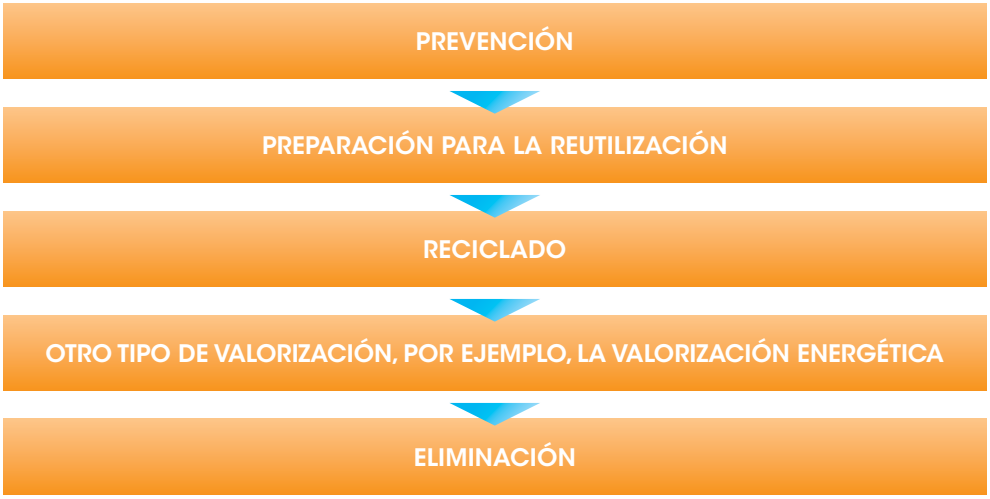
3.1 Marco normativo comunitario

A nivel comunitario, la coyuntura social tendente a una creciente sensibilización ciudadana por los problemas ambientales ha motivado que desde las instituciones comunitarias se hayan elaborado múltiples textos normativos sobre medio ambiente, hasta el punto que, hoy en día, un tercio del total de la normativa comunitaria son disposiciones de contenido ambiental.

Dentro de la normativa comunitaria se pueden encontrar diversos tipos de disposiciones, las cuales se diferencian básicamente por su alcance y capacidad vinculante. Así, es posible encontrar reglamentos, decisiones y directivas. Los dos primeros textos son de aplicación

directa en los Estados miembros sin necesidad de realizar transposición a la normativa estatal. En el caso de los Reglamentos su aplicación es obligatoria, si bien su contenido suele ser bastante general y, por otra parte, las Decisiones son igualmente de carácter obligatorio, si bien tienen destinatarios precisos y concretos. Por último, las Directivas sí requieren de una trasposición a la normativa propia de cada Estado miembro a fin de adaptar cada texto a la situación concreta de cada uno de ellos. En este caso, las Directivas son vinculantes en cuanto al resultado, pero no en los medios utilizados para la transposición.

En cuanto a la normativa comunitaria que puede afectar a la valorización de residuos en instalaciones de producción de cemento, existen dos tipologías de normativa: en materia de residuos y la relativa a la regulación de actividades industriales. En relación a la normativa en materia de residuos, la Directiva 2008/98/CE marca la jerarquía que se debe seguir en la gestión de los mismos:



De manera adicional a la normativa de carácter básico, las instancias comunitarias han desarrollado toda una serie de disposiciones legales de carácter específico para determinados tipos de residuos.

Esta normativa puede clasificarse en dos tipologías, aquella en la que se fijan unos objetivos de valorización para determinados residuos en un horizonte temporal, y aquella relativa al establecimiento de límites al vertido de determinados residuos.

Dentro de la normativa relativa a objetivos de valorización, se encuentra la relacionada con los envases y sus residuos[3], los vehículos al final de su vida útil[4] y los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos[5]. En este sentido la consecución de parte de estos objetivos se puede realizar mediante valorización energética de estos residuos, siendo su empleo en fábricas de cemento una buena alternativa para ello.

En relación a la normativa mediante la que se fijan límites al vertido[6], ésta es de afección a los neumáticos fuera de uso y los residuos biodegradables, lo que hace necesario la búsqueda de alternativas de gestión para estos residuos, siendo su valorización en cementeras una de ellas.

Por otro lado la propia actividad de valorización de residuos en actividades industriales también ha sido uno de los aspectos con incidencia normativa a nivel comunitario. La regularización y control de estos aspectos se refleja principalmente en dos normas (Directiva 1996/61/CE, sobre prevención y control integrados de la contaminación y Directiva 2000/76/CE, sobre incineración de residuos), cuyos aspectos más destacables son los siguientes:

- Se han fijado criterios procedimentales para regular el proceso de aceptación de residuos para coincineración.
- Se han establecido valores térmicos a alcanzar por los gases de combustión en caso de valorizarse residuos.
- Se han establecido limitaciones relativas a la alimentación de los residuos a la instalación.
- Se han definido valores límite de emisión para determinados contaminantes a alcanzar en los procesos de tratamiento térmico de residuos.
- Las instalaciones deben someterse periódicamente al trámite administrativo de autorización ambiental integrada, que tiene por objeto garantizar la protección del medio ambiente e integrar en un único trámite los diferentes permisos necesarios para la realización de la actividad.

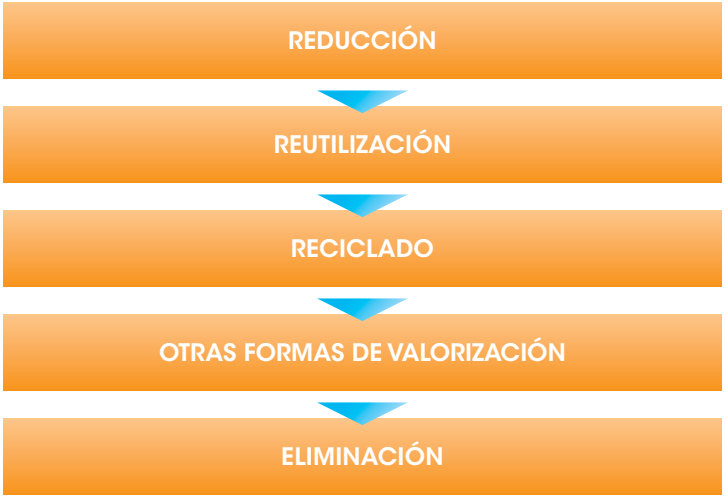
3 Directiva 2004/12/CE, por la que se modifica la Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases.
4 Directiva 2000/53/CE, relativa a los vehículos al final de su vida útil.
5 Directiva 2002/96/CE, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
6 Directiva 1999/31/CE, por la cual se regula la eliminación de residuos mediante vertedero.

Además, la Directiva 2000/76/CE, sobre incineración de residuos, dice que "la política comunitaria en materia de medio ambiente debe contribuir a la protección de la salud de las personas", y que "un elevado grado de protección del medio ambiente y la salud de las personas exige, en consecuencia, el establecimiento de condiciones operativas y de requisitos técnicos rigurosos, así como de valores límite de emisión, para las instalaciones de incineración o coincineración de residuos dentro de la Comunidad".

3.2 Marco normativo estatal

Dentro del marco legal estatal la existencia de diferentes niveles administrativos (estatal, autonómico y municipal) da lugar a la distribución de competencias entre cada escala administrativa. No obstante, este hecho queda bien delimitado dentro de la Constitución; así, según lo establecido en el artículo 149, el Estado tiene competencia exclusiva para dictar "legislación básica sobre protección del medio ambiente, sin perjuicio de las facultades de las comunidades autónomas de establecer normas adicionales de protección". Bajo esta premisa, es el Estado la autoridad competente superior a la hora de establecer las bases normativas en cuestiones ambientales en nuestro país, de manera que a partir de éstas cada Comunidad Autónoma tiene posibilidad de adoptarlas tal cual o, posteriormente, concretarlas y desarrollarlas a través de normativas propias autonómicas.

La jerarquía de gestión de los residuos a nivel estatal viene reflejada en artículo 1 de la Ley 10/1998, de Residuos, tal y como se muestra en la siguiente figura:



Igual que a nivel comunitario, a nivel estatal también se ha regulado el aprovechamiento de diferentes tipologías de residuos en fábricas de cemento, cuyos aspectos más relevantes se presentan en la Tabla 10 por tipología de residuo.

Tabla 10. Normativa estatal en materia de residuos.

Residuo afectado	Normativa	Afección sobre su posible utilización en instalaciones de producción de cemento
Residuos urbanos	Plan Nacional de Residuos Urbanos (2000-2006)	• El Plan preveía unos **objetivos de valorización de un 9% de estos residuos a finales del 2001 y de un 17,7% a finales de 2006**.
Residuos de construcción y demolición	I Plan Nacional de Residuos de construcción y demolición (2001-2006)	• El Plan contemplaba unos objetivos de valorización del 50%, como mínimo, de los residuos de envases de materiales de construcción antes del 31/12/2001, del cual un **25% se podría conseguir mediante valorización energética** (con un máximo de 75% para cada uno de los materiales citados en el anejo 4 del Real Decreto 782/1998, de 30 de abril). • Se consideraba la opción de valorización energética para aquellos residuos con posibilidades de valorización, tales como maderas, el papel, textiles, plásticos, basuras u otros, previa segregación por fracciones.
Lodos de depuradora	I Plan Nacional de Lodos de Depuradoras de Aguas Residuales (2001-2006)	• El Plan consideraba la valorización energética, en todas sus variantes, como vía de valorización de los lodos de depuradora. • El Plan fijaba como objetivos para antes del año 2007 la **valorización energética de un 15%** de los lodos de depuradora.
Vehículos al final de su vida útil	I Plan Nacional de Vehículos al Final de su Vida Útil (2001-2006)	En el Plan se fijan los siguientes objetivos cuantitativos: • Recogida y valorización a través de CARDs de al menos el 80% de VFUs en 2002. • Recogida y valorización a través de CARDs del 100% de VFUs en 2006. • Reutilización y valorización de al menos el 85% en peso de los VFUs antes de 2005 (75% para los vehículos fabricados antes de 1980), con **un máximo de 5% en peso de los VFUs en valorización energética para ambos casos**.
Neumáticos fuera de uso	I Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso (2001-2006)	• El Plan fijaba la recuperación y valorización del 100% de los NFUs enteros generados antes de 2007, incluidos los NFUs ya almacenados en los vertederos o depósitos existentes. • El Plan prohibía la eliminación (vertido o incineración sin recuperación energética de los NFUs) a partir del 1 de enero de 2006.
	Real Decreto 1619/2005, gestión de neumáticos fuera de uso	•Se prohíbe la deposición de neumáticos en vertedero desde el 16 de julio 2006, a excepción de los neumáticos de bicicleta y los neumáticos cuyo diámetro exterior sea superior a 1.400 milímetros. Esta limitación **puede permitir que aumente la viabilidad de utilización de estos residuos como combustibles en instalaciones de producción de cemento**. •El almacenamiento de los neumáticos fuera de uso en las instalaciones de los gestores no podrá superar, en el caso de que su destino final sea la valorización, el período de un año y la cantidad almacenada no excederá de la mitad de la capacidad anual autorizada de tratamiento.
	Real Decreto 1481/2001, eliminación de residuos mediante depósito en vertederos	
Harinas cárnicas	Real Decreto Ley 4/2001, valorización energética de harinas de origen animal	• La utilización de harinas cárnicas supone emisiones inferiores que el empleo de combustibles tradicionales. • La valorización energética de las harinas transformadas de despojos y cadáveres de animales mediante **su utilización como combustible en hornos de fábricas de cemento quedará exenta de la autorización administrativa** establecida en la Ley 10/1998, de 21 de abril, siempre y cuando no se valoricen cantidades de residuos superiores al 10%.
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	Real Decreto 208/2005, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos	Se transponen para el año 2006 los objetivos de la Directiva 2002/96/CE. • Para los grandes electrodomésticos un objetivo de valorización de un 80% de cada tipo de aparato, del cual **un 5% se podría conseguir mediante valorización energética**. • Para los equipos informáticos y de telecomunicaciones y de electrónica un objetivo de valorización de un 75%, del cual **un 10% se podría conseguir mediante valorización energética**. • De los pequeños electrodomésticos un objetivo de valorización de un 70%, del cual **un 20% se podría conseguir mediante valorización energética**.
Residuos biodegradables	Real Decreto 1481/2001, eliminación de residuos mediante depósito en vertedero	Se transponen los objetivos de la Directiva 1999/31/CE. • Se establecen limitaciones de entrada de residuos urbanos biodegradables en vertedero respecto a los niveles existentes el año 1995 (la máxima limitación se establece para el 16 de julio de 2016 con unos niveles permitidos equivalentes al 35% de los existentes el año 1995). • Esta limitación **puede permitir que aumente la viabilidad de utilización de combustibles preparados a partir de estos residuos en instalaciones de producción de cemento**

Las actividades de producción de cemento, de igual manera que lo establecido en la normativa europea, se encuentran sometidas al procedimiento de Autorización Ambiental Integrada[7].

Además, la utilización de residuos como combustible alternativo en los hornos de clínker es una actividad que se encuentra recogida en el Real Decreto 653/2003, sobre incineración de residuos (que transpone la Directiva 2000/76/CE, sobre incineración de residuos), que establece los condicionantes ambientales con el objetivo de impedir o limitar los efectos negativos sobre el medio ambiente así como los riesgos para la salud humana derivados de las actividades de coincineración de residuos. Hay que indicar que el Real Decreto 653/2003 no es de aplicación a las instalaciones que realicen tratamiento térmico de la biomasa vegetal.

3.3 Marco normativo autonómico

Con relación a la normativa autonómica relativa a la valorización de residuos en plantas cementeras, podemos clasificarla en cuatro apartados, en función de su aplicación directa o indirecta al tema, o en función del instrumento legal empleado por el legislador autonómico:

- En primer lugar hay que destacar que la mayoría de las comunidades autónomas disponen de normativa propia en materia de autorización ambiental integrada, que concreta y desarrolla para cada ámbito autonómico lo establecido en la Ley 16/2002, de prevención y control integrado de la contaminación. Con base en esta normativa se articula el procedimiento de concesión de las Autorizaciones Ambientales Integradas en donde se incluye o no el permiso para llevar a cabo la valorización así como los controles medioambientales asociados.

- Por otra parte, en las Comunidades Autónomas de Cataluña, Galicia, Madrid y Valencia, existen Leyes específicas en materia de residuos, que, al igual que en la Ley 10/1998, recogen la jerarquía de gestión de residuos situando a la valorización, por detrás de la reutilización y el reciclado y por delante de la eliminación de residuos en vertedero.

7 Ley 16/2002, de prevención y control integrados de la contaminación.

- Los únicos ejemplos de normativa autonómica de aplicación directa, que hablan expresamente de valorización en plantas cementeras los encontramos en Cantabria (Decreto 104/2006), País Vasco (Decreto 34/2003) y Cataluña (Orden de 15 de febrero de 1996). Estas tres disposiciones se refieren a valorización de escorias, reflejándose como usos admisibles de las escorias valorizadas su empleo como materia prima en la fabricación de cemento.

- Finalmente, es a nivel de los Planes y Programas autonómicos en sus distintas variantes: regionales, integrales, director,… donde se recoge de manera expresa la opción de utilizar a las plantas cementeras como herramienta complementaria para la gestión de los residuos. Así por ejemplo se refleja en el Plan de Prevención y Gestión de los Residuos Peligrosos de Andalucía, en el Plan Regional de ámbito sectorial de residuos industriales de Castilla y León o en el Plan Integral de residuos de la Comunidad Valenciana, por citar tres ejemplos representativos.

A continuación se recoge la normativa autonómica en materia de reciclaje y valorización energética de residuos en instalaciones industriales.

3.3.1 Andalucía

La valorización de residuos en cementeras se encuentra contemplada como una opción tanto en el Plan de Prevención y Gestión de los Residuos Peligrosos de Andalucía como en el Plan Director Territorial de Residuos Urbanos de la Comunidad.

Asimismo, la comunidad dispone de normativa propia en materia de autorización de instalaciones, la Ley 7/2007, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.

3.3.2 Aragón

La Comunidad Autónoma de Aragón (Plan Integral de Residuos-GIRA) no hace referencia explícita a la valorización energética de residuos en instalaciones de producción de cemento como una opción para el tratamiento de los residuos. No obstante, para el caso concreto de la madera y la biomasa no se descarta su aprovechamiento energético como forma de contribuir a la reducción de la generación de gases de efecto invernadero.

Por otro lado, al igual que ocurre en otras Comunidades Autónomas, Aragón dispone de una ley propia en materia de autorización de instalaciones, la Ley 7/2006, de Protección Ambiental.

3.3.3 Castilla-La Mancha

El Plan Regional de Residuos Peligrosos de Castilla-La Mancha no hace referencia explícita a la valorización de residuos en cementeras. No obstante el articulado del Plan sí recoge la valorización energética como opción de tratamiento, en el marco de la jerarquía de gestión existente a nivel comunitario y estatal.

Pese a no realizar una referencia explícita a las instalaciones de producción de cemento, el Plan prioriza la valorización energética de los residuos de la propia comunidad. Asimismo el Plan recoge como objetivo la valorización del 100% de los hidrocarburos y aceites valorizables, bien como combustible, bien para obtener aceite base.

3.3.4 Castilla y León

El Plan Regional de Ámbito Sectorial de Residuos Industriales de Castilla y León contempla la valorización energética de residuos industriales, siempre empleando las Mejores Técnicas Disponibles, y para aquellos residuos industriales adecuados y que no tengan posibilidad de otro tipo de valorización.

En este sentido, el Plan hace mención explícita a la valorización de residuos en cementeras, ya que se observa la necesidad de aumentar el aprovechamiento de residuos mediante valorización energética. Así, se prevén medidas para la promoción de convenios de colaboración con sectores con potencialidad para la valorización energética (como el cementero), tanto para el tratamiento de residuos peligrosos como no peligrosos.

Por otro lado, el Plan también plantea la necesidad de fomentar la reconversión de empresas para que usen residuos como materia prima en sus procesos productivos.

Castilla y León también dispone de normativa propia en materia de autorización de instalaciones, se trata de la Ley 11/2003, de Prevención Ambiental y sus posteriores modificaciones.

3.3.5 Cataluña

La Ley 6/1993, de Residuos de Cataluña contempla la posibilidad de adoptar diferentes medidas para la utilización de residuos como fuente de energía. Entre estas medidas se encuentran la preparación de residuos con el fin de facilitar su uso y comercialización como combustible y la promoción de técnicas y sistemas de aprovechamiento energético de los residuos.

En este sentido, el Programa de Gestión de Residuos Industriales de Cataluña contempla la posibilidad de valorizar energéticamente residuos. No obstante, el propio Plan indica que existe un límite de PCI de 30 MJ/kg para considerar a un residuo como valorizable, e indica que esta limitación debería modificarse para conseguir que mayores cantidades de residuos fueran gestionadas por esta vía.

La Ley 3/1998 de Intervención Integral y sus posteriores modificaciones, son la normativa específica en materia de autorización de instalaciones en la comunidad.

3.3.6 Comunidad Valenciana

El Plan Integral de Residuos de la Comunidad Valenciana prevé el uso en instalaciones cementeras de aceites usados, líquidos orgánicos, disolventes no recuperables y residuos citostáticos.

Asimismo, el Plan estima las necesidades de tratamiento térmico de la Comunidad en 16.013 toneladas anuales, cantidades que deberían, o bien exportarse a otras zonas, o bien emplearse en incineradoras móviles o plantas de producción de cemento.

La comunidad también dispone de normativa específica en materia de autorización de instalaciones, la Ley 2/2006, de Prevención de Contaminación y Calidad Ambiental.

3.3.7 Galicia

El Plan de Gestión de Residuos Industriales y Suelos Contaminados de Galicia contempla el empleo de dos tipologías de residuos en instalaciones de producción de cemento: neumáticos fuera de uso y lodos de depuradora.

3.3.8 Islas Baleares

Las competencias en materia de planificación de residuos en las Islas Baleares se encuentran repartidas entre el Gobierno Balear y los Consejos Insulares de cada isla, encargándose los primeros de la planificación en materia de residuos peligrosos y los segundos de la relativa a residuos no peligrosos.

En este contexto, la única referencia existente a instalaciones de producción de cemento en la planificación balear se encuentra en la Revisión del Plan Director Sectorial para la Gestión de los Residuos Urbanos en la Isla de Mallorca, donde se considera la utilización de escorias procedentes de la incineración como materia prima para la producción de cemento.

Por otro lado, la comunidad dispone de la Ley 16/2006, de Régimen jurídico de las Licencias Integradas de Actividad de las Islas Baleares como principal normativa en materia de autorización de actividades en el conjunto del archipiélago.

3.3.9 Islas Canarias

El Plan Integral de Residuos de Canarias considera que el principal destino de los residuos leñosos debe ser su procesado como combustible en industrias, mediante el astillado, empacado o compactado. No existiendo referencias de carácter directo al empleo de residuos en instalaciones de producción de cemento.

3.3.10 Comunidad de Madrid

El Plan de Residuos de la Comunidad de Madrid contempla la valorización de neumáticos fuera de uso en instalaciones industriales, pero como una opción menos preferible que la valorización material, por lo que se prevé como una opción de gestión minoritaria.

3.3.11 Navarra

El Plan Integrado de Gestión de Residuos de Navarra no hace referencia explícita a la valorización de residuos en instalaciones cementeras. No obstante, sí indica la necesidad de aprovechamiento de los residuos de la industria papelera, para la fabricación, únicamente con ellos o con otros residuos industriales o urbanos de un combustible con un poder calorífico suficiente que permita su utilización en sustitución de combustibles sólidos.

Asimismo, la comunidad dispone de normativa propia en materia de autorización de instalaciones industriales, la Ley Foral 4/2005, de Intervención para la Protección Ambiental.

3.3.12 País Vasco

El Acuerdo voluntario, firmado en 2003, entre el Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Gobierno Vasco, y las empresas Lemona Industrial S.A.U. y Sociedad Financiera y Minera S.A., para la mejora medioambiental en el sector del cemento incluye como objetivo potenciar la valorización, tanto material como energética, de distintos tipos de residuos peligrosos y no peligrosos.

Por otro lado, en el Plan Integral de Gestión de los Residuos Urbanos de Guipúzcoa se considera la posibilidad futura de valorizar energéticamente en instalaciones cementeras, o en cualquier otro sistema de valorización energética específica, una parte de los lodos de depuradora de dicha provincia.

Capítulo 4
ANÁLISIS DE LAS AUTORIZACIONES AMBIENTALES INTEGRADAS DE LAS FÁBRICAS DE CEMENTO

Se han analizado los principales aspectos de las Autorizaciones Ambientales Integradas, que, en cumplimiento de la Ley 16/2002 de Prevención y Control Integrados de la Contaminación, las instalaciones del sector del cemento han ido obteniendo. En este sentido, se han analizado las autorizaciones aprobadas y/o modificadas a fecha de diciembre de 2008.

Cabe resaltar que se han analizado las Autorizaciones Ambientales Integradas otorgadas a las cementeras integrales (que disponen de horno de clínker y molienda), de manera que las plantas que tan sólo realizan el proceso de molienda para la fabricación de cemento no se han incluido. En España, todas las instalaciones de fabricación de clinker cuentan con Autorización Ambiental Integrada, puesto que las dos únicas que por su tamaño no se verían afectadas por la Ley IPPC, sí están cubiertas por una Autorización Ambiental Integrada por la aplicación autonómica de la Ley o por su conexión con otras actividades industriales. Así, las autorizaciones evaluadas son las que se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Autorizaciones Ambientales Integradas analizadas.
Nota: entre paréntesis se indica la fecha de otorgamiento

COMUNIDAD AUTÓNOMA	INSTALACIÓN
Andalucía	Alcalá de Guadaira (5 de junio de 2006) Carboneras (14 de septiembre de 2007) Córdoba (2 de marzo de 2007) Gádor (22 de agosto de 2007) Jerez de la Frontera (15 de septiembre de 2006) Málaga (23 de julio de 2007) Niebla (26 de enero de 2009) Torredonjimeno (20 de junio de 2007)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	INSTALACIÓN
Aragón	Andorra (9 de diciembre de 2005) (planta en construcción) Morata de Jalón (28 de septiembre de 2007)
Asturias	Aboño (29 de abril de 2008) Tudela Veguín (29 de abril de 2008)
Cantabria	Mataporquera (14 de julio de 2005)
Castilla-La Mancha	Villaluenga de la Sagra (30 de abril de 2008) Yeles (7 de marzo de 2006) Castillejo (25 de julio de 2005)
Castilla y León	La Robla (11 de junio de 2008) Toral de los Vados (3 de junio de 2008) Venta de Baños (17 de julio de 2007)
Cataluña	Alcanar (12 de abril de 2002) Montcada i Reixac (29 de abril de 2008) Santa Margarida i els Monjos (19 de enero de 2007) Sant Feliu de Llobregat (29 de abril de 2008) Sant Vicenç dels Horts (12 de mayo de 2006) Vallcarca (13 de marzo de 2007) Vilanova i la Geltrú (5 de febrero de 2008)
Comunidad Valenciana	Sagunto (17 de diciembre de 2004) Buñol (22 de noviembre de 2006) Alicante (2 de agosto de 2007)
Extremadura	Alconera (4 de abril de 2005)
Galicia	Oural (8 de abril de 2008)
Islas Baleares	Lloseta (26 de junio de 2007)
Comunidad de Madrid	Morata de Tajuña (17 de noviembre de 2006)
Navarra	Olazagutía (7 de junio de 2007)
País Vasco	Añorga (8 de mayo de 2008) Arrigorriaga (25 de abril de 2008) Lemona (30 de abril de 2008)
Región de Murcia	Lorca (25 de agosto de 2008)

No obstante, cabe considerar que algunas de las instalaciones de producción de cemento realizaban valorización de residuos con anterioridad a la aparición de las Autorizaciones Ambientales Integradas, de acuerdo a autorizaciones anteriores existentes en el marco de la Ley 10/1998, de residuos. En el capítulo 5 se describe la situación de la valorización de residuos en el periodo 2004-2006.

En este capítulo se analizan las Autorizaciones Ambientales Integradas otorgadas por las Comunidades Autónomas. Es importante indicar que no todas las instalaciones señaladas como autorizadas están valorizando residuos, por diversos motivos como el plazo de adaptación de las instalaciones, o bien debido a motivos logísticos respecto de los residuos autorizados (como por ejemplo que sus poseedores los estén destinando a otras alternativas de gestión).

Los aspectos evaluados para cada una de las instalaciones analizadas han sido los siguientes:

- Utilización de residuos como combustible:
  - Residuos autorizados a ser utilizados como combustible.
  - Limitaciones respecto a la procedencia de los residuos.
  - Características requeridas:
    - Poder calorífico inferior mínimo (kcal/kg).
    - Tamaño.
    - Máximos contenidos de contaminantes permitidos en los combustibles.
  - Características de proceso requeridas:
    - Porcentajes máximos de sustitución.
    - Flujo másico.
    - Temperatura mínima de funcionamiento.
    - Tiempo de residencia mínimo.
  - Límites de emisión.

- Utilización de residuos como materias primas alternativas:
  - Residuos autorizados para su utilización como aditivos.
  - Máximos anuales de sustitución.
  - Máximos contenidos de sustancias contaminantes en los residuos empleados como materias primas.

4.1 Resumen del análisis de las Autorizaciones Ambientales Integradas

- Se han analizado un total de 38 Autorizaciones pertenecientes a 15 comunidades autónomas (Andalucía, Aragón, Asturias, Cantabria, Castilla-La Mancha,

Castilla y León, Cataluña, Comunidad de Madrid, Comunidad Valenciana, Extremadura, Galicia, Islas Baleares, Navarra, País Vasco y Región de Murcia).

- Las Autorizaciones Ambientales Integradas analizadas se encuentran en consonancia con la normativa vigente tanto a nivel comunitario (Directiva 96/61/CE, relativa a la prevención y al control de la contaminación) y estatal (Ley 16/2002, de prevención y control integrados de la contaminación), así como de la normativa desarrollada en la materia por las diferentes Comunidades Autónomas.

- Un total de 28 de las 38 instalaciones analizadas están autorizadas a valorizar residuos energéticamente. Las Comunidades Autónomas con un mayor número de instalaciones autorizadas a valorizar energéticamente residuos son Andalucía y Cataluña, seguidas de Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana y País Vasco.

- Existen 76 tipos de residuos autorizados a ser valorizados energéticamente, considerando cuatro dígitos de la Lista Europea de Residuos (LER). Los que se dan en un mayor número de Autorizaciones son los siguientes:

  - Categoría de Vehículos al final de su vida útil (LER 1601), concretamente los neumáticos.

  - Categoría de residuos de la fabricación y producción de carne, pescado y otros alimentos de origen animal (LER 0202), donde se incluyen combustibles preparados a partir de residuos de origen animal, como harinas cárnicas.

- Se establecen limitaciones respecto a la procedencia de los residuos a valorizar energéticamente en 16 de las 28 instalaciones donde se autoriza esta valorización. En general, se requiere que los residuos sean preparados por gestores autorizados; en ocasiones no aparece explícitamente mencionado en la AAI, pero sí en el proyecto de explotación (de acuerdo con la normativa en materia de residuos). También es común la mención de que no podrán emplearse residuos con otras opciones de reciclaje y reutilización que sean viables, intentando reflejar la jerarquía de gestión de residuos consagrada tanto en la normativa comunitaria, como en la Ley 10/1998, de Residuos.

- Se observa diversidad entre los requisitos establecidos para los combustibles alternativos, tanto respecto a los parámetros a evaluar como a los límites establecidos.

- Se establecen limitaciones respecto al poder calorífico inferior en 13 de las 28 instalaciones autorizadas a valorizar residuos energéticamente. En estos casos los valores mínimos superan las 1.500 kcal/kg.

- Con el objetivo de mantener las emisiones, sin que se vean afectadas con respecto a las que tienen lugar previamente a la alimentación de residuos, será o no necesario limitar ciertos parámetros en función del tipo de residuos, procedencia y variabilidad.

- Algunas instalaciones limitan el porcentaje de sustitución energética, mientras que otras establecen la limitación sobre la cantidad de residuos a valorizar anualmente.

- Las autorizaciones recogen las temperaturas mínimas de funcionamiento y tiempo de residencia de los gases que indica el Real Decreto 653/2003, de incineración de residuos.

- Los límites de emisión establecidos en las Autorizaciones respetan las condiciones y valores establecidos en el Real Decreto 653/2003.

- El trato que realizan las Autorizaciones en relación a los residuos empleados como materias primas alternativas es menos detallado. Así, en 14 instalaciones de las 38 totales no se menciona este aspecto. Existen 13 instalaciones que establecen limitaciones respecto al máximo de estas materias utilizables, y 10 donde se establecen requisitos respecto al contenido de sustancias contaminantes.

- Se han identificado 56 tipologías de residuos (considerando cuatro dígitos del código LER) autorizados para valorización material, siendo los residuos agrupados en las categorías de Residuos de centrales eléctricas y otras plantas de combustión (LER 1001), concretamente las cenizas volantes, y de Residuos

de la industria del hierro y el acero (LER 1002), en concreto las escorias de alto horno, los que están autorizados en un mayor número de instalaciones.

4.2 Autorización para la utilización de residuos como combustibles alternativos

4.2.1 Residuos autorizados

De las 38 plantas cuyas autorizaciones se han analizado, un total de 28 están autorizadas a valorizar energéticamente residuos en sus instalaciones. Existen 76 tipos de residuos autorizados a ser valorizados energéticamente, considerando cuatro dígitos de la Lista Europea de Residuos (LER). Los que se dan en un mayor número de Autorizaciones son los siguientes:

- Categoría de Vehículos al final de su vida útil (LER 1601), concretamente los neumáticos.
- Categoría de residuos de la fabricación y producción de carne, pescado y otros alimentos de origen animal (LER 0202), donde se incluyen combustibles preparados a partir de residuos de origen animal, como harinas cárnicas.

Tabla 12. Instalaciones autorizadas para valorizar energéticamente residuos.

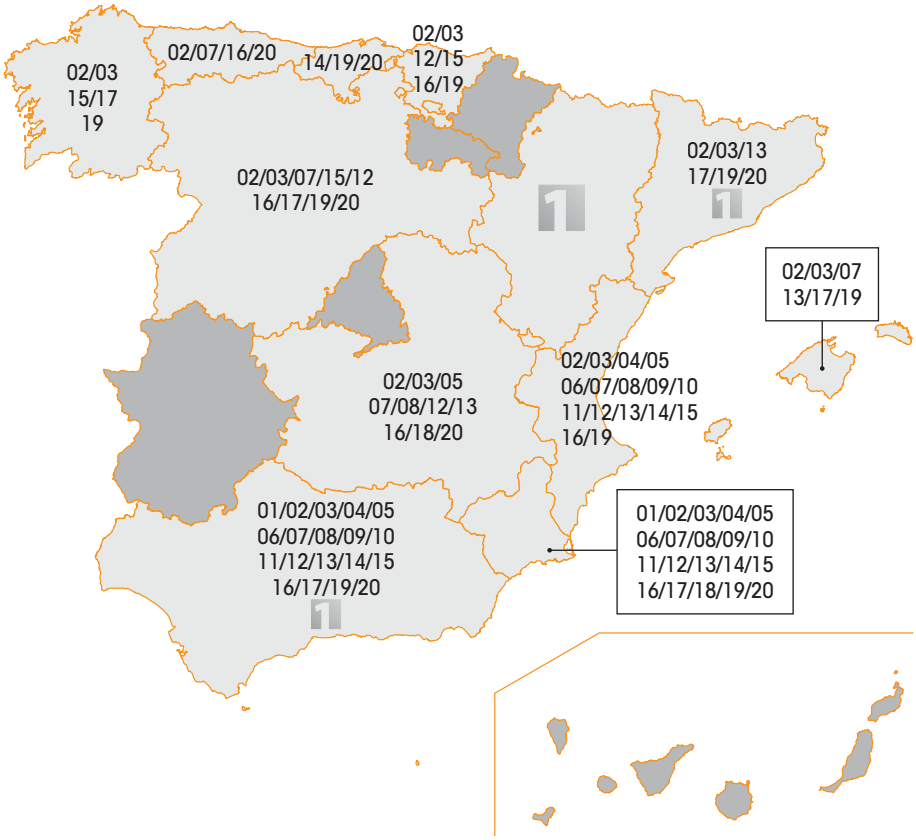
COMUNIDAD AUTÓNOMA	INSTALACIÓN	COMUNIDAD AUTÓNOMA	INSTALACIÓN
Andalucía	Carboneras Córdoba Gádor Jerez de la Frontera Torredonjimeno Málaga	Cataluña	Alcanar Montcada i Reixac Sant Feliu de Llobregat Vallcarca
		Comunidad Valenciana	Sagunto Buñol Alicante
Aragón	Morata de Jalón	Galicia	Oural
Asturias	Aboño	Islas Baleares	Lloseta
Cantabria	Mataporquera	País Vasco	Añorga Arrigorriaga Lemona
Castilla y León	La Robla Toral de los Vados Venta de Baños		
Castilla-La Mancha	Castillejo Villaluenga de la Sagra Yeles	Región de Murcia	Lorca

En el anexo III se indica para cada residuo qué plantas tienen autorizada su valorización energética.

Hay que indicar que en Alcanar y Morata de Jalón se ha autorizado a valorizar energéticamente biomasa vegetal, de manera que estas instalaciones no entran en el ámbito de aplicación del Real Decreto 653/2003, sobre incineración de residuos.

En la siguiente figura se indican los residuos autorizados para su valorización energética en las fábricas de cemento de las diferentes Comunidades Autónomas.

Figura 3. Residuos autorizados, por Comunidades Autonomas, para valorización energética en fábricas de cemento.



LER01	Residuos de la prospección, extracción de minas y canteras y tratamientos físicos y químicos de minerales
LER02	Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca; residuos de la preparación y elaboración de alimentos
LER03	Residuos de la transformación de la madera y de la producción de tableros y muebles, pasta de papel, papel y cartón
LER04	Residuos de las industrias del cuero, de la piel y textil
LER05	Residuos del refino del petróleo, de la purificación del gas natural y del tratamiento pirolítico del carbón
LER06	Residuos de procesos químicos inorgánicos
LER07	Residuos de procesos químicos orgánicos
LER08	Residuos de fabricación, formulación, distribución y utilización (FFDU) de revestimientos (pinturas, barnices y esmaltes vítreos), adhesivos, sellantes y tintas de impresión
LER09	Residuos de la industria fotográfica
LER10	Residuos de procesos térmicos
LER11	Residuos del tratamiento químico de superficie y del recubrimiento de metales y otros materiales; residuos de la hidrometalurgia no férrea
LER12	Residuos del modelado y del tratamiento físico y mecánico de superficie de metales y plásticos
LER13	Residuos de aceites y de combustibles líquidos (excepto los aceites comestibles y los de los capítulos 05, 12 y 19)
LER14	Residuos de disolventes, refrigerantes y propelentes orgánicos (excepto los de los capítulos 07 y 08)
LER15	Residuos de envases, absorbentes, trapos de limpieza, materiales de filtración y ropas de protección no especificados en otra categoría
LER16	Residuos no especificados en otro capítulo de la lista
LER17	Residuos de la construcción y demolición (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas)
LER18	Residuos de servicios médicos o veterinarios o de investigación asociada (salvo los residuos de cocina y de restaurante no procedentes directamente de la prestación de cuidados sanitarios)
LER19	Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos de las plantas externas de tratamiento de aguas residuales y de la preparación de agua para consumo humano y de agua para uso industrial
LER20	Residuos municipales (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones), incluidas las fracciones recogidas selectivamente
1	Biomasa vegetal

Los residuos cuya utilización está autorizada en un mayor número de instalaciones son:

- Vehículos al final de su vida útil (LER 1601): 17 instalaciones. En esta categoría se incluyen residuos como neumáticos fuera de uso y plásticos.

- Residuos de la fabricación y producción de carne, pescado y otros alimentos de origen animal (LER 0202): 17 instalaciones. En esta categoría se incluyen residuos como harinas cárnicas.

- Residuos de la producción primaria (LER 0201): 16 instalaciones. En esta categoría se incluyen residuos como madera, residuos plásticos agrícolas excepto embalajes, y restos de poda.

- Residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales no especificados en otra categoría (LER 1908): 16 instalaciones.

- Residuos de la fabricación y producción de tableros y muebles (LER 0301): 15 instalaciones. En esta categoría se incluyen residuos como serrín, virutas, madera, tableros de partículas y chapas, residuos de corteza y corcho.

- Residuos de la producción y fabricación de pasta de papel, papel y cartón (LER 0303): 15 instalaciones. En esta categoría se incluyen residuos como biomasa y restos de poda.

- Fracciones de residuos municipales de recogida selectiva (LER 2001): 12 instalaciones. En esta categoría se incluyen residuos como gomas, aceites y grasas comestibles, papel y cartón y plásticos.

- Madera, vidrio y plástico (LER 1702): 12 instalaciones.

- Residuos de la fabricación, formulación, distribución y utilización (FFDU) de productos químicos orgánicos de base (LER 0701): 12 instalaciones. En esta categoría se incluyen residuos como glicerina y lodos.

- Envases, incluidos los residuos de envases de la recogida selectiva municipal (LER 1501): 11 instalaciones.

- Residuos del tratamiento mecánico de residuos (por ejemplo, dosificación, trituración, compactación, peletización) no especificados en otra categoría (LER 1912): 11 instalaciones.

- Residuos del moldeado y tratamiento físico y mecánico de superficie de metales y plásticos (LER 1201): 11 instalaciones.

- Residuos de la FFDU de plásticos, caucho sintético y fibras artificiales (LER 0702): 10 instalaciones.

En la siguiente tabla se muestran los residuos autorizados en cada fábrica, agrupados en las siguientes categorías:

- RESIDUOS DE BIOMASA

  - Biomasa forestal y restos vegetales procesados por la industria alimentaria.
  - Residuos de industrias cárnicas, que incluye harinas cárnicas y grasas animales.
  - Lodos de depuradora de aguas residuales urbanas.
  - Otros residuos de biomasa, que incluye residuos de envases y residuos de las industrias del cuero, de la piel y textil.

RESIDUOS CON CONTENIDO PARCIAL DE BIOMASA

- Lodos de papelera, proceden del procesado de la pasta de papel y contienen celulosa y plástico.
- Combustible preparado a partir del rechazo de plantas de tratamiento de residuos municipales (CDR).
- Neumáticos fuera de uso.
- Residuos de fragmentación de vehículos fuera de uso.

RESIDUOS DE ORIGEN FÓSIL

- Residuos de hidrocarburos.
- Aceites minerales usados.
- Plásticos.
- Disolventes, pinturas, barnices y otros residuos líquidos.
- Otros.

Tabla 13. Categorías de residuos autorizados a valorización energética por fábricas.
Nota: Las casillas sombreadas corresponden a residuos autorizados.
El detalle del código LER del residuo autorizado en cada caso está en la Tabla 10.

	Biomasa forestal y restos vegetales	Residuos de industrias cárnicas	Lodos EDAR urbanas	Otros residuos de biomasa	Lodos de papelera	CDR	Neumáticos	Residuos de fragmentación de VFU	Residuos de hidrocarburos	Aceites minerales usados	Plásticos	Disolventes, pinturas, barnices y otros residuos líquidos	Otros
Jerez de la Frontera	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Carboneras	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
Gádor	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Torredonjimeno	■		■	■		■	■	■			■	■	■
Córdoba			■				■				■		

	Biomasa forestal y restos vegetales	Residuos de industrias cárnicas	Lodos EDAR urbanas	Otros residuos de biomasa	Lodos de papelera	CDR	Neumáticos	Residuos de fragmentación de VFU	Residuos de hidrocarburos	Aceites minerales usados	Plásticos	Disolventes, pinturas, barnices y otros residuos líquidos	Otros
Málaga	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Morata de Jalón	■												
Aboño	■						■						■
Mataporquera										■		■	
Villaluega de la Sagra		■			■	■	■		■	■	■	■	
Yeles		■			■		■			■	■	■	
Castillejo		■					■				■		
La Robla	■						■						■
Toral de los Vados	■	■	■				■				■		
Venta de Baños		■											
Alcanar	■												
Montcada i Reixac	■	■	■										
Sant Feliu de Llobregat	■	■	■										
Vallcarca			■										
Sagunto	■	■	■	■		■		■	■	■	■	■	■
Buñol		■										■	
Alicante		■	■				■						
Lloseta	■									■			
Oural	■	■											■
Añorga		■	■				■	■				■	■
Arrigorriaga	■	■	■								■		
Lemona	■	■	■	■		■	■	■	■		■	■	■
Lorca	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

4.2.2 Limitaciones respecto a la procedencia de los residuos

En este contexto, se ha observado el establecimiento de limitaciones respecto a la procedencia de los residuos a valorizar energéticamente en 16 de las 28 instalaciones donde se autoriza esta actividad. En general, se requiere que los residuos sean preparados por gestores autorizados; en ocasiones no aparece explícitamente mencionado en la AAI, pero sí en el proyecto de explotación (de acuerdo con la normativa en materia de residuos).

También es común la mención de que no podrán valorizarse energéticamente residuos con otras opciones de reciclaje y reutilización que sean viables, intentando reflejar la jerarquía de gestión de residuos consagrada tanto en la normativa comunitaria, como en la Ley 10/1998, de Residuos.

En una Comunidad Autónoma se prioriza la valorización energética de los residuos de la propia Comunidad.

La normativa europea sobre traslado de residuos garantiza la posibilidad de trasladar un residuo de un estado a otro si su fin va a ser la valorización. Por otra parte, el principio de suficiencia y proximidad, según la Directiva 2008/98/CE sobre los Residuos, no obliga a cada Estado miembro a disponer de la gama total de instalaciones de valorización. Por ello es deseable que dentro de España se reproduzca esta misma lógica y que se optimice la capacidad de las instalaciones disponibles para la valorización de residuos, aplicando el principio de proximidad en la medida de lo posible pero sin que ello suponga un detrimento de los objetivos globales de reducción de eliminación, fundamentalmente vertido.

4.2.3 Características de los residuos requeridos

En relación a las características que deben cumplir los residuos para ser valorizados energéticamente, se observa diversidad entre los requisitos establecidos en las diferentes autorizaciones analizadas, tanto respecto a los parámetros evaluados como a los límites establecidos. No obstante, cabe considerar que las características varían en buena medida según el tipo de residuo utilizado. Así, por ejemplo, para neumáticos fuera de uso no es necesario limitar el contenido de metales porque se trata de una cantidad estable; o los elementos semivolátiles sólo se limitan en aquellos residuos que los puedan contener en cierta cantidad (principalmente algunos residuos peligrosos de origen industrial).

Asimismo, las características a cumplir también se ven influenciadas por la configuración de la instalación en cuestión y por las cantidades de metales u otros elementos presentes en las materias primas naturales.

- Se establecen limitaciones respecto al **poder calorífico inferior** de los combustibles alternativos en 13 de las 28 instalaciones autorizadas a valorizar residuos energéticamente. En éstas los niveles mínimos establecidos siempre superan las 1.500 kcal/kg. Estas limitaciones de valores mínimos de poder calorífico se realizan con el objeto de optimizar los procesos de combustión en las plantas (en los casos en los que el residuo o la instalación lo requieran); también en ocasiones son puramente descriptivas y no responden a una limitación de proceso. Por ello, no se establecen de forma necesaria en todas las Autorizaciones Ambientales Integradas.

- La **granulometría** se considera en 5 de las autorizaciones analizadas. Los valores fijados son muy heterogéneos, pudiéndose adaptar en cada caso a los requerimientos de alimentación y combustión de cada horno y a cada residuo.

- Con el objetivo de mantener las emisiones sin que se vean afectadas con respecto a las que tienen lugar previamente a la alimentación de residuos, será o no necesario limitar ciertos parámetros en función del tipo de residuos, procedencia y variabilidad:

  - Los límites de cantidades máximas de **compuestos organohalogenados** se encuentran limitados en 14 instalaciones (límite de 1% ó 2%). En 9 instalaciones se limita el cloro por separado, entre un

0,1% y un 2% según las condiciones particulares de cada instalación, ya que puede generar problemas en los hornos (dependiendo de la configuración del horno y la composición de las materias primas) al favorecer la generación de pegaduras en éstos. Además, en 12 instalaciones se limita el flúor por separado, con límites que oscilan entre 0,2-1%.

- Los límites de cantidades máximas de **azufre**, en aquellos casos en que este parámetro se ha limitado (15 instalaciones), varían entre un 1% y un 6%, dependiendo de la planta y el residuo. La limitación en contenido de azufre es obligatoria sólo en residuos peligrosos; sin embargo existen algunas autorizaciones que también han optado por limitarlo en otros residuos. En general, en hornos de vía seca las condiciones de captación de SO_2 en la torre de ciclones hacen que esta limitación no sea necesaria.

- En 12 de las 28 instalaciones autorizadas a la valorización energética de residuos se limita el contenido en **mercurio** en 10 ppm.

- En cuanto a las cantidades máximas de otros elementos volátiles y semivolátiles, a veces aparecen junto con el mercurio: 5 de las 28 plantas autorizadas limitan el **talio** por separado, ya que este elemento habitualmente no se encuentra presente en los residuos utilizados como combustible (con límites que varían entre 50 y 100 ppm); 3 plantas limitan la suma de **cadmio y talio**, con límites que varían entre 12 y 100 ppm, y 11 instalaciones limitan la suma de **cadmio, talio y mercurio** en residuos en 100 ppm.

- Existen limitaciones respecto a otros **metales pesados** en 14 de las 28 autorizaciones que recogen la valorización energética de residuos, variando entre un 0,5% y un 1%. En los casos en los cuales no hay establecidos valores límite, es debido a que no está autorizado el uso de residuos que puedan contener estos metales pesados.

- En 14 de las 28 instalaciones autorizadas a valorizar residuos energéticamente se fijan valores máximos de policlorobifenilos y policloroterfenilos

(**PCBs y PCTs**) entre 10 y 50 ppm. En los casos en los cuales no hay establecidos valores límite, es debido a que no está autorizado el uso de residuos que puedan contener estos compuestos.

4.2.4 Características del proceso

La mayoría de las Autorizaciones Ambientales Integradas analizadas establecen requisitos respecto a las condiciones en que pueden operar las instalaciones. En este sentido, los principales aspectos regulados son:

- Porcentajes máximos de sustitución.
- Flujo másico.
- Temperatura mínima de funcionamiento.
- Tiempo de residencia.

En relación a las cantidades de residuos que se pueden tratar, en 10 de las 28 instalaciones autorizadas a valorizar energéticamente se establecen porcentajes máximos de sustitución. En otras instalaciones se establecen cantidades anuales.

Respecto a las temperaturas de funcionamiento, los límites recogidos en las Autorizaciones son los indicados por el Real Decreto 653/2003 para instalaciones en que se valoricen residuos (850ºC o 1.100 ºC cuando se valoricen residuos con más de un 1% de sustancias organohalogenadas).

Lo mismo ocurre con el tiempo de residencia de los gases, cuyos límites son los indicados por el Real Decreto 653/2003 para instalaciones en que se valoricen residuos (2 segundos).

4.2.5 Emisiones

Hay que destacar que para las instalaciones que no valoricen residuos, los valores límite de emisión dependerán de la aplicación de la Ley 16/2002 de Prevención y Control Integrados de la Contaminación para esa instalación concreta y en su entorno local.

El marco legal que establece las limitaciones de emisión es el Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos. En el Anexo II de dicho Real Decreto se establecen los valores límite de emisión a la atmósfera para las cementeras que

realicen valorización energética de residuos en sus hornos, salvo en los casos donde más del 40% del calor generado proceda de la combustión de residuos peligrosos, donde aplican los valores límite de emisión establecidos en el Anexo V (del Real Decreto 653/2003) para incineradoras. Así, los valores máximos establecidos en dicho Anexo II son los siguientes.

Tabla 14. Valores limite de emisión totales para hornos de cemento que coincineren residuos.

Contaminante		Concentración límite de emisión (mg/Nm^3, salvo indicación)
Partículas totales		30 (50*)
NO_x		800 (500**) (1200*)
SO_2		50 (***)
COT		10 (***)
HCl		10
HF		1
Dioxinas y furanos		0,1 ng I-TEQ/Nm^3
Metales pesados	Cd+Tl	0,05
	Hg	0,05
	Sb+ As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,5

(*) La Comunidad Autónoma podrá aplicar ese límite hasta el 1 de enero de 2008 a las instalaciones que quemen menos de 3 toneladas/hora de residuos
(**) Límite para hornos de cemento de nueva construcción
(***) La Comunidad Autónoma podrá autorizar exenciones en los casos en que el COT y el SO_2 no procedan de la combustión de residuos

Las Autonomías (autoridades competentes en materia medioambiental), en caso de que las condiciones locales del medio ambiente lo requieran, podrán proponer, si hay justificación técnica, el establecimiento de límites de emisión más bajos. Lo general en las autorizaciones analizadas es que se mantengan los límites establecidos por la Comunidad Europea.

A continuación se presentan las limitaciones recogidas en las Autorizaciones Ambientales Integradas, para la concentración de contaminantes para los gases procedentes de los hornos de clínker. Es preciso indicar que algunas de las autorizaciones (5) se encuentran en proceso de revisión por lo que los datos sobre límites de emisión son provisionales hasta la resolución de estos procedimientos:

- **Partículas sólidas totales (PST)**: se establecen límites de emisión en todas las Autorizaciones analizadas con hornos instalados.

  - En todas las instalaciones, en caso de valorizarse residuos, los límites de emisión para PST son de 30 mg/Nm^3, limitación fijada por el Real Decreto 653/2003, excepto en dos instalaciones, debido a que la biomasa vegetal[8] no entra en el ámbito de aplicación del Real Decreto.

  - Para plantas que no valorizan residuos el límite oscila entre 30 y 75 mg/Nm^3, siendo 50 mg/Nm^3 el límite más habitual en el 55% de éstas.

- **Óxidos de nitrógeno (NOx)**: se establecen límites de emisión en todas las Autorizaciones analizadas. Para plantas que no valorizan el límite habitual es 1.200 mg/Nm^3 (en el 65,5% de éstas), oscilando entre 500 mg/Nm^3 (para instalaciones nuevas) y valores superiores a 1.200 mg/Nm^3 en casos especiales. El límite actual para plantas que valorizan residuos es 800 mg/Nm^3.

- **Dióxido de azufre (SO_2)**: se establecen límites de emisión en todas las Autorizaciones analizadas, oscilando los valores límite de emisión entre 20 y 950 mg/Nm^3, con 3 valores mayores en casos particulares de hornos de cemento blanco o de hornos de vía semiseca que no valorizan residuos.

  - Para hornos que valorizan residuos el límite más común es 50 mg/Nm^3 (en el 46,5% de éstos), dependiendo este límite del contenido en compuestos volátiles de azufre en las materias primas, razón por la cual existe una exención en el Real Decreto 653/2003 para estas instalaciones.

  - En caso de no valorizarse residuos los límites de emisión oscilan entre 200 y 2.400 mg/Nm^3 (para un horno de vía semihúmeda), siendo 600 mg/Nm^3 el límite más común (casi en el 52% de las fábricas que no valorizan residuos).

8 En general este comentario es aplicable al resto de contaminantes.

- **Monóxido de carbono (CO):** se establecen límites de emisión en algunas Autorizaciones analizadas.

  - En caso de valorizarse residuos, los límites de emisión de aquellas autorizaciones que consideran este parámetro oscilan entre 600 y 2.000 mg/Nm^3. La emisión de CO no es representativa de la calidad de la combustión en las instalaciones cementeras, por eso no se fijan valores máximos de emisión a nivel estatal. La autoridad competente puede fijarlos si así lo considera, pero cabe señalar que esta sustancia no es uno de los contaminantes específicos del sector cementero, que deba tener un límite de emisión, de acuerdo con el documento BREF del Cemento, sino que se suele controlar más bien como parámetro de control de proceso.

  - En caso de no valorizarse residuos energéticamente, los límites de emisión de aquellas autorizaciones que consideran este parámetro oscilan entre 500 y 1.400 mg/Nm^3.

- **Carbono orgánico total (COT)**: se establecen límites de emisión en todas las instalaciones autorizadas para valorizar energéticamente residuos cuando realicen esta actividad.

  - En el 42% de estas instalaciones el límite es 10 mg/Nm^3, que aparece como límite de referencia en el Real Decreto 653/2003, aunque en este Real Decreto existe una exención para aquellas plantas cuya emisión no proceda de la combustión de residuos, como es el caso de 15 instalaciones, cuyo límite oscila entre 30 y 190 mg/Nm^3, no superando la mayoría de ellas los 100 mg/Nm^3.

- **Ácido clorhídrico (HCl) y ácido fluorhídrico (HF)**: se establecen límites de emisión en todas las instalaciones autorizadas a valorizar residuos energéticamente cuando realicen dicha actividad, adaptándose en todos los casos a los valores límite de emisión establecidos en el Real Decreto 653/2003 (10 mg/Nm^3 y 1 mg/Nm^3, respectivamente).

- **Dioxinas y furanos**: la Directiva europea 2000/76/CE establece el límite de emisión de dioxinas y furanos en 0,1 ng/Nm^3 para cualquier instalación de

tratamiento de residuos. Este valor aparece también como valor asociado a las MTDs en los documentos de referencia europeos y mundiales (documentos de desarrollo del Convenio de Estocolmo). Las autorizaciones analizadas requieren que las emisiones permanezcan por debajo de ese valor.

- **Mercurio (Hg)**: se establecen límites de emisión en todas las instalaciones autorizadas a valorizar residuos energéticamente cuando realicen dicha actividad en el ámbito del Real Decreto 653/2003, adoptándose en todos los casos al valor límite de emisión que establece dicho Real Decreto, de 0,05 mg/Nm^3.

- **Suma de cadmio y talio (Cd y Tl)**: se establecen límites de emisión de 0,5 mg/Nm^3.

- Para la **suma de antimonio, arsénico, cobalto, cobre, níquel, plomo, cromo, manganeso y vanadio (Sb, As, Co, Cu, Ni, Pb, Cr, Mn y V)** se establecen límites en todas las instalaciones autorizadas a valorizar residuos energéticamente cuando realicen dicha actividad, adoptándose en general el valor límite de emisión que establece el Real Decreto 653/2003, de 0,5 mg/Nm3. Algunas Au-

torizaciones mantienen agrupaciones de metales heredados de normativas anteriores, con límites totales distintos.

4.3 Autorización para la utilización de residuos y subproductos como materias primas alternativas

4.3.1 Residuos y subproductos autorizados

Se ha considerado como materias primas alternativas, tanto aquellos residuos empleados como sustitutos del crudo (materia prima que entra al horno), como aquellos utilizados para moler junto con el clinker (como componentes del cemento), estando estos últimos normalizados según Norma UNE-EN 197-1:2000 (cenizas volantes, escorias de alto horno, etc.)

El trato que se realiza en relación a los residuos empleados como materias primas alternativas en las diferentes autorizaciones es menos detallado que en el caso de la

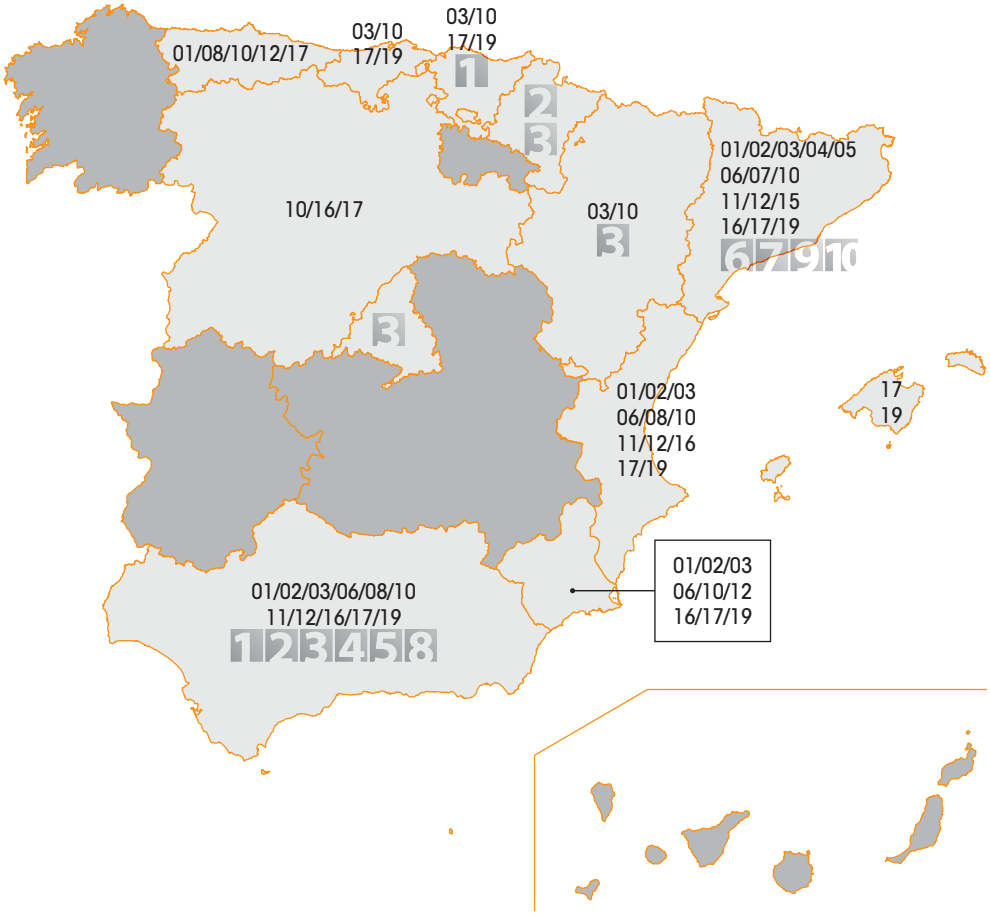
Tabla 14. Instalaciones con autorización explícita para utilizar residuos y subproductos como materias primas alternativas.

Comunidad Autónoma	Instalación
Andalucía	Carboneras Gádor Jerez de la Frontera Málaga
Aragón	Andorra Morata de Jalón
Asturias	Aboño
Cantabria	Mataporquera
Castilla y León	La Robla Toral de los Vados
Cataluña	Alcanar. Montcada i Rexac Sta. Margarida i els Monjos Vallcarca
Comunidad Valenciana	Sagunto Buñol Alicante
Islas Baleares	Lloseta
Comunidad de Madrid	Morata de Tajuña
Navarra	Olazagutía
País Vasco	Arrigorriaga Añorga Lemona
Región de Murcia	Lorca

utilización de flujos residuales como combustibles. Así, existen autorizaciones donde no se indica el código LER por considerarse ese tipo de materiales como subproductos y no como residuos.

En el siguiente mapa se indican los diferentes residuos y subproductos autorizados para valorizarse materialmente en las fábricas de cemento de las distintas Comunidades Autónomas.

Figura 4. Residuos y subproductos autorizados, por Comunidades Autónomas, para valorización material en fábricas de cemento.



LER01	Residuos de la prospección, extracción de minas y canteras y tratamientos físicos y químicos de minerales
LER02	Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca; residuos de la preparación y elaboración de alimentos
LER03	Residuos de la transformación de la madera y de la producción de tableros y muebles, pasta de papel, papel y cartón
LER04	Residuos de las industrias del cuero, de la piel y textil
LER05	Residuos del refino del petróleo, de la purificación del gas natural y del tratamiento pirolítico del carbón
LER06	Residuos de procesos químicos inorgánicos
LER07	Residuos de procesos químicos orgánicos
LER08	Residuos de fabricación, formulación, distribución y utilización (FFDU) de revestimientos (pinturas, barnices y esmaltes vítreos), adhesivos, sellantes y tintas de impresión
LER09	Residuos de la industria fotográfica
LER10	Residuos de procesos térmicos
LER11	Residuos del tratamiento químico de superficie y del recubrimiento de metales y otros materiales; residuos de la hidrometalurgia no férrea
LER12	Residuos del modelado y del tratamiento físico y mecánico de superficie de metales y plásticos
LER13	Residuos de aceites y de combustibles líquidos (excepto los aceites comestibles y los de los capítulos 05, 12 y 19)
LER14	Residuos de disolventes, refrigerantes y propelentes orgánicos (excepto los de los capítulos 07 y 08)
LER15	Residuos de envases, absorbentes, trapos de limpieza, materiales de filtración y ropas de protección no especificados en otra categoría
LER16	Residuos no especificados en otro capítulo de la lista
LER17	Residuos de la construcción y demolición (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas)
LER18	Residuos de servicios médicos o veterinarios o de investigación asociada (salvo los residuos de cocina y de restaurante no procedentes directamente de la prestación de cuidados sanitarios)
LER19	Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos de las plantas externas de tratamiento de aguas residuales y de la preparación de agua para consumo humano y de agua para uso industrial
LER20	Residuos municipales (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones), incluidas las fracciones recogidas selectivamente
1	Yeso arificial
2	Escorias de alto horno
3	Cenizas volantes
4	Esquistos encalcinados
5	Humo de sílice
6	Residuos de construcción y demolición
7	Lodos de clarificación de agua
8	Polvo de filtro híbrido
9	Carbonato cálcico
10	Escorias de horno eléctrico

En el Anexo IV se indica para cada residuo y subproducto qué plantas tienen autorizada su valorización material.

Los residuos y subproductos cuyo reciclaje está autorizado en un mayor número de instalaciones son los siguientes:

- Residuos de centrales eléctricas y otras plantas de combustión (LER 1001, excepto los del capítulo 19): 17 instalaciones. En esta categoría se incluyen residuos como las cenizas volantes.

- Residuos de la industria del hierro y el acero (LER 1002): 15 instalaciones. En esta categoría se incluyen residuos como las escorias de alto horno.

- Residuos de la fabricación de cemento, cal y yeso y de productos derivados (LER 1013): 14 instalaciones.

- Residuos de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos (LER 1701): 12 instalaciones.

- Residuos de la producción y transformación de pasta de papel, papel y cartón (LER 0303): 11 instalaciones.

- Residuos de la fundición de piezas férreas (LER 1009): 11 instalaciones.

- Residuos de la fundición de piezas no férreas (LER 1010): 11 instalaciones.

Las principales categorías de materias primas alternativas autorizadas se muestran a continuación (en el apartado 5.2.1 se puede consultar una descripción detallada de los mismos):

- Materias primas alternativas que se añaden al clínker **como componentes del cemento**:

  - Cenizas volantes.
  - Escorias de alto horno.

- Sulfato ferroso.
- Yeso artificial.

- Materias primas alternativas que entran a formar parte del crudo (materia prima del horno) **como sustitución de minerales**:

  - Estériles de mina.
  - Lodos de carbonatos.
  - Escorias negras siderúrgicas.
  - Otras escorias.
  - Cascarilla de hierro.
  - Polvo de mármol.
  - Material residual de otras industrias minerales.
  - Cenizas.
  - Espuma azucarera.
  - Cenizas de pirita.
  - Lodos férricos de alto horno.
  - Arena de fundición.
  - RCD (residuos de construcción y demolición).

4.3.2 Máximos anuales de materias primas alternativas

En relación a los máximos de materias primas alternativas se establecen las siguientes limitaciones.

Tabla 16. Máximos anuales de materias primas alternativas.

Comunidad Autónoma	Planta	Máximos de materias primas alternativas (t/año)
Andalucía	Jerez de la Frontera	Adición: 400.000 Sustitución: 200.000
	Carboneras	Adición: 500.000 Sustitución: 500.000
	Gádor	Adición: 400.000 Sustitución: 300.000
	Málaga	Adición: 400.000 Sustitución: 200.000

Comunidad Autónoma	Planta	Máximos de materias primas alternativas (t/año)
Aragón	Andorra	223.486
	Morata de Jalón	112.800
Asturias	Aboño	1.655.000
Cantabria	Mataporquera	–
Castilla y León	La Robla	–
	Toral de los Vados	–
Cataluña	Alcanar	–
	Montcada i Reixac	382.000
	Santa Margarida i els Monjos	330.000
	Vallcarca	200.000
Comunidad Valenciana	Sagunto	–
	Buñol	65.000
	Alicante	30.000
Islas Baleares	Lloseta	–
Navarra	Olazagutía	–
Comunidad de Madrid	Morata de Tajuña	–
País Vasco	Añorga	–
	Arrigorriaga	–
	Lemona	–
Región de Murcia	Lorca	Adición: 600.000 Sustitución: 250.000

"–" indica que no se contempla este aspecto en la AAI.

Del análisis de las Autorizaciones Ambientales Integradas se observa:

- Se establecen máximos de sustitución en el uso de materias primas alternativas en 13 de las 24 plantas que indican el uso de las mismas, con límites muy variables entre cada planta, desde 30.000 a 1.655.000 t/año, en función del tamaño de planta y tipo de residuo.

4.3.3 Máximos contenidos presentes en las materias primas alternativas

Para los residuos o subproductos que tradicionalmente se han empleado como materia prima alternativa no se considera necesario establecer limitaciones en su composición. Es el caso de adiciones como cenizas volantes, escorias y otros materiales normalizados.

Para otros residuos o subproductos, que por su procedencia puedan contener algún componente con potenciales efectos negativos sí se han establecido limitaciones en determinadas sustancias:

- Se establecen límites en relación a las sustancias contenidas en las materias primas alternativas utilizadas como sustitutos del crudo en 10 de las 38 autorizaciones analizadas. Estas limitaciones dependen de factores diversos como el tipo y procedencia del residuo, las cantidades empleadas y las características de la instalación.

- En relación a los límites respecto a los contenidos de **compuestos organohalogenados**, estos se establecen entre un 0,25% y un 1%. En relación al **cloro** se establecen límites por separado en 3 instalaciones (1%). Para **flúor** se establecen límites por separado en 4 instalaciones (0,1%).

- En relación al **azufre** se establecen límites en 4 instalaciones, con valores del 3%.

- El **mercurio** se limita en 4 instalaciones (con valores límite de 10 ppm). El **cadmio** se limita en dos instalaciones (50-100 ppm). El **talio** en 3 instalaciones (límite entre 50-100 ppm). Para la **suma de cadmio, talio y mercurio** se establece un límite de 100 ppm en 9 instalaciones. Los límites para otros metales pesados son de un 1% en dos instalaciones, de un 0,5% en otras 3 instalaciones, y de 0,25% en una instalación.

- En relación al **carbono orgánico total (COT)**, en 3 instalaciones se limita en 1% en peso, y en otra instalación se establece un 2% para este parámetro. Los límites respecto a los contenidos de sustancias lipófilas son de un 0,5% en tres instalaciones.

- En relación a los **policlorobifenilos (PCB/PCT)** se establecen límites de 10 ppm en tres instalaciones y de 30 ppm en otra instalación.

Capítulo 5
INVENTARIO POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS DEL RECICLADO Y LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS EN FÁBRICAS DE CEMENTO

5.1 Resumen del inventario del reciclado y la valorización energética de residuos

En relación al empleo de materias primas alternativas

- De las 41 instalaciones analizadas, prácticamente la totalidad (39) emplearon materias primas alternativas en sus procesos productivos durante los años 2004, 2005 y 2006.

- En este periodo llegaron a emplearse un total de 18 tipologías distintas de materias primas alternativas en el territorio español.

- Cataluña fue la comunidad autónoma con una mayor variedad de materias primas alternativas empleadas en sus instalaciones, con un total de 13 tipologías distintas en el periodo 2004-2006. La siguieron Asturias, donde se emplearon 12 tipologías distintas y Andalucía y el País Vasco con 10.

- El consumo total de materias primas alternativas empleadas en España ascendió a 5.546.102, 6.117.321 y 5.965.042 toneladas durante los años 2004, 2005 y 2006 respectivamente.

- De todas las materias primas alternativas utilizadas como adición al cemento, las más empleadas fueron las cenizas volantes (más de 3 Mt/año),y las escorias de alto horno (más de 1 Mt/año).

- El consumo de materias primas alternativas durante el año 2006 supuso el 11% del consumo total de materias primas.

En relación al consumo de combustibles

- El consumo total de combustibles tradicionales en España (considerando las 37 fábricas con horno de clínker) ascendió a 3.266.291, 3.384.063 y 3.406.606 toneladas durante los años 2004, 2005 y 2006 respectivamente.

- Para los combustibles alternativos, el consumo total realizado fue de 181.904, 261.468 y 298.148 toneladas durante los años 2004, 2005 y 2006. Así pues, el uso de combustibles alternativos supuso un 2,8%, un 3,8% y un 4,2 % en energía respecto al consumo total de combustibles en cementeras, un porcentaje reducido pero con tendencia al aumento anual.

- De los combustibles tradicionales, el coque de petróleo fue el combustible empleado en mayor medida, superando el 90% en peso del consumo anual de combustibles fósiles. Le sigue el carbón y, a mayor distancia, el fuel-oil, gas natural y gasóleo (con pesos cada uno de ellos inferiores al 6% del total anual de combustibles fósiles empleados).

- Las harinas cárnicas fueron la tipología de combustible alternativo más consumida, superando el 25% en peso del total de residuos valorizados cada año. A las harinas cárnicas las siguen los neumáticos fuera de uso y los disolventes, con porcentajes superiores al 10% en peso del total valorizado.

- La flexibilidad de los hornos cementeros para cambiar de combustible hace que las cantidades empleadas puedan variar, por ejemplo si se desarrollan otras vías de recuperación o reciclaje para un residuo.

- Las plantas cementeras analizadas evitaron la emisión a la atmósfera de 64.456, 213.586 y 278.217 toneladas de CO_2 en 2004, 2005 y 2006, respectivamente, gracias a la valorización de residuos procedentes de la biomasa.

5.2 Consumos asociados a la producción de cemento en españa

Las instalaciones de producción de cemento de España[9] presentaron en los últimos años los consumos de materias primas y de combustibles alternativos que se detallan

9 Se ha realizado el inventario de consumos de 41 instalaciones, correspondientes a las 37 fábricas integrales en funcionamiento (Andorra dispone de AAI pero no está en funcionamiento) y 4 moliendas.

en los epígrafes siguientes. El detalle de los consumos realizados en cada Comunidad Autónoma se presenta en el Anexo V.

5.2.1 Consumos de materias primas alternativas

Las fábricas de cemento presentan grandes posibilidades para aprovechar parte de los residuos minerales generados por otros procesos industriales:

- Por tener composición similar a la de sus materias primas. En este caso los residuos se emplean en la preparación inicial de las materias primas o "crudo".

- Por mejorar las prestaciones de los cementos. Estos residuos se pueden añadir como adiciones en la molienda del clínker junto con otros minerales, para dar lugar al cemento.

Se ha considerado como materias primas alternativas, tanto aquellos residuos empleados como sustitutos del crudo (materia prima que entra al horno), como aquellos utilizados para moler junto con el clinker (como componentes del cemento), estando estos últimos normalizados según Norma UNE-EN 197-1:2000 (cenizas volantes, escorias de alto horno, etc.)

Las instalaciones cementeras que durante los años 2004, 2005 y 2006 emplearon materias primas alternativas en sus procesos productivos fueron 39 del total de las 41 plantas analizadas.

En este periodo se emplearon dieciocho tipos de materias primas alternativas. Cataluña fue la Comunidad con mayor variedad de materias primas alternativas empleadas en sus instalaciones con un total de trece tipos entre 2004 y 2006. Asturias consumió 12 tipologías y Andalucía y País Vasco utilizaron 10 materias. El resto de Comunidades Autónomas no sobrepasaron las 10 tipologías empleadas en su producción.

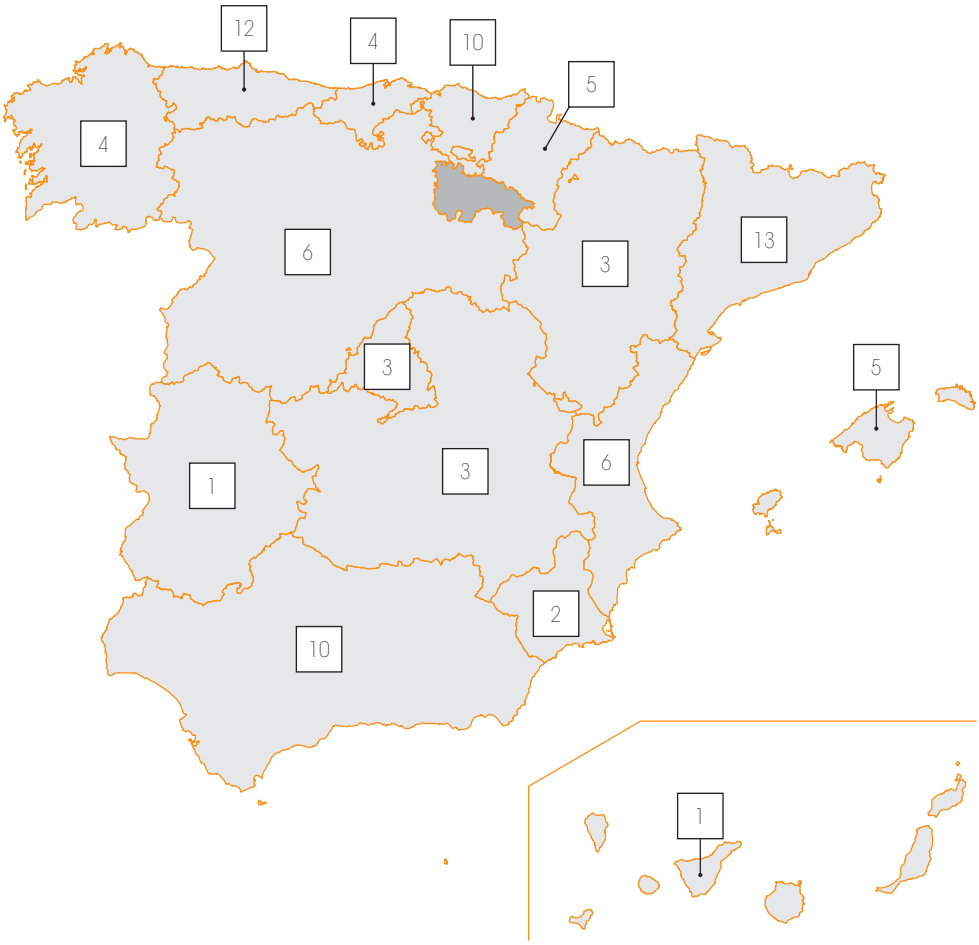
El consumo total de materias primas alternativas empleadas en España ascendió a 5.546.102, 6.117.321 y 5.965.042 toneladas durante los años 2004, 2005 y 2006 respectivamente. En el año 2005 se produjo un incremento de consumo y posteriormente, en

Tabla 17. Instalaciones cuyo consumo de materias primas alternativas ha sido analizado.
Nota: Las instalaciones que han empleado materias primas alternativas aparecen sombreadas en azul.

CCAA	Plantas	CCAA	Plantas
Andalucía	Alcalá de Guadaira	Cataluña	Alcanar
	Carboneras		Montcada i Reixac
	Córdoba		Sant Feliu del Llobregat
	Gádor		Sant Vicenç dels Horts
	Jerez de la Frontera		Sta. Margarida i els Monjos
	Málaga		Vallcarca
	Niebla		Vilanova i la Geltrú
	Palos de la Frontera	Comunidad Valenciana	Buñol
	Torredonjimeno		Sagunto
Aragón	Morata de Jalón		Alicante[1]
	Muel	Extremadura	Alconera
Asturias	Aboño	Galicia	Oural
	Tudela Veguín	Islas Baleares	Lloseta
Cantabria	Mataporquera	Islas Canarias	Tenerife
Castilla-La Mancha	Villaluenga de la Sagra		Arguineguín
	Yeles	Comunidad de Madrid	Morata de Tajuña
	Castillejo	Navarra	Olazagutía
Castilla y León	Venta de Baños	País Vasco	Añorga
	La Robla		Arrigorriaga
	Toral de los Vados		Lemona
		Región de Murcia	Lorca

1 Los consumos considerados en la planta de Alicante corresponden únicamente a la línea de cemento gris.

Figura 5. Número de tipologías de materias primas alternativas consumidas por Comunidades Autónomas (periodo 2004-2006).



el 2006, un leve descenso en éste, manteniéndose, no obstante, la tendencia creciente en este período concreto.

Andalucía fue la Comunidad Autónoma que consumió mayor cantidad de materias primas alternativas durante el periodo 2004-2006, seguida de Asturias y Cataluña, como se observa en el Gráfico 5.

Gráfico 3. Evolución del consumo total en España de materias primas alternativas durante 2004, 2005 y 2006, por acumulación de consumos autonómicos (toneladas).

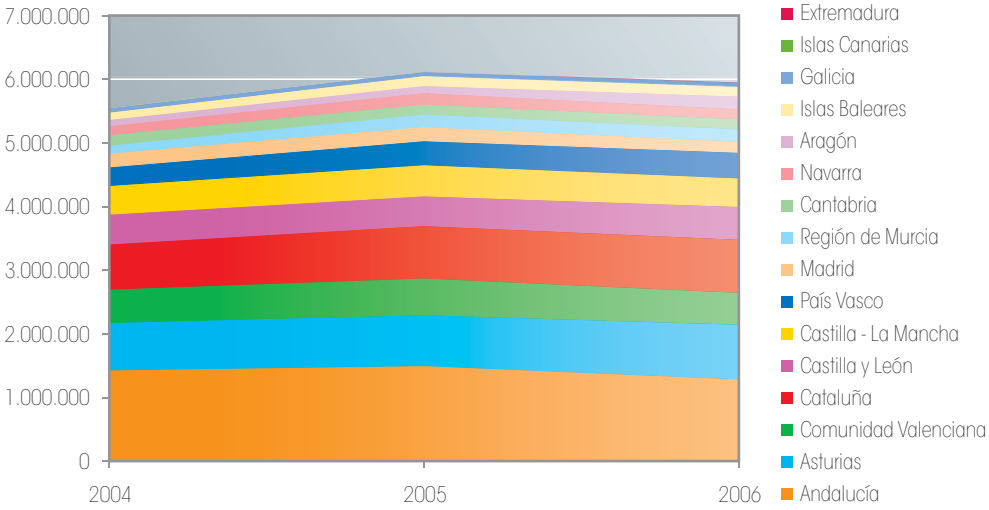


Gráfico 4. Evolución del consumo total en España de materias primas alternativas durante 2004, 2005 y 2006, según tipologías de materias primas (toneladas).

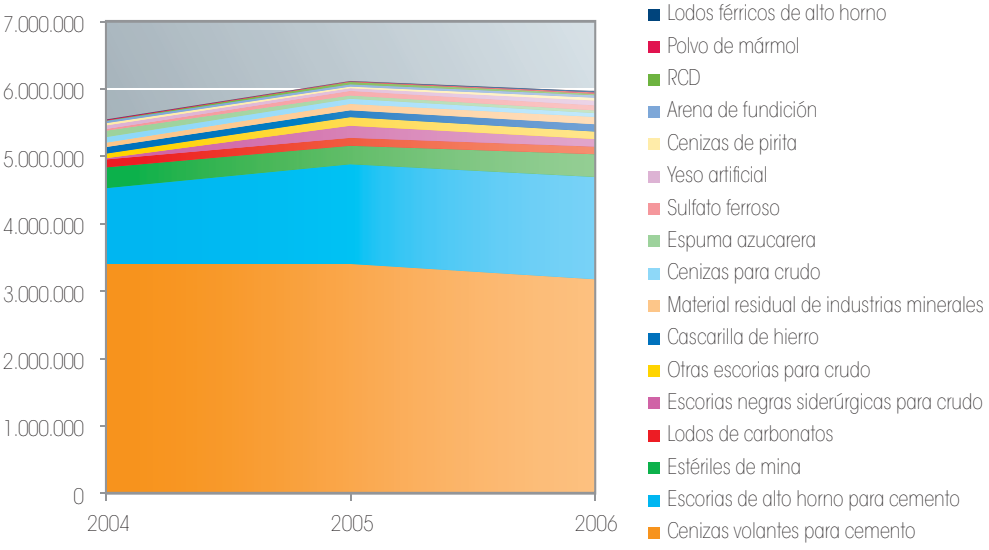


Gráfico 5. Consumos totales anuales de materias primas alternativas por Comunidades Autónomas durante 2004, 2005 y 2006 (toneladas).

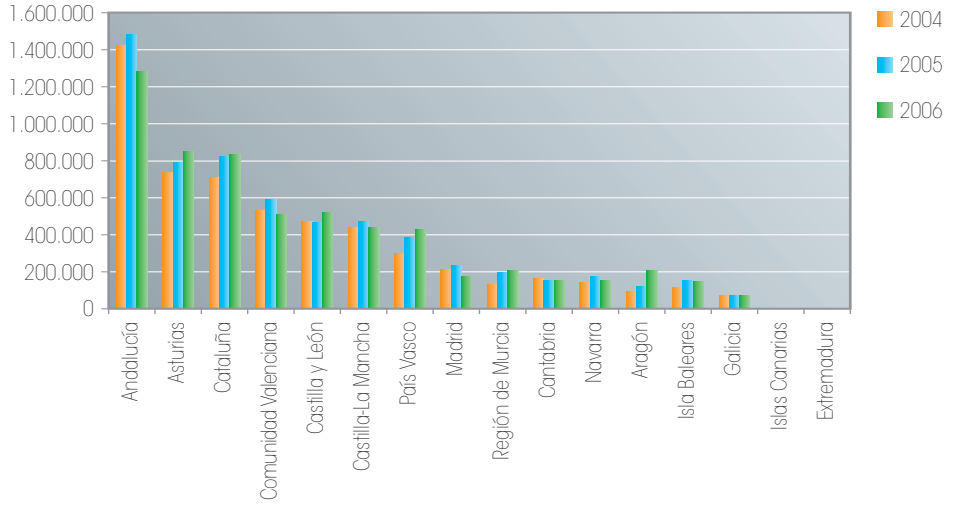
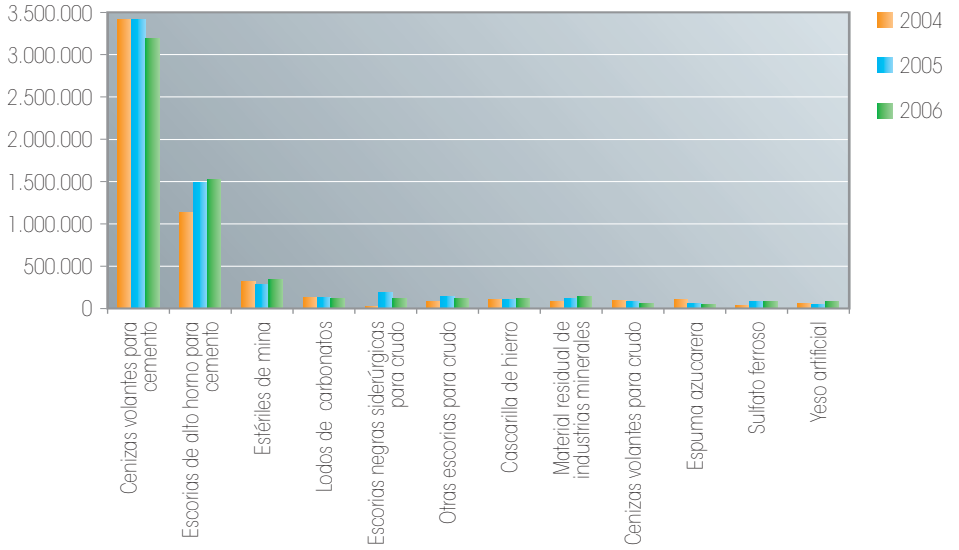


Gráfico 6. Evolución del consumo total en España de los diferentes tipos de materias primas alternativas (con consumos >100.000 toneladas) durante 2004, 2005 y 2006 (toneladas).

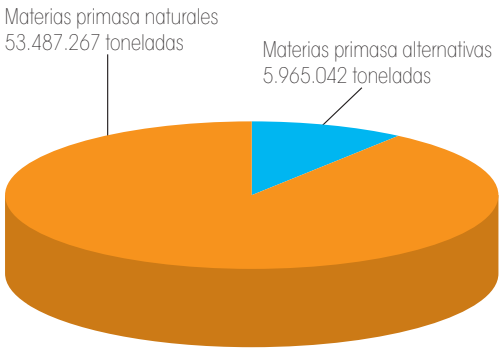


De todas las materias primas alternativas utilizadas como adición al cemento, las más empleadas fueron las cenizas volantes para cemento (más de 3 Mt/año), y las escorias de alto horno (más de 1 Mt/año). Seguidas de los estériles de mina, de los que se consumieron alrededor de 300.000 toneladas anuales, mientras que los consumos del resto de materias primas alternativas fueron bastante inferiores.

En el año 2006 se emplearon casi 6 millones de toneladas de materias primas alternativas, que supusieron el 11% del consumo de materias primas totales.

A continuación se indican los consumos asociados a cada tipología de materias primas alternativas empleadas por el sector cementero durante el periodo 2004-2006.

Gráfico 7. Consumo de materias primas naturales y alternativas (2006).



Materias primas alternativas que se añaden al clínker como componentes del cemento

Cenizas volantes

El consumo de cenizas volantes para cemento, que proceden de la combustión del carbón en instalaciones de generación de energía eléctrica, ascendió a 3.403.265, 3.403.976 y 3.176.657 toneladas anuales para los años 2004, 2005 y 2006. La Comunidad Autónoma que más empleó esta materia prima alternativa fue Andalucía, seguida de Castilla y León y Castilla-La Mancha (ver gráfico 8).

Escorias de alto horno

El consumo de escorias de alto horno para cemento (material no metálico formado por silicatos y otras bases producto de la fusión del hierro en un alto horno) ascendió a 1.123.650, 1.477.706 y 1.516.164 toneladas anuales para los años 2004, 2005 y 2006. Las Comunidades Autónomas que más emplearon esta materia prima alternativa fueron Asturias y Andalucía (ver gráfico 9).

Gráfico 8. Consumos de cenizas volantes para cemento por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).

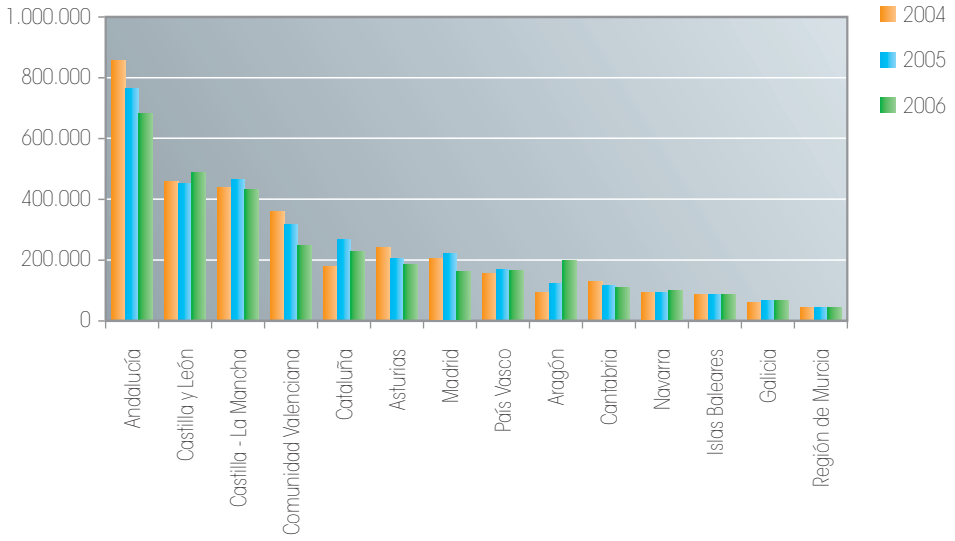
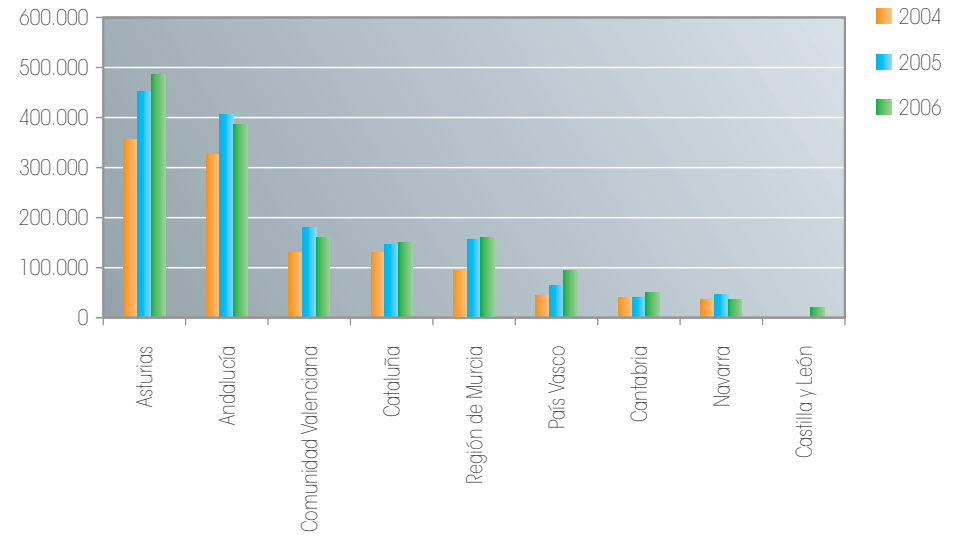


Gráfico 9. Consumos de escorias de alto horno para cemento por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).

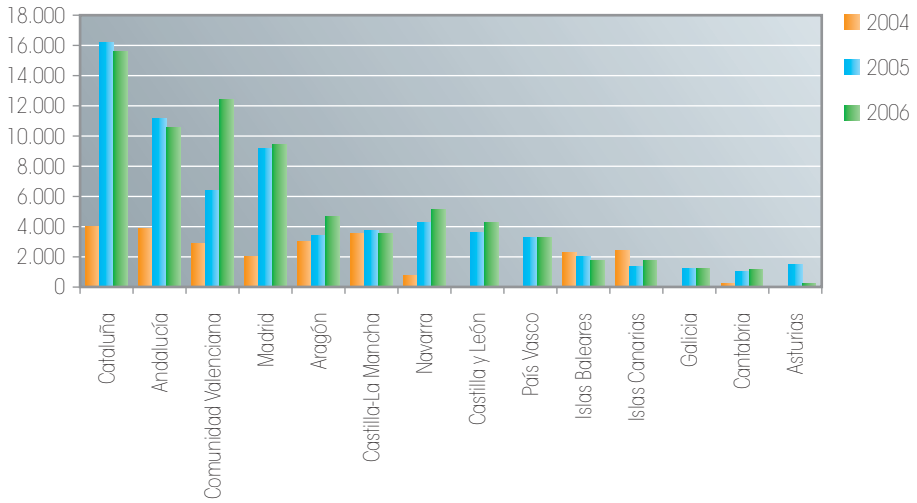


Sulfato ferroso

El consumo de sulfato ferroso ascendió a 24.784, 67.619 y 73.919 toneladas anuales para los años 2004, 2005 y 2006.

Esta sustancia se añade comúnmente a los cementos desde la entrada en vigor de la Directiva 2003/53/CEE del Consejo, respecto a la limitación de la comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos (nonilfenol, etoxilatos de nonilfenol y cemento). En ocasiones se trata de una sustancia química comercial, aunque en la mayoría de los casos procede del proceso de fabricación de dióxido de titanio, en el que se genera como subproducto. Por ello en el presente estudio se ha considerado como residuo a efectos de presentar estadísticas.

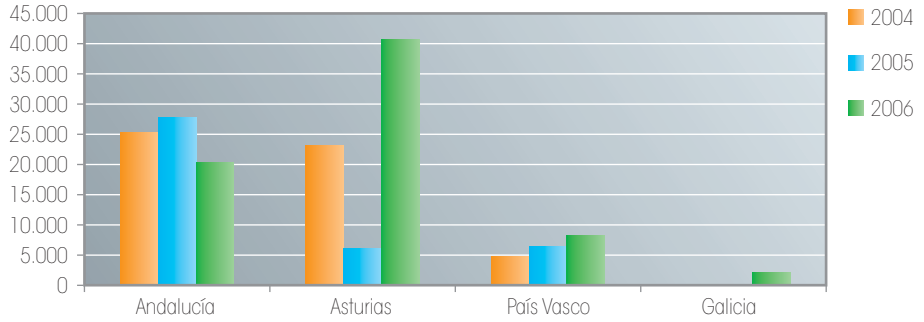
Gráfico 10. Consumos de sulfato ferroso por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Yeso artificial

El consumo de yeso artificial, que procede de la desulfuración de gases en grandes instalaciones de combustión, fue de 53.481, 40.198 y 71.681 toneladas anuales para los años 2004, 2005 y 2006 en el conjunto de instalaciones. En el Gráfico 11 se muestra el consumo realizado en las Comunidades Autónomas donde se utilizó esta materia prima alternativa.

Gráfico 11. Consumos de yeso artificial por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).

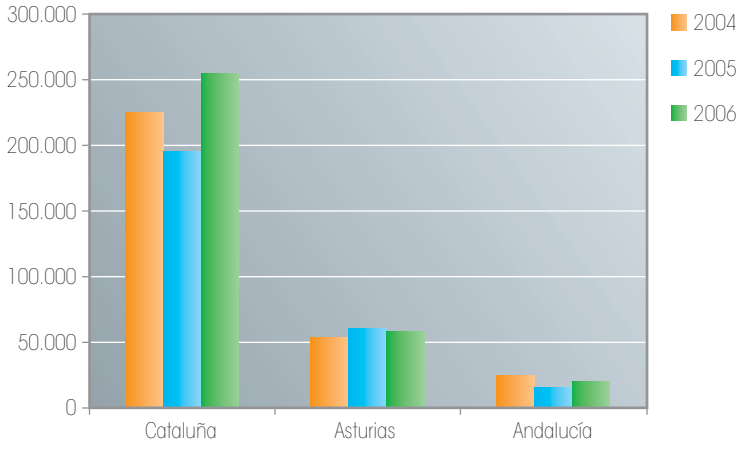


Materias primas alternativas que entran a formar parte del crudo como sustitución de minerales

Estériles de mina

De estériles de mina, procedentes de explotaciones mineras, se consumieron en el conjunto de instalaciones del estado español 307.606, 274.524 y 337.630 toneladas anuales durante los años 2004, 2005 y 2006. La Comunidad Autónoma que más empleó esta materia prima alternativa fue Cataluña, seguida de Asturias y Andalucía.

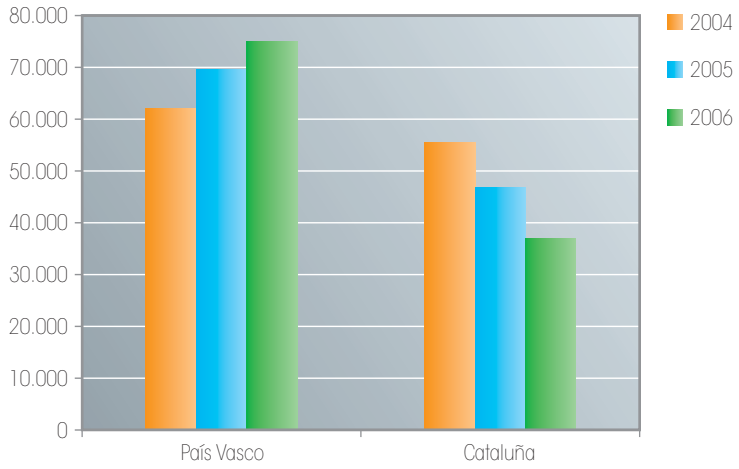
Gráfico 12. Consumos de estériles de mina por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Lodos de carbonatos

La presente categoría son lodos de distintos procesos industriales que contienen carbonato cálcico, principal componente necesario para fabricar clínker. Aquí se engloba a los lodos de carbonatos, los lodos de papelera e industriales y la chamota cerámica. En este contexto, la cantidad de estos materiales consumida ascendió a 118.069, 116.786 y 112.163 toneladas anuales para los años 2004, 2005 y 2006. Las únicas Comunidades Autónomas donde se empleó esta materia prima alternativa fueron País Vasco y Cataluña.

Gráfico 13. Consumos de lodos de carbonatos por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Escorias negras siderúrgicas

El consumo de escorias negras siderúrgicas para crudo (residuo procedente de la fabricación de acero en hornos eléctricos) ascendió a 17.743, 179.418 y 112.189 toneladas anuales para los años 2004, 2005 y 2006. La Comunidad Autónoma que más empleó esta materia prima alternativa fue Andalucía, seguida de la Comunidad Valenciana y Cataluña (ver gráfico 14).

Otras escorias

En cuanto a otras escorias para crudo el consumo realizado fue de 68.237, 127.881 y 111.527 toneladas anuales para los años 2004, 2005 y 2006 (ver gráfico 15).

Gráfico 14. Consumos de escorias negras siderúrgicas para crudo por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).

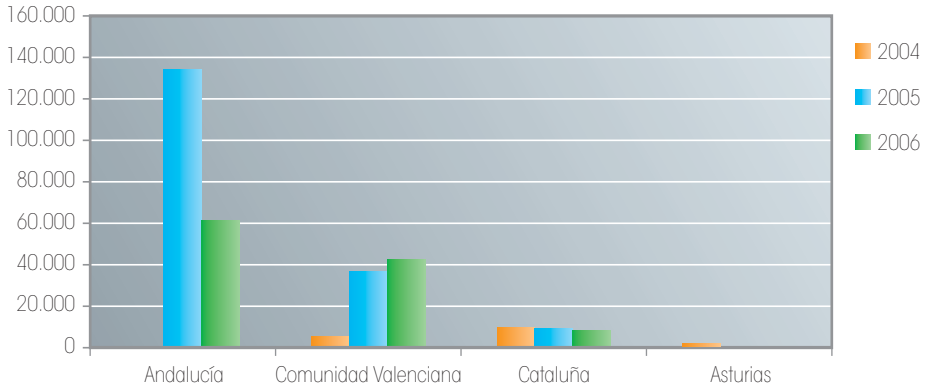
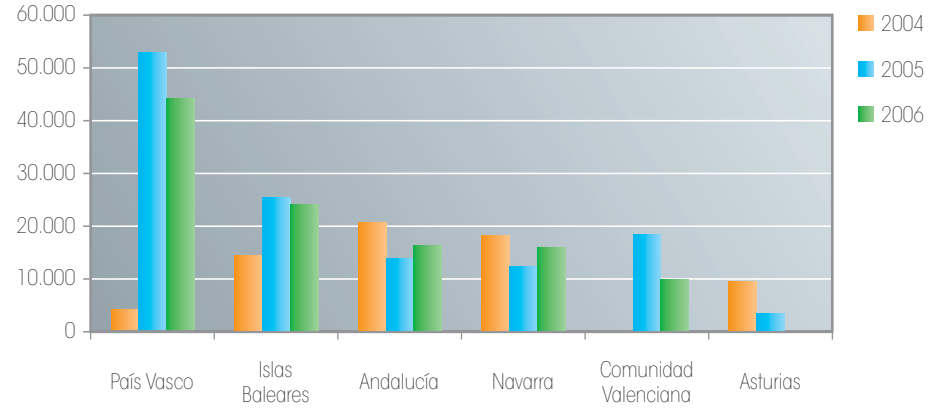


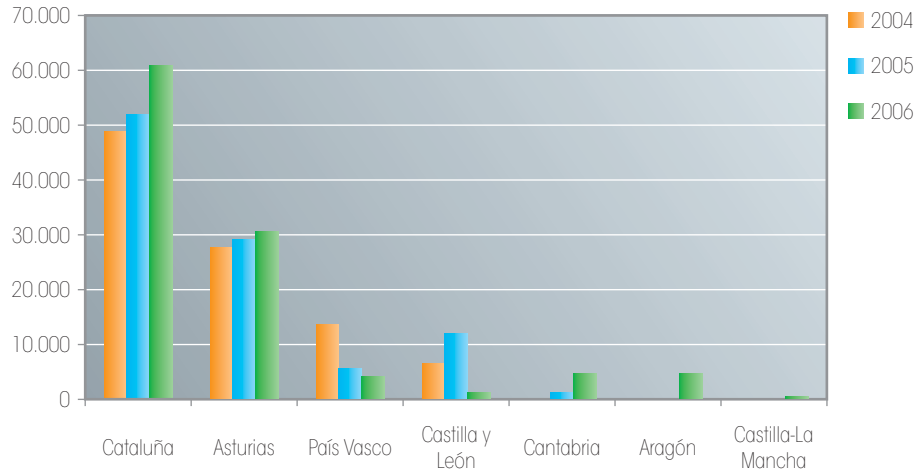
Gráfico 15. Consumos de otras escorias para crudo por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Cascarilla de hierro

La presente categoría engloba las cascarillas de hierro (procedentes de fundiciones) y las barreduras de mineral de hierro. En este contexto, el empleo de materiales de esta categoría ascendió a 97.203, 101.481 y 108.264 toneladas anuales para los años 2004, 2005 y 2006. La Comunidad Autónoma que más empleó esta materia prima alternativa fue Cataluña, seguida de Asturias y País Vasco.

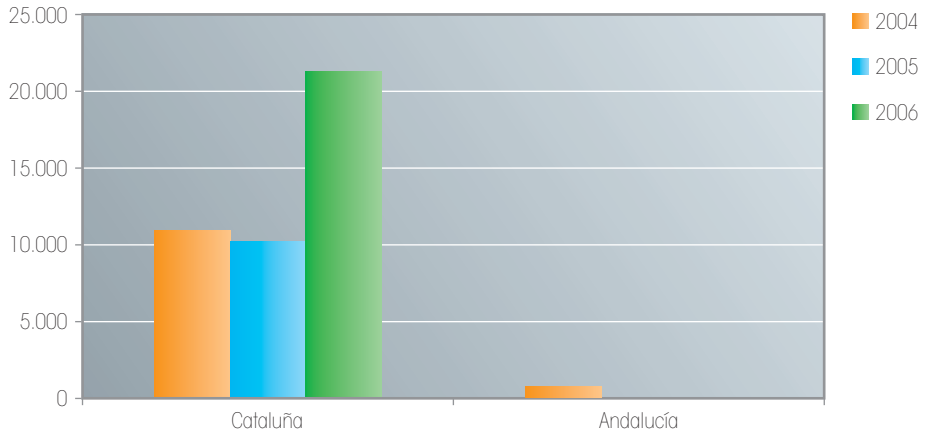
Gráfico 16. Consumos de cascarilla de hierro por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Polvo de mármol

En cuanto al consumo de polvo de mármol, procedente de la industria de la piedra natural, éste ascendió a 11.997, 10.408 y 21.392 toneladas anuales para los años 2004, 2005 y 2006. Esta materia prima alternativa sólo se utilizó en Cataluña y en Andalucía.

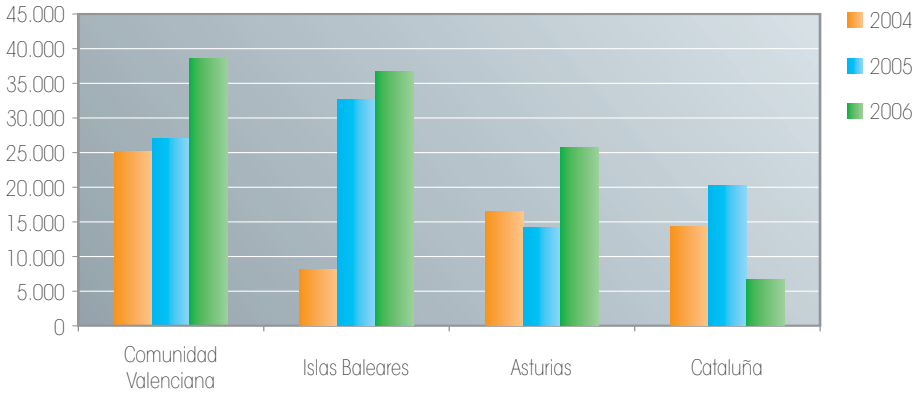
Gráfico 17. Consumos de polvo de mármol por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Material residual de otras industrias minerales

La presente categoría engloba a minerales residuales del aprovechamiento de rocas minerales, asimilables a calizas o margas, como las margas de excavaciones, los residuos de explotación de caolines, las mezclas de cal-caliza, los lodos de terrazo y los rechazos de hormigón. La cantidad de estos materiales consumidos fue de 64.872, 94.713 y 108.660 toneladas anuales para los años 2004, 2005 y 2006. La Comunidad Autónoma que más empleó esta tipología de materia prima alternativa fue la Comunidad Valenciana, seguida de las Islas Baleares y Asturias.

Gráfico 18. Consumos de polvo de residuo de industrias minerales por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Cenizas

El consumo de cenizas para crudo alcanzó las 82.408, 76.848 y 56.819 toneladas anuales para los años 2004, 2005 y 2006. La Comunidad Autónoma que más empleó esta materia prima alternativa fue Andalucía (ver gráfico 19).

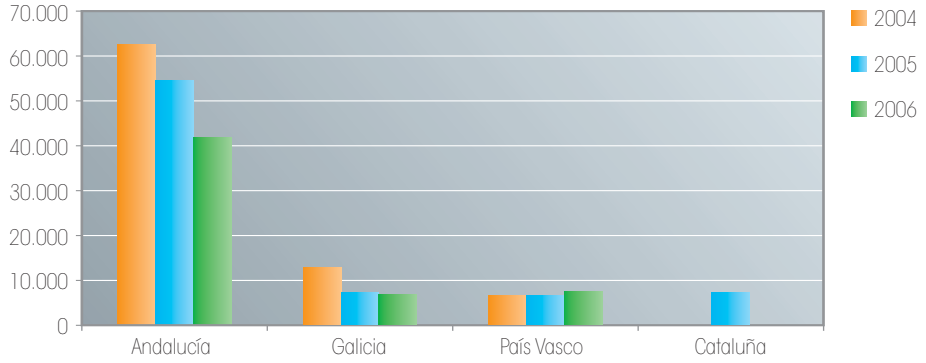
Estas cenizas suelen contener óxidos de sílice y calcio, y aluminio, que por ejemplo, proceden de procesos de combustión de lodos de papelera.

Espuma azucarera

En relación al consumo de espuma azucarera como materia prima alternativa éste únicamente se produjo en la Comunidad Autónoma de Andalucía con 95.585, 48.400 y 40.320 toneladas anuales en los años 2004, 2005 y 2006.

Esta espuma azucarera es un material residual del proceso de fabricación de azúcar de remolacha, que contiene carbonato cálcico.

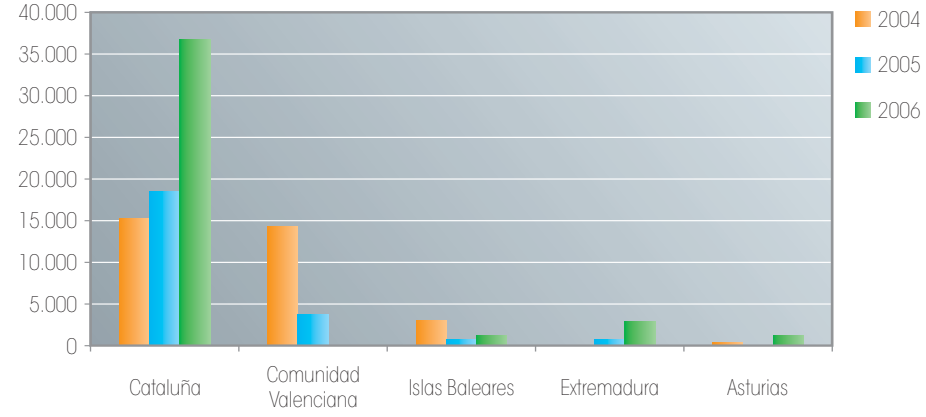
Gráfico 19. Consumos de cenizas para crudo por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Cenizas de pirita

El empleo de cenizas de pirita (residuo que queda al tostar la pirita para la obtención de ácido sulfúrico) ascendió a 33.414, 23.965 y 42.319 toneladas anuales para los años 2004, 2005 y 2006. La Comunidad Autónoma que más consumió esta materia prima alternativa fue Cataluña, seguida de la Comunidad Valenciana.

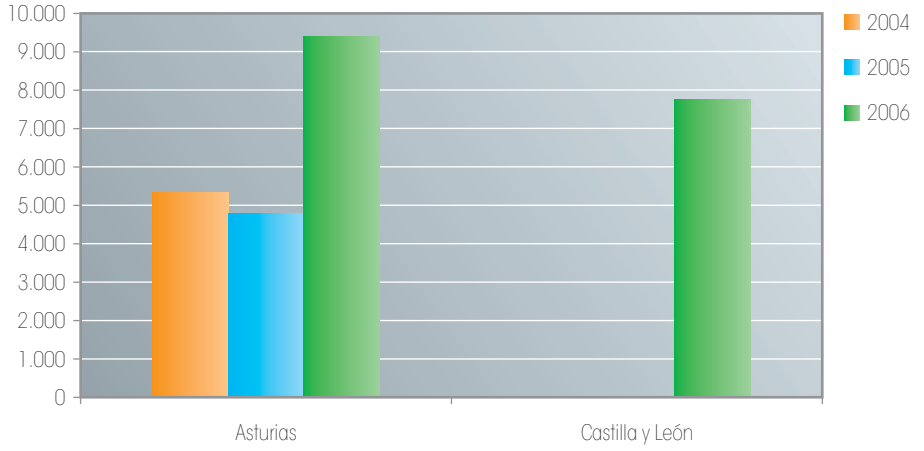
Gráfico 20. Consumos de cenizas de pirita por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Lodos férricos de alto horno

En cuanto al consumo de lodos férricos de alto horno, procedentes de la industria siderúrgica, éste ascendió a 5.339, 4.798 y 17.112 toneladas anuales para los años 2004, 2005 y 2006. Asturias ha sido la única Comunidad Autónoma que utilizó esta materia prima durante el periodo 2004-2006, ya que Castilla y León sólo la empleó durante el año 2006.

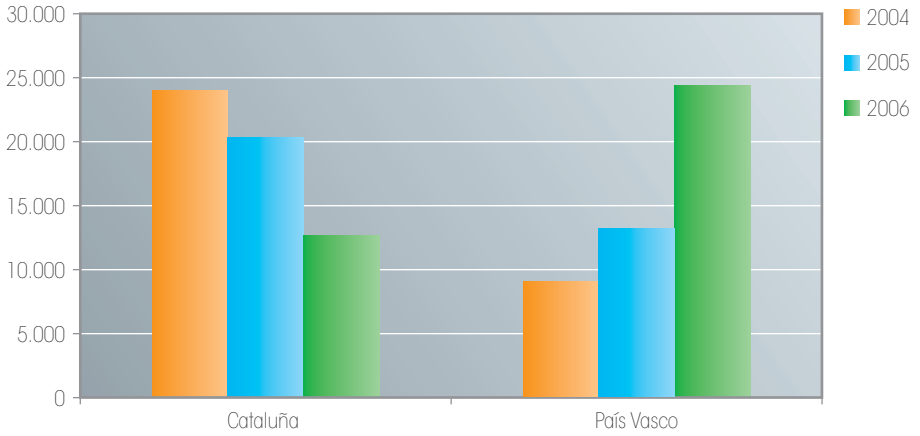
Gráfico 21. Consumos de lodos férricos de horno alto por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Arena de fundición

El consumo de arenas de fundición (principal residuo de la industria de fundición de metales) fue de 33.041, 33.568 y 37.006 toneladas anuales para los años 2004, 2005 y 2006. Únicamente se utilizó en Cataluña y País Vasco.

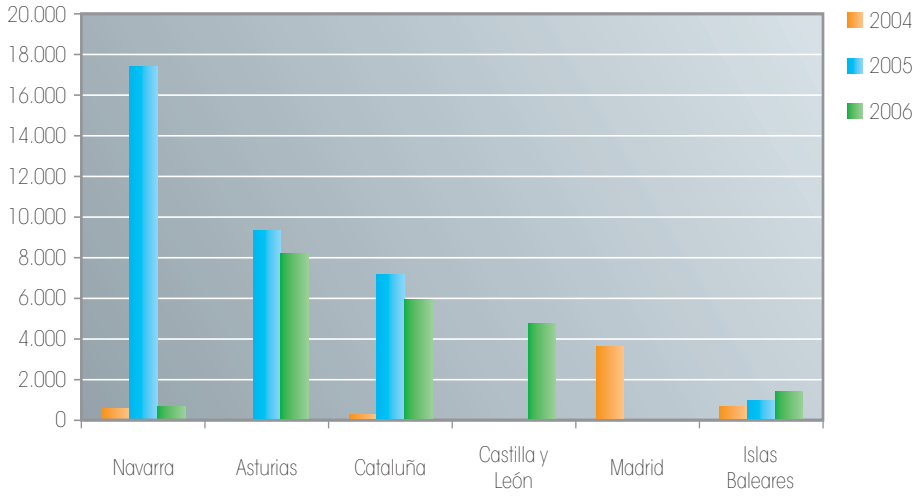
Gráfico 22. Consumos de arenas de fundición por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



RCD (residuos de construcción y demolición)

El consumo de RCD ascendió a 5.409, 35.032 y 21.220 toneladas para los años 2004, 2005 y 2006.

Gráfico 23. Consumos de RCD e por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



5.2.2 Consumo de combustibles

Las instalaciones cementeras durante los años 2004, 2005 y 2006 emplearon diferentes tipologías de combustibles para el desarrollo de su actividad: combustibles tradicionales o fósiles, y combustibles alternativos, estos últimos únicamente en 24 de las 37 fábricas con horno de clínker analizadas.

Tabla 18. Instalaciones cuyo consumo de combustibles ha sido analizado.
Nota: Las instalaciones que han empleado combustibles alternativos aparecen sombreadas en azul.

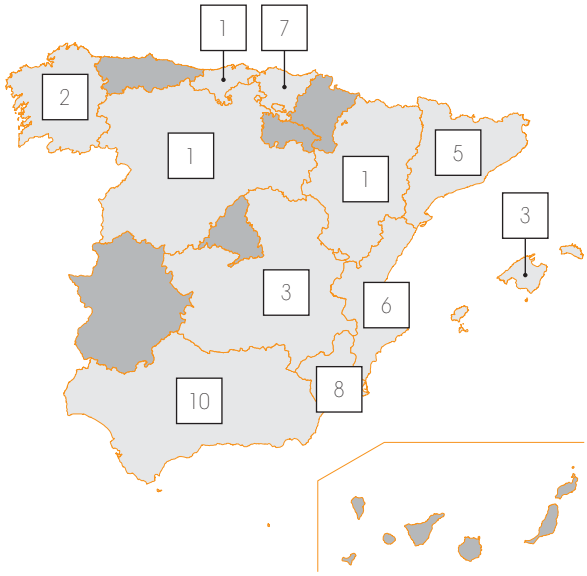
CCAA	Plantas	CCAA	Plantas
Andalucía	Alcalá de Guadaira	Cataluña	Alcanar
	Carboneras		Montcada i Reixac
	Córdoba		Sant Feliu del Llobregat
	Gádor		Sant Vicenç dels Horts
	Jerez de la Frontera		Sta. Margarida i els Monjos
	Málaga		Vallcarca
	Niebla		Vilanova i la Geltrú
	Torredonjimeno	Comunidad Valenciana	Buñol
Aragón	Morata de Jalón		Sagunto
Asturias	Aboño		Alicante[1]
	Tudela Veguin	Extremadura	Alconera
Cantabria	Mataporquera	Galicia	Oural
Castilla-La Mancha	Villaluenga de la Sagra	Islas Baleares	Lloseta
	Yeles	Comunidad de Madrid	Morata de Tajuña
	Castillejo	Navarra	Olazagutía
Castilla y León	Venta de Baños	País Vasco	Añorga
	La Robla		Arrigorriaga
	Toral de los Vados		Lemona
		Región de Murcia	Lorca

1 Los consumos considerados en la planta de Alicante corresponden únicamente a la línea de cemento gris.

Los combustibles tradicionales que se emplearon fueron carbón, coque de petróleo, fuel-oil, gas natural, gasóleo y otros combustibles.

En el caso de los combustibles alternativos se utilizaron 13 tipologías diferentes, de los cuales los empleados en un mayor número de Comunidades Autónomas fueron las harinas cárnicas, los neumáticos fuera de uso, otras formas de biomasa (celulosa u otros), los disolventes y los lodos de depuradora.

Figura 6. Número de tipologías de combustibles alternativos consumidos por Comunidades Autónomas (periodo 2004-2006).



El consumo total de combustibles tradicionales en España realizado en las treinta y siete plantas cementeras con horno de clínker en funcionamiento ascendió a 3.266.291, 3.384.063 y 3.406.606 toneladas, con una producción energética equivalente[10] a 25.735.000, 26.657.000 y 26.814.000 kilotermias, durante los años 2004, 2005 y 2006 respectivamente. Para los combustibles alternativos el consumo total realizado

10 Los Poderes Caloríficos Inferiores de los diferentes combustibles analizados en el estudio pueden consultarse en el Anexo VI del presente documento. Estos PCI responden a los valores promedios calculados a partir de las aportaciones de las diferentes instalaciones analizadas. También se muestra el rango de valores proporcionados por las empresas para cada residuo.

fue de 181.904, 261.468 y 298.148 toneladas, produciéndose una energía equivalente a 742.000, 1.049.000 y 1.178.000 kilotermias, consecutivamente durante los años 2004, 2005 y 2006. Así pues, **el uso de combustibles alternativos supuso un 5,3%, 7,2% y 8% en peso y un 2,8%, 3,8% y 4,2% en energía respecto el consumo total de combustibles en cementeras durante los años del periodo 2004-2006**, un porcentaje reducido pero con tendencia al aumento anual.

Gráfico 24. Evolución del consumo total en España de combustibles tradicionales y alternativos en peso (toneladas) durante 2004, 2005 y 2006.

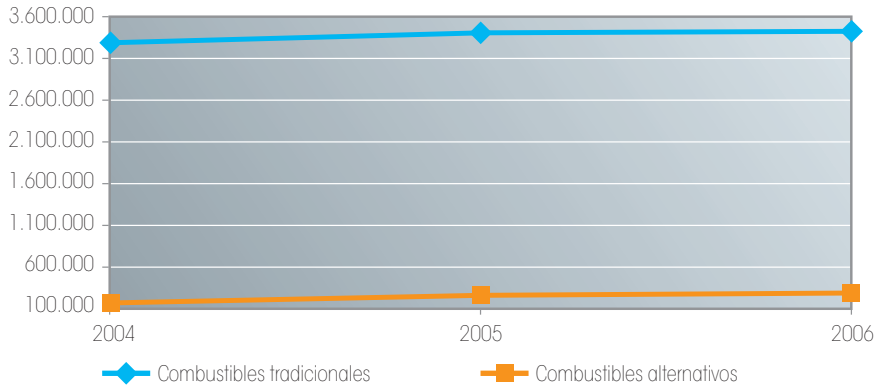


Gráfico 25. Evolución del consumo energético total en España de combustibles tradicionales y alternativos en unidades de energía (miles de kilotermias) durante 2004, 2005 y 2006.

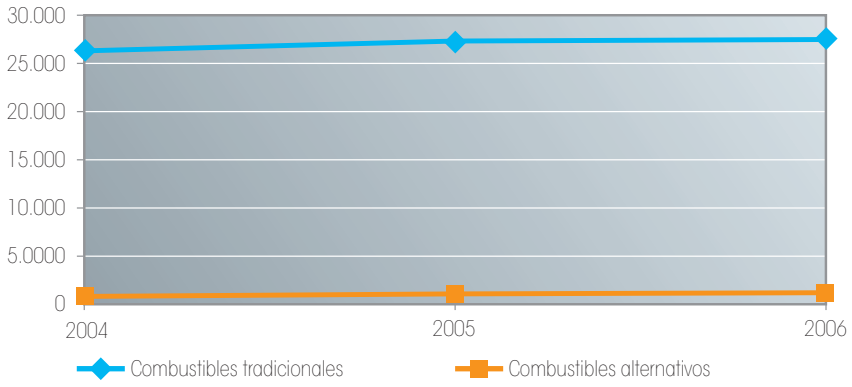
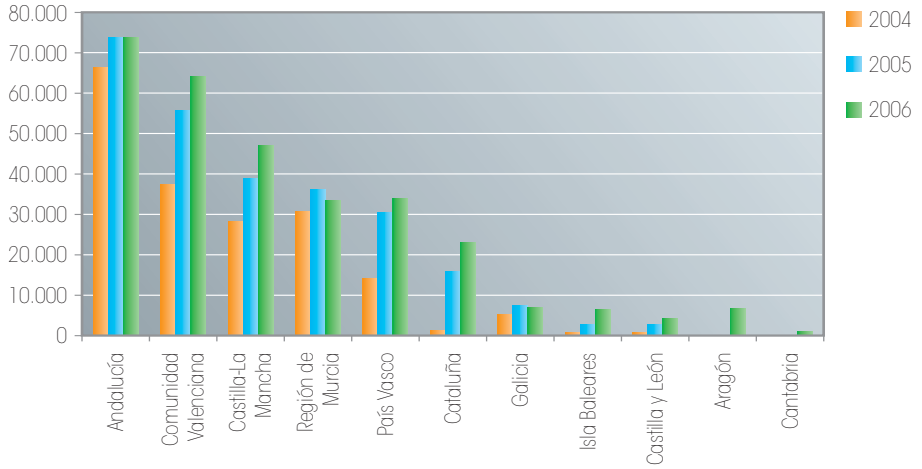


Gráfico 26. Consumo de combustibles alternativos por Comunidades Autónomas durante 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



El consumo de combustibles alternativos fue variable en cada Comunidad Autónoma. La Comunidad Autónoma con el mayor consumo de combustibles alternativos fue Andalucía, con consumos de 66.001, 73.607 y 73.545 toneladas en 2004, 2005 y 2006, respectivamente. Por debajo se posicionó la Comunidad Valenciana con 37.112, 55.328 y 63.762 toneladas anuales en 2004, 2005 y 2006, seguida de Castilla-La Mancha la cual consumió 27.962,

Figura 7. Porcentaje de sustitución energética de combustibles alternativos por Comunidad Autónoma.

Nota: el porcentaje indicado corresponde al año 2006.

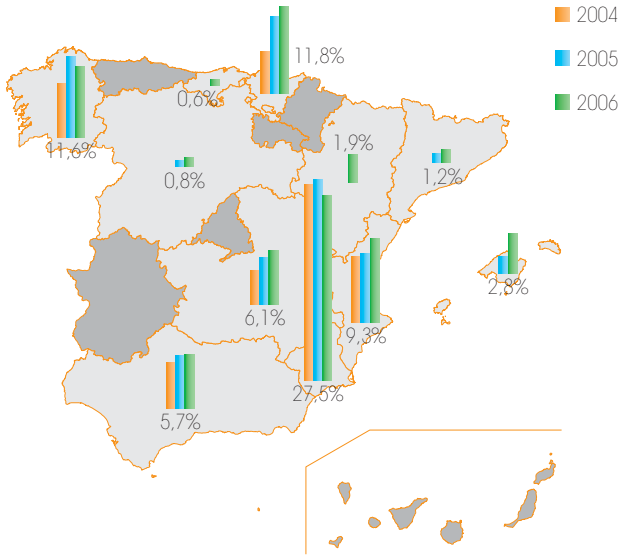


Tabla 19. Porcentajes de sustitución (en peso) de los combustibles alternativos por Comunidades Autónoma.

Comunidad Autónoma	2004	2005	2006
Andalucía	9,8%	11,1%	11,4%
Aragón	0,0%	0,0%	5,9%
Cantabria	0,0%	0,0%	1,1%
Castilla y León	0,1%	1,1%	1,6%
Castilla-La Mancha	6,9%	9,7%	11,2%
Cataluña	0,1%	1,9%	2,8%
Comunidad Valenciana	13,7%	14,5%	17,5%
Galicia	11,3%	17,2%	14,9%
Islas Baleares	0,0%	3,6%	8,4%
País Vasco	9,1%	16,5%	18,5%
Región de Murcia	41,5%	42,5%	38,7%
Total	5,3%	7,2%	8,0%

Tabla 20. Porcentajes de sustitución (en energía) de los combustibles alternativos por Comunidad Autónoma.

Comunidad Autónoma	2004	2005	2006
Andalucía	5,3%	5,7%	5,7%
Aragón	0%	0%	1,9%
Cantabria	0%	0%	0,6%
Castilla y León	0%	0,5%	0,8%
Castilla-La Mancha	3,6%	5,2%	6,1%
Cataluña	0,1%	0,8%	1,2%
Comunidad Valenciana	7,7%	7,5%	9,3%
Galicia	8,7%	13,3%	11,6%
Islas Baleares	0%	1,1%	2,8%
País Vasco	6,1%	10,7%	11,8%
Región de Murcia	25,2%	29,5%	27,5%
Media	2,8%	3,8%	4,2%

38.516 y 46.897 toneladas de combustibles alternativos en los mismos años de referencia.

El porcentaje de empleo de residuos como combustibles alternativos en relación al total de combustibles consumidos por Comunidad Autónoma muestra cómo los combustibles alternativos se emplearon en menor proporción que los tradicionales, no alcanzando en ninguna de las Comunidades Autónomas el 43% anual (de sustitución másica) ni el 30% anual (de sustitución energética).

La Región de Murcia fue la Comunidad Autónoma con mayores porcentajes de sustitución de combustibles alternativos, con un 25,2%, 29,5% y 27,5% en energía en 2004, 2005 y 2006, respectivamente. Seguida del País Vasco y Galicia, con porcentajes de sustitución energética comprendidos entre el 6,1% y 13,3% anual.

A continuación, se detalla el consumo de combustibles por tipología y por Comunidades Autónomas en el mismo período analizado.

5.2.2.1 Consumo de combustibles tradicionales por tipología

El consumo de combustibles tradicionales significó el 94,7%, 92,8% y 92% en peso así como el 97,2%, 96,2% y 95,8% de sustitución térmica respecto el total de combustibles

Gráfico 27. Evolución del consumo total en España de combustibles tradicionales durante 2004, 2005 y 2006 (toneladas).
Nota: el dato indicado entre paréntesis corresponde al año 2006.

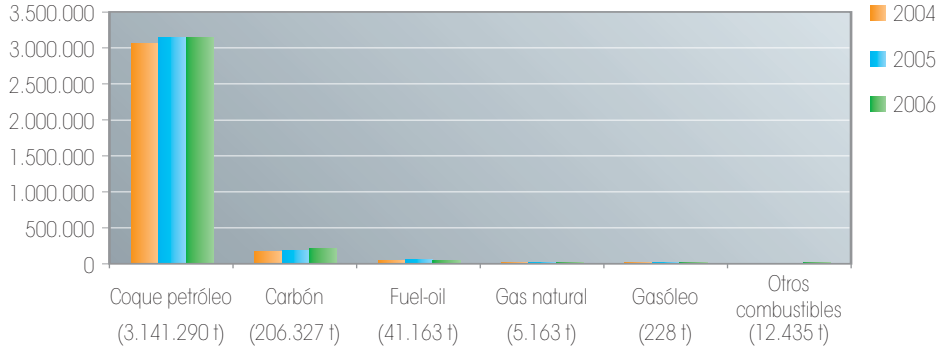
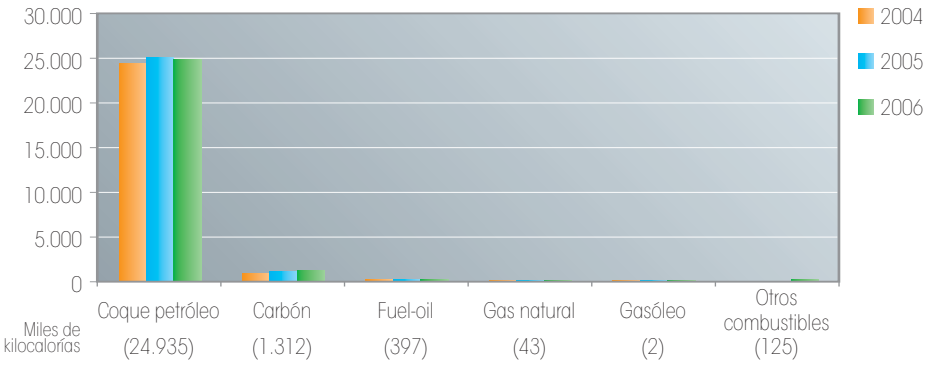


Gráfico 28. Evolución del consumo energético total en España de los diferentes tipos de combustibles tradicionales durante 2004, 2005 y 2006 en unidades de energía (miles de kilotermias).
Nota: el dato indicado entre paréntesis corresponde al año 2006.

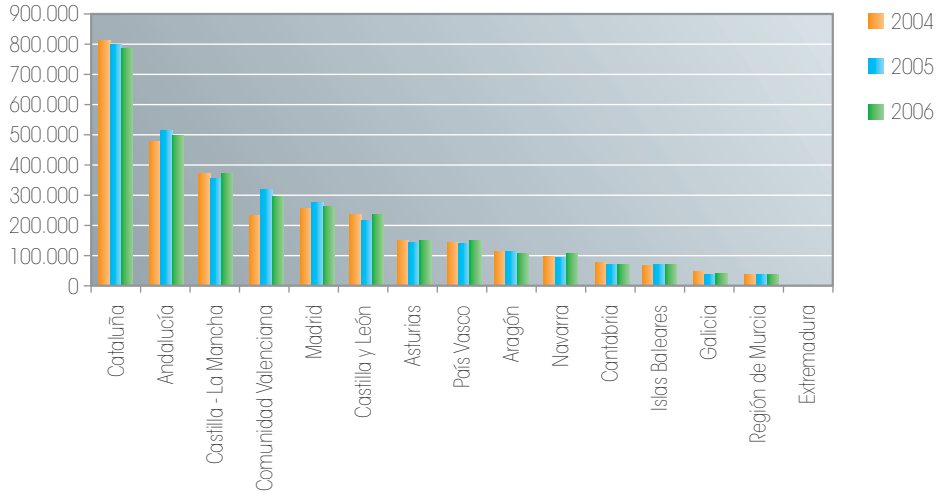


consumidos durante los años 2004, 2005 y 2006. De estos, el coque de petróleo fue el combustible más empleado superando el 90% anual en peso y energía del total de combustibles fósiles, seguido por el carbón y, a mayor distancia, por el fuel-oil, el gas natural y el gasóleo, cada uno de ellos por debajo del 6% del consumo anual en peso y energía de combustibles tradicionales.

Coque de petróleo

En el caso del coque de petróleo fueron consumidas 3.060.483, 3.151.666 y 3.141.290 toneladas anuales en 2004, 2005 y 2006, respectivamente. Cataluña fue la Comunidad Autónoma que realizó un consumo mayor de este combustible, seguida de Andalucía y Castilla-La Mancha. Cabe destacar que Andalucía y Cataluña son las Comunidades Autónomas con mayor número de plantas, con ocho y siete instalaciones respectivamente, explicándose el consumo elevado de combustible en este caso, así como para otros combustibles.

Gráfico 29. Consumo de coque de petróleo por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).

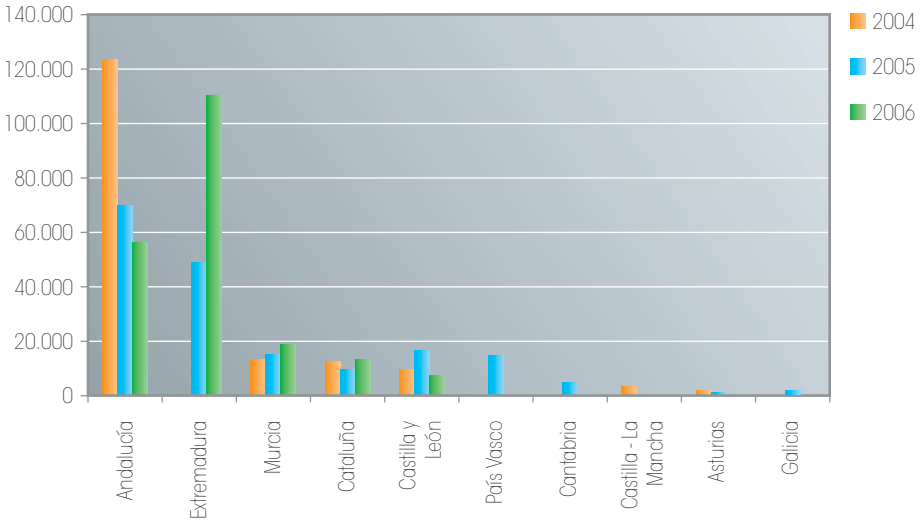


Carbón

En cuanto al carbón fueron consumidas 162.923, 181.644 y 206.327 toneladas anuales entre 2004 y 2006. Andalucía fue la Comunidad Autónoma que realizó

un consumo mayor de este combustible, seguida de Extremadura y la Región de Murcia.

Gráfico 30. Consumo de carbón por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Fuel-oil

El consumo de fuel-oil fue de 36.541, 43.964 y 41.163 toneladas anuales entre 2004 y 2006. Asturias fue la Comunidad con mayor consumo, seguida de Andalucía y la Comunidad de Madrid (ver gráfico 31).

Gas natural[11]

En el caso concreto del gas natural 10.202.979, 10.898.587 y 8.604.233 m^3/año anuales (o 6.122, 6.539 y 5.163 toneladas) fueron consumidos por el conjunto de cementeras españolas. La Comunidad Valenciana fue la Comunidad Autónoma que realizó un consumo mayor de este combustible, seguida de Asturias y Andalucía. Los consumos realizados en Cataluña, País Vasco y Castilla y León fueron de un orden de magnitud muy inferior a los observados en las Comunidades Autónomas enumeradas (ver gráfico 32).

11 Para la homogeneización de unidades de consumo se han utilizado los datos procedentes de Enagás. Se ha considerado para gas natural una densidad media de 0,6 kg/m^3

Gráfico 31. Consumo de fuel-oil por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).

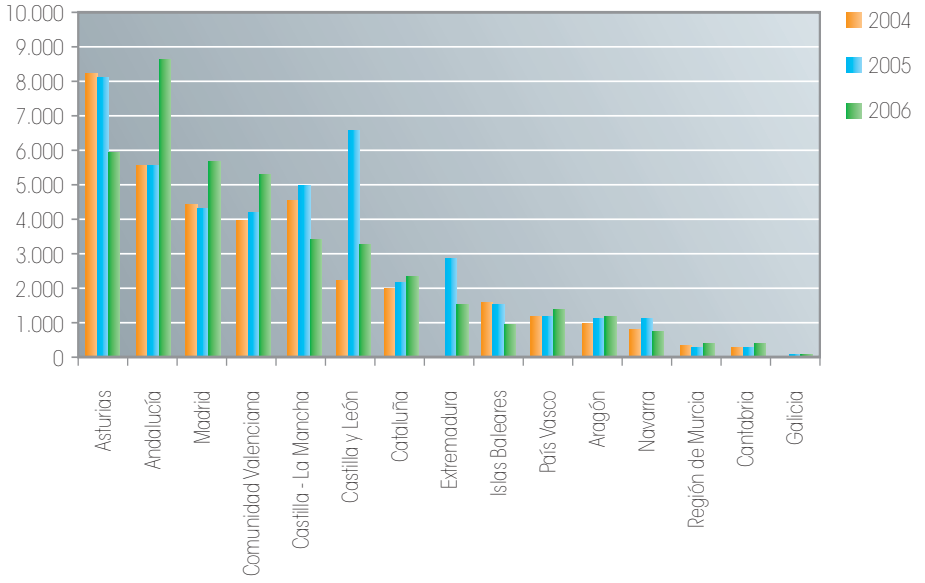
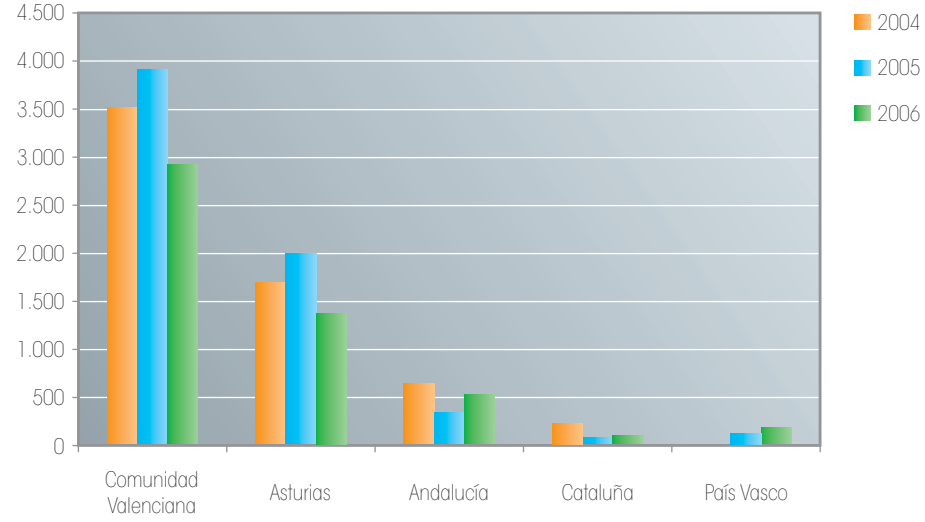


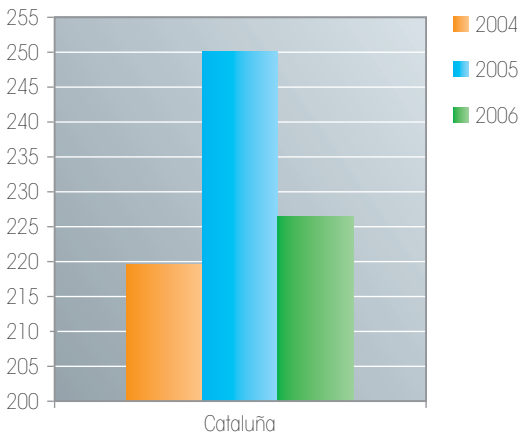
Gráfico 32. Consumo de gas natural por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Gasóleo[12]

En el caso del gasóleo fueron consumidas 223, 251 y 228 toneladas anuales entre 2004 y 2006. Cataluña fue la Comunidad Autónoma que realizó casi el 100% del consumo total de este combustible (697 toneladas durante el período comprendido entre 2004 y 2006). El País Vasco realizó consumos despreciables respecto al total consumido, al utilizarse únicamente para la puesta en marcha y el calentamiento del precalcinador y la torre de acondicionamiento en una instalación.

Gráfico 33. Consumo de gasóleo en las diferentes Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Otros combustibles

Se consumieron 12.435 toneladas de otros combustibles en 2006 en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

5.2.2.2 Consumo de combustibles alternativos por tipología

En cuanto a los combustibles alternativos, las harinas cárnicas fueron la tipología más consumida, seguida de los neumáticos fuera de uso, disolventes y aceites minerales.

En términos energéticos, se alcanzó un consumo energético mediante combustibles alternativos de $7{,}42 \cdot 10^4$, $1{,}05 \cdot 10^5$ y $1{,}18 \cdot 10^5$ tep[13] en 2004, 2005 y 2006. Los combustibles alternativos con mayor aportación térmica fueron las harinas cárnicas, los neumáticos fuera de uso y los disolventes, como se observa en el Gráfico 35.

Biomasa forestal

En el caso concreto de la biomasa forestal (astillas, madera…) el consumo ascendió a 8.126 y 18.090 toneladas anuales en 2005 y 2006; en 2004 no se realizó ningún consu-

12 Para la homogeneización de unidades de consumo se han utilizado los datos procedentes del Real Decreto 61/2006, de 31 de enero. Se ha considerado para gasóleo una densidad media de 0,9 kg/m^3.

13 Toneladas equivalentes de petróleo.

Gráfico 34. Consumo en España de los diferentes tipos de combustibles alternativos durante 2004, 2005 y 2006 (toneladas).

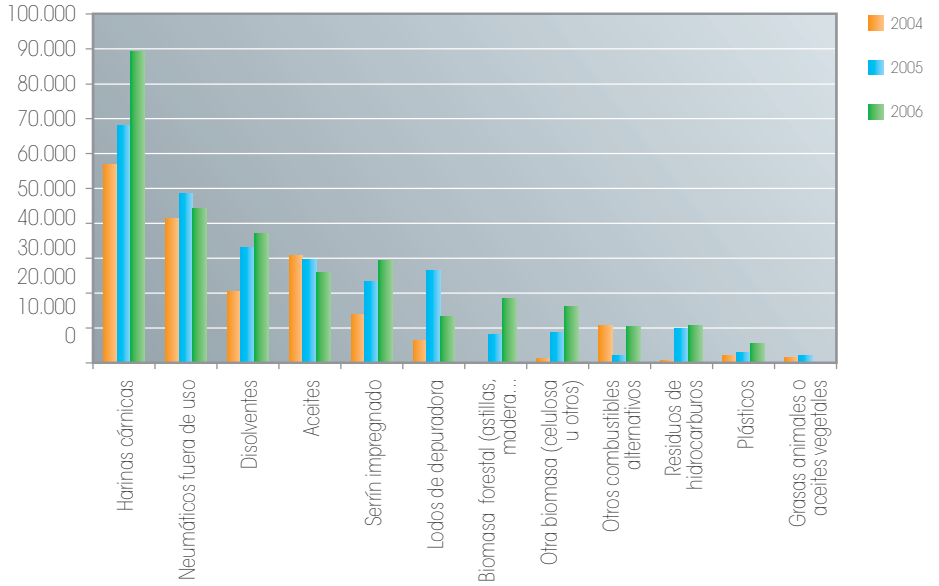
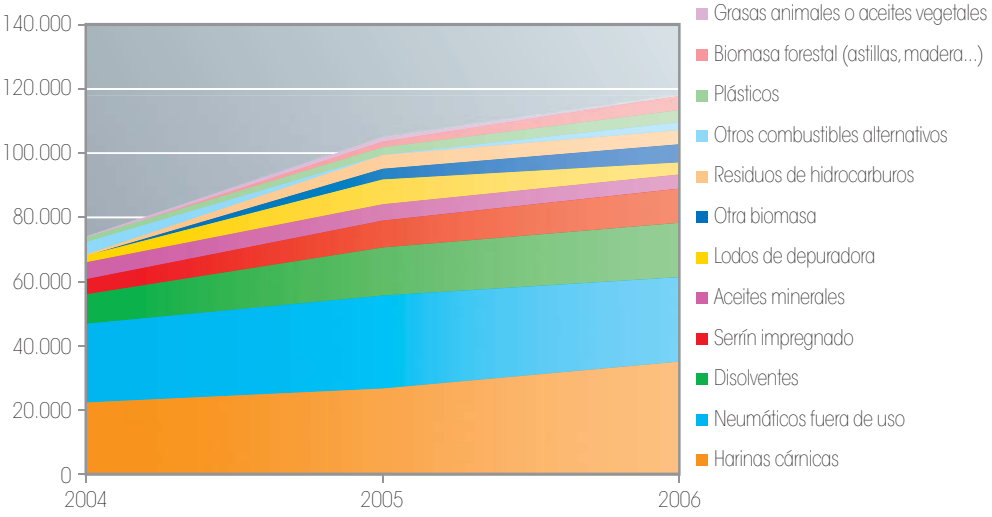
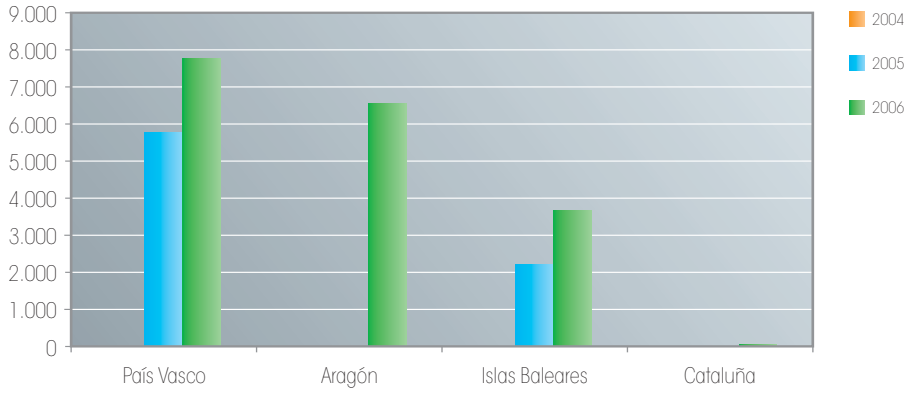


Gráfico 35. Evolución de la generación energética acumulada en España a partir de los diferentes tipos de combustibles alternativos durante 2004, 2005 y 2006 (tep).



mo. El País Vasco fue la Comunidad Autónoma que realizó un consumo mayor de este combustible, seguida de Aragón y las Islas Baleares

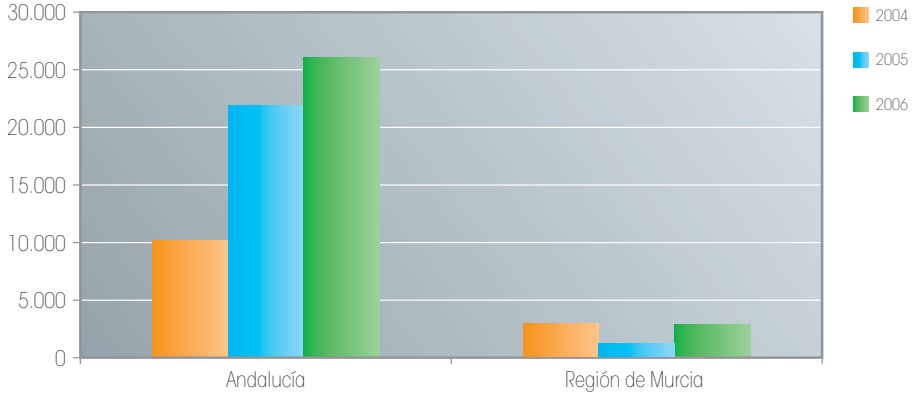
Gráfico 36. Consumo de biomasa forestal por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Serrín impregnado

En el caso del serrín impregnado se consumieron 13.402, 23.228 y 29.220 toneladas durante 2004, 2005 y 2006. Andalucía y la Región de Murcia fueron las únicas Comunidades Autónomas que utilizaron este combustible.

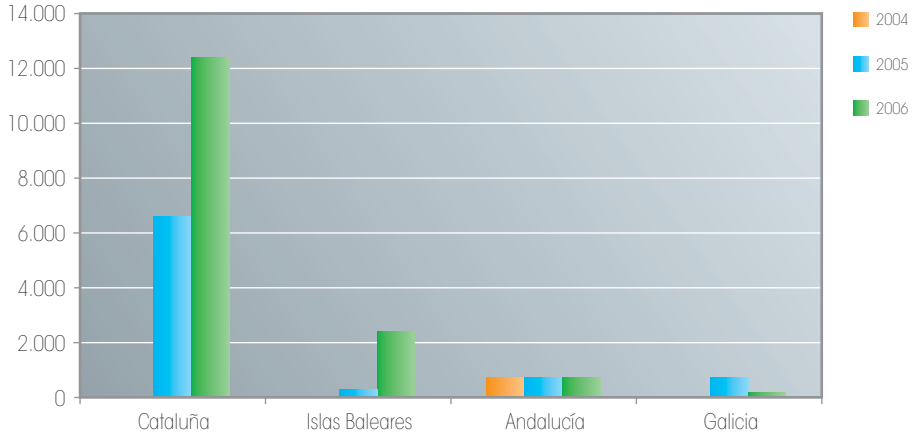
Gráfico 37. Consumo de serrín impregnado por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Otra biomasa (celulosa o residuos vegetales procesados por la industria alimentaria)

Respecto a otro tipo de biomasa, celulosa u otros residuos vegetales procesados por la industria alimentaria, como por ejemplo posos de café, cáscara de almendra y orujo, se utilizaron 814, 8.400 y 16.019 toneladas anuales durante 2004, 2005 y 2006, respectivamente. Cataluña fue la Comunidad Autónoma que realizó un consumo mayor de este combustible, seguida de Islas Baleares y Andalucía. En el País Vasco y la Comunidad Valenciana se utilizó este combustible en el año 2006 en cantidades inferiores a 200 toneladas.

Gráfico 38. Consumo de otra biomasa por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Harinas cárnicas

Se emplearon 56.866, 68.006 y 89.238 toneladas anuales durante 2004, 2005 y 2006, respectivamente, de harinas cárnicas como combustible alternativo. La Comunidad Valenciana fue la Comunidad Autónoma que realizó un consumo mayor de este combustible, seguida de Castilla-La Mancha y País Vasco (ver gráfico 39).

Grasas animales o aceites vegetales

En el caso de las grasas animales o aceites vegetales fueron valorizadas energéticamente 1.151 toneladas en 2004 únicamente en Cataluña y 1.990 toneladas en 2005 solamente en la Región de Murcia (ver gráfico 40).

Gráfico 39. Consumo de harinas cárnicas por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).

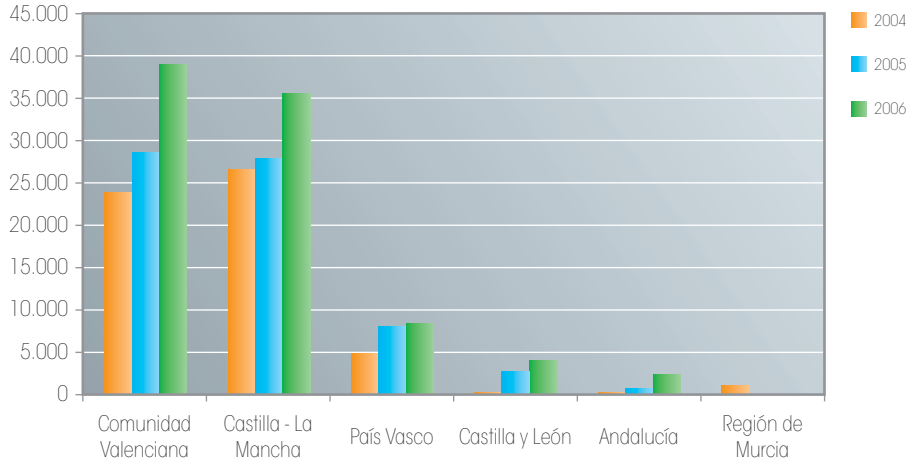
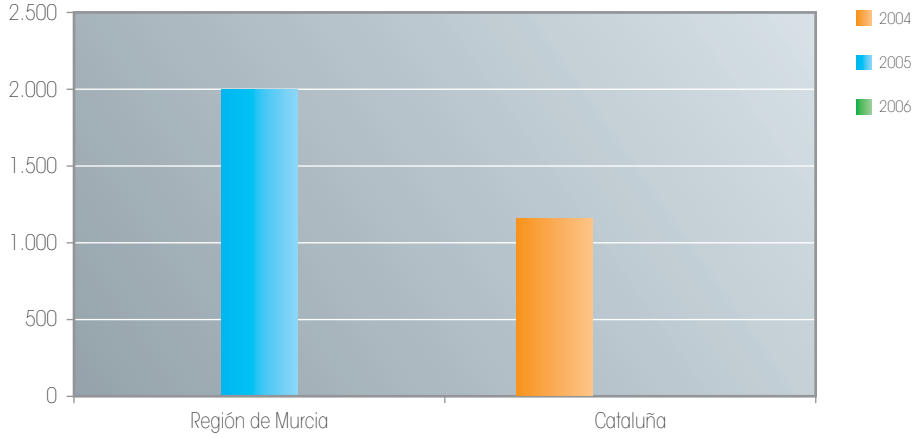


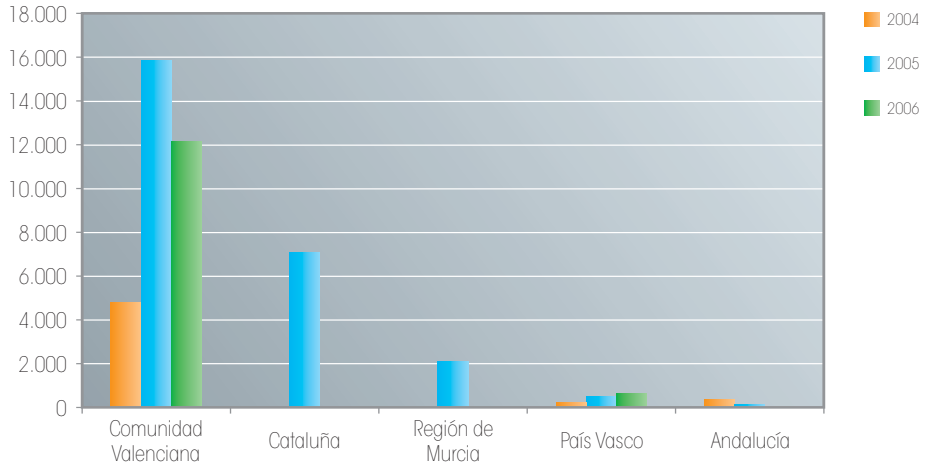
Gráfico 40. Consumo de grasas animales o aceites vegetales por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Lodos de depuradora

Las cantidades de lodos de depuradora utilizadas en 2004, 2005 y 2006 fueron 5.870, 26.142 y 13.123 toneladas, respectivamente. La Comunidad Valenciana fue la Comunidad Autónoma que realizó un consumo mayor de este combustible.

Gráfico 41. Consumo de lodos de depuradora por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Neumáticos fuera de uso

Los neumáticos fuera de uso empleados como combustibles alternativos fueron 41.255, 48.442 y 44.084 toneladas en 2004, 2005 y 2006. Andalucía fue la Comunidad Autónoma que realizó un consumo mayor de este combustible, seguida del País Vasco y la Comunidad Valenciana. A pesar del progresivo respaldo a la valorización energética de estos residuos en los últimos años, los datos muestran como en 2006 se produjo un descenso en la valorización energético de los mismos debido al paro por reformas en una de las fábricas de cemento (ver gráfico 42).

Residuos de hidrocarburos

En el caso concreto de los residuos de hidrocarburos fueron consumidas 370, 9.970 y 10.293 toneladas en 2004, 2005 y 2006, respectivamente. Murcia fue la Comunidad Autónoma que realizó un consumo mayor de este combustible, seguida del País Vasco. Habiéndose producido asimismo un consumo testimonial de estos combustibles en Andalucía (8 toneladas en 2005)(ver gráfico 43).

Aceites minerales

En el caso de los aceites minerales fueron consumidas 30.474, 29.799 y 25.840 toneladas en 2004, 2005 y 2006, respectivamente. Andalucía fue la Comunidad Autónoma

Gráfico 42. Consumo de neumáticos fuera de uso por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).

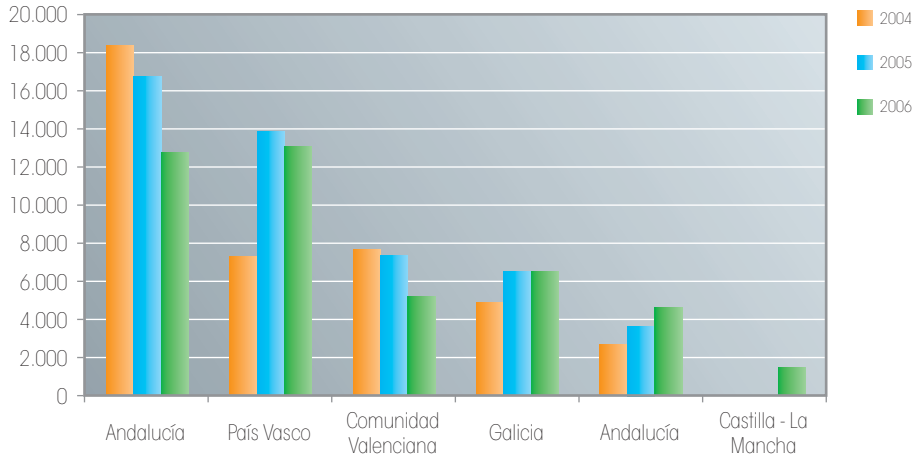
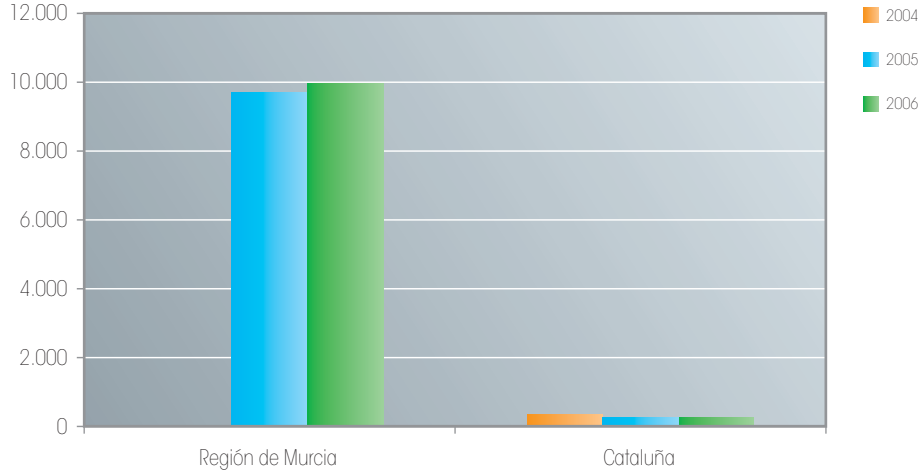
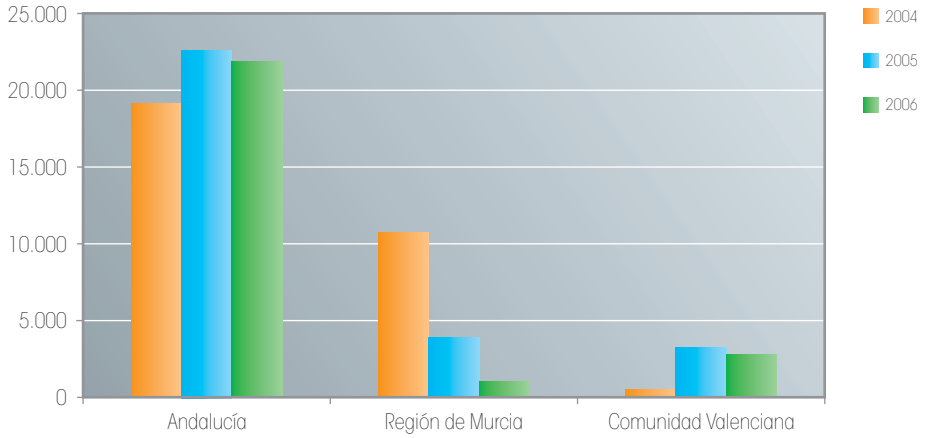


Gráfico 43. Consumo de residuos de hidrocarburos por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



que realizó un consumo mayor de este combustible, seguida de la Región de Murcia y la Comunidad Valenciana. En Islas Baleares se utilizaron únicamente 2, 15 y 5 toneladas en los mismos años de referencia.

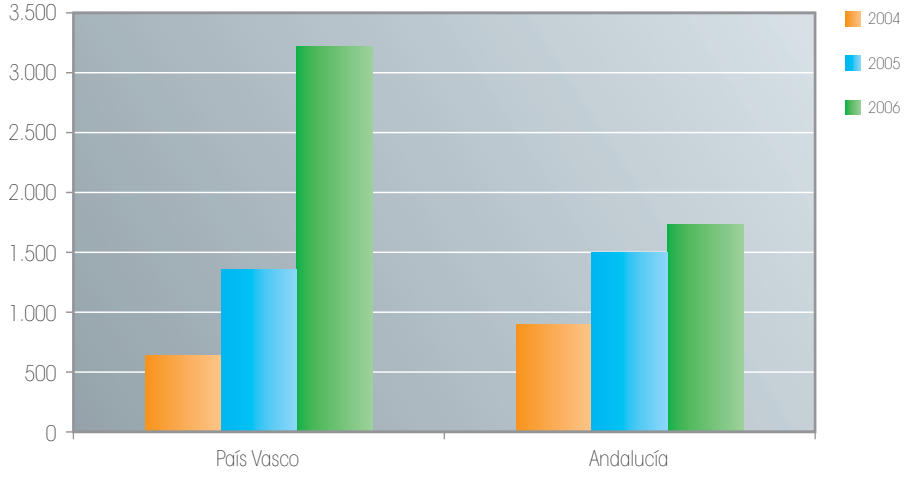
Gráfico 44. Consumo de aceites minerales por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Plásticos

El consumo de plásticos como combustible fue de 1.560, 2.874 y 5.005 toneladas en 2004, 2005 y 2006. País Vasco y Andalucía fueron las únicas Comunidades Autónomas que emplearon este combustible alternativo.

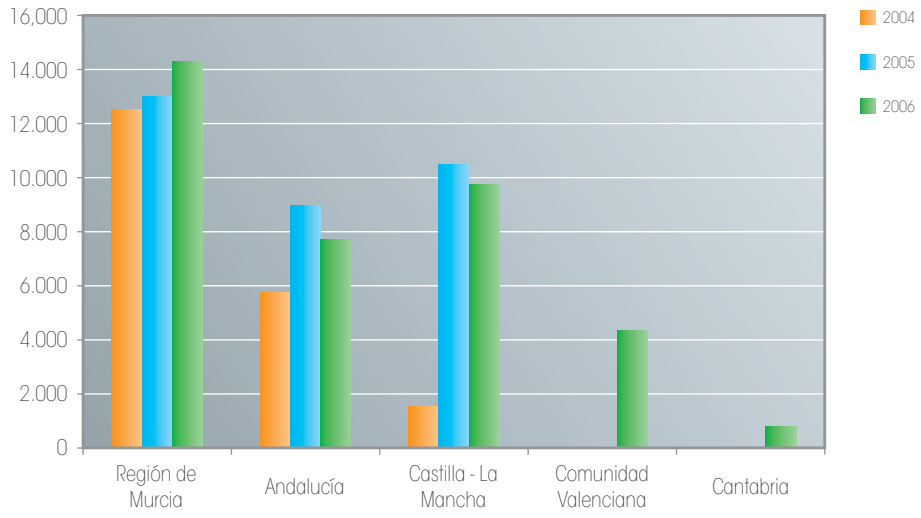
Gráfico 45. Consumo de plásticos por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Disolventes

En el caso de los disolventes fueron consumidas 19.954, 32.730 y 37.017 toneladas en 2004, 2005 y 2006. La Región de Murcia fue la Comunidad Autónoma que realizó un consumo mayor de este combustible, seguida de Andalucía y Castilla-La Mancha.

Gráfico 46. Consumo de disolventes por Comunidades Autónomas durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



Otros combustibles alternativos

Además de los anteriores residuos, más habituales como combustibles, también se utilizaron otros residuos tanto peligrosos como no peligrosos en el mismo período. Así, en Andalucía se emplearon 10.188 toneladas de residuos pastosos en 2004, y en Cataluña se empleó hulla residual de ferrocarriles en los años 2005 (1.756 toneladas) y 2006 (10.220 toneladas).

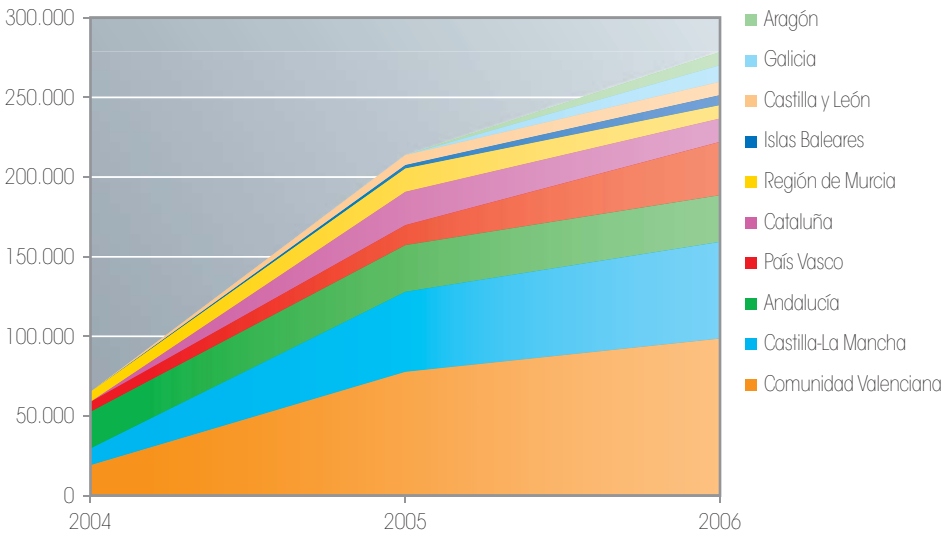
5.2.2.3 Emisiones ahorradas por la valorización energética

El sector cementero es una actividad comprometida con la reducción de gases de efecto invernadero. Tanto el uso de combustibles como otros procesos de producción son fuentes de emisión de estos gases. La valorización energética de residuos, así como la valorización material son medidas para permitir un menor

impacto en cuanto a niveles de emisión de gases de efecto invernadero por estas actividades.

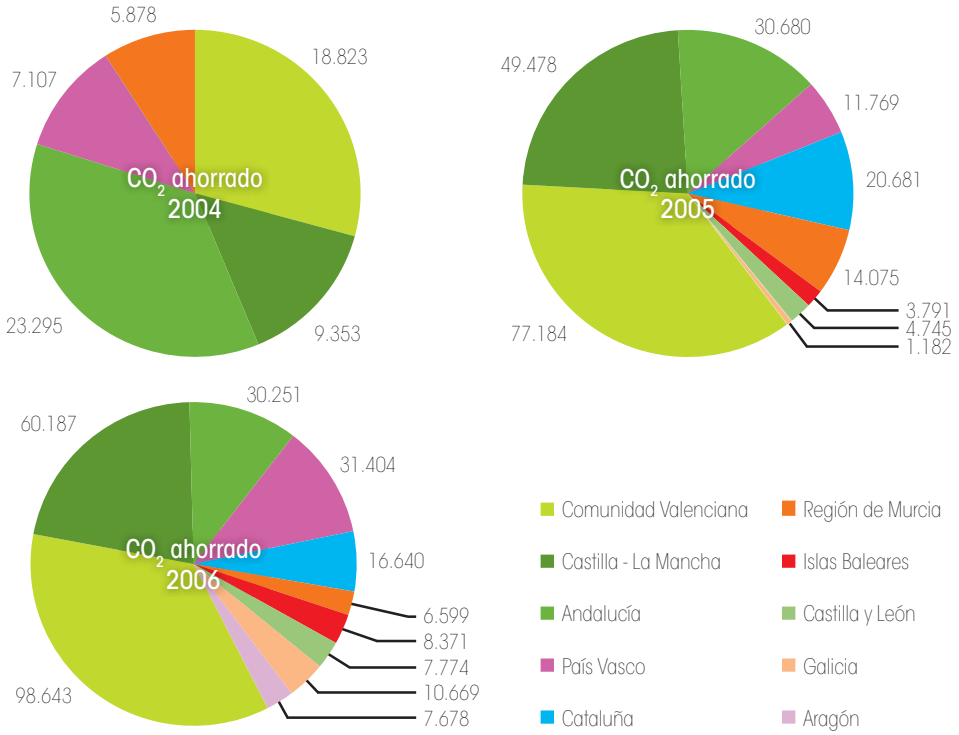
El ahorro asociado de estos gases debido a la valorización energética de residuos en instalaciones cementeras es una ventaja importante. El concepto de ahorro de gases de efecto invernadero se expresa a través de toneladas de CO_2 equivalentes, y en el caso de la valorización de residuos se entiende como las toneladas de CO_2 emitidas por los combustibles alternativos procedentes de biomasa que no son computables debido a que el CO_2 emitido por la combustión de estos está en equilibrio con la cantidad de CO_2 que toman las plantas del aire en el proceso de fotosíntesis, por lo que no se incrementa la cantidad total de CO_2 atmosférico. Aparte del ahorro de emisiones a través de la valorización de biomasa también existen otros ahorros de emisiones asociados al empleo de combustibles alternativos (emisiones evitadas en caso de haber destinado los residuos a otras finalidades, transporte de los combustibles fósiles…), que no han sido calculados en el presente estudio, por lo que los beneficios de estos combustibles serían en realidad todavía mayores a los indicados.

Gráfico 47. Evolución de las emisiones de CO_2 evitadas en España por valorización energética en plantas cementeras durante 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



En las plantas cementeras analizadas se han obtenido unos niveles de ahorro de CO_2 en 2004, 2005 y 2006, de 64.456, 213.586 y 278.217 toneladas respectivamente. Tal y como se muestra en la gráfica siguiente, los niveles de ahorro acumulados por cada Comunidad Autónoma han ido aumentando cada año, cuadruplicándose las toneladas de CO_2 evitadas.

Gráfico 48. Emisiones evitadas por la valorización energética de residuos en plantas cementeras durante los años 2004, 2005 y 2006 (toneladas).



En el año 2004 la Comunidad Autónoma que ahorró mayor cantidad de CO_2 fue Andalucía con 23.295 toneladas, siendo la Comunidad Valenciana la segunda región con mayor ahorro, con 18.823 toneladas. En el año 2005 la Comunidad Valenciana encabezó la lista de Comunidades Autónomas con mayor ahorro en CO_2 por valorización energética en cementeras con un total de 77.184 toneladas. Castilla-La Mancha fue la segunda con 49.478 toneladas, quintuplicando su ahorro respecto al año ante-

rior. En el 2006 también fue la Comunidad Valenciana la región con un ahorro superior al resto, 98.643 toneladas, seguida de Castilla-La Mancha con 60.187 toneladas de CO_2 ahorradas. Galicia fue la Comunidad Autónoma que presentó el incremento de ahorro mayor en el período analizado, multiplicando por nueve las cantidades anuales evitadas, de 1.182 a 10.669 toneladas.

Capítulo 6
DESARROLLO DE EFECTOS NIMBY EN INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN DE CEMENTO EN ESPAÑA

Uno de los fenómenos sociales que se producen de forma más frecuente alrededor de las grandes instalaciones industriales con emisiones atmosféricas asociadas y de las instalaciones de gestión de residuos es el llamado efecto NIMBY, acrónimo de la expresión inglesa *not in my back yard* (o «no en mi patio trasero»).

Este fenómeno social se caracteriza por el rechazo de este tipo de instalaciones por parte de las poblaciones donde se encuentran ubicadas debido a la percepción de éstas como elementos potencialmente perjudiciales para su salud y bienestar. Además, acostumbra a incluir un componente de desequilibrio territorial del que se sienten víctimas las poblaciones próximas a la instalación, por tener que asumir la ubicación en su territorio de actividades "molestas" que dan servicio a ámbitos territoriales mayores.

Las instalaciones de producción de cemento, por su propia configuración, son plantas cuya implantación puede dar lugar a la aparición de efectos NIMBY que pueden originarse tanto por la propia actividad de la instalación como por su voluntad de valorizar energéticamente residuos (es menos habitual que estos efectos se den por el reciclaje material de otros residuos en el proceso de fabricación), aunque el detonante suele ser debido a la falta de información, la información errónea y su asunción acrítica. Los NIMBY son, desde este punto de vista, problemas de información.

Existen en España 41 instalaciones de producción de cemento, de las cuales 37 disponen de hornos de clínker de las que, a su vez, 24 valorizaron residuos energéticamente durante el periodo 2004-2006. Hay que destacar que en las plantas cementeras en las que inicialmente se desarrolló un efecto NIMBY, éste desapareció o disminuyó debido a la transparencia y al diálogo social con las partes interesadas, aportando una infor-

mación adecuada y veraz, además de la importancia de los controles que realizan las administraciones públicas sobre la actividad de valorización de residuos.

Desde las voces en contra de las actividades de valorización energética de residuos en las plantas cementeras, se ha observado cómo en la totalidad de casos el principal argumento expuesto es la equiparación de la valorización energética en instalaciones de producción de cemento con la incineración. No obstante, existen multiplicidad de argumentos erróneos esgrimidos contra la valorización energética en estas instalaciones, siendo los principales los que se recogen a continuación:

- Equiparación de la valorización de residuos en cementera a la incineración.
- La valorización de residuos supone más contaminación que la utilización de combustibles tradicionales.
- La valorización supone un aumento de la emisión de sustancias tóxicas y peligrosas.
- La valorización supone un aumento de la toxicidad del cemento.
- La valorización desincentiva la prevención de la generación de residuos.
- La valorización provoca la exposición de los trabajadores de la cementera a sustancias tóxicas.
- La empresa únicamente pretende obtener un beneficio económico mediante la valorización de residuos.

Capítulo 7
PRINCIPALES CONCLUSIONES

Este estudio sobre reciclado y valorización de residuos, se configura como el más completo y exhaustivo sobre la materia, realizado hasta la fecha en el sector cementero español.

En el mismo, se comienza por presentar los datos de generación y gestión de residuos generados en nuestro país susceptibles de ser valorizados en plantas cementeras y con datos disponibles. Después se analiza el marco normativo aplicable a la valorización de residuos, pasando a continuación a realizar una descripción de las tecnologías disponibles para la preparación de combustibles alternativos en instalaciones de producción de cemento. El estudio incluye asimismo, un profundo análisis de las autorizaciones ambientales integradas concedidas a todas las plantas cementeras, centrándose en lo relativo tanto a la utilización de residuos como combustibles alternativos, como al empleo de los mismos como materias primas alternativas. Finalmente se efectúa un inventario por Comunidades Autónomas, de los consumos de materias primas y de combustibles alternativos realizados por las 37 fábricas integrales en funcionamiento y por 4 moliendas (inventario efectuado en base a cuestionarios remitidos directamente a las plantas).

Las principales conclusiones y resultados de este estudio son las que se recogen a continuación.

En consonancia con lo indicado en el Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015, es necesario establecer protocolos para mejorar la información sobre la generación y gestión de los residuos en España, ya que **no existe información actualizada, ni una adecuada homogeneidad entre los datos disponibles en las diferentes Comunidades Autónomas**, lo que dificulta su comparación.

Pese a lo indicado, una de las primeras conclusiones claras del presente trabajo, ya contemplada en otro estudio realizado por la FUNDACIÓN CEMA[14], es el **elevado peso del vertido como opción prioritaria de gestión de los residuos en España**.

En cuanto al marco normativo aplicable a la valorización, existen dos tipologías de legislación aplicable.

Una sería la relativa a la regulación de actividades, reflejada en la normativa que tanto a nivel comunitario como estatal regula la concesión de las Autorizaciones Ambientales Integradas (Directiva 96/61/CE y Ley 16/2002) en las que se concede o no el permiso para valorizar y se especifican los mecanismos de control.

La otra sería la legislación específica en materia de residuos. En la misma estarían las normas con rango de Ley que tanto a nivel estatal, caso de la Ley 10/1998, de residuos, como a nivel autonómico, recogen la jerarquía de gestión de residuos.

Junto con esta normativa general, coexisten disposiciones que señalan objetivos de valorización concretos para determinadas tipologías de residuos (envases y residuos de envases, vehículos al final de su vida útil, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos), o por ejemplo el Real Decreto 653/2003, sobre incineración de residuos, donde se establecen los límites de emisión a la atmósfera para aquellas instalaciones que coincineren residuos, caso de las plantas cementeras.

La utilización de residuos como combustible alternativo en los hornos de clínker durante el proceso de producción de cemento, constituye una **práctica que se ajusta plenamente a la jerarquía de residuos** comentada anteriormente, y en la que, ante la imposibilidad técnica y material de reutilizar y reciclar el cien por cien de los residuos, se debería priorizar su utilización antes de enviar los residuos a vertedero.

En relación a las tecnologías disponibles para la preparación de combustibles alternativos existe una amplia variedad de opciones que permiten la obtención de combustibles con las características necesarias para garantizar un buen comportamiento, tanto

14 Valorización de Residuos en la Industria Cementera Europea: Estudio Comparado. Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente (realizado por Alonso & Asociados)

industrial como ambiental, de los combustibles obtenidos. Todas ellas incluyen una selección inicial, y una trituración (en el caso de combustibles sólidos) u homogeneización (en combustibles líquidos); adicionalmente se realiza un filtrado para eliminar los impropios y se los somete a un proceso de secado para reducir la humedad de los mismos. Si la instalación dispone de los sistemas de alimentación especialmente diseñados, hay residuos que pueden alimentarse sin trituración, como los neumáticos enteros. Las harinas cárnicas son sometidas a un proceso de esterilización en las condiciones ambientales establecidas en el Reglamento (CE) 1774/2002, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados al consumo humano. Los lodos de depuradora se someten a un secado previo.

En relación a las Autorizaciones Ambientales Integradas, se han analizado las 38 autorizaciones otorgadas a las cementeras integrales (fábricas que disponen de horno de clínker y molienda). **Todas se encuentran en consonancia con la legislación vigente**, tanto a nivel comunitario, como estatal, así como con la normativa desarrollada por parte de las diferentes Comunidades Autónomas. Resaltar que los parámetros a controlar y los límites de emisión son más exigentes en el caso de realizar valorización energética.

De éstas, son **28** las **instalaciones autorizadas a realizar valorización energética**, aunque no todas están valorizando residuos. En este sentido, las Comunidades Autónomas con un mayor número de instalaciones autorizadas a valorizar energéticamente residuos son Andalucía y Cataluña, seguidas de Castilla-La Mancha, la Comunidad Valenciana y el País Vasco.

Existen **76 tipos de residuos autorizados a ser valorizados energéticamente**, considerando cuatro dígitos de la Lista Europea de Residuos (LER). Los que se dan en un mayor número de Autorizaciones son los siguientes:

- Categoría de Vehículos al final de su vida útil (LER 1601), concretamente los neumáticos.

- Categoría de residuos de la fabricación y producción de carne, pescado y otros alimentos de origen animal (LER 0202), donde se incluyen combustibles preparados a partir de residuos de origen animal, como harinas cárnicas.

En relación a las características que deben cumplir los residuos para ser valorizados energéticamente, existe diversidad en los requisitos establecidos en las distintas autorizaciones, tanto en los parámetros evaluados como en los límites establecidos, en función del tipo de residuo a utilizar, la configuración de la instalación y las cantidades de metales u otros elementos presentes en las materias primas naturales. Así, por ejemplo, para neumáticos fuera de uso no es necesario limitar el contenido de metales porque se trata de una cantidad estable; o los elementos semivolátiles sólo se limitan en aquellos residuos que por su origen los puedan contener en cierta cantidad.

En cuanto a las características del proceso de valorización energética de residuos, respecto a la temperatura de funcionamiento y el tiempo de residencia de los gases, **los límites recogidos en las autorizaciones son los indicados por el Real Decreto 653/2003** (850ºC o 1.100ºC cuando se valoricen residuos con más de un 1% de sustancias organohalogenadas, y 2 segundos de tiempo de retención de los gases a esas temperaturas).

En relación a la valorización material, en **24 instalaciones se contempla** de forma explícita **el reciclado de residuos para su empleo como materias primas alternativas** en el proceso de producción de cemento, identificando 56 tipologías de residuos autorizadas, siendo los residuos agrupados en las categorías de Residuos de centrales eléctricas y otras plantas de combustión (LER 1001), donde se encuentran las cenizas volantes, y de residuos de la industria del hierro y el acero (LER 1002), en concreto las escorias de alto horno, los que están autorizados en un mayor número de instalaciones.

Para los residuos o subproductos que tradicionalmente se han empleado como materia prima alternativa no se considera necesario establecer limitaciones en su composición. Es el caso de adiciones como cenizas volantes, escorias y otros materiales normalizados.

Para otros residuos o subproductos, que por su procedencia puedan contener algún componente con potenciales efectos negativos sí se han establecido limitaciones en determinadas sustancias (halógenos, cloro, flúor, azufre, mercurio, cadmio, talio, etc.), en concreto en 10 autorizaciones, en función de factores diversos como el tipo

y procedencia del residuo, las cantidades empleadas y las características de la instalación.

En relación a la situación actual del reciclado de residuos en la industria cementera, el **consumo total de materias primas alternativas en España ascendió a 5.546.102, 6.117.321 y 5.965.042 toneladas en 2004, 2005 y 2006**, respectivamente. Se observa una tendencia creciente y se trata de una actividad a seguir desarrollando, dado el potencial de la misma, tal y como apunta el hecho de que existan 56 tipologías de residuos (con cuatro dígitos LER) autorizadas en las Autorizaciones Ambientales Integradas otorgadas. Las cenizas volantes (más de 3 Mt/año) y las escorias de alto horno (más de 1Mt/año) fueron las materias primas alternativas más utilizadas como adición al cemento.

En relación a la valorización energética, en los años 2004, 2005 y 2006 se valorizaron 181.904, 261.468 y 298.148 toneladas de residuos, respectivamente, que equivalen a un **2,8%, 3,8% y 4,2% de sustitución en energía** respecto al consumo total de combustibles en cementeras, un porcentaje reducido pero con tendencia al aumento anual. Además, la valorización de biomasa en instalaciones de producción de cemento **evitó**

la emisión a la atmósfera de 64.456, 213.586 y 278.217 toneladas de CO_2 respectivamente en cada uno de los años de este periodo.

Pese a la tendencia al crecimiento, los datos reflejan un amplio potencial de incremento de la valorización energética hasta llegar a los porcentajes de otros países europeos, ya que existen 76 tipologías de residuos (considerando cuatro dígitos LER) cuya valorización se encuentra autorizada actualmente en el conjunto de las cementeras de España.

En este sentido, pese al amplio potencial de incremento en las diferentes instalaciones, cabe considerar la existencia de Comunidades Autónomas con mayores posibilidades que otras para incrementar su utilización. Es el caso por ejemplo de Cataluña, Comunidad con la mayor capacidad de producción de cemento instalada pero con una aportación menor a su peso respecto a cantidades totales valorizadas energéticamente y a las emisiones de CO_2 evitadas asociadas; o la Comunidad de Madrid, que tiene una gran generación de residuos y dispone de la fábrica de mayor tamaño de España.

Por estos motivos se considera necesario el impulso del reciclaje y la valorización energética de residuos en las instalaciones de producción de cemento, así como la consideración de las mismas en la planificación relativa a los residuos y a la mitigación del cambio climático.

Anexo I
LISTADO DE NORMATIVA

NORMATIVA COMUNITARIA
Directiva 2006/17, de 5 de abril de 2006, relativa a los residuos.
Directiva 2004/101, de 27 de octubre de 2004, por la que se modifica la Directiva 2003/87/CE.
Directiva 2004/12, de 11 de febrero de 2004, por la que se modifica la Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases.
Directiva 2002/96, de 27 de enero de 2003, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
Directiva 2000/76, de 4 de diciembre de 2000, relativa a la incineración de residuos.
Directiva 2000/53, de 18 de septiembre de 2000, relativa a los vehículos al final de su vida útil.
Directiva 1999/31, de 26 de abril de 1999, por la que se regula la eliminación de residuos mediante vertedero.
Directiva 1996/61, de 24 de septiembre de 1996, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación.
Directiva 75/439, de 16 de junio de 1975, relativa a la gestión de aceites usados.

NORMATIVA ESTATAL
Ley 26/2007, de 23 de octubre de 2007, de responsabilidad medioambiental.
Real Decreto 679/2006, de 2 de junio de 2006, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.
Real Decreto 252/2006, de 9 de marzo de 2006, por el que se revisan los objetivos de reciclado y valorización establecidos en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases, y por el que se modifica el Reglamento para su ejecución, aprobado por el Real Decreto 782/1998, de 30 de abril.
Real Decreto 1619/2005, de 30 de diciembre de 2005, sobre la gestión de neumáticos fuera de uso.
Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero de 2005, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.
Ley 1/2005, de 9 de marzo de 2005, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.
Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo de 2003, sobre incineración de residuos.
Real Decreto 1383/2002, de 20 de diciembre de 2002, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil.
Ley 16/2002, de 1 de julio de 2002, sobre prevención y control integrados de la contaminación.

NORMATIVA ESTATAL
Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre de 2001, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
Resolución de 8 de octubre de 2001, por el que se aprueba el I Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso (2001-2006).
Resolución de 25 de septiembre de 2001, por el que se aprueba el I Plan Nacional de Vehículos al Final de su Vida Útil (2001-2006).
Resolución de 14 de junio de 2001, por el que se aprueba el I Plan Nacional de Residuos de la Construcción y Demolición (2001-2006).
Resolución de 14 de junio de 2001, por el que se aprueba el I Plan Nacional de Lodos de Depuradora de Aguas Residuales (2001-2006).
Real Decreto-Ley 4/2001, de 16 de febrero de 2001, sobre el régimen de intervención administrativa aplicable a la valorización energética de harinas de origen animal procedentes de la transformación de despojos y cadáveres de animales.
Real Decreto 1911/2000, de 24 de noviembre de 2000, por el que se regula la destrucción de los materiales especificados de riesgo en relación con las encefalopatías espongiformes transmisibles.
Resolución de 13 de enero de 2000, por la que se aprueba el I Plan Nacional de Residuos Urbanos (2000-2006).
Ley 10/1998, de 21 de abril de 1998, de residuos.
Ley 11/1997, de 24 de abril de 1997, de envases y residuos de envases.
Resolución de 28 de abril de 1995, por la que se aprueba el I Plan Nacional de Residuos Peligrosos (1995-2000).
Real Decreto 833/1988, de 20 de julio de 1988, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, básica de residuos tóxicos y peligrosos.
Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre 1961, por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.
Orden del 15 de marzo de 1963, por la que se aprueba una Instrucción por la que se dictan normas complementarias para la aplicación del Reglamento de Actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas.

NORMATIVA AUTONÓMICA
Andalucía
Ley 7/2007, de 9 de julio de 2007, de gestión integrada de la calidad ambiental.
Decreto 99/2004, de 9 de marzo de 2004, de aprobación de la revisión del Plan de Gestión de Residuos Peligrosos de Andalucía.
Decreto 218/1999, de 26 de octubre de 1999, por el que se aprueba el Plan Director Territorial de Gestión de Residuos Urbanos de Andalucía.
Decreto 283/1995, de 21 de noviembre de 1995, por el que se aprueba el Reglamento de residuos de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

NORMATIVA AUTONÓMICA
Aragón
Orden de 6 de septiembre de 2007, de 6 de noviembre 2007, por la que se la que se acuerda la implantación del servicio público de valorización y eliminación de neumáticos fuera de uso en la Comunidad Autónoma de Aragón.
Decreto 40/2006, de 07 de febrero de 2006, por el que se aprueba el Reglamento de producción, posesión y gestión de neumáticos fuera de uso y de régimen jurídico del servicio público de valorización y eliminación de neumáticos fuera de uso en la Comunidad Autónoma de Aragón.
Decreto 2/2006, de 10 de enero de 2006, por el que se aprueba el Reglamento de la producción, posesión y gestión de residuos industriales no peligrosos y del régimen del servicio público de eliminación de residuos industriales no peligrosos no susceptibles de valorización en la Comunidad Autónoma de Aragón.
Decreto 236/2005, de 22 de noviembre de 2005, por el que se aprueba el Reglamento de producción, posesión y gestión de residuos peligrosos y del régimen jurídico del servicio público de eliminación de residuos peligrosos de la Comunidad Autónoma de Aragón.
Acuerdo de 11 de enero de 2005, por el que se aprueba el Plan Integral de Residuos (GIRA).
Asturias
Plan básico de gestión de residuos de Asturias, aprobado el 14 de junio de 2001
Cantabria
Decreto 22/2007, de 1 de marzo de 2007, por el que se modifica el Decreto 102/2006, por el que se aprueba el Plan de Residuos de Cantabria 2006-2010.
Ley 17/2006, de 11 de diciembre de 2006, de Control Ambiental Integrado.
Decreto 104/2006, de 19 de octubre de 2006, de valorización de escorias.
Castilla-La Mancha
Decreto 32/2007, de 17 de abril de 2007, por el que se aprueba el Plan de Gestión de los lodos producidos en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales de Castilla-La Mancha.
Decreto 158/2001, de 5 de junio de 2001, por el que se aprueba el Plan Regional de Residuos Peligrosos de Castilla-La Mancha.
Decreto 70/1999, de 25 de mayo de 1999, por el que se aprueba el Plan de Gestión de los Residuos Urbanos de Castilla-La Mancha.
Castilla y León
Decreto 48/2006, de 13 de julio de 2006, por el que se aprueba el Plan Regional de Ámbito Sectorial de Residuos Industriales de Castilla y León.
Ley 11/2003 08 de abril 2003, de prevención ambiental de Castilla y León.
Decreto 74/2002, de 30 de mayo de 2002, por el que se aprueba la Estrategia Regional de Residuos de la Comunidad de Castilla y León 2001-2010.
Decreto 59/1999, de 31 de marzo de 1999, por el que se regula la gestión de los neumáticos usados.

NORMATIVA AUTONÓMICA
Cataluña
Decreto 80/2002, de 19 de febrero de 2002, regulador de las condiciones para la incineración de residuos.
Programa de Gestión de Residuos Industriales de Cataluña (PROGRIC), aprobado el 11 de mayo de 2001
Programa de Gestión de los Residuos Municipales de Cataluña (PROGREMIC), aprobado el 11 de mayo de 2001
Ley 11/2000, de 13 de noviembre de 2000, reguladora de la incineración de residuos.
Decreto 217/1999, de 27 de julio de 1999, sobre la gestión de vehículos fuera de uso.
Decreto 136/1999, de 18 de mayo de 1999, por el que se aprueba el Reglamento general de despliegue de la Ley 3/1998, de 27 de febrero, de la intervención integral de la administración ambiental.
Decreto 83/1999, de 6 de abril de 1999, de procedimientos de gestión de residuos.
Ley 3/1998, de 27 de febrero de 1998, de intervención integral de la administración ambiental.
Orden 15 de febrero de 1996, sobre la valorización de escorias.
Decreto 34/1996, de 9 de enero de 1996, por el que se aprueba el Catálogo de Residuos de Cataluña.
Decreto 323/1994, de 4 de noviembre de 1994, por el que se regulan las instalaciones de incineración de residuos y los límites de sus emisiones a la atmosfera.
Ley 6/1993, de 15 de julio de 1993, reguladora de los residuos.
Orden 6 de noviembre de 1988, sobre prescripciones en el tratamiento y eliminación de aceites usados.
Comunidad Valenciana
Decreto 127/2006, de 15 de septiembre de 2006, por el que se desarrolla la Ley 2/2006 de Prevención de la Contaminación y Calidad Ambiental.
Ley 2/2006, de 5 de mayo de 2006, de Prevención de la Contaminación y Calidad Ambiental.
Decreto 2/2003, de 7 de enero de 2003, por el que se aprueba el Reglamento de producción, posesión y gestión de los neumáticos fuera de uso de la Comunidad Valenciana.
Ley 10/2000, de 12 de diciembre de 2000, de residuos de la Comunidad Valenciana.
Decreto 32/1999, de 2 de marzo de 1999, por el que se aprueba el Plan Integral de Residuos de la Comunidad Valenciana.
Extremadura
Orden de 9 de febrero de 2001, por la que se da publicidad al Plan Director de Gestión Integrada de Residuos de la Comunidad Autónoma de Extremadura.
Galicia
Resolución de 2 de junio de 1999, por la que se aprueba el Plan de Gestión de Residuos Industriales e solos contaminados de Galicia.
Resolución de 28 de octubre de 1998, por la que se aprueba el Plan de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos de Galicia.
Resolución de 10 de noviembre de de 2000, por la que se acuerda publicar la Estrategia Gallega de Gestión de Residuos.
Ley 10/1997, de 22 de agosto de 2007, de residuos sólidos urbanos de Galicia.
Ley 1/1995, de 2 de enero de 1995, de protección ambiental de Galicia.

NORMATIVA AUTONÓMICA
Islas Baleares
Acuerdo 6 de febrero de 2006, de aprobación definitiva de la Revisión del Plan Director Sectorial para la Gestión de los Residuos Urbanos de la isla de Mallorca.
Estrategia Balear de Prevención y Gestión de Residuos Peligrosos 2006-2011.
Islas Canarias
Decreto 161/2001, de 30 de julio de 2001, por el que se aprueba el Plan Integral de Residuos de Canarias.
Ley 1/1999, de 29 de enero de 1999, de residuos de Canarias.
Comunidad de Madrid
Acuerdo de 18 de octubre de 2007, por el que se aprueba la Estrategia de Residuos de la Comunidad de Madrid (2006 - 2012).
Ley 5/2003 20 de marzo de 2003, de residuos de la Comunidad de Madrid.
Región de Murcia
Decreto 48/2003, de 23 de mayo de 2003, por el que se aprueba el Plan de Residuos Urbanos y de Residuos Peligrosos de la Región de Murcia.
Navarra
Decreto 93/2006, de 28 de diciembre de 2006, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley Foral 4/2005, de Intervención para la Protección Ambiental.
Ley 4/2005, de 22 de marzo de 2005, de intervención para la protección ambiental.
Acuerdo de 25 de octubre de 1999, de 25 de octubre de 1999, por el que se aprueba el Plan Integrado de Gestión de Residuos de Navarra.
País Vasco
Plan Integral de Gestión de Residuos Urbanos de Guipúzcoa.
Norma 10/2005, de 16 de diciembre de 2005, por la que se aprueba el II Plan Integral de Gestión de Residuos Urbanos de Vizcaya 2005-2016.
Resolución 14/2003, de 30 de julio de 2003, por la que se aprueba el Plan de Gestión de residuos peligrosos de la Comunidad Autónoma del País Vasco.
Decreto 34/2003, de 18 de febrero de 2003, de regularización de la valorización y utilización de escorias.
Ley 3/1998, de 27 de febrero de 1998, de Protección del Medio Ambiente del País Vasco.

Anexo II
DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA LA PREPARACIÓN DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS EN FÁBRICAS DE CEMENTO

La utilización de residuos en instalaciones industriales es una opción viable técnicamente, no obstante los residuos empleados deben cumplir una serie de requisitos en cuanto a su composición y morfología, por lo que deben ser sometidos a una serie de tratamientos previos que variarán en función de la tipología de residuo y el horno industrial en que se pretende emplear.

Por este motivo existen una serie de tecnologías de procesado del residuo para su transformación en combustible, que tienen por objeto:

- Proporcionar las características fisicoquímicas requeridas para el uso del combustible derivado del residuo en la instalación de combustión.
- Garantizar la calidad del material producido cuando el proceso de combustión en que el residuo se use genere un producto (por ejemplo cemento).
- Garantizar la destrucción térmica del combustible/residuo una vez usado.
- Cumplir con los estándares o especificaciones que aseguren la calidad medioambiental del proceso de combustión.
- Optimizar la valorización de residuos evitando su depósito en vertederos.

En el estudio realizado, se han recogido las principales tecnologías y operaciones empleadas para la preparación de combustibles a partir de residuos. Muchas de ellas proceden de otros sectores industriales como el petroquímico, el de depura-

ción de aguas o el del sector del cemento, habiendo sido suficientemente testadas.

Las tecnologías de preparación de combustibles se pueden clasificar en función de las características del combustible a preparar (las cuales en buena medida vienen influenciadas por el residuo empleado), así se puede distinguir entre:

- Tecnologías de preparación de combustibles sólidos.
- Tecnologías de preparación de combustibles líquidos.

1. TECNOLOGÍAS DE PREPARACIÓN DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS

La producción de combustibles derivados de residuos sólidos acostumbra a constar de seis fases diferenciadas, no obstante no en todos los casos se dan las mismas, ya que la condensación y el enfriamiento son opcionales. Asimismo, debe considerarse que en ocasiones el residuo no precisa de ningún tipo de procesado para ser alimentado al proceso industrial, por lo que no es necesaria su transformación.

La intensidad de las diferentes fases dependerá del tipo de residuo empleado como materia prima y de sus características. Así, por ejemplo en el caso de residuos muy homogéneos, la fase de eliminación de impropios será muy reducida o inexistente. A continuación se indican las principales características de estas fases.

- **Eliminación de impropios**: eliminación de aquellos elementos del residuo que hagan que el combustible resultante no pueda ser alimentado al horno industrial, ya sea porque no permite la consecución de las características necesarias (PCI, morfología) o porque la combustión de estos elementos comporte riesgos para el medio ambiente o la salud. En este contexto existen diferentes tecnologías de separación de impropios: separación en función del tamaño o densidad, separación de metales férricos, separación de metales no férricos y otras tecnologías de separación.

- **Trituración**: troceado del residuo para la reducción de su tamaño, lo que facilita su transporte, almacenaje y combustión. Existen diferentes opciones tecnológicas para la trituración de residuos, de las cuales las más habituales son: molinos de bolas, molinos de rodillos, molinos de martillos rotatorios, trituradoras cortantes, trituradoras de impacto y molienda criogénica.

- **Secado**: reducción de la humedad del residuo para incrementar su PCI y reducir su reactividad. En función del residuo esta fase será inexistente o muy intensiva. En este sentido las tecnologías de secado se clasifican en función de si se trata de un secado térmico por convección, por conducción o por radiación.

- **Mezcla con otros componentes**: mezcla con elementos que pueden proceder de otros residuos o tratarse de materias primas para garantizar la consecución de las características necesarias para el empleo del combustible. La mezcla acostumbra a realizarse en tanques o depósitos habitualmente dotados de sistemas de homogeneización como agitadores o mezcladores. En función del residuo empleado y de sus características esta fase será innecesaria.

- **Condensación**: esta fase es de carácter opcional, ya que sin su realización el residuo procesado ya podría ser considerado combustible y emplearse en instalaciones industriales. No obstante, la condensación es una práctica habitual ya que facilita el almacenaje, el transporte y la alimentación del combustible. Las tecnologías más habituales en el condensado con vistas a la preparación de combustibles derivados de residuos son la peletización y la aglomeración de disco.

- **Enfriado**: fase asociada a la condensación y requisito de la misma, ya que en el proceso de condensación los residuos adquieren elevadas temperaturas, lo que hace necesario su enfriamiento para reducir la reactividad y la posibilidad de combustión del mismo. Las tecnologías más habituales de enfriado son los enfriadores horizontales y los enfriadores de contraflujo.

1.1 Eliminación de impropios

Las tecnologías de eliminación de impropios son elementos empleados para la extracción previa de aquellos elementos del residuo, que ya sea por su composición

química o características físicas (tamaño, densidad) no interesa que se incluyan en el combustible a elaborar.

Muchas de las técnicas presentadas son utilizadas asimismo para la selección de materiales de las corrientes residuales con objeto de destinarlas a reciclado (en algunos casos, como en el de los metales, lo que se considera un impropio para el combustible, es a su vez reciclable) motivo por el cual las operaciones de reciclado y de elaboración de combustibles pueden ser opciones combinables para el tratamiento de residuos.

En este contexto, las tecnologías evaluadas han sido clasificadas en las siguientes categorías a partir de su función.

Separación en función del tamaño o densidad

Las tecnologías de separación de residuos en función de su tamaño o densidad son principalmente:

- Trómeles (también llamados tamices de tambor).
- Separadores balísticos / tablas densimétricas.
- Aspiradores.

Trómeles (tamices de tambor): sistemas rotatorios de tamizaje mediante los que se separa los residuos en dos fracciones, una formada por los materiales de tamaño inferior al diámetro de tamizaje y otra formada por aquellos materiales de tamaños superiores.

Vista exterior e interior de un trómel.

Separadores balísticos / tablas densimétricas: sistemas de separación de los materiales mediante paneles inclinados (que a su vez pueden ser rotatorios) movidos me-

diante un mecanismo de agitación y sobre los cuales se hace circular una corriente de aire, de manera que los residuos son separados en función de su densidad en diferentes fracciones de materiales, que pueden variar en función de la tecnología empleada y el uso que se le dé (fracción ligera-fracción pesada, fracción plana-fracción redonda, fracción grande-fracción pequeña, etc).

Imagen de un separador balístico.

Aspiradores: tecnologías basadas en el apoyo neumático, donde mediante la aplicación de un flujo/succión de aire se aspiran aquellos materiales más ligeros.

Separación de metales férricos

Las tecnologías de separación de los metales férricos más habituales son principalmente tres:

- Separación mediante electroimán (overband).
- Separación mediante separadores de tambor magnéticos.
- Separación mediante poleas magnéticas.

Separación mediante electroimán (overband): tecnologías basadas en la colocación de un electroimán encima de una cinta transportadora por la que se hace circular los residuos, de manera que los metales son atraídos hacia él por fuerzas magnéticas. Estas tecnologías se emplean para la extracción de metales férricos y acero.

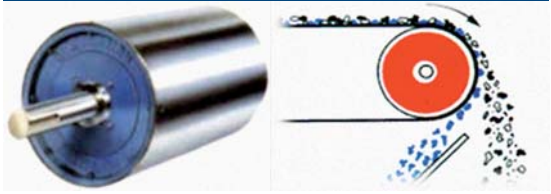
Imágenes y esquema de funcionamiento de un electroimán.

Separación mediante separadores de tambor magnéticos: tecnologías basadas en un tambor cilíndrico en cuyas paredes se crean campos magnéticos, de manera que los metales férricos presentes en la corriente residual se queden adheridos a las paredes del tambor. La alimentación del residuo a estos tambores se realiza mediante una rampa vibratoria.

Ejemplos de separador magnético.

Separación mediante poleas magnéticas: tecnologías basadas en la instalación de una polea magnetizada en la cabeza terminal de la cinta transportadora de los residuos para la extracción continua de la contaminación de hierro de la carga del transportador.

Imagen de una polea magnética y esquema de funcionamiento



La polea magnética opera al retener el contenido ferroso magnético del transportador de carga para descargarlo detrás de la misma, mientras que los materiales no magnéticos se descargan en la trayectoria normal.

Separación de metales no férricos

La tecnología de separación de metales no férricos más habitual es la separación por corrientes de Foucault (también llamada corriente Eddie).

Separadores de corriente de Foucault (también llamada corriente Eddie): los sistemas de corriente de Foucault están basados en los principios de inducción electromagnética, de manera que se crea un campo electromagnético, el cual reacciona con diferentes metales en función de su masa específica y su resistividad (grado de dificultad que encuentran los electrones en sus desplazamientos), creando una fuerza repelente sobre las partículas metálicas. De esta manera, si un metal se ve

afectado por la inducción electromagnética es fácilmente levantado y expulsado del flujo de la corriente del residuo, haciendo así posible la separación.

Este tipo de equipos pueden separar partículas no férricas de un tamaño de entre 3 y 150 mm, de manera que en función del flujo residual suele requerirse un tamizaje previo para garantizar la efectividad del separador. No obstante, estos sistemas no suelen ser efectivos para separar aquellos componentes más largos y planos, como papel de aluminio y alambre de cobre, debido a la baja corriente de Foucault de los mismos.

Separadores por corrientes de Foucault.

Otras tecnologías de separación

Dentro de otras tecnologías de separación se han incluido aquellas que proceden a la separación directa del impropio. Existen dos opciones de este tipo:

- Selección automática mediante elementos ópticos.
- Selección manual.

Tecnologías de selección óptica mediante técnicas de espectroscopía infrarroja cercana: tecnologías basada en la colocación sobre la cinta que transporta el residuo de lámparas halógenas y un detector formado por un sensor de espectroscopía infrarroja cercana, que escanea los materiales que pasan por la cinta y transmite los espectros de los diferentes materiales a un procesador de datos. Estas señales se comparan con una base de datos, y en caso de coincidencia con el material que se quiere seleccionar se activa un chorro de aire situado en la cinta transportadora que arrastra al elemento seleccionado separándolo del resto de residuos.

Debe considerarse que los materiales de color marrón oscuro y negro no se pueden separar ya que la luz infrarroja es prácticamente absorbida de forma que no se reflecta ningún tipo de irradiación al sensor.

Estas tecnologías son de uso común para la obtención de materiales destinados a reciclaje (tetrabrik, papel, cartón, polietileno, polipropileno, poliestireno, etc.), motivo por el cual es habitual encontrarlas en las plantas de selección de envases. Su uso en plantas de preparación de combustibles para la eliminación de impropios es poco habitual a causa de su elevado coste.

Selección manual de residuos con objeto de eliminar impropios o para su posterior reciclado.

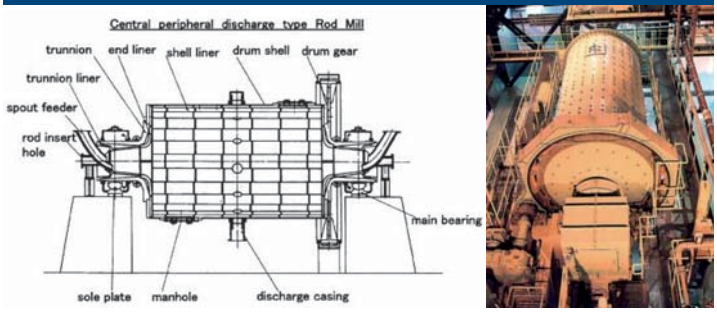
Selección manual: opción tecnológicamente muy simple consistente en cintas de transporte de residuos en las que se instalan varios operarios que seleccionan aquellos elementos que se pretenden separar del flujo de residuos principal. Por sus características esta opción no es viable para la selección de impropios en flujos de residuos peligrosos y no es muy habitual su empleo para el procesado de combustibles.

1.2 Trituración

La trituración tiene por objeto la reducción del tamaño del residuo para facilitar su transporte, almacenaje y alimentación al horno. Existen diferentes opciones tecnológicas para la trituración de los residuos, de las cuales las más habituales son:

Molinos de bolas: tecnologías basadas en un cilindro horizontal con las paredes formadas por gruesas capas de acero. El molino se llena hasta aproximadamente un tercio de su volumen con bolas de acero de diferentes tamaños y diámetros variables entre 30 y 80 mm. Una vez

Esquema e imagen de un molino de bolas.



se introduce el material residual en el cilindro, éste rota de manera que el residuo es machacado mediante continuos movimientos en cascada de las bolas y del material. Las partículas resultantes del proceso son secadas y posteriormente seleccionadas, destinándose aquellas más grandes de nuevo al molino.

Molinos de martillos rotatorios: tecnologías basadas en un rotor horizontal o vertical unido a martillos fijos o pivotantes encajados en una carcasa y en cuya parte inferior se encuentra un tamiz fijo o intercambiable. Los materiales son despedazados mediante compresión entre los martillos y las paredes del molino. El rotor puede operar a más de 1.000 revoluciones por minuto, haciendo que casi todos los materiales se comporten como frágiles. El tamaño de las partículas de residuo obtenidas depende de la velocidad del rotor, el tamaño del tamiz y la velocidad de introducción del material, pudiéndose conseguir tamaños de partícula de hasta 100 µm. Estos molinos son fáciles de limpiar y operar, además permiten cambiar sus tamices, y operan en un sistema cerrado reduciendo el riesgo de explosión y contaminación cruzada.

Visión exterior y interior de un molino de martillos y esquema de funcionamiento.

Molinos de rodillos: tecnologías basadas en la trituración de los materiales por medio de la presión que ejercida entre la superficie donde se ubica el residuo y los rodillos que forman parte de este equipo.

Trituradoras de impacto: tecnologías basadas en un tren de batidores similares a martillos articulados o fijos que rotan en una cámara. El material se machaca por impacto y desgaste, de manera que las partículas más gruesas se acumulan en la periferia de los batidores, debido a la fuerza centrífuga y las partículas finas se escapan a través del eje.

Esquema de funcionamiento de un molino de rodillos.

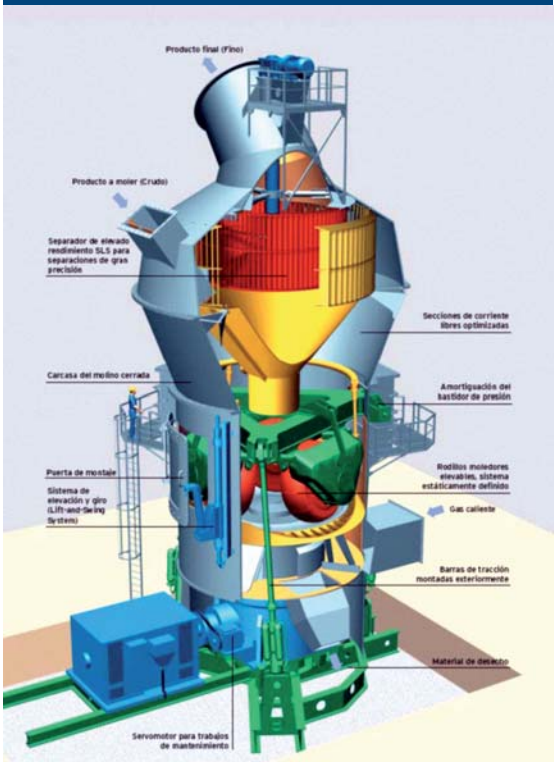


Imagen de una trituradora de impacto y de los batidores que operan en su interior.

Las trituradoras de impacto poseen una capacidad máxima de tratamiento inferior al de otras alternativas evaluadas.

Trituradoras cortantes: máquinas compuestas por una cinta transportadora, una tolva, dos ejes portacuchillos, un rotor y un tamiz situado debajo del rotor que permite determinar el tamaño de salida del material. El residuo es cargado en la tolva y troceado por los cuchillos. Estas tecnologías pueden llegar a triturar gran variedad de residuos (voluminosos, plásticos, neumáticos, restos forestales, residuos peligrosos, etc).

Molienda criogénica: tecnología que permite a su vez la separación de impropios y la trituración del residuo. Es un tipo de tecnología que se emplea para el tratamiento

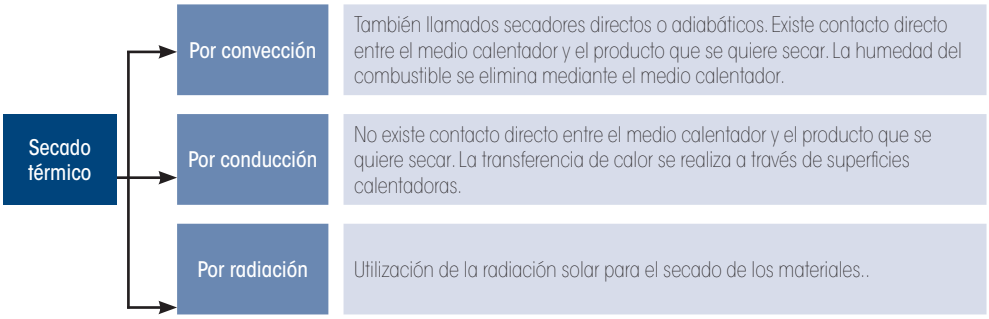
de envases usados de pintura, tinta y sustancias similares. El tratamiento consiste en los siguientes pasos:

- Trituración de los materiales y adición de nitrógeno para la inertización.
- Tratamiento criogénico con nitrógeno líquido (-196°C). El material se endurece y, debido a los diferentes coeficientes de expansión de los componentes las uniones entre ellos se reducen.
- Separación de los envases y el contenido mediante trituradoras de martillo y un tamiz vibrador.
- Recogida de la fracción metálica por separación ferromagnética para su reutilización.
- Adición de serrín a los lodos resultantes, actuando como absorbente para su solidificación. La fracción de plástico y lodo es la empleada para la fabricación de combustible.

Para el proceso criogénico y para la producción de nitrógeno se requiere electricidad. Se generan emisiones de aire con contenido de compuestos orgánicos volátiles. Para eliminar estas emisiones es necesario recoger los gases producidos para su posterior lavado mediante carbón activado.

1.3 Secado

El proceso de secado se aplica para incrementar el poder calorífico del combustible mediante la reducción del contenido de agua del mismo. El secado se basa en procesos físicos y fisicoquímicos de transporte de calor y masa dando lugar a la evaporación del combustible. Las tecnologías de secado se pueden clasificar en función de la procedencia del calor utilizado.



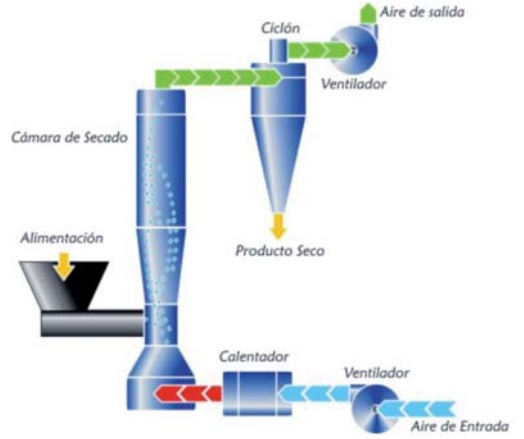
Secado térmico por convección

Las principales tecnologías de secado térmico por convección analizadas han sido:

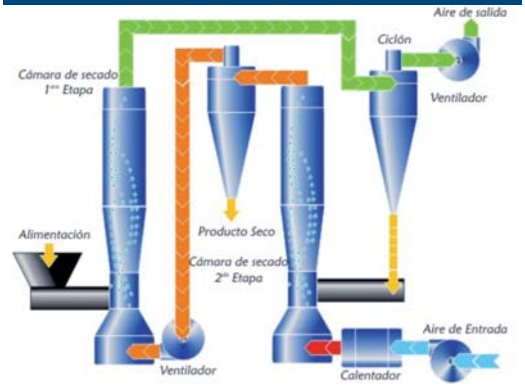
Secado neumático: tecnologías formadas por un calentador y un tubo vertical. El secado tiene lugar mediante la inyección de un gas (habitualmente aire) a través del calentador y el tubo en sentido ascendente. El producto es alimentado dentro de la corriente de gas, la cual lo suspende y transporta a un equipo de colección de polvos (ciclón, filtro de mangas, lavador de gases por vía húmeda o una combinación de estos) donde se produce la separación entre el residuo y el gas de secado.

Dependiendo de los requerimientos y del gas de secado se pueden emplear para la inyección del gas únicamente un ventilador de inducción o acompañarlo con otro de extracción.

Sistema de secado neumático en una etapa de ciclo abierto.



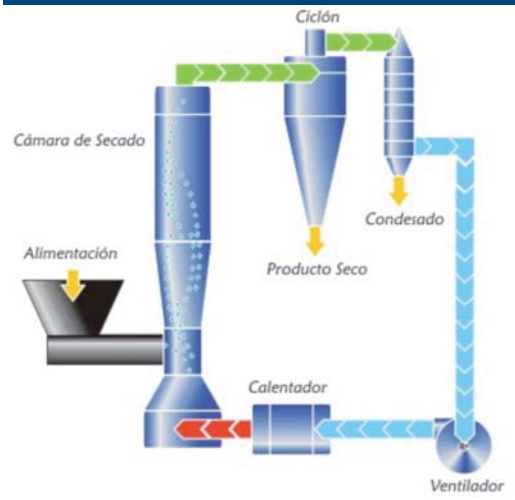
Sistema de secado neumático en contracorriente de dos etapas.



El proceso de calentamiento del aire puede realizarse de forma directa con quemadores de gas o de forma indirecta con intercambiadores de calor y vapor. De manera que en función de la tecnología escogida el sistema será de convección o conducción.

El circuito de secado puede ser abierto o cerrado (cuando el producto es tóxico o emite gases nocivos u olores, o cuando el gas de secado debe recuperarse).

Sistema de secado neumático en circuito cerrado.



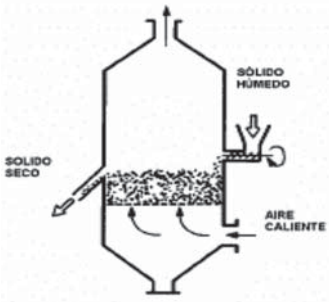
El sistema permite asimismo duplicar los módulos de secado operando en contracorriente, uno respecto al otro, para de esta manera mejorar el consumo calorífico.

Las características que hacen un producto apto para ser secado mediante esta tecnología son su facilidad para ser dispersado, requerir tiempos de residencia muy cortos (1-3 segundos) y que la humedad del producto sea superficial. En caso de requerirse tiempos de residencia medios o altos, variaciones en el equipo permitirían ajustar este parámetro. Los productos a alimentar pueden tener las siguientes características:

- Polvos, granos o cristales húmedos.
- Sólidos húmedos procedentes de centrífuga, filtros rotatorios (trómeles) o filtroprensas.
- Productos con sólidos pequeños con baja humedad, quebradizos y no pegajosos.

Trómeles de secado térmico convectivo: sistema de secado especialmente diseñado para el secado de lodos que consiste en un tanque o trómel en el que se mantiene un circuito cerrado de vapor. El vapor es calentado en un horno y posteriormente introducido por debajo del material a tratar ascendiendo por convección.

Esquema de funcionamiento de un sistema de secado térmico convectivo.



Trómeles de secado térmico directo: sistemas compuestos por un horno y uno o varios trómeles de secado. El producto se introduce en el trómel,

donde se deshidrata por medio de gases calientes generados en el horno, a diferencia del caso anterior en estas tecnologías el gas no es introducido por debajo del residuo sino sobre él y el circuito de gas no es de carácter cerrado.

Las partículas ligeras se transportan rápidamente a través del trómel, mientras que las partículas pesadas permanecen más tiempo, de tal forma que todas ellas tengan el mismo contenido de humedad en la salida.

Los gases obtenidos en la deshidratación se separan del producto en un ciclón y se emiten directamente en la atmósfera. En este proceso puede reducirse el volumen de las partículas sólidas y el consumo de energía mediante la recirculación de los gases.

Es un tipo de tecnología utilizable para todo tipo de productos que no conlleven problemas de emisiones olorosas o compuestos orgánicos volátiles.

Secado térmico horizontal a baja temperatura: tecnologías en que el material es distribuido de manera uniforme en una superficie, haciéndose pasar una corriente de gas caliente a través del producto y la superficie a temperaturas oscilantes entre los 75 y los 110 °C. Los gases una vez enfriados tras pasar a través del producto pueden ser enviados a la atmósfera.

Este sistema permite utilizar energías residuales de otros procesos, tales como gases de escape de hornos, calderas, economizadores, etc.

Secado térmico eléctrico: sistemas de características similares al secado térmico horizontal, pero que operan a menores temperaturas y donde la energía de secado es proporcionada por un secador eléctrico que deshidrata el residuo a baja temperatura mediante un circuito cerrado de aire. Esta tecnología presenta las siguientes ventajas:

- Posibilidad de alcanzar hasta un 20% de humedad.
- Inexistencia de combustión.
- La temperatura de secado es de 48-50°C.
- El residuo alcanza cómo máximo en torno a los 30°C, evitándose reacciones químicas.

- El secado se realiza mediante un circuito cerrado de aire, sin emisión de sustancias a la atmósfera.
- El aire de secado es siempre el mismo, extrayéndose únicamente el condensado.
- Estas tecnologías son de diseño compacto y de fácil manejo.

Secado térmico por conducción

La tecnología más habitual de secado térmico por conducción son los trómeles de secado térmico indirecto.

Trómeles de secado térmico indirecto: sistemas de oxidación térmica compuestos por un horno, un trómel, un circuito cerrado de vapor y un ciclón que permite destruir los olores y emisiones generados en el proceso de secado.

Los gases del circuito cerrado de vapor se calientan en un intercambiador de calor por medio de los gases de salida del horno, antes de introducirse en el trómel donde también se coloca el residuo. El producto y el gas de secado se separan en el ciclón y los gases se vuelven a introducir en el intercambiador de calor, donde vuelve a iniciarse el proceso. El agua y otras sustancias evaporadas del producto se van purgando del circuito cerrado y se introducen en el horno como aire secundario de combustión.

En el horno, a temperaturas superiores a 850 °C, sustancias como los compuestos orgánicos volátiles y el monóxido de carbono son oxidadas térmicamente, de manera que el sistema consigue unas emisiones prácticamente limpias de contaminantes y de olores. Por este motivo estas tecnologías se emplean con todo tipo de productos que generan olores molestos y cualquier tipo de emisión tóxica o peligrosa.

Los trómeles de secado térmico indirecto son una tecnología habitualmente empleada para el ***secado de lodos de depuradora*** *con destino a su valorización energética. Así, los lodos con un porcentaje de humedad entre el 20% y el 30% son mezclados con material seco en una mezcladora y posteriormente introducidos en el trómel, a cuya salida se obtiene un material con un 90% de materia seca. Posteriormente el material de salida se criba, destinándose la fracción con un tamaño adecuado a valorización energética, mientras que otra parte del material de salida*

es recirculado como material seco al proceso. Asimismo se obtiene una pequeña fracción de rechazo.

Habitualmente estos tratamientos se realizan empleando sistemas de cogeneración, de manera que utilizando gas natural como combustible se obtiene electricidad mediante una turbina, destinándose los gases de salida de este proceso como medio calentador del aire introducido en el trómel de secado. Este aire, a su vez, una vez empleado en el trómel es depurado mediante sistemas de ciclones y filtros.

Secado térmico por radiación

Las tecnologías más habituales de secado por radiación son aquellas que utilizan la luz solar como fuente de energía.

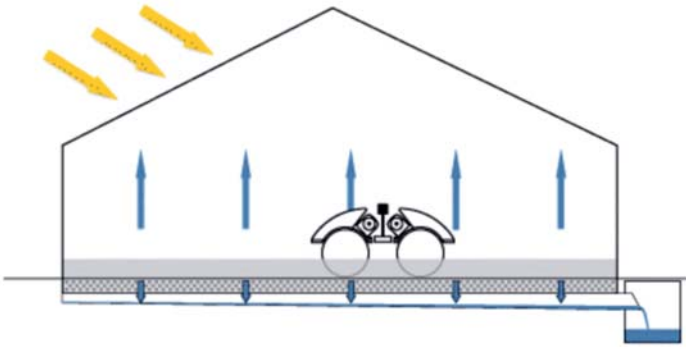
Secado solar: empleo de la radiación solar para el secado del material residual. Existen diferentes alternativas de empleo de la radiación solar, desde las más simples, basadas en la extensión del material en una superficie dejando que el sol irradie sobre la misma, a otros procesos más tecnificados en que el material es recluido en una instalación con alguna de sus fachadas o techos transparentes. A modo de ejemplo de estas últimas tecnologías se presenta el proceso Thermo-system, siendo el resto de procesos más tecnificados de carácter similar.

El proceso Thermo-system

Proceso utilizado para el secado de lodos y residuos orgánicos de alta humedad. El proceso tiene lugar en cámaras completamente cerradas y térmicamente aisladas, con una cobertura transparente para permitir el paso de la radiación solar. Asimismo la cámara cuenta con unos ventiladores que mantienen constantemente un flujo de aire a una velocidad óptima sobre el material a secar, controlándose el intercambio de aire a través de trampillas y extractores.

Imagen de una cama de secado de lodos por radiación solar.

Esquema de funcionamiento del sistema Thermo-system.



El sistema cuenta con sensores que miden la evolución de las características del material y una unidad central de control donde se procesan los datos medidos, adaptándose las condiciones de la cámara en función de las mediciones obtenidas.

El aire empleado para la ventilación del material habitualmente está a temperatura ambiente, pero el sistema permite aprovechar el calor de escape procedente de otros procesos para acelerar el secado. Dependiendo de las condiciones del aire exterior los ventiladores de la cámara suministran grandes cantidades de aire durante determinados periodos para sumar al efecto de la radiación el poder de secado del aire ambiente.

El material a secar se remueve mediante un topo eléctrico que lo transforma en granulado. El sistema dispone asimismo de un sistema de drenaje en la base de la cámara para la extracción de agua.

1.4 Mezcla con otros componentes

La mezcla del combustible residual con otros residuos o combustibles tradicionales se realiza para garantizar la consecución de las características necesarias para su utilización en el horno.

La mezcla se puede realizar de forma previa a la trituración de los dos flujos, si poseen comportamientos de trituración similares. No obstante es más habitual la realización de la mezcla a posteriori.

La mezcla acostumbra a realizarse en tanques o depósitos dotados habitualmente de sistemas de homogeneización como agitadores o mezcladores.

1.5 Condensación

La fase de condensación consiste en el espesado o unión de los residuos que se desea que formen parte del combustible. Esta fase de procesado es de carácter opcional, ya que sin su realización, y tras las fases previas, el residuo ya podría ser considerado combustible, en caso de reunir las condiciones para su alimentación, y empleare en instalaciones industriales.

Las tecnologías más habituales en el condensado con vistas a la preparación de combustibles derivados de residuos son:

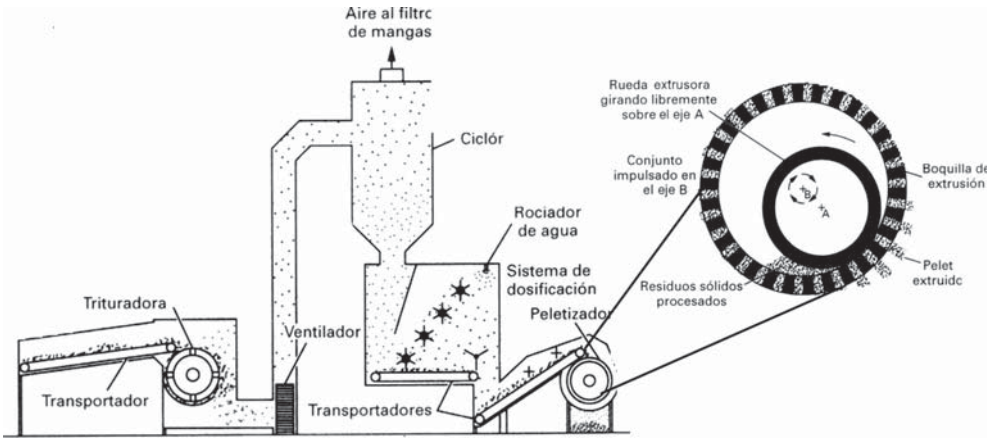
- La peletización.
- La aglomeración de disco.

Peletización

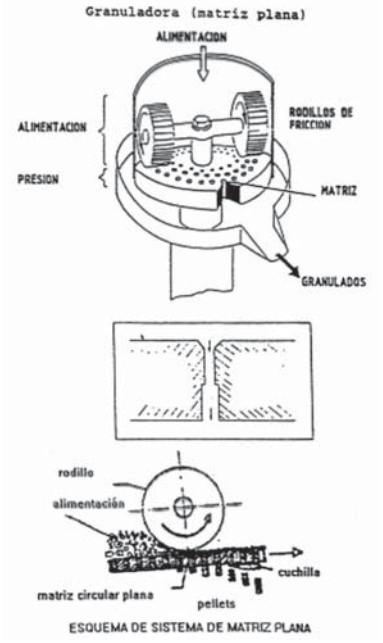
Tecnologías basadas en la compactación mediante la aplicación de presión sobre una matriz perforada, que puede ser cilíndrica o plana, a través de la cual se hace pasar el material, que adopta la configuración de los orificios.

La forma de los pellets generados acostumbra a ser cilíndrica, con un diámetro de entre 6 y 20 mm y una longitud de entre 25 y 60 mm, dependiendo fundamentalmente de la aplicación en la que se vaya a emplear y del tipo de sistema de aprovechamiento.

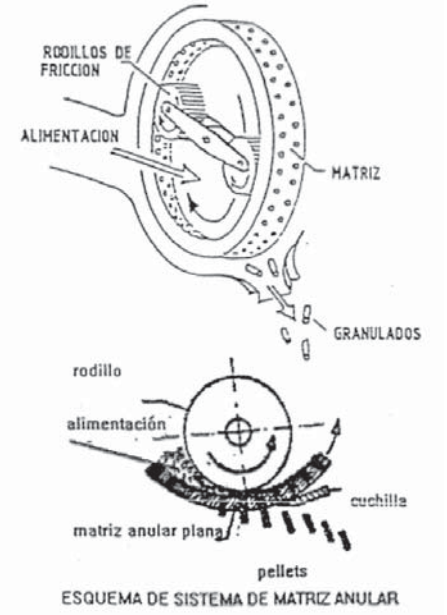
Peletización.



Sistemas de peletización.



ESQUEMA DE SISTEMA DE MATRIZ PLANA



ESQUEMA DE SISTEMA DE MATRIZ ANULAR

Aglomeración en disco

Tecnologías basadas en un reactor formado por una cubierta de metal con uno o más discos en su interior.

El material se introduce en el reactor de forma discontinua. Una vez introducido el material, los discos que tienen superestructuras para remover mejor, comienzan a rotar homogeneizando el material y generando calor por fricción. Las temperaturas alcanzadas hacen que el material comience a plastificarse momento en que el reactor es vaciado, habiéndose obtenido productos de una mayor densidad.

A diferencia de las tecnologías de peletización la aglomeración implica un mayor consumo de energía para la obtención de una mezcla completa.

1.6 Enfriado

De forma previa al almacenamiento de productos aglomerados suele ser habitual su enfriamiento con objeto de eliminar la posibilidad de combustión asociada al calor

acumulado en la etapa de peletización, y reducir la posible reactividad del producto aglomerado. En este contexto las tecnologías más habituales de enfriado son:

- Enfriadores horizontales.
- Enfriadores de contraflujo.

Imagen de un enfriador horizontal.

Enfriadores horizontales

Tecnologías basadas en enfriar el producto aglomerado mediante un flujo de aire frío en horizontal. Estas tecnologías se caracterizan por ser capaces de enfriar hasta 406 mm de capas de pellets, poseer una gran capacidad de carga y requerir volúmenes de aire para el enfriado reducidos.

Enfriadores de contraflujo

Tecnologías basadas en enfriar el producto aglomerado mediante un flujo de aire frío. El producto es introducido en la parte alta del enfriador, y el flujo de aire es introducido desde la parte baja del equipo, de manera que el aire asciende verticalmente, adquiriendo el calor de los pellets, mientras estos bajan cediendo calor al aire. Estas tecnologías son de proyecto simple y permiten un enfriamiento homogéneo de los materiales.

Imágenes de enfriadores de contraflujo.

2. Tecnologías de preparación de combustibles líquidos

La transformación de residuos en combustibles líquidos para su utilización en instalaciones industriales suele incluir una serie de procedimientos orientados a dotar al combustible de las características necesarias para su buen funcionamiento. No obstante, a diferencia de lo que ocurre con los combustibles sólidos, el orden en que se realizan los diferentes procesos no es siempre el mismo, variando en función de los residuos que se quiere emplear y el tipo de combustibles que se desea obtener.

Los procedimientos que se pueden dar para la preparación de combustibles son los que se especifican a continuación.

Eliminación de impropios | Deshidratación | Blending | Homogeneización

Eliminación de impropios

La eliminación de impropios persigue que el combustible resultante del procesado presente las características físicas y de composición necesarias para su alimentación al horno. En este contexto, las tecnologías de eliminación de impropios más habituales son las siguientes.

Filtros de membranas: tecnologías basadas en el filtrado de la solución residual a través de membranas, de manera que ciertas sustancias pueden atravesar la membrana, mientras que otras se quedan atrapadas en ella. Hay varios métodos para que el flujo residual pase a través de la membrana, siendo el más habitual la aplicación de presión, aunque existen otros sistemas (como el establecimiento de un gradiente de concentración o la introducción de un potencial eléctrico).

Los filtros habitualmente utilizados son del tipo malla metálica vibratoria aunque pueden ser de otros materiales como fibras naturales, fibras sintéticas, materiales cerámicos y polímeros.

Filtros de lecho profundo: tecnologías basadas en el filtrado de la solución residual a través de capas de cierto espesor de material granulado como arena, grava, etc. Teniendo lugar la retención de los sólidos en los espacios y canales interiores de las capas.

Imagen de un filtro de membranas industrial y de diferentes tipologías de membranas metálicas.

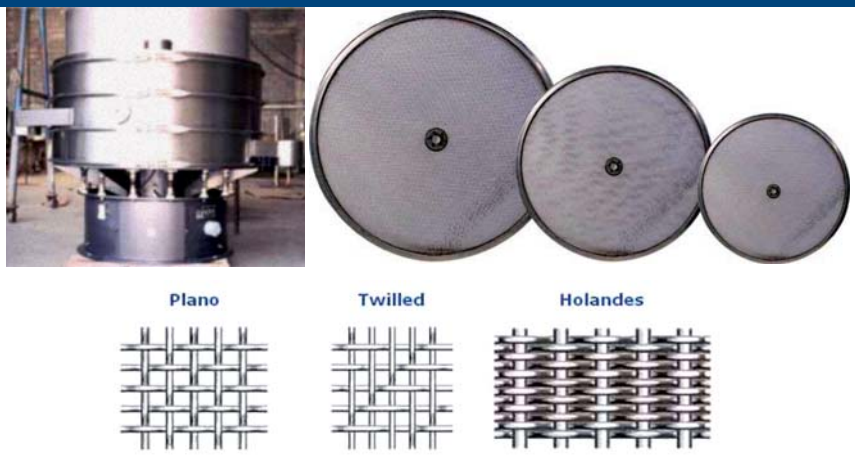
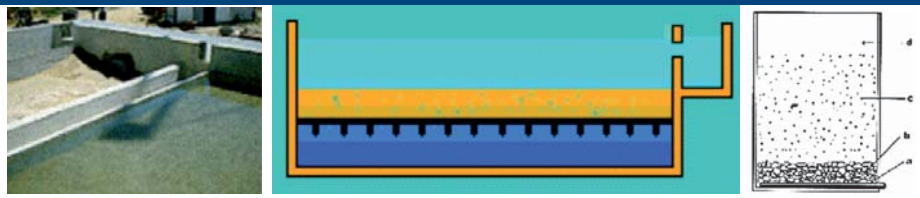


Imagen y esquema de funcionamiento de un filtro en lecho profundo.



Filtros de carbón activo: tecnologías basadas en el filtrado de la solución residual a través de filtros de carbón activo, con la finalidad de evitar las emisiones contaminantes una vez se emplee el combustible (principalmente para evitar las emisiones de compuestos orgánicos volátiles). El carbón activo es una sustancia altamente porosa, de ahí su propiedad de absorber trazas de sustancias orgánicas presentes en el aire y en el agua.

Imágenes de carbón activo y de diferentes tanques de filtrado mediante carbón activo.

Tanques de sedimentación: tecnologías basadas en la introducción de la solución residual en un tanque donde se induce su decantación por la diferencia de densidades entre los diferentes componentes del flujo. La sedimentación de sólidos en líquidos está gobernada por la Ley de Stokes, que indica que las partículas sedimentan más fácilmente cuanto mayor es su diámetro, su peso específico y cuanto menor es la viscosidad del líquido. Por ello, cuando se quiere favorecer la sedimentación se intenta aumentar el diámetro de las partículas mediante la adición de floculantes y coagulantes.

Ejemplo de un tanque de sedimentación.

La decantación se facilita mediante el calentamiento del tanque a 70-80 ºC. Una vez decantado, la fracción combustible puede, a su vez, filtrarse, tratándose de forma adecuada el agua y los sedimentos residuales (o a su vez ser empleados como combustible una vez tratados).

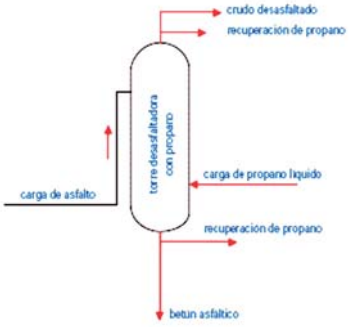
Desmineralización ácido-base: tecnologías empleadas para la eliminación de contaminantes metálicos y otros aditivos de flujo residual. El proceso se basa en alojar el flujo residual en un tanque y adicionar elementos químicos al mismo (ácidos o bases), de manera que se produzca la precipitación de los elementos que se pretende eliminar en forma de fosfatos, oxalatos y sulfatos. El precipitado se elimina mediante decantación y filtración. Esta opción permite a su vez deshidratar el combustible mediante desemulsificación y calentamiento.

Extracción por solventes: tecnologías habitualmente utilizadas para la extracción de metales y basadas en la utilización de una fase orgánica que contiene un extrayente, de manera que el metal contenido en el flujo residual se queda adherido a él. Una vez depurado el flujo residual los metales capturados pueden ser recuperados y destinados a otros usos.

Centrifugación: método por el cual se pueden separar sustancias en función de su densidad mediante una centrifugadora, la cual imprime a la mezcla un movimiento rotatorio con una fuerza de mayor intensidad que la gravedad, provocando la sedimentación de las partículas de mayor densidad.

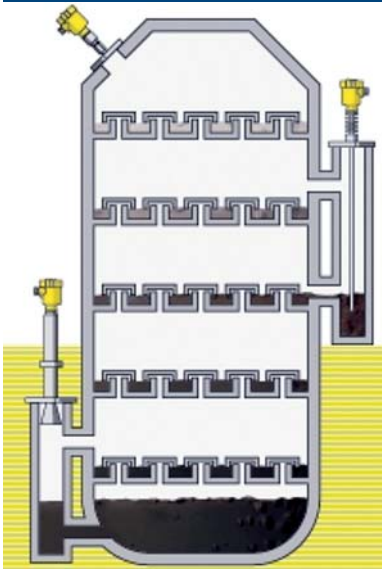
Desasfaltación por propano: tecnologías empleadas para el tratamiento de aceites residuales y otros flujos similares con objeto de obtener lubricantes o combustibles. Estas opciones se basan en la mezcla del flujo residual con propano líquido a temperatura ambiente en una unidad desasfaltadora (tanque) para la separación de la fracción asfáltica residual, otros componentes y si se requiere también el agua.

Esquema de funcionamiento de un desasfaltador por propano.



Los componentes no solubles en propano (como la fracción asfáltica que contiene carbón, metales, resinas, polímeros y otros aditivos) precipitan y se pueden eliminar mediante decantación.

Esquema de una columna de destilación fraccionada al vacío.



Destilación fraccionada al vacío: estas tecnologías se basan en el proceso físico de destilación, es decir, separar mediante calor los diferentes componentes líquidos de una mezcla, aprovechando las diferencias de volatilidad de los compuestos a separar. Es una opción de tratamiento habitual para aceites residuales y compuestos similares.
La tecnología empleada para el tratamiento de flujos residuales es habitualmente el empleo de columnas de fraccionamiento en condiciones de vacío, ya que esta opción facilita la destilación a la vez que permite operar con temperaturas menos elevadas.

Deshidratación

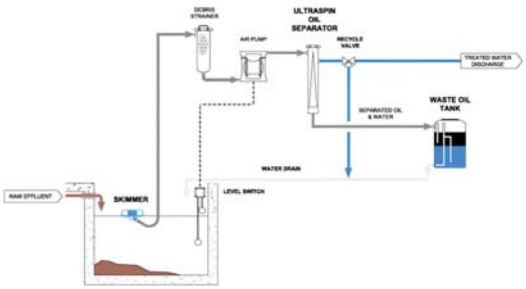
Las tecnologías de deshidratación tienen por objeto reducir o eliminar el contenido de agua presente en el flujo residual, con objeto de aumentar la concentración de los elementos combustibles del mismo e incrementar su poder calorífico. Las tecnologías más habituales de deshidratación de flujos residuales líquidos son la separación mediante calor y el empleo de separadores agua/aceite.

Separación del agua mediante calor: tecnologías empleadas con residuos que contienen fracciones menos densas que el agua, como aceites. Su funcionamiento se basa en el calentamiento del residuo líquido mediante intercambiadores de calor externos al recipiente donde se ubique el mismo, de manera que el residuo se caliente hasta alcanzar una temperatura de 90ºC. A esta temperatura la mayoría del agua suspendida se hunde como consecuencia de su mayor densidad, consiguiéndose una separación por gravedad.

Separador agua/aceite: tecnologías de separación de agua y aceites o elementos grasos basadas en la captura de estas sustancias mediante superficies coalescentes, es decir, que facilitan la unión de las partículas de estos componentes con la superficie.

El flujo residual entra en el separador a una velocidad reducida, permitiendo que los sólidos precipiten al fondo y las gotas de aceite queden suspendidas en la superficie. Posteriormente el influente pasa por un amortiguador que distribuye el flujo hacia las superficies coalescentes. Estas placas tienen la forma de un panal de abejas y logran atrapar al aceite libre, aunque cuando las partículas de esta sustancia sean lo suficientemente grandes escapan a la superficie, desde donde también es captado. El aceite captado es conducido a un depósito, mientras que el agua es enviada a la salida del separador.

Imagen de un separador agua-aceite y esquema de funcionamiento.



Blending

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, proceso mediante el que se mezclan diferentes residuos con la finalidad de obtener un combustible. 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.

Fluidificación: conjunto de procesos mediante los cuales residuos líquidos, pastosos y sólidos se homogeneízan y trituran juntos para producir un combustible líquido. Esta opción está compuesta por cuatro fases.

- Calibración de la parte pastosa: trituración de las partículas gruesas, extrayendo cualquier material metálico mezclado accidentalmente con los residuos (se pueden emplear diferentes técnicas de trituración de las indicadas en el capítulo de preparación de combustibles a partir de residuos sólidos y diferentes técnicas de eliminación de impropios de las enumeradas). Posteriormente los residuos son transferidos a un tanque de mezclado.

- Disolución y separación: disolución y emulsificación de la pasta en una fase solvente para obtener un material homogéneo. La disolución de los componentes de la fase líquida a partir de solventes y/o agua residual se realiza mediante trituradores, decantadores rotatorios y tanques.

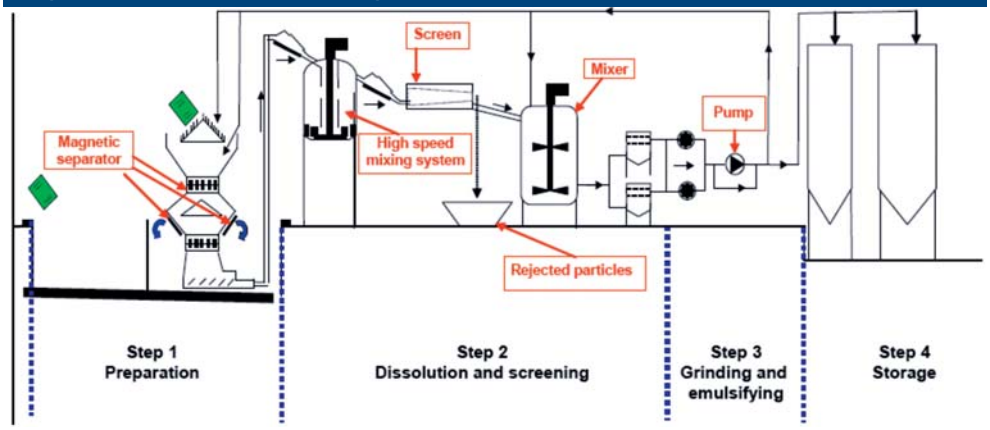
  Los trituradores pulverizan los sólidos y los mezclan con la fase líquida. A continuación la mezcla se introduce en el decantador rotatorio donde se extraen aquellas piezas sólidas de mayor tamaño que no hayan sido troceadas. Finalmente la mezcla es recogida en un tanque.

- Molienda y emulsión: molienda de cualquier partícula sólida que permanezca en suspensión en la fase líquida y generación de una emulsión fina entre la fase acuosa y la fase de hidrocarburos que constituyen el combustible líquido. Este proceso requiere tecnologías de molienda/emulsión de alta velocidad protegidas mediante separadores magnéticos y filtros mecánicos. El equipo debe ser flexible para poder aceptar fluctuaciones en la velocidad, densidad y naturaleza de los sólidos en suspensión. Durante el llenado del tanque se

controlan determinados parámetros del combustible como pH, viscosidad, punto de ignición, etc. Si la calidad del combustible no es la adecuada debe ser reprocesado antes de transferirse a la unidad de almacenamiento.

- **Almacenamiento**: cuando se ha alcanzado un alto nivel en el tanque, el material se transfiere mediante bombas al almacenamiento final. Durante este periodo se lleva a cabo un último ajuste en la calidad del combustible mediante filtros. El almacenamiento se realiza en tanques cónico-cilíndricos con un equipo de mezclado.

Esquema de funcionamiento del proceso de fluidificación.



Homogeneización

Los combustibles obtenidos, así como en muchos casos el flujo residual del que provienen, requieren unas características homogéneas para su alimentación. Para la consecución de estas características los tanques de almacenamiento acostumbran a estar dotados de algunas de las siguientes tecnologías:

Agitadores verticales: tubo provisto de una brida de sujeción al depósito y a un motor que lo hace rotar. El tubo posee, a su vez, una hélice perpendicular al mismo, que mediante el movimiento de rotación homogeneíza el combustible.

Mezcladores: instalación de hélices en la base del tanque de manera que el movimiento rotatorio de las mismas permite la mezcla de los fluidos.

Sistemas de bombeo: instalación de bombas que recojan el flujo residual y lo reinsuflen al tanque de manera que se consiga la homogenización de los diferentes fluidos en él contenidos.

Imágenes de un tanque de homogeneización por bombeo y un agitador vertical.

3. Operaciones de preparación de combustibles más empleadas en España

Dentro de las operaciones indicadas en este capítulo, su aplicación difiere en función de cada una de ellas y de los residuos transformados en combustibles.

En el caso de los aceites minerales el procedimiento habitual empleado en las plantas españolas es la preparación previa de los mismos en plantas de blending. Esta operación es también ampliamente utilizada en el caso de disolventes, grasas animales, aceites vegetales y residuos pastosos. En ocasiones el término blending se puede emplear también para la mezcla de algunos residuos sólidos (plásticos y serrines impregnados), aunque es más aplicable a líquidos. Así, mediante esta operación se consigue homogeneizar el combustible obtenido del residuo tratado y mejorar su calidad como tal.

Los residuos de hidrocarburos suelen inyectarse como combustibles alternativos habiendo realizado una mezcla previa.

En el caso de la celulosa y la biomasa forestal, también se realiza siempre la misma operación para su acondicionamiento como combustibles alternativos: la trituración. En la Comunidad Autónoma de Aragón, para la biomasa forestal también se comple-

menta la trituración con un cribado por tamaños de la materia obtenida en la fase de troceado anterior.

Los neumáticos fuera de uso pueden ser alimentados a los hornos de clínker ya sea enteros o troceados.

Las harinas cárnicas son sometidas a un proceso de esterilización de materiales cárnicos en el que se obtiene, por un lado, grasa para distintos tratamientos, y por otro, harinas cárnicas destinadas a piensos autorizados para algunos animales, vertido o valorización energética. Para su valorización en plantas cementeras, en ocasiones las harinas animales son mezcladas con minerales para evitar que la grasa que aún esté presente en las mismas provoque atascos en el sistema de alimentación.

Anexo III
RESIDUOS AUTORIZADOS PARA SU VALORIZACIÓN ENERGÉTICA EN FÁBRICAS DE CEMENTO

A continuación se presentan las setenta y seis tipologías de residuos autorizados para su valorización energética en el conjunto de las fábricas de cemento, detallando la categoría LER (cuatro dígitos) y su descripción.

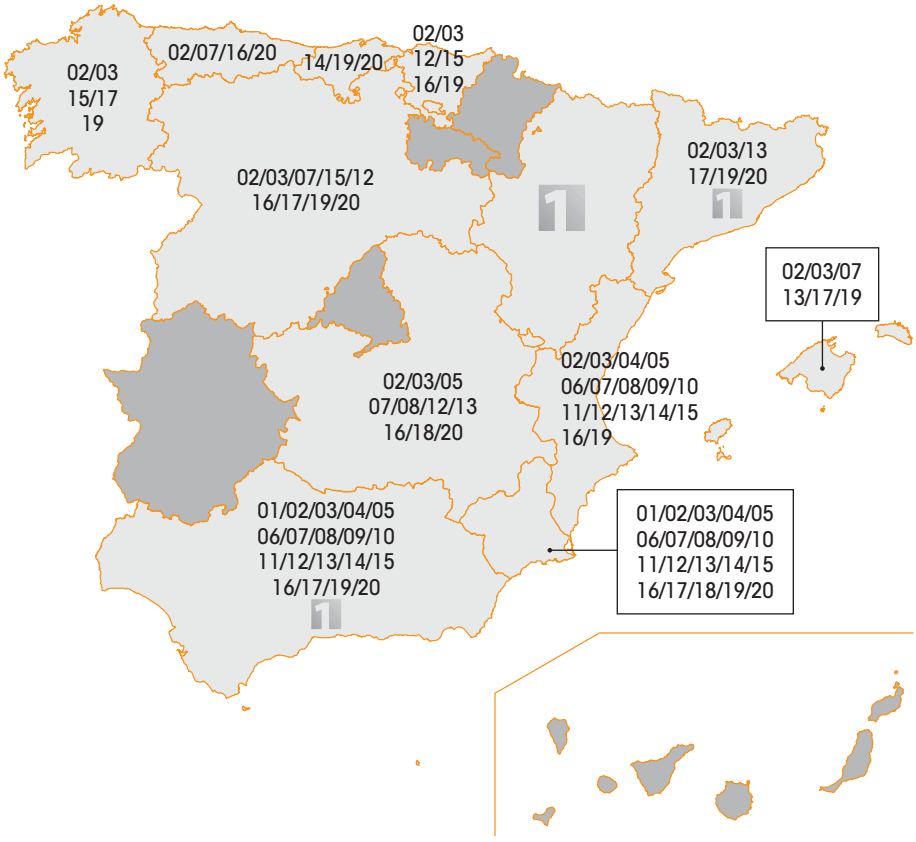
LER	Descripción
0105	Lodos y otros residuos de perforaciones.
0201	Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca.
0202	Residuos de la preparación y elaboración de carne, pescado y otros alimentos de origen animal.
0203	Residuos de la preparación y elaboración de frutas, hortalizas, cereales, aceites comestibles, cacao, café, té y tabaco; producción de conservas; producción de levadura y extracto de levadura, preparación y fermentación de melazas.
0204	Residuos de la elaboración de azúcar.
0205	Residuos de la industria de productos lácteos.
0206	Residuos de la industria de panadería y pastelería.
0207	Residuos de la producción de bebidas alcohólicas y no alcohólicas (excepto café, té y cacao).
0301	Residuos de la transformación de la madera y de la producción de tableros y muebles.
0302	Residuos de los tratamientos de conservación de la madera.
0303	Residuos de la producción y transformación de pasta de papel, papel y cartón.
0401	Residuos de las industrias del cuero y de la piel.
0402	Residuos de la industria textil.
0501	Residuos del refino de petróleo.
0506	Residuos del tratamiento pirolítico del carbón.
0602	Residuos de la FFDU de bases.

LER	Descripción
0613	Residuos de procesos químicos inorgánicos no especificados en otra categoría.
0701	Residuos de la fabricación, formulación, distribución y utilización (FFDU) de productos químicos orgánicos de base.
0702	Residuos de la FFDU de plásticos, caucho sintético y fibras artificiales.
0703	Residuos de la FFDU de tintes y pigmentos orgánicos (excepto los del subcapítulo 06 11).
0704	Residuos de la FFDU de productos fitosanitarios orgánicos (excepto los de los códigos 02 01 08 y 02 01 09), de conservantes de la madera (excepto los del subcapítulo 03 02) y de otros biocidas.
0705	Residuos de la FFDU de productos farmacéuticos.
0706	Residuos de la FFDU de grasas, jabones, detergentes, desinfectantes y cosméticos.
0707	Residuos de la FFDU de productos químicos resultantes de la química fina y productos químicos no especificados en otra categoría.
0801	Residuos de la FFDU y del decapado o eliminación de pintura y barniz.
0802	Residuos de la FFDU de otros revestimientos (incluidos materiales cerámicos).
0803	Residuos de la FFDU de tintas de impresión.
0804	Residuos de la FFDU de adhesivos y sellantes (incluyendo productos de impermeabilización).
0901	Residuos de la industria fotográfica.
1001	Residuos de centrales eléctricas y otras plantas de combustión (excepto el capítulo 19).
1002	Residuos de la industria del hierro y del acero.
1003	Residuos de la termometalurgia del aluminio.
1004	Residuos de la termometalurgia del plomo.
1005	Residuos de la termometalurgia del zinc.
1006	Residuos de la termometalurgia del cobre.
1007	Residuos de la termometalurgia de la plata, oro y platino.
1008	Residuos de la termometalurgia de otros metales no férreos.
1011	Residuos de la fabricación del vidrio y sus derivados.
1101	Residuos del tratamiento químico de superficie y del recubrimiento de metales y otros materiales (por ejemplo, procesos de galvanización, procesos de recubrimiento con zinc, procesos de decapado, grabado, fosfatación, desengrasado alcalino y anodización).
1201	Residuos del moldeado y tratamiento físico y mecánico de superficie de metales y plásticos.
1203	Residuos de los procesos de desengrase con agua y vapor (excepto el capítulo 11).
1301	Residuos de aceites hidráulicos.
1302	Residuos de aceites de motor, de transmisión mecánica y lubricantes.

LER	Descripción
1303	Residuos de aceites de aislamiento y transmisión de calor.
1304	Aceites de sentinas.
1305	Restos de separadores de agua/sustancias aceitosas.
1307	Residuos de combustibles líquidos.
1308	Residuos de aceites no especificados en otra categoría.
1406	Residuos de disolventes, refrigerantes y propelentes de espuma y aerosoles orgánicos.
1501	Envases (incluidos los residuos de envases de la recogida selectiva municipal).
1502	Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras
1601	Vehículos de diferentes medios de transporte (incluidas las máquinas no de carretera) al final de su vida útil y residuos del desguace de vehículos al final de su vida útil y del mantenimiento de vehículos (excepto los de los capítulos 13, 14 y los subcapítulos 16 06 y 16 08).
1602	Residuos de equipos eléctricos y electrónicos.
1603	Lotes de productos fuera de especificación y productos no utilizados.
1605	Gases en recipientes a presión y productos químicos desechados.
1607	Residuos de la limpieza de cisternas de transporte y almacenamiento y de la limpieza de cubas (excepto los de los capítulos 05 y 13).
1608	Catalizadores usados.
1610	Residuos líquidos acuosos destinados a plantas de tratamiento externas.
1611	Residuos de revestimientos de hornos y refractarios.
1702	Madera, vidrio y plástico.
1703	Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados.
1801	Residuos de maternidades, del diagnóstico, tratamiento o prevención de enfermedades humanas.
1802	Residuos de la investigación, diagnóstico, tratamiento o prevención de enfermedades de animales.
1901	Residuos de la incineración o pirolisis de residuos.
1902	Residuos de tratamientos fisicoquímicos de residuos (incluidas la descromatación, descianuración y neutralización).
1903	Residuos estabilizados/solidificados.
1905	Residuos del tratamiento aeróbico de residuos sólidos.
1906	Residuos del tratamiento anaeróbico de residuos.
1908	Residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales no especificados en otra categoría.
1909	Residuos de la preparación de agua para consumo humano o agua para uso industrial.
1910	Residuos procedentes del fragmentado de residuos que contienen metales.

LER	Descripción
1911	Residuos de la regeneración de aceites.
1912	Residuos del tratamiento mecánico de residuos (por ejemplo, dosificación, trituración, compactación, peletización) no especificados en otra categoría.
1913	Residuos de la recuperación de suelos y de aguas subterráneas.
2001	Fracciones recogidas selectivamente (excepto las especificadas en el subcapítulo 15 01).
2003	Otros residuos municipales.

En el siguiente mapa se indican los diferentes residuos autorizados para su valorización energética en las fábricas de cemento de las distintas Comunidades Autónomas.



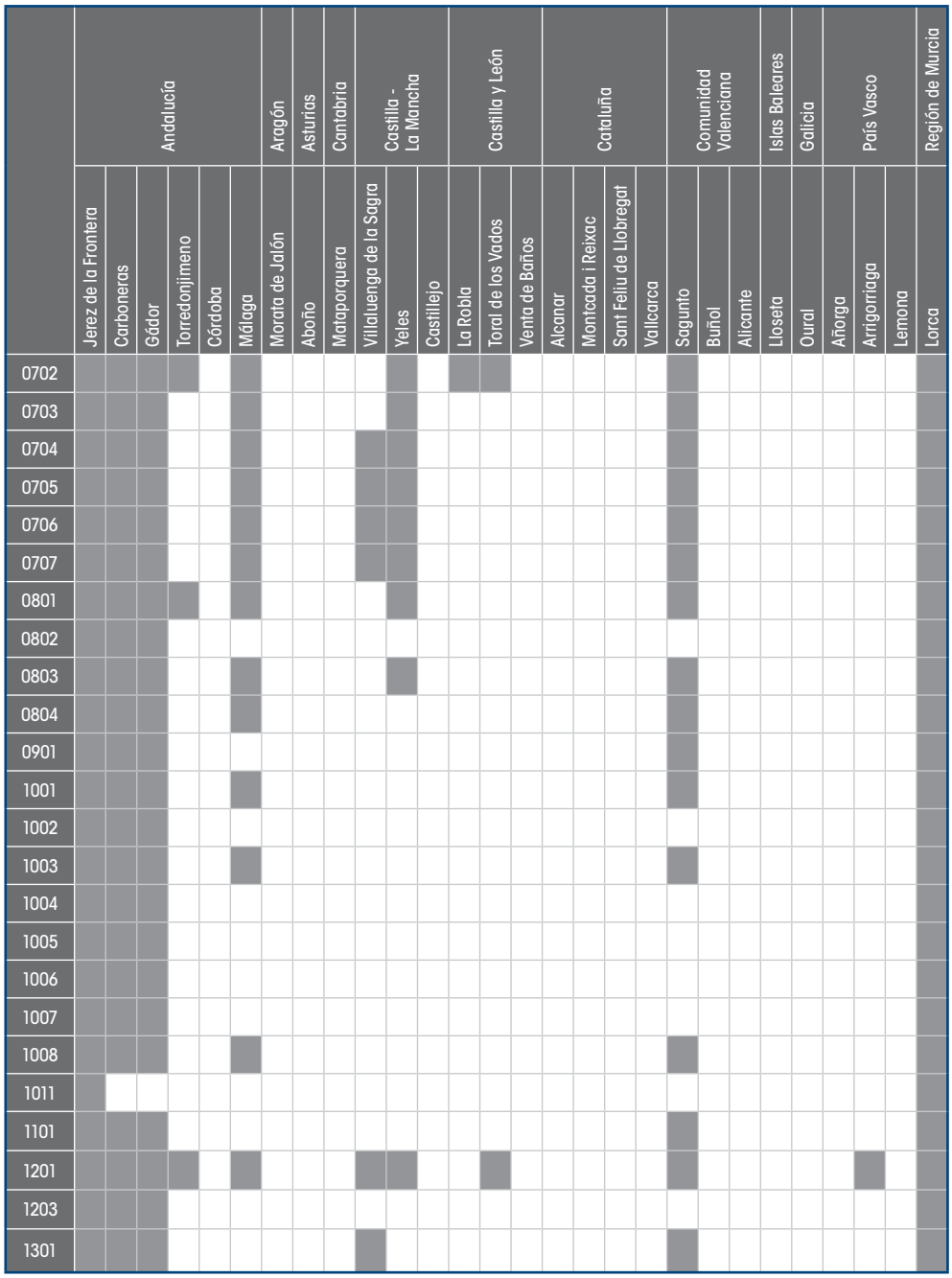
LER01	Residuos de la prospección, extracción de minas y canteras y tratamientos físicos y químicos de minerales
LER02	Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca; residuos de la preparación y elaboración de alimentos
LER03	Residuos de la transformación de la madera y de la producción de tableros y muebles, pasta de papel, papel y cartón
LER04	Residuos de las industrias del cuero, de la piel y textil
LER05	Residuos del refino del petróleo, de la purificación del gas natural y del tratamiento pirolítico del carbón
LER06	Residuos de procesos químicos inorgánicos
LER07	Residuos de procesos químicos orgánicos
LER08	Residuos de fabricación, formulación, distribución y utilización (FFDU) de revestimientos (pinturas, barnices y esmaltes vítreos), adhesivos, sellantes y tintas de impresión
LER09	Residuos de la industria fotográfica
LER10	Residuos de procesos térmicos
LER11	Residuos del tratamiento químico de superficie y del recubrimiento de metales y otros materiales; residuos de la hidrometalurgia no férrea
LER12	Residuos del modelado y del tratamiento físico y mecánico de superficie de metales y plásticos
LER13	Residuos de aceites y de combustibles líquidos (excepto los aceites comestibles y los de los capítulos 05, 12 y 19)
LER14	Residuos de disolventes, refrigerantes y propelentes orgánicos (excepto los de los capítulos 07 y 08)
LER15	Residuos de envases, absorbentes, trapos de limpieza, materiales de filtración y ropas de protección no especificados en otra categoría
LER16	Residuos no especificados en otro capítulo de la lista
LER17	Residuos de la construcción y demolición (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas)
LER18	Residuos de servicios médicos o veterinarios o de investigación asociada (salvo los residuos de cocina y de restaurante no procedentes directamente de la prestación de cuidados sanitarios)
LER19	Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos de las plantas externas de tratamiento de aguas residuales y de la preparación de agua para consumo humano y de agua para uso industrial
LER20	Residuos municipales (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones), incluidas las fracciones recogidas selectivamente
1	Biomasa vegetal

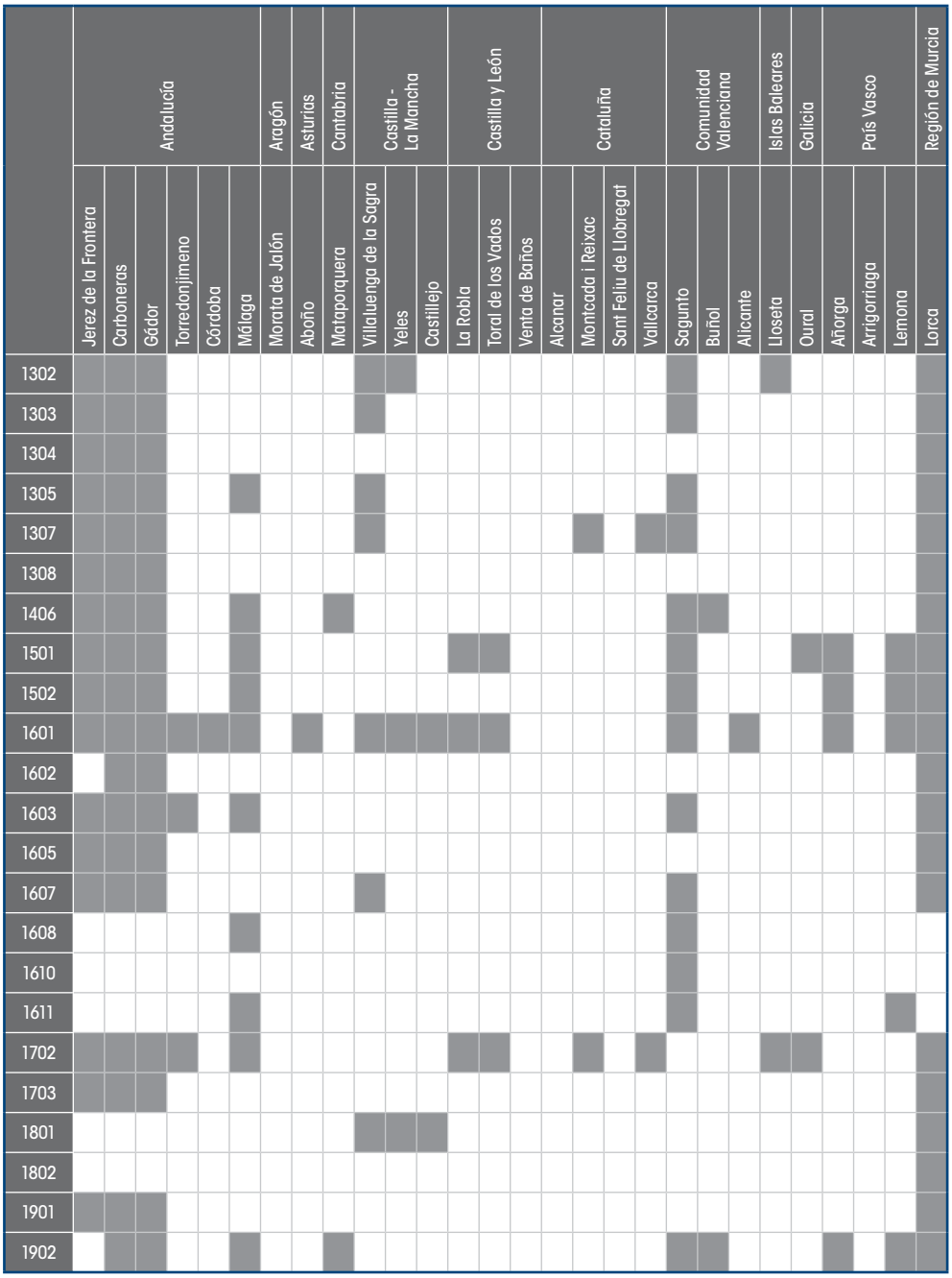
A continuación se presenta para cada tipología de residuo aquellas instalaciones donde está autorizada su valorización energética.

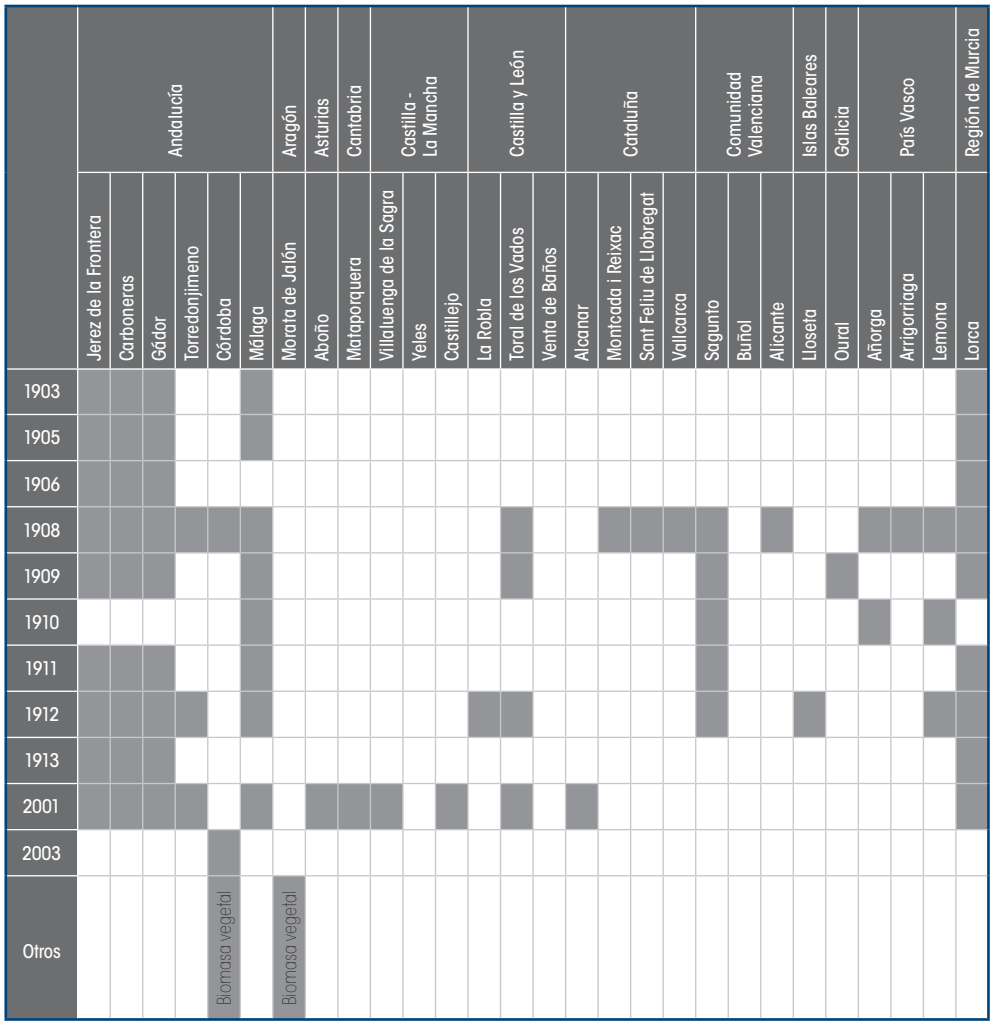
Residuos autorizados para valorización energética por fábricas.

Notas: Las casillas sombreadas corresponden a residuos autorizados.
Los residuos indicados en la categoría "otros" corresponden a los residuos autorizados sin código LER asignado en la AAI.

	Andalucía						Aragón	Asturias	Cantabria	Castilla - La Mancha			Castilla y León			Cataluña				Comunidad Valenciana			Islas Baleares	Galicia	País Vasco			Región de Murcia
	Jerez de la Frontera	Carboneras	Gádor	Torredonjimeno	Córdoba	Málaga	Morata de Jalón	Aboño	Mataporquera	Villaluenga de la Sagra	Yeles	Castillejo	La Robla	Toral de los Vados	Venta de Baños	Alcanar	Montcada i Reixac	Sant Feliu de Llobregat	Vallcarca	Sagunto	Buñol	Alicante	Lloseta	Oural	Añorga	Arrigorriaga	Lemona	Lorca
0105	■		■																									■
0201	■	■	■		■	■		■			■		■	■		■	■	■	■	■				■				■
0202	■	■	■			■								■	■		■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■
0203						■							■	■		■	■	■		■			■					
0204						■														■								
0205						■																						
0206						■														■								
0207	■	■	■			■														■								■
0301	■	■	■	■		■							■	■		■	■		■	■			■	■			■	■
0302			■			■														■								■
0303	■	■	■	■		■				■	■		■	■			■		■	■				■		■		■
0401	■	■	■			■														■								■
0402	■	■	■	■		■														■								■
0501	■	■	■			■				■										■								■
0506	■	■	■																									■
0602	■	■	■																									■
0613	■	■	■			■														■								■
0701	■	■	■	■		■		■		■	■		■							■			■					■


Andalucía
Aragón
Asturias
Cantabria
Castilla - La Mancha
Castilla y León
Cataluña
Comunidad Valenciana
Islas Baleares
Galicia
País Vasco
Región de Murcia
Jerez de la Frontera
Carboneras
Gádor
Torredonjimeno
Córdoba
Málaga
Morata de Jalón
Aboño
Mataporquera
Villaluenga de la Sagra
Yeles
Castillejo
La Robla
Toral de los Vados
Venta de Baños
Alcanar
Montcada i Reixac
Sant Feliu de Llobregat
Vallcarca
Sagunto
Buñol
Alicante
Lloseta
Oural
Añorga
Arrigorriaga
Lemona
Lorca
0702
0703
0704
0705
0706
0707
0801
0802
0803
0804
0901
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1011
1101
1201
1203
1301


Andalucía
Aragón
Asturias
Cantabria
Castilla - La Mancha
Castilla y León
Cataluña
Comunidad Valenciana
Islas Baleares
Galicia
País Vasco
Región de Murcia
Jerez de la Frontera
Carboneras
Gádor
Torredonjimeno
Córdoba
Málaga
Morata de Jalón
Aboño
Mataporquera
Villaluenga de la Sagra
Yeles
Castillejo
La Robla
Toral de los Vados
Venta de Baños
Alcanar
Montcada i Reixac
Sant Feliu de Llobregat
Vallcarca
Sagunto
Buñol
Alicante
Lloseta
Oural
Añorga
Arrigorriaga
Lemona
Lorca
1302
1303
1304
1305
1307
1308
1406
1501
1502
1601
1602
1603
1605
1607
1608
1610
1611
1702
1703
1801
1802
1901
1902


Andalucía
Jerez de la Frontera
Carboneras
Gádor
Torredonjimeno
Córdoba
Málaga
Aragón
Morata de Jalón
Asturias
Aboño
Cantabria
Mataporquera
Castilla - La Mancha
Villaluenga de la Sagra
Yeles
Castillejo
Castilla y León
La Robla
Toral de los Vados
Venta de Baños
Cataluña
Alcanar
Montcada i Reixac
Sant Feliu de Llobregat
Vallcarca
Comunidad Valenciana
Sagunto
Buñol
Alicante
Islas Baleares
Lloseta
Galicia
Oural
País Vasco
Añorga
Arrigorriaga
Lemona
Región de Murcia
Lorca
1903
1905
1906
1908
1909
1910
1911
1912
1913
2001
2003
Otros
Biomasa vegetal
Biomasa vegetal

Anexo IV
MATERIAS PRIMAS ALTERNATIVAS AUTORIZADAS EN FÁBRICAS DE CEMENTO

A continuación se presentan las cincuenta y seis tipologías de residuos y subproductos autorizados para su utilización como materias primas alternativas en el conjunto de las fábricas de cemento, detallando la categoría LER (cuatro dígitos) y su descripción.

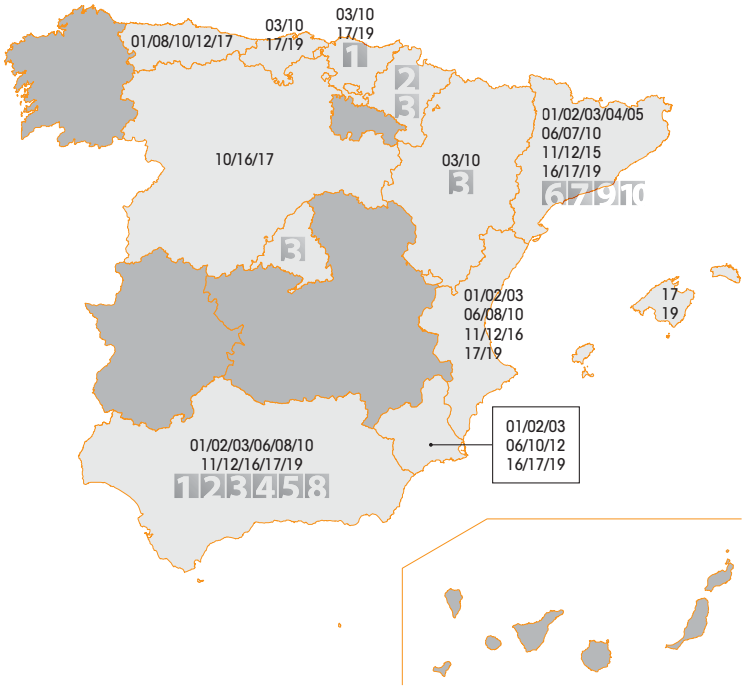
LER	Descripción
0101	Residuos de la extracción de minerales.
0103	Residuos de la transformación física y química de minerales metálicos.
0104	Residuos de la transformación física y química de minerales no metálicos.
0105	Lodos y otros residuos de perforaciones.
0201	Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca.
0204	Residuos de la elaboración de azúcar.
0205	Residuos de la industria de productos lácteos.
0303	Residuos de la producción y transformación de pasta de papel, papel y cartón.
0402	Residuos de la industria textil.
0501	Residuos del refino de petróleo.
0602	Residuos de la FFDU de bases.
0603	Residuos de la FFDU de sales y sus soluciones y de óxidos metálicos.
0604	Residuos que contienen metales distintos de los mencionados en el código 06 03.
0605	Lodos del tratamiento in situ de efluentes.
0606	Residuos de la FFDU de productos químicos que contienen azufre, de procesos químicos del azufre y de procesos de desulfuración.
0609	Residuos de la FFDU de productos químicos que contienen fósforo y procesos químicos del fósforo.
0611	Residuos de la fabricación de pigmentos inorgánicos y/o pacificantes.
0701	Residuos de la fabricación, formulación, distribución y utilización (FFDU) de productos químicos orgánicos de base.

LER	Descripción
0703	Residuos de la FFDU de tintes y pigmentos orgánicos (excepto los del subcapítulo 06 11).
0705	Residuos de la FFDU de productos farmacéuticos.
0706	Residuos de la FFDU de grasas, jabones, detergentes, desinfectantes y cosméticos.
0707	Residuos de la FFDU de productos químicos resultantes de la química fina y productos químicos no especificados en otra categoría.
0802	Residuos de la FFDU de otros revestimientos (incluidos materiales cerámicos).
1001	Residuos de centrales eléctricas y otras plantas de combustión (excepto el capítulo 19).
1002	Residuos de la industria del hierro y del acero.
1003	Residuos de la termometalurgia del aluminio.
1004	Residuos de la termometalurgia del plomo.
1005	Residuos de la termometalurgia del zinc.
1006	Residuos de la termometalurgia del cobre.
1007	Residuos de la termometalurgia de la plata, oro y platino.
1008	Residuos de la termometalurgia de otros metales no férreos.
1009	Residuos de la fundición de piezas férreas.
1010	Residuos de la fundición de piezas no férreas.
1011	Residuos de la fabricación del vidrio y sus derivados.
1012	Residuos de la fabricación de productos cerámicas, ladrillos, tejas y materiales de construcción.
1013	Residuos de la fabricación de cemento, cal y yeso y de productos derivados.
1101	Residuos del tratamiento químico de superficie y del recubrimiento de metales y otros materiales (por ejemplo, procesos de galvanización, procesos de recubrimiento con zinc, procesos de decapado, grabado, fosfatación, desengrasado alcalino y anodización).
1201	Residuos del moldeado y tratamiento físico y mecánico de superficie de metales y plásticos.
1502	Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras.
1603	Lotes de productos fuera de especificación y productos no utilizados.
1608	Catalizadores usados.
1610	Residuos líquidos acuosos destinados a plantas de tratamiento externas.
1611	Residuos de revestimientos de hornos y refractarios.
1701	Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicas.
1705	Tierra (incluida la excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenaje.
1708	Materiales de construcción a base de yeso.
1709	Otros residuos de construcción y demolición.
1901	Residuos de la incineración o pirolisis de residuos.
1902	Residuos de tratamientos fisicoquímicos de residuos (incluidas la descromatación, descianuración y neutralización).

LER	Descripción
1903	Residuos estabilizados/solidificados.
1908	Residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales no especificados en otra categoría.
1909	Residuos de la preparación de agua para consumo humano o agua para uso industrial.
1910	Residuos procedentes del fragmentado de residuos que contienen metales.
1911	Residuos de la regeneración de aceites.
1912	Residuos del tratamiento mecánico de residuos [por ejemplo, clasificación, trituración, compactación, peletización] no especificados en otra categoría.
1913	Residuos de la recuperación de suelos y de aguas subterráneas.

En algunos casos, el hecho de que algunos residuos valorizados como materias primas alternativas no sean considerados como tal sino como subproductos, da lugar a que no aparezca identificados con su código LER.

En el siguiente mapa se indican los diferentes residuos y subproductos autorizados para valorización material en las fábricas de cemento de las distintas Comunidades Autónomas.



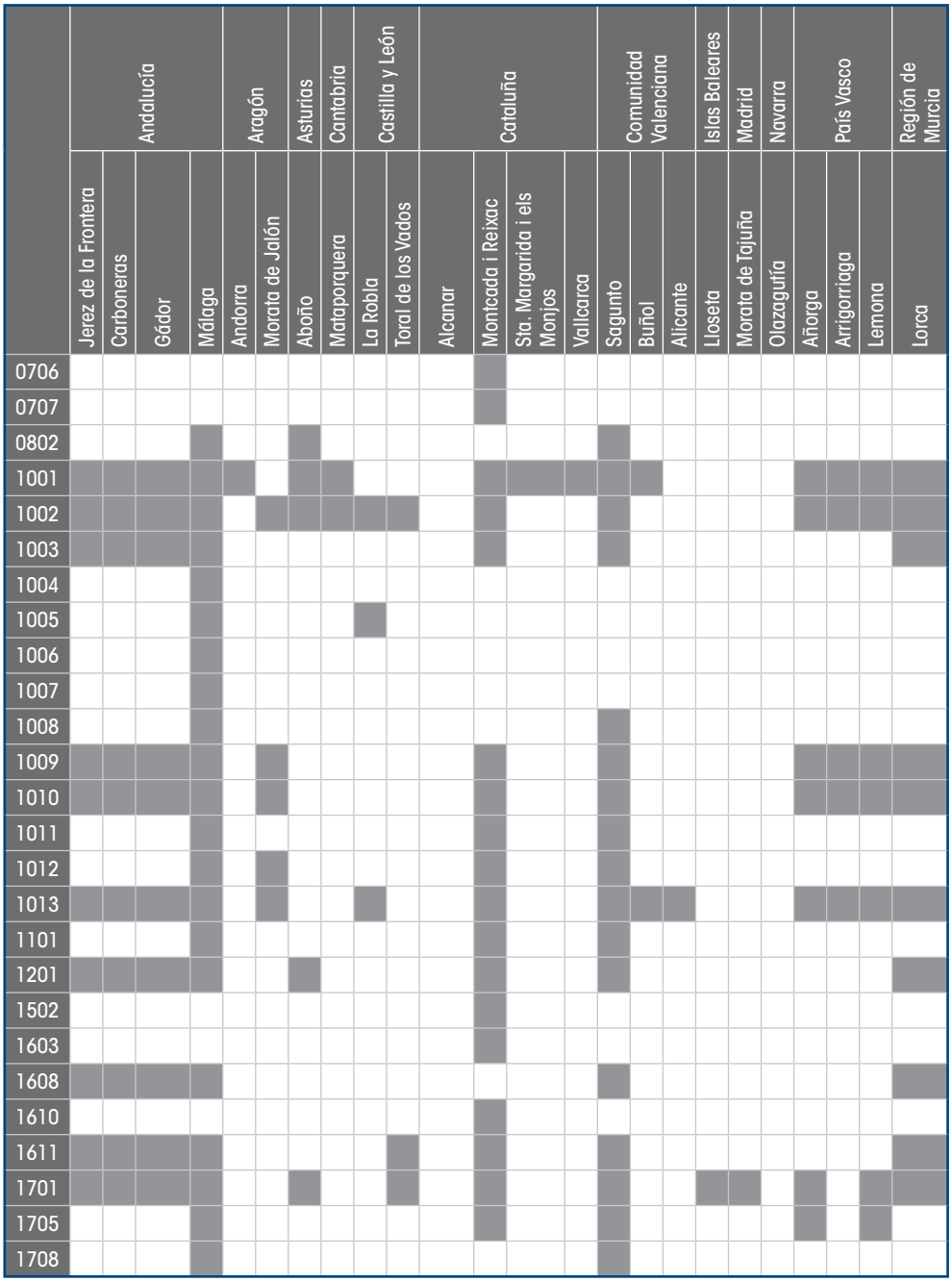
LER01	Residuos de la prospección, extracción de minas y canteras y tratamientos físicos y químicos de minerales
LER02	Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca; residuos de la preparación y elaboración de alimentos
LER03	Residuos de la transformación de la madera y de la producción de tableros y muebles, pasta de papel, papel y cartón
LER04	Residuos de las industrias del cuero, de la piel y textil
LER05	Residuos del refino del petróleo, de la purificación del gas natural y del tratamiento pirolítico del carbón
LER06	Residuos de procesos químicos inorgánicos
LER07	Residuos de procesos químicos orgánicos
LER08	Residuos de fabricación, formulación, distribución y utilización (FFDU) de revestimientos (pinturas, barnices y esmaltes vítreos), adhesivos, sellantes y tintas de impresión
LER09	Residuos de la industria fotográfica
LER10	Residuos de procesos térmicos
LER11	Residuos del tratamiento químico de superficie y del recubrimiento de metales y otros materiales; residuos de la hidrometalurgia no férrea
LER12	Residuos del modelado y del tratamiento físico y mecánico de superficie de metales y plásticos
LER13	Residuos de aceites y de combustibles líquidos (excepto los aceites comestibles y los de los capítulos 05, 12 y 19)
LER14	Residuos de disolventes, refrigerantes y propelentes orgánicos (excepto los de los capítulos 07 y 08)
LER15	Residuos de envases, absorbentes, trapos de limpieza, materiales de filtración y ropas de protección no especificados en otra categoría
LER16	Residuos no especificados en otro capítulo de la lista
LER17	Residuos de la construcción y demolición (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas)
LER18	Residuos de servicios médicos o veterinarios o de investigación asociada (salvo los residuos de cocina y de restaurante no procedentes directamente de la prestación de cuidados sanitarios)
LER19	Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos de las plantas externas de tratamiento de aguas residuales y de la preparación de agua para consumo humano y de agua para uso industrial
LER20	Residuos municipales (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones), incluidas las fracciones recogidas selectivamente
1	Yeso arificial
2	Escorias de alto horno
3	Cenizas volantes
4	Esquistos encalcinados
5	Humo de sílice
6	Residuos de construcción y demolición
7	Lodos de clarificación de agua
8	Polvo de filtro híbrido
9	Carbonato cálcico
10	Escorias de horno eléctrico

A continuación se presenta para cada tipología de residuo aquellas instalaciones donde está permitida su valorización material.

Residuos autorizados para reciclado material por fábricas.

Notas: Las casillas sombreadas corresponden a residuos autorizados.
Los residuos indicados en la categoría "otros" corresponden a los residuos y subproductos autorizados sin código LER asignado en la AAI.

	Andalucía				Aragón		Asturias	Cantabria	Castilla y León		Cataluña				Comunidad Valenciana			Islas Baleares	Madrid	Navarra	País Vasco			Región de Murcia
	Jerez de la Frontera	Carboneras	Gádor	Málaga	Andorra	Morata de Jalón	Aboño	Mataporquera	La Robla	Toral de los Vados	Alcanar	Montcada i Reixac	Sta. Margarida i els Monjos	Vallcarca	Sagunto	Buñol	Alicante	Lloseta	Morata de Tajuña	Olazagutia	Añorga	Arrigorriaga	Lemona	Lorca
0101	■	■	■	■											■									■
0103	■	■	■	■											■									■
0104	■	■	■	■			■					■			■									■
0105				■																				
0201				■																				■
0204	■	■	■	■											■									■
0205												■												
0303	■	■	■	■		■						■			■						■	■	■	■
0402												■												
0501												■												
0602	■	■	■	■								■			■									■
0603	■	■	■	■								■			■									■
0604															■									
0605				■											■									
0606	■	■	■	■																				■
0609	■		■	■											■									■
0611				■																				
0701												■												
0703												■												
0705												■												


Andalucía
Aragón
Asturias
Cantabria
Castilla y León
Cataluña
Comunidad Valenciana
Islas Baleares
Madrid
Navarra
País Vasco
Región de Murcia
Jerez de la Frontera
Carboneras
Gádor
Málaga
Andorra
Morata de Jalón
Aboño
Mataporquera
La Robla
Toral de los Vados
Alcanar
Montcada i Reixac
Sta. Margarida i els Monjos
Vallcarca
Sagunto
Buñol
Alicante
Lloseta
Morata de Tajuña
Olazagutía
Añorga
Arrigorriaga
Lemona
Lorca
0706
0707
0802
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1101
1201
1502
1603
1608
1610
1611
1701
1705
1708

	Andalucía				Aragón		Asturias	Cantabria	Castilla y León		Cataluña				Comunidad Valenciana			Islas Baleares	Madrid	Navarra	País Vasco		Región de Murcia
	Jerez de la Frontera	Carboneras	Gádor	Málaga	Andorra	Morata de Jalón	Aboño	Mataporquera	La Robla	Toral de los Vados	Alcanar	Montcada i Reixac	Sta. Margarida i els Monjos	Vallcarca	Sagunto	Buñol	Alicante	Lloseta	Morata de Tajuña	Olazagutía	Añorga	Arrigorriaga	Lemona	Lorca
1709																								
1901																								
1902																								
1903																								
1908																								
1909																								
1910																								
1911																								
1912																								
1913																								
Otras		Yeso artificial, escoria de alto horno, cenizas volantes de carbón	Polvo del filtro híbrido, esquistos calcinados, humo de sílice, yeso artificial, escoria de alto horno, cenizas volantes de carbón			Cenizas volantes					Escorias de horno eléctrico, residuos mezclados de construcción y demolición, lodos de clarificación de agua, carbonato cálcico								Cenizas volantes	Cenizas volantes y escorias de alto horno y fundición		Yeso químico		

Anexo V
CONSUMOS DE MATERIAS PRIMAS Y COMBUSTIBLES DETALLADOS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS

CONSUMOS DE MATERIAS PRIMAS ALTERNATIVAS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS (en toneladas)

Consumos totales de materias primas alternativas por Comunidad Autónoma

CCAA	2004	2005	2006
Andalucía	1.422.978	1.489.839	1.283.406
Asturias	737.017	793.169	851.773
Cataluña	709.520	822.980	832.970
Comunidad Valenciana	533.276	586.391	509.870
Castilla y León	470.871	469.266	517.960
Castilla-La Mancha	442.527	470.860	435.352
País Vasco	297.933	388.331	423.670
Comunidad de Madrid	210.790	229.536	174.453
Región de Murcia	132.605	196.755	198.931
Cantabria	161.767	152.719	155.486
Navarra	144.773	170.391	151.111
Aragón	92.071	122.002	205.211
Isla Baleares	115.316	149.392	147.508
Galicia	72.350	73.714	72.708
Islas Canarias	2.308	1.295	1.659
Extremadura	0	680	2.973
Totales anuales	5.546.102	6.117.321	5.965.042

Consumo de cenizas volantes para cemento por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Andalucía	863.401	776.450	684.968
Castilla y León	464.238	453.316	486.673
Castilla-La Mancha	438.993	467.121	431.400
Comunidad Valenciana	360.308	317.095	250.537
Cataluña	173.765	272.567	225.162
Asturias	241.754	209.087	187.456
Comunidad de Madrid	205.147	220.363	165.066
País Vasco	156.211	167.297	162.700
Aragón	89.042	118.493	195.774
Cantabria	126.909	113.898	103.704
Navarra	95.630	93.903	96.997
Islas Baleares	86.401	87.131	81.562
Galicia	59.450	65.070	62.270
Región de Murcia	42.016	42.185	42.388
Totales anuales	3.403.265	3.403.976	3.176.657

Consumo de escorias de alto horno para cemento por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Asturias	354.579	453.530	487.502
Andalucía	323.949	407.482	385.540
Comunidad Valenciana	124.678	176.913	155.737
Cataluña	125.266	144.019	146.112
Región de Murcia	90.589	154.570	156.543
País Vasco	40.694	62.440	93.591
Cantabria	34.516	36.405	45.948
Navarra	29.379	42.347	32.118
Castilla y León	0	0	13.073
Totales anuales	1.123.650	1.477.706	1.516.164

Consumo de sulfato ferroso por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Cataluña	3.978	16.209	15.631
Andalucía	3.916	11.162	10.571
Comunidad Valenciana	2.857	6.382	12.432
Comunidad de Madrid	1.956	9.173	9.387
Aragón	3.029	3.279	4.571
Castilla-La Mancha	3.535	3.739	3.391
Navarra	670	4.178	5.098
Castilla y León	73	3.588	4.228
País Vasco	75	3.177	3.113
Isla Baleares	2.245	1.849	1.650
Islas Canarias	2.308	1.295	1.659
Galicia	0	1.197	1.089
Cantabria	142	945	969
Asturias	0	1.445	130
Totales anuales	24.784	67.619	73.919

Consumo de yeso artificial por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Andalucía	25.460	27.676	20.453
Asturias	23.210	6.229	40.739
País Vasco	4.811	6.293	8.264
Galicia	0	0	2.225
Totales anuales	53.481	40.198	71.681

Consumo de estériles de mina por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Cataluña	226.552	196.823	255.928
Asturias	55.107	61.311	60.106
Andalucía	25.947	16.390	21.596
Totales anuales	307.606	274.524	337.630

Consumo de lodos de carbonatos por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
País Vasco	62.337	69.817	75.081
Cataluña	55.732	46.969	37.082
Totales anuales	118.069	116.786	112.163

Consumo de escorias negras siderúrgicas para crudo por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Andalucía	0	133.518	61.280
Comunidad Valenciana	5.608	36.388	42.480
Cataluña	9.735	9.512	8.429
Asturias	2.400	0	0
Totales anuales	17.743	179.418	112.189

Consumo de otras escorias para crudo por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
País Vasco	4.374	53.247	44.301
Isla Baleares	14.587	25.656	24.501
Andalucía	21.069	13.908	16.652
Navarra	18.449	12.555	16.191
Comunidad Valenciana	19	18.693	9.882
Asturias	9.739	3.822	0
Totales anuales	68.237	127.881	111.527

Consumo de cascarilla de hierro por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Cataluña	49.067	52.210	61.057
Asturias	27.738	29.302	30.952
País Vasco	13.638	5.906	4.512
Castilla y León	6.560	12.362	1.451
Cantabria	200	1.471	4.865
Aragón	0	230	4.867
Castilla-La Mancha	0	0	560
Totales anuales	97.203	101.481	108.264

Consumo de polvo de mármol por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Cataluña	11.076	10.408	21.392
Andalucía	921	0	0
Totales anuales	11.997	10.408	21.392

Consumo de material residual de otras industrias minerales por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Comunidad Valenciana	25.377	27.186	38.802
Islas Baleares	8.207	32.913	36.991
Asturias	16.791	14.154	26.080
Cataluña	14.497	20.460	6.787
Totales anuales	64.872	94.713	108.660

Consumo de cenizas para crudo por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Andalucía	62.730	54.853	42.027
Galicia	12.900	7.447	7.124
País Vasco	6.778	6.989	7.668
Cataluña	0	7.559	0
Totales anuales	82.408	76.848	56.819

Consumo de espuma azucarera por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Andalucía	95.585	48.400	40.320
Totales anuales	95.585	48.400	40.320

Consumo de cenizas de pirita por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Cataluña	15.509	18.624	36.770
Comunidad Valenciana	14.429	3.734	0
Isla Baleares	3.116	817	1.350
Extremadura	0	680	2.973
Asturias	360	110	1.226
Totales anuales	33.414	23.965	42.319

Consumo de lodos férricos de horno alto por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Asturias	5.339	4.798	9.382
Castilla y León	0	0	7.730
Totales anuales	5.339	4.798	17.112

Consumo de arena de fundición por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Cataluña	24.026	20.403	12.566
País Vasco	9.015	13.165	24.440
Totales anuales	33.041	33.568	37.006

Consumo de RCD por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Navarra	645	17.408	707
Asturias	0	9.381	8.200
Cataluña	317	7.217	6.054
Castilla y León	0	0	4.805
Comunidad de Madrid	3.687	0	0
Isla Baleares	760	1.026	1.454
Totales anuales	5.409	35.032	21.220

CONSUMOS DE COMBUSTIBLES TRADICIONALES POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS (en toneladas)

Consumos totales combustibles tradicionales por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Andalucía	606.164	587.217	573.254
Aragón	108.659	111.249	103.998
Asturias	154.613	152.489	151.928
Cantabria	73.969	71.965	69.172
Castilla y León	243.393	238.052	245.383
Castilla-La Mancha	378.096	358.140	372.509
Cataluña	825.029	815.005	802.989
Comunidad Valenciana	234.371	325.999	301.178
Extremadura	0	52.739	112.331
Región de Murcia	42.925	48.478	52.518
Galicia	39.930	35.063	38.589
Isla Baleares	63.810	67.452	66.730
Madrid	257.229	278.201	265.951
Navarra	98.183	89.438	102.150
País Vasco	139.919	152.577	147.926
TOTAL	3.266.291	3.384.063	3.406.606

Consumo de carbón por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Andalucía	123.967	70.672	56.705
Extremadura	0	48.760	110.843
Comunidad Valenciana	13.066	15.060	18.590
Cataluña	12.674	9.081	12.858
Castilla y León	8.970	16.398	7.248
País Vasco	0	14.965	0
Cantabria	0	4.518	0
Castilla-La Mancha	2.815	0	0
Asturias	1.431	964	83
Galicia	0	1.226	0
Totales anuales	162.923	181.644	206.327

Consumo de coque petróleo por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Cataluña	809.849	803.452	787.457
Andalucía	475.970	510.663	494.967
Castilla-La Mancha	370.701	353.184	369.110
Comunidad Valenciana	226.844	317.927	292.931
Comunidad de Madrid	252.786	273.916	260.256
Castilla y León	232.151	215.075	234.861
Asturias	143.224	141.438	144.534
País Vasco	138.676	136.296	146.380
Aragón	107.614	110.128	102.808
Navarra	97.369	88.330	101.401
Cantabria	73.669	67.192	68.783
Isla Baleares	62.223	65.993	65.730
Galicia	39.894	33.790	38.524
Región de Murcia	29.512	33.142	33.547
Extremadura	0	1.140	0
Totales anuales	3.060.483	3.151.666	3.141.290

Consumo de fuel-oil por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Asturias	8.254	8.081	5.928
Andalucía	5.561	5.517	8.614
Comunidad de Madrid	4.443	4.285	5.695
Comunidad Valenciana	4.020	4.148	5.316
Castilla-La Mancha	4.580	4.956	3.398
Castilla y León	2.272	6.579	3.271
Cataluña	2.042	2.121	2.335
Extremadura	0	2.839	1.488
Isla Baleares	1.587	1.459	1.000
País Vasco	1.240	1.172	1.344
Aragón	1.045	1.121	1.190
Navarra	814	1.108	749
Región de Murcia	347	276	381
Cantabria	300	255	389
Galicia	36	47	65
Totales anuales	36.541	43.964	41.163

Consumo de gas natural por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Comunidad Valenciana	3.507	3.924	2.931
Asturias	1.704	2.006	1.383
Andalucía	666	365	533
Cataluña	244	101	112
País Vasco	0	143	201
Castilla y León	0	0	3
Totales anuales	6.122	6.539	5.163

Consumo de gasóleo por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Cataluña	220	250	227
País Vasco	3	1	2
Totales anuales	223	251	228

Consumo de otros combustibles por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Andalucía	0	0	12.435
Totales anuales	0	0	12.435

CONSUMOS DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS (en toneladas)

Consumos totales combustibles alternativos por Comunidad Autónoma			
CCAA	2004	2005	2006
Andalucía	66.001	73.607	73.545
Comunidad Valenciana	37.112	55.328	63.762
Castilla-La Mancha	27.962	38.516	46.897
Región de Murcia	30.430	35.850	33.198
País Vasco	13.992	30.235	33.612
Cataluña	1.151	15.560	22.882
Galicia	5.075	7.267	6.763
Isla Baleares	11	2.554	6.144
Castilla y León	170	2.550	4.039
Aragón	0	0	6.568
Cantabria	0	0	739
Totales anuales	181.904	261.468	298.148

Consumo de biomasa forestal (astillas, madera...) por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
País Vasco	0	5.903	7.758
Aragón	0	0	6.568
Isla Baleares	0	2.223	3.693
Cataluña	0	0	71
Totales anuales	0	8.126	18.090

Consumo de serrín impregnado por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Andalucía	10.280	21.899	26.140
Región de Murcia	3.122	1.329	3.080
Totales anuales	13.402	23.228	29.220

Consumo de otra biomasa (celulosa o residuos vegetales procesados por la industria alimentaria) por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Cataluña	0	6.614	12.443
Islas Baleares	9	316	2.446
Andalucía	732	743	745
Galicia	73	727	163
Comunidad Valenciana	0	0	199
País Vasco	0	0	23
Totales anuales	814	8.400	16.019

Consumo de harinas cárnicas por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Comunidad Valenciana	23.759	28.577	38.820
Castilla-la Mancha	26.448	27.920	35.474
País Vasco	5.236	8.153	8.409
Castilla y León	170	2.550	4.039
Andalucía	70	806	2.496
Región de Murcia	1.183	0	0
Totales anuales	56.866	68.006	89.238

Consumo de grasas animales o aceites vegetales por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Cataluña	1.151	0	0
Región de Murcia	0	1.990	0
Totales anuales	1.151	1.990	0

Consumo de lodos de depuradora por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Comunidad Valenciana	4.976	15.954	12.212
Cataluña	0	7.190	148
Región de Murcia	0	2.147	0
País Vasco	387	595	763
Andalucía	507	260	0
Totales anuales	5.870	26.146	13.123

Consumo de neumáticos fuera de uso por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Andalucía	18.389	16.802	12.839
País Vasco	7.344	13.931	13.102
Comunidad Valenciana	7.764	7.459	5.298
Galicia	5.002	6.540	6.600
Región de Murcia	2.756	3.710	4.660
Castilla-La Mancha	0	0	1.585
Totales anuales	41.255	48.442	44.084

Consumo de residuos de hidrocarburos por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Región de Murcia	0	9.677	9.996
País Vasco	370	285	297
Andalucía	0	8	0
Totales anuales	370	9.970	10.293

Consumo de aceites minerales por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Andalucía	19.112	22.526	21.804
Región de Murcia	10.747	3.920	1.139
Comunidad Valenciana	613	3.338	2.892
Isla Baleares	2	15	5
Totales anuales	30.474	29.799	25.840

Consumo de plásticos por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
País Vasco	655	1.368	3.260
Andalucía	905	1.506	1.745
Totales anuales	1.560	2.874	5.005

Consumo de disolventes por Comunidades Autónomas			
CCAA	2004	2005	2006
Región de Murcia	12.622	13.077	14.323
Andalucía	5.818	9.057	7.776
Castilla-La Mancha	1.514	10.596	9.838
Comunidad Valenciana	0	0	4.341
Cantabria	0	0	739
Totales anuales	19.954	32.730	37.017

Consumo de otros combustibles alternativos por Comunidades Autónomas				
CCAA	Residuo	2004	2005	2006
Cataluña	Hulla residual de ferrocarriles	0	1.756	10.220
Andalucía	Residuos pastosos	10.188	0	0

Anexo VI
PODERES CALORÍFICOS INFERIORES PROMEDIO DE LOS COMBUSTIBLES ANALIZADOS

Combustible	PCI (Kcal/kg)	
Combustibles tradicionales	**Rango**	**Promedio**
Carbón	6.100 – 6.637	6.359
Coque petróleo	7.012 – 8.344	7.938
Fuel-oil	9.612 – 9.924	9.646
Gas natural	9.000 – 9.514	9.258
Gasóleo	9.515 – 10.176	10.014
Combustibles alternativos	**Rango**	**Promedio**
Aceites minerales	914 – 2.667	1.694
Biomasa forestal (astillas, madera...)	1.600 – 3.027	2.450
Otra biomasa (celulosa o residuos vegetales procesados por la industria alimentaria)	2.700 – 5.604	3.997
Disolventes	3.000 – 5.313	4.505
Grasas animales o aceites vegetales	3.750 – 8.274	6.012
Harinas cárnicas	3.000 – 4.591	3.927
Lodos de depuradora	2.000 – 3.425	2.937
Neumáticos fuera de uso	5.259 – 6.866	6.016
Plásticos	5.621 – 8.846	6.945
Residuos de hidrocarburos	4.000 – 7.575	4.154
Serrín impregnado	3.600 – 3.756	3.674
Residuos pastosos	2.193 – 5.731	3.962
Hulla residual ferrocarriles	2.326	2.326
Posos de café	1.000	1.000

Estudio realizado por el Instituto Cerdá.
Diseño y maquetación: Advertising Label 3 (alcubo).

FUNDACIÓN CEMA
Fundación Laboral del Cemento
y el Medio Ambiente

C/ José Abascal 57, 4º
28003, MADRID
Tel.: (+34) 91 451 81 18 - Fax: (+34) 91 401 05 86
www.fundacioncema.org

oficemen
Agrupación de fabricantes de cemento de España

UGT MCA

CCOO fecoma