

**Estudio de métodos de medición,
cálculo y estimación para las emisiones
de las sustancias PRTR adecuados al
sector del cemento en España**

**G u í a P R T R
S e c t o r C e m e n t o**

Revisión a octubre 2009

EQUIPO DE TRABAJO Y REDACCIÓN

Pedro Mora Peris	Oficemen
Sonia Silva Segovia	Oficemen
Marina Romay Díaz	Oficemen

Iñigo de Vicente Mingarro	Consulnima
Virginia Villa Jiménez	Consulnima
Isabel de Lucas Martín	Consulnima
Aurkene Martiarena Orce	Consulnima
Marta Aragón Carrera	Consulnima
Gala M ^a Benito Rubio	Consulnima

Índice

SECCIÓN I: INTRODUCCIÓN.....	5
1. Marco legal del Registro PRTR - España.....	5
2. Objeto y alcance de esta guía.....	6
3. Notificación de las emisiones y transferencias de residuos al Registro PRTR.....	6
Anexo I - Sección I: Lista de sustancias PRTR y sus umbrales de información pública	11
SECCIÓN II: LA INDUSTRIA DEL CEMENTO.....	16
1. Emisiones en la industria del cemento	16
1.1. Proceso de fabricación del cemento.....	16
1.2. Aspectos ambientales	17
1.3. Emisiones significativas y no significativas en la fabricación de cemento	17
1.3.1. Emisiones a la atmósfera significativas	20
1.3.2. Emisiones al agua.....	23
1.3.3. Emisiones al suelo	23
2. Metodología y control de emisiones de sustancias contaminantes consideradas en PRTR para la industria cementera.....	24
2.1. Emisiones al aire	24
2.1.1. Recomendaciones generales para la medición (M) de emisiones atmosféricas	25
2.1.1.1. Tipología de los sistemas de medición	26
2.1.1.2. Límite de detección y límite de cuantificación	29
2.1.1.3. Determinación de la carga contaminante a partir de medidas en continuo o puntuales.....	29
2.1.1.4. Métodos de medición para la determinación de las emisiones a la atmósfera de la industria del cemento	29
2.1.2. Recomendaciones generales para el cálculo (C): Factores de emisión.....	29
2.1.3. Recomendaciones generales para la estimación (E)	29
2.2. Emisiones al agua.....	29
2.2.1. Recomendaciones generales para la determinación de emisiones al agua	29
Anexo I – Sección II: Métodos de medición para la determinación de las emisiones a la atmósfera de la industria del cemento.....	29
A. HORNOS.....	29
B. OTROS FOCOS	29

MOLINOS	29
ENFRIADORES	29
Anexo II – Sección II: Metodología para el cálculo de los factores de emisión propios del sector cementero español	29
1. Antecedentes y objetivo	29
2. Metodología	29
2.1. Cálculo de los factores de emisión.....	29
2.2. Información recibida de las empresas cementeras españolas.....	29
2.3. Análisis estadístico de los datos	29
2.4. Valores bajo el límite de detección.	29
3. Representatividad de los factores de emisión calculados	29
Anexo III – Sección II: Determinación de la carga contaminante a partir de medidas en continuo o puntuales.....	29
1. Conversión de unidades	29
2. Evaluación de la carga contaminante emitida a partir de los datos obtenidos mediante Sistemas Automáticos de Medida	29
3. Evaluación de la carga contaminante anual emitida a partir de los datos obtenidos mediante sistemas de muestreo y análisis discontinuos.....	29
SECCIÓN III: CANTERAS ASOCIADAS A LA INDUSTRIA DEL CEMENTO.....	29
1. Introducción	29
2. Emisiones en canteras asociadas a instalaciones cementeras.....	29
2.1. Proceso de explotación de la cantera.....	29
2.2. Aspectos ambientales	29
2.3. Sustancias significativas y no significativas.....	29
3. Metodología y control de emisiones de sustancias contaminantes significativas consideradas en PRTR para las canteras asociadas a las instalaciones cementeras.....	29
3.1. Consideraciones generales	29
3.2. Recomendaciones generales para la medición (M)	29
3.3. Recomendaciones generales para el cálculo (C): Factores de emisión.....	29
3.3.1. Extracción de materiales	29
3.3.2. Tratamiento del material	29
3.3.3. Emisiones durante el almacenamiento, carga y descarga del material apilado	29
3.3.4. Resuspensión de partículas depositadas en el suelo debidas al tránsito de vehículos por viales no pavimentados.....	29
SECCIÓN IV: BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	29

SECCIÓN I: INTRODUCCIÓN

1. Marco legal del Registro PRTR - España

Antecedentes: el registro EPER

En 2002 se promulgó la Ley 16/2002 (BOE nº 157, de 2.07.2002), que obliga a los titulares de las instalaciones incluidas en su ámbito de aplicación a informar anualmente a las Comunidades Autónomas en las que estén ubicadas, de los datos sobre sus emisiones al aire y al agua de determinadas sustancias.

La Decisión de la Comisión de 17 de julio de 2000 (DOCE L192, de 28.07.2000), Decisión EPER, publicó la lista de los 50 contaminantes sobre los que se debía informar. Una vez validados por las autoridades ambientales competentes, si los datos superaban los valores umbrales de información pública establecidos en dicha Decisión, se hacían públicos mediante su difusión por internet a través del Registro EPER-España (www.eper-es.es).



Según esta Decisión, ya derogada por la entrada en vigor del nuevo Reglamento 166/2006 E-PRTR, los Estados Miembros tenían que informar a la Comisión Europea, cada tres años, de las emisiones por encima de umbrales generadas por los complejos industriales afectados.

El Registro EPER-España constituyó una herramienta de gran utilidad para el conocimiento y la evaluación del estado de la contaminación, así como para la transparencia en la comunicación e información ambiental por parte de las empresas y las administraciones y fue, al mismo tiempo, un primer paso en el desarrollo de sistemas de información cada vez más completos y transparentes: los Registros PRTR.

El desarrollo e implantación de los **Registros de Emisiones y Transferencia de Contaminantes** ("Pollutant Release and Transfer Registers") o **Registros PRTR** en Europa, tiene su fundamento jurídico en el Convenio de la CEPE (Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas, "UN/ECE"), sobre el acceso a la información, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en materia de medio ambiente, adoptado en Aarhus (Dinamarca) en 1998. En el marco de este convenio y por mandato de las Partes del mismo, se adoptó en mayo de 2003 el Protocolo para la Implantación de Registros de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (Protocolo PRTR).

La ratificación del Protocolo PRTR por la Comisión Europea, dio lugar, en el ámbito de la Unión Europea, a la adopción del Reglamento (CE) 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de enero de 2006 para el establecimiento de un Registro Europeo de Emisiones y Transferencia de Contaminantes o Registro E-PRTR¹, en vigor desde el 24 de febrero de 2006.

Pese a que el Reglamento E-PRTR es directamente aplicable en todo el territorio de la Unión Europea, en el caso de España se han dictado normas adicionales que lo complementan.

Así se promulgó el Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, que regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas², que ha sido modificado por la Disposición final primera del Real Decreto 812/2007³.

Uno de los objetivos principales del Real Decreto 508/2007 es poner en marcha el **Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes PRTR-España** (www.prtr-es.es), dando continuidad al Registro EPER-España.

Las principales novedades introducidas por el Registro PRTR con respecto al EPER, además de ampliar el alcance en cuanto a actividades industriales, son el aumento del número de

¹ DOCE L33, de 4.02.2006, p. 1.

² BOE nº 96, de 21.04.2007, pág. 17686.

³ BOE nº 150, de 23.06.2007, pág. 27171.



Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes
Ministerio de Medio Ambiente · Gobierno de España

sustancias contaminantes sobre las que las industrias deben notificar sus emisiones, la inclusión de las emisiones al suelo, el traslado y transferencia de residuos fuera de los complejos industriales y la información sobre fuentes difusas y emisiones accidentales.

2. Objeto y alcance de esta guía

El objeto de la presente Guía es establecer criterios que orienten, tanto a los titulares de las fábricas de cemento y de las canteras afectadas como a las autoridades competentes, a la hora de notificar las emisiones y transferencias de residuos fuera del emplazamiento, de acuerdo con los requisitos establecidos en el Real Decreto 508/2007. En especial, en esta Guía se pretende:

- Determinar cuáles de las sustancias incluidas en el Real Decreto 508/2007 (en adelante, sustancias PRTR), son significativas desde el punto de vista de su emisión al aire y al agua por las fábricas de cemento y las canteras asociadas a las mismas.
- Para aquellas sustancias que finalmente se consideren significativas, proporcionar recomendaciones metodológicas para la determinación de la carga contaminante anual emitida a partir de mediciones (M) o cálculos (C).

3. Notificación de las emisiones y transferencias de residuos al Registro PRTR

Tal y como se ha indicado anteriormente, los complejos industriales afectados por el Real Decreto 508/2007, están obligados a notificar anualmente sus emisiones y transferencias de residuos a la Comunidad Autónoma en la que se encuentren ubicados. En su anexo I se describen las actividades afectadas, entre las que se encuentran las fábricas de cemento y las canteras, siempre que superen una determinada capacidad de producción o superficie de la zona de explotación:

Tabla 1: Extracto de las actividades recogidas en anexo I (capítulos I y II) del Real Decreto 508/2007

Categoría Ley 16/2002	Categoría Rgto. 166/2006 E-PRTR	Actividad
-	3. b)	Explotaciones a cielo abierto y canteras, cuando la superficie de la zona en la que efectivamente se practiquen operaciones extractivas equivalga a 25 hectáreas
3.1	3.c.i)	Fabricación de cemento o clínker en hornos rotatorios con una capacidad de producción superior a 500 toneladas diarias
	3.c.iii)	Fabricación de cemento, clínker o cal en hornos de otro tipo con una capacidad de producción superior a 50 t/día

La notificación de los datos debe realizarse según los requerimientos establecidos en el Reglamento (CE) nº 166/2006, en el Real Decreto 508/2007 y en el Real Decreto 812/2007, que modifica el anterior.

Hay que tener en cuenta que, en España, las autoridades competentes en esta materia son las comunidades autónomas, por lo que a la hora de realizar la notificación, también deberá considerarse la normativa que éstas hayan dictado al respecto.

Por otro lado, la Comisión Europea ha publicado la "Guía para la implantación del E-PRTR", que establece las pautas a seguir para la comunicación de la información según lo dispuesto en el Reglamento PRTR europeo. En el caso español, esta guía complementa lo establecido en los Reales Decretos 508/2007 y 812/2007.

La información que deben facilitar los titulares de las instalaciones a su autoridad competente es la siguiente:

- Las emisiones a la atmósfera, al agua, al suelo y las transferencias de los contaminantes en aguas residuales destinadas a tratamiento, de cualquiera de los contaminantes incluidos en su anexo II (en el anejo 1 de la presente sección se recoge la lista de sustancias PRTR así como sus umbrales de información pública).
- Las transferencias fuera del emplazamiento de residuos peligrosos y no peligrosos, para fines de recuperación o eliminación, cuando se realicen en cantidades superiores a 2 y 2.000 t/año, respectivamente.

Además, los complejos industriales deben comunicar a las autoridades competentes la siguiente información (de acuerdo con el anexo II del Real Decreto 508/2007):

- Identificación y ubicación del complejo industrial y la empresa matriz.
- Información histórica (producción anual, número de instalaciones y procesos, horas de trabajo anuales, número de empleados, cese de la actividad, etc.).
- Información adicional de carácter ambiental (sistemas de gestión ambiental implantados, etc.).
- Perfil ambiental general del complejo (consumos anuales de electricidad, combustibles y agua, caudales de aguas residuales vertidos, etc.).
- Identificación de todas las actividades de las incluidas en el anexo I del Real Decreto 508/2007 que se realicen en el complejo, indicando cuál es la actividad principal, a la que se le asignarán los datos de emisiones y transferencias de residuos notificados.

Si en la instalación también se desarrollan actividades no incluidas en el Anexo I, no existe obligación de declarar las emisiones que pudieran derivarse de ellas, aunque es recomendable que se incluyan en las emisiones totales del complejo, y especialmente si no es fácil separar de las emisiones totales, las correspondientes a estas actividades.

Notificación a través de PRTR-España

Para cada **emisión a la atmósfera, al agua y al suelo y cada transferencia de contaminantes** en aguas residuales notificada, el complejo indicará:

- Cantidad anual emitida, en kg/año, incluyendo en su caso:
 - Emisiones generadas en condiciones normales de funcionamiento
 - Emisiones de las condiciones anormales (por ejemplo, arranques y paradas)
 - Emisiones fugitivas y difusas
- Del total de la cantidad anual emitida, cantidad debida a accidentes (emisiones accidentales), en su caso.
- Si son datos:
 - **Medidos (M)**: Datos en base a medidas de emisiones cuando procedan de sistemas de control o monitorización de los procesos, o cuando las emisiones anuales se determinen en base a mediciones puntuales. Pueden ser necesarios cálculos adicionales para obtener los datos de emisiones correspondientes al año de referencia
 - **Calculados (C)**: Datos en base a cálculos de emisiones obtenidos a partir de factores de emisión, balances de materia y demás cálculos que utilicen variables de los procesos y otros métodos más complejos. Deben ser métodos aceptados nacional e internacionalmente
 - **Estimados (E)**: Datos basados en estimaciones no normalizadas, determinados en base a opiniones o experiencias de expertos según métodos no referenciados o a la aplicación de guías de buenas prácticas
- En el caso de datos medidos o calculados:
 - Origen del método, según la siguiente tabla:

PARA DATOS MEDIDOS (CLASE M)	
CÓDIGO	SIGNIFICADO
PER	Si está especificado en las autorizaciones ambientales integradas u otras autorizaciones ambientales o permisos del complejo
NRB	Si están contenidos o derivan de una norma o acto legal sectorial o de general cumplimiento para sustancias o sectores de actividad.
ALT	Método alternativo equivalente a las normas de medición CEN/ISO existentes
CRM	Rendimiento demostrado mediante Materiales de Referencia Certificados y aceptados por las autoridades competentes
OTH	Otros
PARA DATOS CALCULADOS (CLASE C)	
CÓDIGO	SIGNIFICADO
PER	Si está especificado en las autorizaciones ambientales integradas u otras autorizaciones ambientales o permisos del complejo
NRB	Si están contenidos o derivan de una norma o acto legal sectorial o de general cumplimiento para sustancias o sectores de actividad.
MAB	Método de balance de materia aceptado por las autoridades competentes
SSC	Método de cálculo específico del sector a nivel europeo
OTH	Otros

- Método de análisis o de cálculo
- Normas o estándares utilizados para el análisis (indicando, en su caso, si se trata de normas o estándares internacionales descritos en la Guía para la implantación del E-PRTR)
- Fuentes o referencias para la realización de los cálculos
- En el caso de las emisiones al agua: el medio receptor de los vertidos (litoral, cuenca intracomunitaria, cuenca intercomunitaria trasferida, cuenca intercomunitaria de titularidad estatal, depuradora privada, depuradora pública, colector municipal, red de alcantarillado).

En relación con la producción de **residuos**, el complejo debe notificar:

- Tipo de residuo, según la Lista Europea de Residuos (LER) publicada por la Orden MAM/304/2002
- Destino, especificando las operaciones de valorización (R) o eliminación (D) según la lista publicada por la Orden MAM/304/2002
- Si son datos Medidos (M), Calculados (C) o Estimados (E)
- En el caso de datos medidos o calculados: método utilizado (generalmente será "por peso")
- La cantidad total generada, en t/año

Además, en el caso de **transferencias de residuos peligrosos fuera de España**, el complejo debe añadir la siguiente información:

- Nombre y dirección del gestor al que se entregan los residuos
- Dirección del lugar donde se recibe la transferencia

De acuerdo con el Real Decreto 508/2007 y el Reglamento nº 166/2006, se consideran emisiones al suelo las operaciones de eliminación "D2: Tratamiento en medio terrestre" o "D3: Inyección profunda"⁴. Además, en el Real Decreto 508/2007 se consideran objeto de información las emisiones accidentales al suelo (como por ejemplo, las derivadas de derrames, fugas de tuberías, etc). Se excluye expresamente la operación de recuperación "R10: Tratamientos de suelo, produciendo un beneficio o una mejora ecológica de los mismos".

Las Comunidades autónomas son las responsables de recoger la información requerida a los titulares de los complejos. Asimismo, en lo que se refiere a la comunicación de los datos de emisiones de contaminantes a las aguas de cuencas hidrográficas gestionadas por la Administración General del Estado, una vez recibidos éstos de los titulares de las actividades, las comunidades autónomas deben remitirlos al organismo de cuenca (confederación hidrográfica) correspondiente, que será el responsable de evaluar o validar la calidad de estos datos. Por su parte, las comunidades autónomas deben evaluar la calidad del resto de los datos notificados (proceso de validación de los datos) y remitir a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, toda la información antes del 30 de junio siguiente al año al que estén referidos los datos de emisiones.

El Ministerio, publicará los datos que superan los valores umbrales de información pública establecidos para cada sustancia en el anexo II del Real Decreto 508/2007, mediante su difusión por internet a través del Registro PRTR-España (www.prtr-es.es). Además, el Ministerio enviará a la Comisión Europea la información requerida en el Reglamento E-PRTR, identificada por complejo y siempre que haya superado los valores umbrales de información establecidos, según el calendario europeo definido por el Reglamento (CE) nº 166/2006.

Algunas Comunidades autónomas han decidido realizar el procedimiento de recogida de la información y validación a través de la herramienta PRTR-España, puesta a su disposición por el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino a través de la página web www.prtr-es.es. En esta página web se puede encontrar información actualizada sobre qué comunidades autónomas han desarrollado sistemas propios de registro y notificación PRTR y cuáles, en el ámbito de sus competencias, han optado por utilizar la herramienta PRTR-España.

Figura 1. CCAA que utilizan PRTR-España para la notificación correspondiente al año 2008.



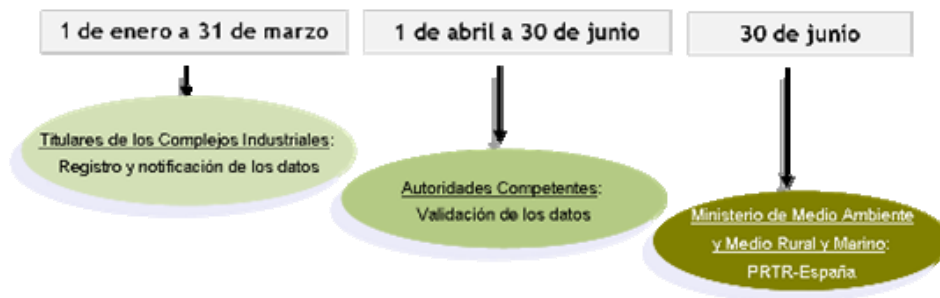
Fuente: PRTR-España. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino

⁴ Según anexo I de la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos (BOE nº 43, de 19.02.2002).

El primer año de referencia con criterios PRTR fue el 2007. Según el Real Decreto 508/2007, el plazo para que las comunidades autónomas envíen toda la información de emisiones y transferencias de residuos al Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino finaliza el 30 de junio del año siguiente al año de referencia.

Si la notificación se realiza a través de la herramienta PRTR-España, los titulares de los complejos industriales deben notificar sus emisiones y transferencias correspondientes al año de referencia, durante los tres primeros meses del año. Durante el segundo trimestre del año, las autoridades competentes revisarán y validarán la información notificada por las empresas en PRTR-España.

Figura 2. Calendario PRTR-España para la notificación de las emisiones y transferencias.



Fuente: PRTR España. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino

El Reglamento (CE) nº 166/2007 establece los plazos europeos para el registro y notificación de emisiones. Al final del primer trimestre de 2009, los estados miembros comunicarán los datos de 2007 a la Comisión Europea, que los publicará a través de Internet a lo largo del último trimestre del mismo año.

A partir de 2008, los estados miembros comunicarán los datos antes del final del primer trimestre del año siguiente y se publicarán por la Comisión en Internet el 30 de abril de dicho año. De esta forma, los datos serán publicados en un periodo más corto que en el EPER (donde el periodo era de 3 años).

Anexo I - Sección I: Lista de sustancias PRTR y sus umbrales de información pública

	⁵ Contaminantes/sustancias respecto de los que, en todo caso, hay que suministrar información ⁽¹⁾	Valores umbrales de emisiones ^(2.a)		
		Emisiones a la atmósfera	Emisiones al agua	Emisiones al suelo
		kg/año	kg/año	kg/año
1	Metano (CH ₄)	100.000	- (2.b)	-
2	Monóxido de carbono (CO)	500.000	-	-
3	Dióxido de carbono (CO ₂)	100.000.000	-	-
4	Hidrofluorocarburos (HFC) ⁽³⁾	100	-	-
5	Óxido nitroso (N ₂ O)	10.000	-	-
6	Amoniaco (NH ₃)	10.000	-	-
7	Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM)	100.000	-	-
8	Óxidos de nitrógeno (NO _x /NO ₂)	100.000	-	-
9	Perfluorocarburos (PFC) ⁽⁴⁾	100	-	-
10	Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	50	-	-
11	Óxidos de azufre (SO _x /SO ₂)	150.000	-	-
12	Nitrógeno total	-	50.000	50.000
13	Fósforo total	-	5.000	5.000
14	Hidroclorofluorocarburos (HCFC) ⁽⁵⁾	1	-	-
15	Clorofluorocarburos (CFC) ⁽⁶⁾	1	-	-
16	Halones ⁽⁷⁾	1	-	-
17	Arsénico y compuestos (como As) ⁽⁸⁾	20	5	5
18	Cadmio y compuestos (como Cd) ⁽⁸⁾	10	5	5
19	Cromo y compuestos (como Cr) ⁽⁸⁾	100	50	50
20	Cobre y compuestos (como Cu) ⁽⁸⁾	100	50	50
21	Mercurio y compuestos (como Hg) ⁽⁸⁾	10	1	1
22	Níquel y compuestos (como Ni) ⁽⁸⁾	50	20	20
23	Plomo y compuestos (como Pb) ⁽⁸⁾	200	20	20
24	Zinc y compuestos (como Zn) ⁽⁸⁾	200	100	100
25	Alaclor	-	1	1
26	Aldrina	1	1	1
27	Atrazina	-	1	1

⁵ Fuente: PRTR España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

		Valores umbrales de emisiones ^(2.a)		
28	Clordano	1	1	1
29	Clordecona	1	1	1
30	Clorfenvinfós	-	1	1
31	Cloroalcanos, C ₁₀ -C ₁₃	-	1	1
32	Clorpirifós	-	1	1
33	DDT	1	1	1
34	1,2-dicloroetano (DCE)	1.000	10	10
35	Diclorometano (DCM)	1.000	10	10
36	Dieldrina	1	1	1
37	Diurón	-	1	1
38	Endosulfán	-	1	1
39	Endrina	1	1	1
40	Compuestos orgánicos halogenados (como AOX) ⁽⁹⁾	-	1.000	1.000
41	Heptacloro	1	1	1
42	Hexaclorobenceno (HCB)	10	1	1
43	Hexaclorobutadieno (HCBD)	-	1	1
44	1,2,3,4,5, 6 -hexaclorociclohexano (HCH)	10	1	1
45	Lindano	1	1	1
46	Mirex	1	1	1
47	PCDD + PCDF (dioxinas + furanos) (como TEQ) ⁽¹⁰⁾	0,0001	0,0001	0,0001
48	Pentaclorobenceno	1	1	1
49	Pentaclorofenol (PCP)	10	1	1
50	Policlorobifenilos (PCB)	0,1	0,1	0,1
51	Simazina	-	1	1
52	Tetracloroetileno (PER)	2.000	10	-
53	Tetraclorometano (TCM)	100	1	-
54	Triclorobencenos (TCB)	10	1	-
55	1,1,1-tricloroetano (TCE)	100	-	-
56	1,1,2,2-tetracloroetano	50	-	-
57	Tricloroetileno	2.000	10	-
58	Triclorometano	500	10	-
59	Toxafeno	1	1	1
60	Cloruro de vinilo	1.000	10	10
61	Antraceno	50	1	1

		Valores umbrales de emisiones ^(2.a)		
62	Benceno	1.000	200 (como BTEX) ⁽¹¹⁾	200 (como BTEX) ⁽¹¹⁾
63	Bromodifeniléteres (PBDE) ⁽¹²⁾	-	1	1
64	Nonilfenol y Etoxilatos de nonilfenol (NP/NPE)	-	1	1
65	Etilbenceno	-	200 (como BTEX) ⁽¹¹⁾	200 (como BTEX) ⁽¹¹⁾
66	Óxido de etileno	1.000	10	10
67	Isoproturón	-	1	1
68	Naftaleno	100	10	10
69	Compuestos organoestánicos (como Sn total)	-	50	50
70	Ftalato de bis (2-etilhexilo) (DEHP)	10	1	1
71	Fenoles (como C total) ⁽¹³⁾	-	20	20
72	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) ⁽¹⁴⁾	50	5	5
73	Tolueno	-	200 (como BTEX) ⁽¹¹⁾	200 (como BTEX) ⁽¹¹⁾
74	Tributilestaño y compuestos ⁽¹⁵⁾	-	1	1
75	Trifenilestaño y compuestos ⁽¹⁶⁾	-	1	1
76	Carbono orgánico total (COT) (como C total o DQO/3)	(18)	50.000	-
77	Trifluralina	-	1	1
78	Xilenos ⁽¹⁷⁾	-	200 (como BTEX) ⁽¹¹⁾	200 (como BTEX) ⁽¹¹⁾
79	Cloruros (como Cl total)	-	2.000.000	2.000.000
80	Cloro y compuestos inorgánicos (como HCl)	10.000	-	-
81	Amianto	1	1	1
82	Cianuros (como CN total)	-	50	50
83	Fluoruros (como F total)	-	2.000	2.000
84	Flúor y compuestos inorgánicos (como HF)	5.000	-	-
85	Cianuro de hidrógeno (HCN)	200	-	-
86	Partículas (PM ₁₀)	50.000	-	-
87	Octilfenoles y octilfenoles etoxilatos	-	1	-
88	Fluoranteno	-	1	-
89	Isodrina	-	1	-
90	Hexabromobifenilo	0,1	0,1	0,1
91	Benzo(g,h,i)perileno	-	1	-

		Valores umbrales de emisiones ^(2.a)		
Otras sustancias emitidas al aire				
92	Partículas totales en suspensión (PST) ⁽¹⁸⁾	(18)		
93	Talio	(18)		
94	Antimonio	(18)		
95	Cobalto	(18)		
96	Manganeso	(18)		
97	Vanadio	(18)		
Otras sustancias emitidas al agua y al suelo				
98	DQO		(18)	(18)
200	o,p'-DDT		(18), (19)	(18), (19)
201	p,p'-DDD		(18), (19)	(18), (19)
202	p,p'-DDE		(18), (19)	(18), (19)
203	p,p'-DD		(18), (19)	(18), (19)
204	Benzo(a)pireno		(18), (19)	(18), (19)
205	Benzo(b)fluoranteno		(18), (19)	(18), (19)
206	Benzo(k)fluoranteno		(18), (19)	(18), (19)
207	Indeno(1,2,3-cg)pireno		(18), (19)	(18), (19)
208	1,2,3-Triclorobenceno		(18), (19)	(18), (19)
209	1,2,4-Triclorobenceno		(18), (19)	(18), (19)
210	1,3,5-Triclorobenceno		(18), (19)	(18), (19)
211	p-xileno		(18), (19)	(18), (19)
212	o-xileno		(18), (19)	(18), (19)
213	m-xileno		(18), (19)	(18), (19)
214	Penta-BDE		(18), (19)	(18), (19)
215	Octa-BDE		(18), (19)	(18), (19)
216	Deca-BDE		(18), (19)	(18), (19)
TOTAL CONTAMINANTES/SUSTANCIAS CONSIDERADOS PARA CADA MEDIO		68	89	79
TOTAL SUSTANCIAS		115		

NOTAS

- (1) A no ser que se indique otra cosa, los datos de emisiones deberán de indicarse como masa total de contaminante para el caso de contaminantes individuales o como masa total del grupo, cuando el contaminante esté constituido por un grupo de sustancias.
- (2) a) Los umbrales de emisiones indicados en esta tabla, indican los valores umbrales por encima de los cuales los datos de emisiones notificados serán públicos.
- b) Un guión (-) indica que el parámetro y medio en cuestión no entraña la obligación de notificar la información.

-
- (3) Masa total de hidrofluorocarburos (HFC) expresada como la suma de HFC23, HFC32, HFC41, HFC4310mee, HFC125, HFC134, HFC134a, HFC152a, HFC143, HFC143a, HFC227ea, HFC236fa, HFC245ca, HFC365mfc.
- (4) Masa total de Perfluorcarburos (PFC) expresados como la suma de CF_4 , C_2F_6 , C_3F_8 , C_4F_{10} , $C-C_4F_8$, C_5F_{12} , C_6F_{14} .
- (5) Hidroclorofluorocarburos, (HCFC): masa total de las sustancias, incluidos sus isómeros, enumeradas en el grupo VIII del anexo I del Reglamento (CE) nº 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de junio de 2000, sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (DO L 244 de 29.9.2000, p. 1). Reglamento modificado por el Reglamento (CE) nº 1804/2003 (DO L 265 de 16.10.2003, p. 1).
- (6) Clorofluorocarburos (CFC): masa total de las sustancias incluidas en el Grupo I y II del anexo 1 del Reglamento 2000/2037 CE incluidos sus isómeros.
- (7) Halones: masa total de las sustancias incluidas en el Grupo III y VI del anexo 1 del Reglamento 2000/2037 CE incluidos sus isómeros.
- (8) Todos los metales se deberán notificar como masa total del elemento en todas las formas químicas que se presenten en la emisión.
- (9) Compuestos orgánicos halogenados (AOX) adsorbibles en carbón activo expresado como cloruro.
- (10) Expresado como I-TEQ.
- (11) En caso de que se supere el umbral de BTEX (suma de benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos) deberá notificarse cada uno de los contaminantes de forma individual.
- (12) Masa total de los siguientes bromodifeniléteres (PBDE): penta-BDE, octa-BDE y deca-BDE.
- (13) Masa total de fenoles y fenoles monosustituídos (sustituídos simples) expresados como carbono total.
- (14) Para la información sobre emisiones a la atmósfera, los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) incluyen el benzo(a)pireno (50-32-8), el benzo(b)fluoranteno (205-99-2), el benzo(k)fluoranteno (207-08-9) y el indeno(1,2,3-cd)pireno (193-39-5) (con arreglo al Protocolo relativo a los contaminantes orgánicos persistentes del Convenio sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia y al Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004 relativo a los contaminantes orgánicos persistentes (DO L 229 de 29.6.2004, p. 5).
- (15) Masa total de los compuestos de tributilestaño expresados como masa de tributilestaño.
- (16) Masa total de los compuestos de trifenilestaño expresado como masa de trifenilestaño.
- (17) Masa total de xilenos (ortho-xileno, meta-xileno, para-xileno).
- (18) Se notificarán las emisiones de estas sustancias, aunque no serán incluidos dichos datos en la información que el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, en cumplimiento de los requisitos de información, deba remitir a organismos europeos o cualquiera otro de carácter internacional.
- (19) Deberán notificarse los datos de emisiones de estas sustancias de forma individualizada y de forma global de acuerdo con el número correspondiente de la lista de sustancias. Así, deberá notificarse el DDT total, sustancia 33 y las sustancias 200 a 203, isómeros del DDT, deberán notificarse de forma individualizada. Del mismo modo las sustancias 204 al 207 respecto a los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), sustancia número 72; las sustancias 208 a 210 respecto a la sustancia número 54 triclorobencenos; las sustancias 211 a 213 respecto a la sustancia número 78 xilenos (ver nota 17) y las sustancias 214 a 216 respecto a la sustancia 63 bromodifeniléteres (ver nota 12).

SECCIÓN II: LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

1. Emisiones en la industria del cemento

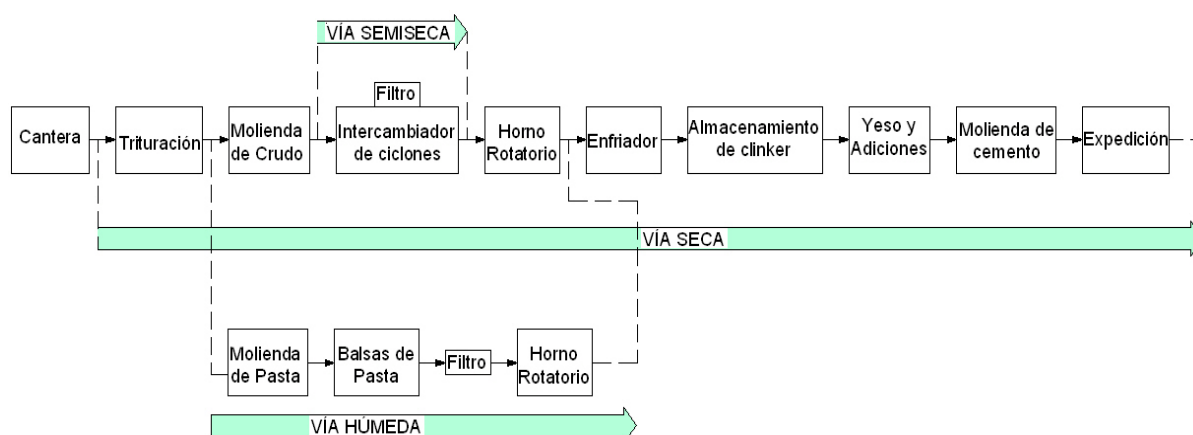
1.1. Proceso de fabricación del cemento

En el proceso de fabricación del cemento pueden diferenciarse tres etapas en función del producto obtenido:

- 1) Crudo: Procede de la extracción y molienda de materias primas (caliza, marga, arcilla) y de la homogeneización de éstas.
- 2) Clínker: Producto semielaborado procedente de la cocción del crudo en un horno rotatorio a altas temperaturas (hasta 1.450 °C).
- 3) Cemento: Se obtiene a partir de la molienda conjunta del clínker con otros componentes (cenizas volantes, escoria, puzolana, yeso).

El diagrama de flujo del proceso de fabricación del cemento es el siguiente:

Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de fabricación del cemento



Fuente: OFICEMEN y elaboración propia

La homogeneización de las materias primas puede ser por vía húmeda, por vía seca o por vía semiseca, dependiendo de si se utilizan corrientes de aire, agua o ambas para mezclar los materiales.

En el proceso húmedo la mezcla de materia prima es bombeada a balsas de homogeneización, de donde pasa a los hornos en los que se produce la cocción del crudo dando lugar al clínker.

En el proceso seco, la materia prima es homogeneizada en silos de materia prima con el uso de maquinarias especiales. En este proceso el control químico es más eficiente y el consumo de energía es menor, ya que al no tener que eliminar el agua añadida con el objeto de mezclar los materiales, los hornos son más cortos y el crudo necesita estar menos tiempo sometido a altas temperaturas para formar el clínker.

El clínker obtenido, independientemente del proceso utilizado en la etapa de homogeneización, es molido con pequeñas cantidades de yeso y otros materiales para finalmente obtener el cemento.

1.2. Aspectos ambientales

Los principales impactos ambientales de la producción de cemento están asociados con el consumo de energía y la generación de emisiones a la atmósfera. Por el contrario, el vertido de aguas residuales normalmente se encuentra limitado a las aguas pluviales y sanitarias y a las aguas de los sistemas de refrigeración, aunque éstos, en la mayoría de los casos, funcionan en circuito cerrado.

El almacenamiento de combustibles en grandes cantidades es una fuente potencial de contaminación del suelo y las aguas subterráneas. Por último, no debemos olvidar los efectos que tiene sobre el medio ambiente el consumo de otros recursos, la generación de ruidos y la producción de residuos, en ocasiones peligrosos.⁶

En la "Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de cemento" se puede consultar una completa descripción de los aspectos ambientales asociados a las fábricas de cemento.

1.3. Emisiones significativas y no significativas en la fabricación de cemento

Para la determinación de las sustancias más significativas emitidas al aire y al agua por las fábricas de cemento, se parte de las sustancias incluidas en las sublistas sectoriales específicas de contaminantes emitidos al aire y al agua, incluidas en los apéndices 4 y 5 de la "Guía para la implantación del E-PRTR", correspondientes al epígrafe 3.c (producción de cemento), así como de las sustancias adicionales recogidas en el anejo II del Real Decreto 508/2007:

⁶ Fuente: Guía de Mejores técnicas disponibles en España de fabricación de cemento

Tabla 2: Sustancias PRTR emitidas al aire

Sustancias ya consideradas en EPER ⁷	Nuevas sustancias PRTR	
	Nuevas sustancias E-PRTR ⁸	RD 508/2007 ⁹
▪ Monóxido de carbono (CO)	▪ Óxido nitroso (N ₂ O)	▪ Talio
▪ Dióxido de Carbono (CO ₂)	▪ Amoníaco (NH ₃)	▪ Antimonio
▪ Compuestos orgánicos volátiles sin metano (COVNM)	▪ Policlorobifenilos (PCB)	▪ Cobalto
▪ Óxidos de nitrógeno (NO _x / NO ₂)	▪ Antraceno	▪ Manganeso
▪ Óxidos de azufre (SO _x / SO ₂)	▪ Naftaleno	▪ Vanadio
▪ Arsénico y compuestos (como As)	▪ Ftalato de Bis (2-etilhexilo) (DEHP)	▪ Carbono orgánico total (COT)
▪ Cadmio y compuestos (como Cd)	▪ Cianuro de hidrogeno (HCN)	▪ Partículas totales
▪ Cromo y compuestos (como Cr)		
▪ Cobre y compuestos (como Cu)		
▪ Mercurio y compuestos (como Hg)		
▪ Níquel y compuestos (como Ni)		
▪ Plomo y compuestos (como Pb)		
▪ Zinc y compuestos (como Zn)		
▪ Dioxinas y furanos (PCDD+PCDF)		
▪ Benceno		
▪ Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)		
▪ Cloro y otros compuestos (como HCl)		

⁷ Sustancias incluidas en la sublista orientativa para la fabricación de cemento publicada en el Documento de orientación para la realización del EPER, de la Comisión Europea.

⁸ En la sublista orientativa para la fabricación de cemento publicada en la "Guía para la implantación del E-PRTR", de la Comisión Europea, además de las sustancias incluidas en la sublista orientativa EPER, se recogen las sustancias incluidas en esta columna.

⁹ Además de las sustancias incluidas en las dos columnas anteriores, el Real Decreto 508/2007, recoge otra serie de sustancias emitidas al aire que no se encuentran en el Reglamento nº 166/2006 y por tanto no están recogidas en las sublistas orientativas.

Sustancias ya consideradas en EPER ⁷	Nuevas sustancias PRTR	
	Nuevas sustancias E-PRTR ⁸	RD 508/2007 ⁹
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flúor y otros compuestos (como HF) 		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Partículas (PM10) 		
TOTAL SUSTANCIAS AIRE: 33		

Tabla 3: Sustancias emitidas al agua

Sustancias E-PRTR ¹⁰	RD 508/2007 ¹¹
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arsénico y compuestos (como As) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ DQO
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cadmio y compuestos (como Cd) 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cromo y compuestos (como Cr) 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mercurio y compuestos (como Hg) 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Níquel y compuestos (como Ni) 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plomo y compuestos (como Pb) 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dioxinas y furanos (PCDD+PCDF) 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fenoles (como C total) 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carbono orgánico total (COT) 	
TOTAL SUSTANCIAS AGUA: 10	

Las sublistas sectoriales específicas de contaminantes emitidos a la atmósfera y al agua especifican, con **carácter orientativo** para titulares y autoridades competentes, los contaminantes que pueden ser emitidos por las diferentes actividades industriales descritas en el Reglamento E-PRTR, teniendo en cuenta que, de forma genérica, cada actividad industrial suele estar asociada a emisiones de determinados contaminantes.

Estas sublistas, son indicativas y no limitativas. No deben ser consideradas como listas estándar de parámetros para sectores de actividad específicos. De acuerdo con la "Guía para la implantación del E-PRTR", para decidir qué parámetros son relevantes en cada instalación específica, deben considerarse, además de las orientaciones de los apéndices 4 y 5 de la Guía, la información contenida en las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIAs), solicitudes de permisos o autorizaciones ambientales, informes de inspección a los complejos, ingeniería y diagramas de proceso, balances de materia, experiencias y comprobaciones similares en otros lugares, resultados de trabajos de medición y control así como otras referencias y publicaciones que sean de interés.

¹⁰ En la sublista orientativa para la fabricación de cemento publicada en la "Guía para la implantación del E-PRTR", de la Comisión Europea se recogen las sustancias incluidas en esta columna

¹¹ Además de las sustancias incluidas en las dos columnas anteriores, el Real Decreto 508/2007, recoge otra serie de sustancias emitidas al agua que no se encuentran en el Reglamento nº 166/2006 y por tanto no están recogidas en las sublistas orientativas

Para el caso de las emisiones al suelo y las transferencias de residuos, la "Guía para la implantación del E-PRTR" no incluye sublistas sectoriales, lo que no exime del cumplimiento de informar, en su caso, sobre ellas. El criterio para la identificación de las transferencias de residuos será la Lista Europea de Residuos (LER) vigente en cada momento.

1.3.1. Emisiones a la atmósfera significativas

Como complemento para determinar la significancia de las sustancias emitidas a la atmósfera por las instalaciones cementeras, se ha realizado un estudio estadístico de los datos de emisiones del sector cementero en el Registro EPER-España para el periodo 2001-2005. En total se han analizado los datos disponibles de 39 empresas, todas ellas integradas en Oficemen.

Del estudio de los datos de EPER-España relativos a las emisiones a la atmósfera de estas instalaciones, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La información disponible en el registro EPER-España para los periodos 2001 a 2005 no es aún homogénea para el sector.
- Todos las instalaciones han proporcionado información de las cantidades anuales emitidas de CO₂, CO, NO_x, Partículas (PST o PM₁₀) y SO_x. La información del resto de sustancias dada por los complejos es más variable.
- Debe tomarse como referencia los datos de los años más significativos (ejercicios 2001 y 2004), por ser éstos de los que se dispone de datos para toda España. Los años 2001 y 2004 coinciden, además, con la información remitida a la Comisión Europea. Teniendo en cuenta los datos de los años más significativos (ejercicios 2001 y 2004), los porcentajes y sustancias emitidas se resumen en las siguientes tablas comparativas:

Tabla 4: Cantidad emitida (%). Año 2001

Grupo 1	CO₂	99,42%	
	Resto	0,58%	
Grupo 2	CO	99,93%	
	NO _x		
	PM ₁₀		
	SO _x		
Grupo 3	3.1	Cl y HCl	0,07%
	3.2	Pb	
		Benceno	
	3.3	Cd	
		Zn	
		Ni	
		Hg	
	3.4	HAP	
		As	
		PCDD + PCDF	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos EPER-España

Tabla 5: Cantidad emitida (%). Año 2004

Grupo 1	CO₂	99,46%	
	Resto	0,54%	
Grupo 2	CO	99,79%	
	NO _x		
	PM ₁₀		
	SO _x		
Grupo 3	3.1	NMVOC	0,21%
	3.2	Cl y HCl	
		Benceno	
	3.3	HAP	
		Zn	
	3.4	Pb	
		Ni	
		Hg	
		Cu	
		Cr	
As			

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos EPER-España

Las sustancias aparecen en cada una de las tablas, de arriba abajo, ordenadas de mayor a menor importancia en función de la cantidad emitida. En las emisiones de las sustancias minoritarias es donde se observan más diferencias y especialmente en el caso de los compuestos orgánicos.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos EPER-España.

- De acuerdo con los datos anteriores y tomando como referencia la cantidad de contaminante emitido, pueden establecerse los siguientes grupos de sustancias:

1) Grupo 1: CO₂

La cantidad (en kg/año) emitida de este contaminante en el conjunto de las instalaciones cementeras recogidas en EPER-España supone más del 99% del total de las emisiones.

2) Grupo 2: CO, NO_x, SO_x y PM10

La cantidad emitida de estas sustancias, una vez excluido el CO₂, supone más del 99% del resto de las sustancias EPER.

3) Grupo 3: Resto de sustancias EPER (COVNM, As y compuestos, Cd y compuestos, Cr y compuestos, Cu y compuestos, Hg y compuestos, Ni y compuestos)

compuestos, Pb y compuestos, Zn y compuestos, PCDD+PCDF, Benceno, HAP, Cl y otros compuestos, F y otros compuestos)

En este grupo se engloban el resto de las sustancias de la primera columna de la tabla 2 (sustancias ya consideradas en EPER). La cantidad emitida del conjunto de estas sustancias por las industrias cementeras supone menos del 1% de las emisiones de todas las sustancias EPER, excluyendo de nuevo el CO₂.

- Es evidente que la sustancia más significativa es el CO₂ ya que, en todos los años considerados, supone más del 99% de la cantidad total de contaminantes emitidos a la atmósfera
- Del menos de 1% restante, las emisiones de CO, NO_x, SO_x y PM₁₀ son las más significativas, tanto por ser contaminantes notificados por todas las plantas, como porque la cantidad emitida es muy superior a la del resto de las sustancias EPER.
- Del resto de las sustancias EPER, puede decirse que son poco o nada significativas por cantidad, por número de empresas y por frecuencia de notificación. Las emisiones de estas sustancias pueden estar relacionadas con las impurezas contenidas en combustibles y materias primas, con el control de las características de los procesos de combustión, etc., parámetros que pueden variar en las distintas cementeras españolas.
- En la siguiente tabla se recoge, en porcentajes, el método de obtención del dato notificado por las empresas cementeras al Registro EPER. Se han tenido en cuenta todos los datos de emisiones, con la información disponible en el Registro EPER y considerando todos los años:

Tabla 7: Porcentajes del método de obtención del dato notificado a EPER-España (%)

	CO	CO ₂	NO _x	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
M	74	12	76	59	55	60	61	63	60	65	54
C	14	78	14	33	39	31	30	24	28	26	21
E	12	10	10	9	6	9	9	13	12	9	25
	NMCOV	PCDD + PCDF	Benceno	HAP	Cl y HCl	F y HF	PM ₁₀	SO _x			
M	34	68	40	33	63	59	48	82			
C	41	24	23	29	20	24	27	11			
E	25	8	37	36	17	17	25	7			

En la tabla 7 se puede observar que una gran mayoría de los datos de emisiones y para una mayoría de sustancias con información disponible, están codificados con (M), es decir, están basados en mediciones. Esto ocurre principalmente en los contaminantes CO, NO_x, SO_x y casi todos los metales. También en la determinación de dioxinas y furanos, Cl y HCl y F y HF existe una mayoría clara de datos basados en medidas. Por otro lado, en el caso del CO₂ los datos notificados están basados mayoritariamente en cálculos.

En general, la estimación es el método menos utilizado para la determinación de emisiones, con la excepción del Zinc y de los HAP.

No obstante, se puede ver a priori que, excepto en las sustancias emitidas en mayor cantidad por el sector (Grupos 1 y 2), hay una variación considerable en cuanto a los métodos de obtención de los datos de emisiones.

Por último, es reseñable que cuando se observan los datos para un mismo complejo existe un alto nivel de dispersión: para una misma sustancia pueden darse, para diferentes años, los datos medidos, calculados o estimados.

1.3.2. Emisiones al agua

Tal y como se ha comentado en el apartado 1.2, las emisiones al agua no son un aspecto ambiental de importancia en la industria del cemento. En general, las fábricas existentes en España no generan aguas residuales en su proceso productivo y las aguas utilizadas en los sistemas de refrigeración son recirculadas, funcionando dichos sistemas en circuito cerrado.

El vertido de aguas residuales normalmente proviene de las aguas sanitarias y pluviales. En relación a éstas últimas, la mayoría de las fábricas de cemento españolas han tomado medidas para evitar su posible contaminación, tales como el almacenamiento a cubierto de materias primas y auxiliares, productos intermedios y finales y residuos.

Así, tanto el volumen de vertido como los contaminantes contenidos en las aguas residuales de las fábricas de cemento, principalmente relacionados con el contenido en materia orgánica en las aguas sanitarias y los sólidos en suspensión en el caso de las aguas pluviales, no resultan significativos de cara a la notificación al registro PRTR.

Los parámetros que tradicionalmente se controlan de forma periódica en los vertidos, son DQO, que está incluida en el Real Decreto 508/2007, nitratos y nitritos, que no se encuentran como sustancias individuales en PRTR sino formando parte del nitrógeno total, y otros como pH, temperatura, conductividad, etc., que no están incluidos en el registro PRTR.

1.3.3. Emisiones al suelo

En la industria del cemento, así como en las canteras asociadas a la misma, no son esperables emisiones al suelo tal y como se consideran en el Real Decreto, salvo aquellas de carácter accidental. En estos casos, deberán notificarse las cantidades emitidas como accidentales, siguiendo los mismos criterios que para el resto de las emisiones.

2. Metodología y control de emisiones de sustancias contaminantes consideradas en PRTR para la industria cementera

El Real Decreto 508/2007 establece en su artículo 3 que los titulares de los complejos afectados por esta normativa, comunicarán anualmente a la autoridad competente información acerca de sus emisiones y transferencias de residuos, indicando si la información está basada en mediciones, cálculos o estimaciones. La "Guía para la implantación del E-PRTR" aclara que "antes de recopilar los datos, el titular del complejo debe decidir qué método de determinación (M, C o E) va a utilizar para la notificación de los resultados de contaminantes con la mejor información disponible".

Si bien el Reglamento nº 166/2006 y el mencionado Real Decreto no establecen ninguna prioridad en la procedencia de los datos, es recomendable que los datos proporcionados al Registro PRTR se basen en mediciones y especialmente para una serie de contaminantes, ya que tanto las propias fábricas de cemento como los laboratorios acreditados y organismos de control autorizado poseen una amplia experiencia en la medición de los mismos. Entre estas sustancias se encuentran las siguientes: CO, NO_x, SO₂, HCl, HF, PST, As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Tl, Sb, Co, Mn, V, COT y PCDD + PCDF.

Para el resto de los contaminantes, aunque pueden existir normas o estándares para su determinación, se recomienda la notificación de los datos a partir del cálculo utilizando los factores de emisión propuestos en esta Guía, ya que éstos han sido determinados a partir de los datos reales de una muestra representativa de empresas.

En el caso del CO₂, existe un método de cálculo establecido en la legislación comunitaria en el marco del comercio de emisiones de gases de efecto invernadero.

En los siguientes apartados se desarrollan las recomendaciones específicas para cada una de las sustancias significativas emitidas al aire por las fábricas de cemento en España.

2.1. Emisiones al aire

Las emisiones a la atmósfera, procedentes de fuentes puntuales o difusas, constituyen uno de los principales aspectos ambientales de la industria del cemento.

Fuentes puntuales de emisiones a la atmósfera en las fábricas de cemento:

- Hornos
- Sistemas de homogeneización
- Moliendas
- Silos
- Procesado térmico de materiales (enfriadores de clínker y, en caso de que existan, instalaciones de secado)

Fuentes difusas de emisiones a la atmósfera en las fábricas de cemento:

- Cargas continuas
- Apilamientos
- Circulación por pistas no pavimentadas
- Acción del viento

Las emisiones desde fuentes puntuales se generan durante todo el proceso productivo (combustión, molienda y secado) y se caracterizan por estar canalizadas a través de conductos y chimeneas.

Las emisiones desde fuentes difusas están asociadas, generalmente, a operaciones y actividades auxiliares al proceso productivo propiamente dicho y se caracterizan por no estar canalizadas y por emitir, básicamente, partículas. Las principales fuentes de emisiones dispersas de partículas en una fábrica de cemento son el almacenamiento y manipulación de materias primas, combustibles y clínker, y el tráfico de vehículos por la fábrica. Las emisiones de estas actividades pueden reducirse con sencillas medidas como la instalación de barreras contra el viento en los almacenamientos de materiales a la intemperie o la pavimentación, limpieza y riego de viales, por lo que no son objeto de esta Guía.

La evaluación de las cargas contaminantes emitidas anualmente de un determinado contaminante por focos puntuales, se puede realizar adoptando diferentes enfoques:

- Cálculos realizados con base en los resultados de las mediciones directas, en continuo o discontinuo, realizadas en chimenea o canal de humos, relativas a caudal de emisión y concentración en emisión del contaminante.
- Cálculos realizados a partir de factores de emisión, balances de materia y variables de los procesos tales como el combustible utilizado, índices de producción, etc.
- Estimaciones realizadas con base en opiniones o experiencias de expertos o en la aplicación de guías de buenas prácticas.

En la práctica, el sistema de evaluación puede estar condicionado por los requisitos establecidos en la Autorización Ambiental Integrada exigida por la Ley 16/2002, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación, o en otras autorizaciones ambientales que puedan ser de aplicación.

2.1.1. Recomendaciones generales para la medición (M) de emisiones atmosféricas

Un dato de emisión es "medido cuando se deduce a partir de los resultados de controles directos de procesos específicos con base a medidas reales de concentración de contaminante y para una determinada vía de emisión. Los métodos de medición deben ser siempre métodos normalizados o aceptados nacional o internacionalmente".

La caracterización completa de las emisiones a la atmósfera requiere, para cada uno de los focos de emisión, la determinación de la concentración de los contaminantes característicos, de una serie de parámetros necesarios para caracterizar la corriente emisora y de parámetros necesarios para determinar el flujo volumétrico de emisión (caudal).

Tabla 9.- Caracterización de Emisiones a la Atmósfera. Parámetros de control¹²

Objeto	Parámetro
Control operacional del horno y caracterización de la corriente emisora	Presión (en kPa)
	Temperatura (en grados centígrados)
	Contenido en oxígeno (en %)

¹² Fuente: European Commission (2007), Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries

Objeto	Parámetro
	Monóxido de carbono (CO) (en ppm o en mg/m ³) (*)
	Dióxido de azufre (SO ₂) (en ppm o en mg/m ³)
Caracterización de la corriente emisora	Humedad (en %)
	Velocidad del flujo volumétrico
Concentración de contaminantes característicos	(en mg de contaminante/m ³)

(*) En las fábricas que operan con electrofiltro el control de los niveles de emisión de CO es una medida de seguridad para prevenir el riesgo de explosión, por lo que suelen estar dotadas de sistemas de corte de tensión automáticos que desconectan los electrofiltros en caso de superar determinados niveles de emisión de CO. También es recomendable su medición en continuo cuando la concentración de SO_x es elevada.

Entre los parámetros de muestreo que pueden influir sobre la medición de contaminantes y sus resultados y deben tenerse en cuenta para una correcta determinación de las emisiones, se encuentran:

- La representatividad de la muestra
- El acondicionamiento de la chimenea
- Los contaminantes emitidos en fase gaseosa y sólida
- El tiempo de muestreo
- Las condiciones de referencia

Su capacidad de influencia en la medición se describe en la "Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación del cemento" (Ministerio de Medio Ambiente, 2003).

La determinación de las emisiones a través de medición suele ser realizada por entidades acreditadas por las autoridades competentes conforme a las normas UNE-EN ISO/IEC 17020:2004 Criterios generales para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan inspección o UNE-EN ISO/IEC 17025:2005 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

2.1.1.1. Tipología de los sistemas de medición

Los sistemas de medición y control de emisiones a la atmósfera existentes son básicamente de dos tipos: medición en continuo y medición en discontinuo.

▪ **Medición en continuo (Sistema Automático de Medida) ¹³**

<p>Sistema Automático de Medida (SAM):</p> <p><i>Norma UNE-EN 14181:2005</i></p>	<p>Sistema de medida instalado permanentemente en un punto para la medida en continuo de emisiones</p> <ul style="list-style-type: none"> – Un SAM es un método que es trazable a un método de referencia – Aparte del analizador, un SAM incluye dispositivos para toma de muestras (por ejemplo sonda, líneas de gas de muestreo, medidores de flujo, reguladores, bombas) y para acondicionamiento de la muestra (por ejemplo filtro de partículas, dispositivos de eliminación de humedad, convertidores, diluidores). Esta definición también incluye dispositivos de ensayo y ajuste que se requieren para las verificaciones regulares de funcionamiento
---	---

Los sistemas de medición en continuo se basan en la determinación en tiempo real de los diferentes parámetros de control y no precisan análisis posterior en el laboratorio. En el caso de la determinación de la concentración de contaminantes, los sistemas en continuo se pueden basar en métodos extractivos o no extractivos.

<p>SAM no extractivo:</p> <p><i>Norma UNE-EN 14181:2005</i></p>	<p>Sistema Automático de Medida que tiene la unidad de detección en la corriente de gas o en una parte de ella</p>
--	--

En los métodos no extractivos las determinaciones se realizan directamente en chimenea, mediante la instrumentación adecuada, sin requerir la extracción de una muestra.

<p>SAM extractivo:</p> <p><i>Norma UNE-EN 14181:2005</i></p>	<p>Sistema Automático de Medida que tiene la unidad de detección separada físicamente de la corriente de gas, mediante un sistema de medida</p>
---	---

En los métodos extractivos es necesario aspirar de la chimenea un volumen determinado de muestra, representativo de la corriente emisora, que posteriormente se hace pasar a través de un analizador automático en el que se realiza la medición.

Las mediciones en continuo pueden desarrollarse mediante equipos fijos (medición *in situ*) o móviles. Los equipos de medida, existentes en el mercado, suelen incorporar microcomputadores para realizar el control y la sincronización de secuencias, crear los algoritmos de conversión, compensar las medidas de presión y temperatura, revisar continuamente los parámetros operativos del equipo, almacenar los datos en memoria y establecer los protocolos de comunicación para la transmisión de datos.

Medición en continuo de emisiones de gases

En general, los métodos de análisis en continuo de gases son de tipo extractivo. Para la toma de muestras, los gases son aspirados de la chimenea a través de una sonda de muestreo y conducidos a una caja de acondicionamiento en la que se reduce su temperatura y humedad a las condiciones óptimas para su medición en un analizador en continuo.

¹³ Fuente: *Ministerio de Medio Ambiente (2003)*, Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de cemento.

Los principales métodos de análisis en continuo de gases se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Sistemas de extinción de la luz, mediante métodos espectrométricos de absorción de luz ultravioleta o infrarroja
- Sistemas potenciométricos, basados en la medición de diferencia de potencial que los gases generan en las distintas células electroquímicas
- Detector de ionización de llama (FID), a través de la ionización de los componentes mediante llama y su posterior medida con un detector de corriente eléctrica
- Quimioluminiscencia, la sustancia a determinar se transforma químicamente en una especie excitada electrónicamente que, al volver a su estado fundamental emite una radiación a una determinada longitud de onda específica.

▪ **Medición en discontinuo o puntual**¹⁴

Este tipo de medidas consisten en la determinación puntual e individual de determinados parámetros en un periodo de tiempo limitado. Los métodos de medición en discontinuo se basan en la toma de una muestra, representativa de la corriente emisora, mediante el uso de equipos o técnicas extractivas y la utilización de sistemas de filtración, absorción o adsorción sobre un medio específico, destinados a fijar el contaminante objeto de la medida, para su posterior análisis en laboratorio.

El número de medidas requeridas para obtener resultados representativos y comparables dependerá de cada caso. Generalmente se establecen en base a la variabilidad de la emisión y el tiempo de operación a controlar.

Medición en discontinuo de emisiones de partículas sólidas

El método más utilizado para la medición en discontinuo de las emisiones de partículas sólidas es el gravimétrico, en el que se determina la concentración de partículas sólidas mediante la diferencia entre el peso inicial y final de los filtros.

La toma de muestras se basa en la obtención de una muestra compuesta, en condiciones isocinéticas, en diferentes puntos de muestreo durante el mismo intervalo de tiempo.

En general, el tren de muestreo para la extracción manual de muestras está constituido por los siguientes elementos:

- Sonda de muestreo
- Separadores de partículas constituidos por filtros de fibra de vidrio
- Sistema medidor de caudal de gas que es un tubo estático de Pitot que se dispone en paralelo con la sonda
- Sistema de aspiración
- Bomba de gas

¹⁴ Ministerio de Medio ambiente (2003), Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de cemento

- Sistema de medida del volumen de gas muestreado a un temperatura y presión identificada
- Sistema para controlar las condiciones isocinéticas de muestreo

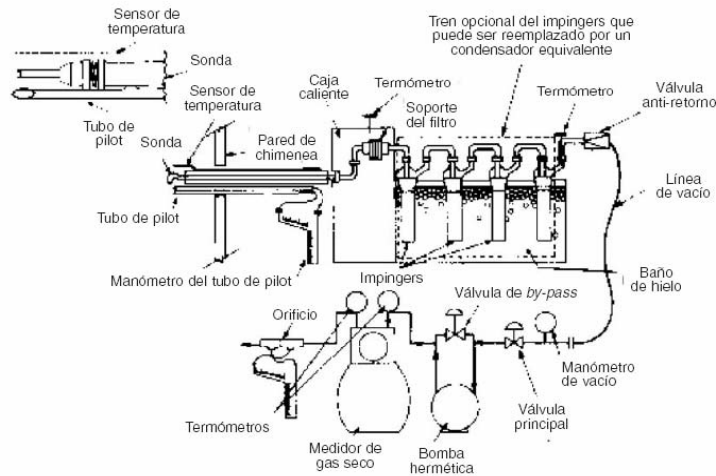


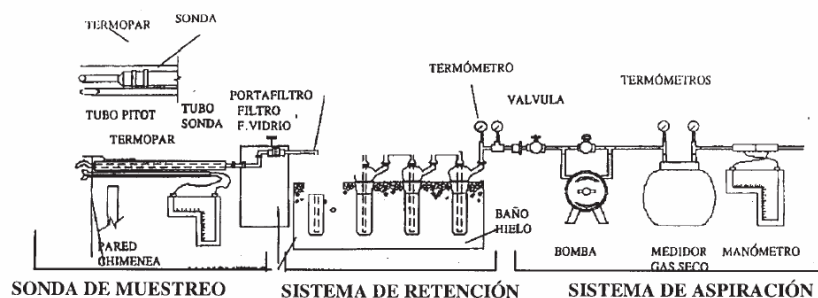
Figura 4¹⁵ Tren de muestreo para la determinación de emisiones a la atmósfera de partículas sólidas

Medición en discontinuo de emisiones de gases

El procedimiento de muestreo sigue un esquema similar para todos los gases, con características específicas para determinados parámetros de muestreo (como tiempo de muestreo, caudal de aspiración, etc.), en función del compuesto objeto del análisis.

El tren de muestreo está constituido, generalmente, por los siguientes elementos:

- Sonda de muestreo calefactada en función de la temperatura y humedad de la corriente emisora, con filtro de partículas
- Sistema de retención de gases consistente en una solución absorbente o en un sólido adsorbente
- Sistema de aspiración constituido por una bomba de aspiración y por un medidor de volumen



¹⁵ Ministerio de Medio ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (2003), Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de cemento

**Figura nº 5 Tren de muestreo para la determinación de emisiones
a la atmósfera de gases**

Los métodos de medición en discontinuo varían en función del tipo de sustancia a determinar, pero los más comunes suelen ser los siguientes:

- Espectroscopia de absorción molecular
- Quimioluminiscencia
- Método de Bario-Thorina
- Cromatografía iónica
- Valoración volumétrica
- Fotometría por infrarrojos
- Cromatografía de gases
- Espectrometría de masas
- Potenciometría

Medición en discontinuo de emisiones de dioxinas y furanos

En la determinación de las emisiones de dioxinas y furanos se utilizan básicamente métodos de medición en discontinuo, si bien, existe un proyecto de norma para su determinación en continuo.

Estos contaminantes se emiten en forma gaseosa y sólida, por lo que los métodos para la toma de muestras se basan en la disposición de filtros de partículas y condensadores para la captación de dioxinas en fase sólida y gaseosa, respectivamente. La norma UNE- EN 1948-1:2007 recoge tres diferentes trenes de muestreo para estos contaminantes.

El análisis suele basarse en el uso combinado de dos métodos: cromatografía de gases y espectrometría de masas.

Medición en discontinuo de emisiones de metales pesados

Al igual que en el caso anterior, para la determinación de metales pesados se suelen utilizar métodos en discontinuo, entre los que se encuentra la espectrometría atómica de absorción.

El tren de muestreo está constituido, en general, por los siguientes elementos:

- Sonda de muestreo de vidrio o cuarzo (para evitar la contaminación de los metales) y calefactada (para evitar condensaciones)
- Filtro de fibra de cuarzo o vidrio, para la retención de los metales que se encuentran en forma particulada
- Borboteadores con diferentes soluciones captadoras en función del metal, para la retención de la fase gaseosa

Tabla 11.- Técnicas de espectrometría atómica de absorción en función del metal a determinar ¹⁶

Contaminante	Técnica
Cd, Cr, Ni, Pb, Zn	Espectrometría de absorción atómica de llama
Hg	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío
As, Cu, Cr, Pb	Absorción atómica con cámara de grafito
Todos los metales (excepto Hg)	Absorción atómica por emisión de plasma

2.1.1.2. Límite de detección y límite de cuantificación

Límite de detección¹⁷ (LOD):	La cantidad más baja detectable de un compuesto
Límite de cuantificación¹⁶ (LOQ):	La cantidad más baja cuantificable de un compuesto

Los métodos de medida tienen normalmente limitaciones con respecto a la concentración más baja que pueden detectar. En muchos casos el problema se puede resolver usando un método de medida más sensible. En una adecuada estrategia de monitorización se debe evitar que los resultados estén por debajo del límite de detección y, en el caso de que esto no sea posible para todo el rango de medidas, que estos sólo se produzcan para las concentraciones relativamente más bajas o menos interesantes.

En general, es una buena práctica utilizar un método de medida con un límite de detección inferior al 10% del valor límite de emisión establecido para el proceso¹⁶.

El límite de cuantificación (la cantidad más baja cuantificable de un compuesto) normalmente es significativamente mayor que el límite de detección, del orden de 2 a 4 veces¹⁶.

2.1.1.3. Determinación de la carga contaminante a partir de medidas en continuo o puntuales

Las emisiones totales registradas en un determinado periodo de tiempo incluyen las emisiones canalizadas a través de las distintas chimeneas y conductos, las emisiones difusas y fugitivas y las emisiones generadas como consecuencia de situaciones excepcionales (condiciones de funcionamiento anómalo, accidentales y otras).

Para la determinación de las cargas contaminantes a partir de medidas en continuo o discontinuo, pueden ser necesarios cálculos adicionales. En el Anexo II a este capítulo de la Guía se proporciona información que puede resultar de utilidad para ello, centrándose en la metodología de evaluación de la carga contaminante emitida, a través de focos canalizados, con base en los resultados de las mediciones realizadas.

¹⁶ Ministerio de Medio ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (2003), Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de cemento

¹⁷ Ministerio de Medio ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (2003) Prevención y control Integrados de Contaminación (IPPC) Documento de referencia de los Principios Generales de Monitorización, Documento BREF

2.1.1.4. Métodos de medición para la determinación de las emisiones a la atmósfera de la industria del cemento

Para la determinación de las emisiones a la atmósfera, el complejo industrial deberá utilizar la metodología de medición, cálculo o estimación establecida, para un determinado contaminante, en su Autorización Ambiental Integrada. En caso de que la Autorización no establezca ningún requisito en este sentido, en el Anexo I a este capítulo de la Guía se han recogido, para cada contaminante emitido al aire considerado por el Real Decreto 508/2007, los principales métodos de medición en la industria del cemento. Para realizar esta selección se han tenido en cuenta, por este orden:

- Normas, métodos y estándares incluidos en la Guía europea para la implantación del registro E-PRTR.
- Normas, métodos y estándares incluidos en las autorizaciones ambientales integradas concedidas al sector hasta la fecha.
- Otras normas, métodos y estándares utilizados habitualmente por Organismos de Control Autorizado, laboratorios acreditados y entidades de inspección acreditadas en las empresas cementeras españolas. Esta información se ha obtenido a partir de la campaña de mediciones de emisiones a la atmósfera llevada a cabo por las empresas cementeras agrupadas en Oficemen durante el año 2007.

Además, en el Anexo a este capítulo se relacionan las entidades acreditadas por ENAC para la realización de mediciones de cada una de las sustancias consideradas en esta Guía. En este caso, se han diferenciado:

- Entidades acreditadas por normas internacionales
- Entidades acreditadas por procedimientos propios

2.1.2. Recomendaciones generales para el cálculo (C): Factores de emisión

Los datos de emisión "calculados" se obtienen a partir de factores de emisión representativos del propio sector industrial, balances de materia y demás cálculos que utilicen variables de los procesos y otros métodos más complejos métodos aceptados nacional o internacionalmente y factores de emisión. Los cálculos deben ser aceptados nacional o internacionalmente y en ocasiones utilizan variables externas como la temperatura.

En el Anexo I a este capítulo de la Guía se recogen, para cada contaminante emitido al aire considerado por el Real Decreto 508/2007, los factores de emisión más adecuados a la industria cementera española.

Como primera opción, se han incluido los factores de emisión calculados a partir de la información proporcionada por el sector cementero español. Para su cálculo, se ha utilizado la información contenida en los informes de los análisis de las emisiones a la atmósfera realizados por Organismos de Control Autorizados (OCAs), laboratorios acreditados y entidades de inspección acreditadas por ENAC. Estos informes corresponden a la campaña de medición llevada a cabo por empresas del sector cementero español asociadas en Oficemen durante el año 2007. Para el cálculo de los factores se han utilizado datos reales de producción de clínker y cemento del sector. Por

tanto, se considera que estos factores de emisión se ajustan mejor a las características propias del sector en España ya que han sido calculados a partir de la información más reciente obtenida por las fábricas cementeras españolas. Es recomendable que estos factores sean revisados periódicamente, utilizando la misma metodología para su cálculo.

A continuación se han recogido una serie de factores de emisión bibliográficos, propuestos por organismos de reconocido prestigio internacional. Entre estos, se encuentran los factores de emisión recogidos en los siguientes documentos:

- "AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Chapter 11.6 Portland Cement Manufacturing". U.S. EPA, 1995. En este documento se recogen factores de emisión determinados en Estados Unidos.
- "EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory. Guidebook – 2007", donde se recogen factores de emisión calculados para el conjunto de instalaciones europeas.
- "Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries" (BREF del cemento y la cal). Comisión Europea, 2000. Los factores de emisión recogidos en este documento también están calculados para las instalaciones cementeras europeas.
- "Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Polycyclic Organic Matter, capítulo 4.8 – Portland Cement Manufacturing – 1998". EPA - L&E (Locating and Estimating).

En el caso del dióxido de carbono (CO₂), se ha incluido el método establecido por la legislación vigente para el cálculo de las emisiones de este contaminante en el marco del comercio de emisiones de gases de efecto invernadero.

2.1.3. Recomendaciones generales para la estimación (E)

En este caso, los datos de emisión se obtienen a partir de estimaciones no normalizadas, en base a opiniones o experiencias de expertos según métodos no referenciados o a la aplicación de guías de buenas prácticas. Un ejemplo de este tipo de métodos es la utilización de modelos funcionales estadísticos de modelización/correlación o de guías de buenas prácticas en ausencia de metodologías reconocidas.

2.2. Emisiones al agua

2.2.1. Recomendaciones generales para la determinación de emisiones al agua

Tal y como se ha comentado, el vertido de aguas residuales normalmente se encuentra limitado a las aguas pluviales y sanitarias y a las aguas de los sistemas de refrigeración, aunque éstos, en la mayoría de los casos funcionan en circuito cerrado, por lo que no son aspectos ambientales significativos de las industrias cementeras españolas y no son objeto de esta Guía.

Los parámetros que tradicionalmente se controlan de forma periódica en los vertidos de las fábricas de cemento, además de ciertas sustancias como la DQO que está incluida en el Real Decreto 508/2007, son pH, temperatura, conductividad, nitratos, nitritos, etc. los cuales no están incluidos en el registro PRTR. El cálculo de la carga contaminante anual emitida a partir de los datos

puntuales obtenidos mediante sistemas de muestreo y análisis discontinuos se realiza con base en la ecuación siguiente:

$$\text{Carga contaminante anual (kg/año)} = \frac{\text{Concentración medida (mg/l)} * \text{Volumen de vertido anual (m}^3\text{/año)}}{1000}$$

Anexo I – Sección II: Métodos de medición para la determinación de las emisiones a la atmósfera de la industria del cemento

En este anexo se recogen, para cada uno de los contaminantes considerados, los métodos de medición y cálculo propuestos para el sector cementero español, de acuerdo con los criterios que se han explicado en los apartados anteriores.

Los factores de emisión que se muestran en el presente anexo son:

- *Sector Cementero español*: Los factores de emisión que se proponen están basados en muestreos realizados en todas las instalaciones del sector y tomando como referencia las emisiones del año 2007. Se han calculado según la metodología desarrollada en el anexo II.
- *EMEP/CORINAIR*: Si no se especifica otra información, la referencia de los factores de emisión recogidos pertenecen al documento "Atmospheric Emission Inventory. Guidebook – 2007".
- *EPA (United States Environmental Protection Agency)*: Si no se especifica otra información, la referencia de los factores de emisión recogidos pertenecen al documento "Final report emission factor documentation for AP-42, section 11.6 Portland Cement Manufacturing". Mayo 1995. Los factores de emisión publicados en este documento están basados en mediciones realizadas antes de 1995 y, en ocasiones, en un único horno, cuyas características se describen en el "Background Document: Emission Factor Documentation for AP-42 Section 11.6 Portland Cement Manufacturing", Mayo 1994.
- *EPA - L&E (Locating and Estimating)*: Si no se especifica otra información, la referencia de los factores de emisión recogidos pertenecen al documento "Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Polycyclic Organic Matter, capítulo 4.8 – Portland Cement Manufacturing – 1998".
- *BREF – IPPC (International Plant Protection Convention)*: Si no se especifica otra información, la referencia de los factores de emisión recogidos pertenecen la Tabla 1.8. "Emisión ranges data from European cement kilos" del documento "Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries". Diciembre 2001. Los datos que se presentan en el mismo están basados en Cembureau report- 1997, Cembureau, Dutch report-1997, Haug y Lohse. Dichos factores de emisión se han calculado a partir de datos de concentración y suponiendo un caudal de aire en la chimenea del horno de 2000 Nm³/tonelada de clínker.

A. HORNOS

1. Dióxido de Carbono (CO₂)

CONTAMINANTE	Dióxido de carbono (CO ₂)	Nº ficha:	1
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Proviene del proceso de calcinación por descomposición del CaCO ₃ en CaO y CO ₂ . Se produce durante la combustión para la fabricación del clínker.		

CÁLCULO (C)					1-B	
Tipo de emisiones		Fórmula de cálculo		Datos de actividad	Factor de emisión	Factor de oxidación/ conversión
Emisiones de combustión	Actividad general de combustión	Emisiones de CO ₂ [t CO ₂] = datos de la actividad * factor de emisión * factor de oxidación		Contenido en energía del consumo de combustible [TJ/año] = combustible consumido [g o Nm ₃] * valor calorífico neto del combustible [TJ/t o TJ/m ₃] (a)	[t CO ₂ /TJ] (b)	1,0 (c)
	Emisiones de proceso (d)	Emisiones de CO ₂ [t] = datos de la actividad * factor de emisión	Método A basado en el carbonato	Consumo anual de carbonato seco como insumo del proceso [t/año]	t CO ₂ /t carbonato de Ca, Mg u otro tipo (e)	-
			Método B basado en el yeso	Cantidad anual de yeso seco producido [t/año]	0,2558 t CO ₂ /t yeso seco	-
Emisiones de proceso	Método A:	Emisiones de CO ₂ Total proceso [t] = Emisiones CO ₂ clínker [t] - emisiones CO ₂ polvo desechado [t] (f)	Emisiones de CO ₂ clínker [t CO ₂] = Σ (datos de la actividad * factor de emisión * factor de conversión)	Cantidad neta anual de cada una de los materiales carbonatados de entrada en el horno (t/año)	t CO ₂ /t material carbonatado (g)	1,0 (h)
			Emisiones de CO ₂ polvo desechado = datos de la actividad * factor de emisión	Cantidad de polvo del horno de cemento (CKD) o polvo desviado que sale del sistema del horno [t/año]	0,525 t CO ₂ / t CKD o polvo desviado (i)	-
	Método B:	Emisiones de CO ₂ Total proceso [t] = Emisiones CO ₂ clínker [t] + emisiones CO ₂ polvo desechado [t] + emisiones CO ₂ materia carbonada no	Emisiones de CO ₂ clínker [t CO ₂] = datos de la actividad * factor de emisión * factor de conversión	Cantidad anual de clínker producido [t/año]	0,525 t CO ₂ /t clínker (j)	1 (k)
			Emisiones de CO ₂ polvo desechado = datos de la actividad * factor de emisión	Cantidad anual de polvo del horno de cemento (CKD) o polvo desviado que sale del sistema del horno [t/año]	0,525 t CO ₂ / t CKD o polvo desviado (i)	-

CÁLCULO (C)					1-B
	carbonatada (f)	Emisiones de CO ₂ materia carbonada no carbonatada = datos de actividad * factor de emisión * factor de conversión	Cantidad anual de materia carbonada no carbonatada utilizada en la mezcla bruta del horno [t/año]	(CC * 44/12) t CO ₂ /t materia carbonada no carbonatada (k)	1 (l)

OBSERVACIONES

En relación con la notificación de la cantidad anual emitida de dióxido de carbono (CO₂), es recomendable la utilización de la metodología establecida por la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero (BOE nº 59, de 10.10.2005), que incluye en su ámbito de aplicación a las instalaciones de fabricación de cemento sin pulverizar (clínker).

La Ley 1/2005 establece que las instalaciones sujetas al comercio de derechos de emisión deben llevar un control de sus emisiones de CO₂ a través de informes anuales sobre estas emisiones, realizados por verificadores acreditados por las autoridades competentes de las Comunidades autónomas y de acuerdo con la metodología establecida en el anexo de la Decisión 2004/156/CE de la Comisión, de 29 de enero de 2004 (DOUE nº 59/1, de 26.02.2004), recientemente derogada por la Decisión 2007/589/CE de la Comisión, de 18 de julio de 2007, por la que se establecen directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de conformidad con la Directiva 2003/87/CE (DOUE nº L229/1, de 31.08.2007).

Para una descripción detallada de la metodología de cálculo, consultar los anexos II y IX de la Decisión 2007/589/CE, así como la "Guía de monitorización de Emisiones de dióxido de carbono del sector Cementero español de acuerdo a la Decisión 2007/589/CE de 10 de julio de 2007", elaborada por Oficemen (rev. 12 de diciembre de 2008). Los anexos de dicha Decisión determinan las directrices específicas para las instalaciones de combustión y de fabricación de cemento sin pulverizar. En las directrices se determinan distintos niveles de precisión para la obtención de las diferentes variables (datos de la actividad, factores de emisión, datos de composición y factores de oxidación y conversión). Los niveles que deberá utilizar el titular para cada una de las variables están sujetos a la aprobación de la autoridad competente.

La cantidad anual de emisiones de CO₂, verificada por verificador acreditado, se publica en la página web del RENADE (Registro Nacional de Asignación de Derechos de Emisión): www.renade.es.

El dato a notificar al Registro PRTR-España debe coincidir con el notificado al RENADE a través del informe del verificador acreditado. La única excepción la constituyen aquellas instalaciones que utilicen residuos peligrosos o municipales (la combustión de residuos se encuentra expresamente excluidas del régimen de comercio de emisiones establecido por la Ley 1/2005, por lo que sus emisiones de CO₂ no deben notificarse al RENADE). En el caso de estas instalaciones, la cantidad notificada a PRTR-España deberá ser la suma de:

- La cantidad notificada al RENADE
- La carga contaminante anual emitida de CO₂ correspondiente a las actividades de combustión cuando se utilicen residuos peligrosos y municipales (calculada de acuerdo con la primera fila de la presente tabla 1-B – Emisiones de combustión, Actividades generales de combustión)

En cualquier caso, el dato a notificar al Registro PRTR-España debe estar consignado con un Método de Obtención del Dato de **Calculado**.

- (a) Para la determinación del valor calorífico neto de cada combustible, la Decisión establece varios niveles de precisión. En el nivel de menor complejidad (nivel 1), se utiliza la tabla de valores de referencia incluida en la sección 11 del anexo I de la Decisión 2007/589CE.
- (b) Para la determinación del factor de emisión de cada combustible, la Decisión establece varios niveles de precisión. En el nivel de menor complejidad (nivel 1), se utiliza la tabla de factores de referencia incluida en la sección 11 del anexo I de la Decisión 2007/589CE. Los factores de emisión de referencia son los propuestos en las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Cuando se utilicen residuos peligrosos o municipales como combustibles alternativos, el factor de emisión que se utilizará será el establecido en las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

- (c) Para la determinación del factor de oxidación de cada combustible, la Decisión establece varios niveles de precisión.

CÁLCULO (C)

1-B

En el nivel de menor complejidad (nivel 1), se utilizará un factor de oxidación del 1,0 (Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero).

- (d) Emisiones de CO₂ de proceso resultantes del uso de carbonato para lavar el SO₂ del flujo de gases residuales.
- (e) El factor de emisión para cada carbonato se encuentra en el cuadro 1 del anexo II de la Decisión.
- (f) El término "emisiones CO₂ polvo desechado [t]" sólo se incluirá en la fórmula en el caso de que el polvo del horno de cemento y el polvo desviado salgan del sistema del horno.
- (g) El factor de emisión del material se calcula de la siguiente forma:

$$FE = \sum_{i=1}^{i=n} FEESt_i * P_i$$

donde,

FE: Factor de emisión del material

FEESt_i: Factor de emisión estequiométrico del carbonato (según cuadro 1 del anexo VII de la Decisión 2007/589/CE)

P_i: Proporción del carbonato i contenido en el material (expresado en tanto por uno) (determinado de acuerdo con la sección 13 del anexo I de la Decisión)

i: Tipo de carbonato

n: Número de los distintos carbonatos contenidos en el material.

- (h) Para la determinación del factor de conversión, la decisión establece varios niveles de precisión. En el nivel de menor complejidad (nivel 1), se utilizará un factor de conversión de 1.
- (i) Para la determinación del factor de emisión, la Decisión establece varios niveles de precisión. En el nivel materia carbonada no carbonatada (nivel 1), se utilizará un factor de emisión de 0,525 t CO₂/t CKD o polvo desviado.
- (j) Para la determinación del factor de emisión, la Decisión establece varios niveles de precisión. En el nivel materia carbonada no carbonatada (nivel 1), se utilizará un factor de emisión de 0,525 t CO₂/t clínker.
- (k) El factor de emisión de la materia carbonada no carbonatada se calcula de la siguiente forma:

$$FE = CC * (44/12)$$

donde,

FE: Factor de emisión del material

CC: Contenido en carbono de la materia carbonada no carbonatada utilizada en la mezcla bruta del horno (la Decisión establece diversos niveles para su determinación).

44: Peso molecular del CO₂.

12: Peso molecular del C.

- (l) Para la determinación del factor de conversión, la Decisión establece varios niveles de precisión. En el nivel materia carbonada no carbonatada (nivel 1), se utilizará un factor de conversión de 1.

MEDICIÓN (M)

1-A

OBSERVACIONES

El anexo IV de la Directiva 2003/97/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero (DOUE nº L 275/46, de 25.10.2003), permite una determinación de las emisiones utilizando una metodología basada en cálculo o en mediciones en continuo.

La Decisión 2007/589/CE establece que el titular puede utilizar una metodología basada en la medición en continuo, previa autorización de la autoridad competente, si bien en este caso deberá corroborar las emisiones medidas por medio de una metodología basada en el cálculo de emisiones con arreglo a lo dispuesto en los anexos correspondientes de la Decisión 2007/589/CE o en las directrices del IPCC de 2006.

Los procedimientos aplicados para medir concentraciones y flujos de masa o volumen se ajustarán a un método normalizado, de haberlo, que limite el margen de error en el muestreo y la medición y cuya incertidumbre de medición sea conocida. Se utilizarán las normas CEN (es decir, las publicadas por el Comité Europeo de Normalización), de haberlas. En caso contrario, se aplicarán las normas ISO (es decir, las publicadas por la Organización Internacional de Normalización) o las normas nacionales adecuadas. Cuando no existan normas aplicables, los procedimientos podrán ajustarse, cuando sea posible, a proyectos de normas adecuadas o directrices sobre mejores prácticas de la industria. Entre las normas ISO aplicables cabe citar las siguientes:

- ISO 12039:2001 Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de monóxido de carbono, dióxido de carbono y oxígeno. Características de funcionamiento y calibración de los sistemas automáticos de medida,
- ISO 10396:2006 Emisiones de fuentes estacionarias. Muestreo para la determinación automática de las concentraciones de gas,
- ISO 14164:1999 Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación del caudal volumétrico de corrientes de gases en conductos. Método automático.

En el anexo XII de la Decisión 2007/589/CE se establecen directrices para la determinación de CO₂ mediante sistemas de medición en continuo de emisiones.

Aunque en el marco de la Ley 1/2005 existe la opción de calcular o medir en continuo las emisiones anuales de CO₂, la práctica habitual en las industrias de fabricación de cemento españolas es la notificación de las emisiones al RENADE a partir de cálculos, máxime cuando la utilización de la medición en continuo requiere su posterior comprobación mediante una metodología de cálculo.

2. Monóxido de Carbono (CO)

CONTAMINANTE	Monóxido de carbono (CO)	Nº ficha:	2
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	La emisión de CO está relacionada con el contenido de materia orgánica en las materias primas y con las condiciones del proceso de fabricación, aunque también puede producirse por una combustión incompleta cuando el control de la alimentación de los combustibles sólidos no es óptimo.		

MEDICIÓN (M)					2 A
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas incluidas en AAI:	UNE 77218:1996. Emisiones de fuentes estacionarias. Muestreo para la determinación automática de las concentraciones de gas. (AENOR, 1996) (Equivalente a ISO 10396:1993)	Muestreo para determinación en continuo o discontinuo	Muestreo extractivo y no extractivo	-	-
Normas especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-EN 15058:2007. Emisión de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de monóxido de carbono (CO). Método de referencia: Espectrometría infrarroja no dispersiva. (AENOR, 2007)	Determinación en continuo o discontinuo	Espectrofotometría infrarroja no dispersiva (NDIR)	≤ ± 2% del rango	Rangos: 0-400 mg/m ³ en GIC, 0-740 mg/m ³ en incineración y co-incineración

OBSERVACIONES

Otras normas incluidas en AAI:

- EPA CTM-30. Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Emissions from Natural Gas-Fired Engines, Boilers and Process Heaters Using Portable Analyzers. (EPA, 1997). Incluida en la Categoría D (Historic Contingential Methods) de la EPA. En esta categoría se incluyen determinados métodos que fueron categorizados como "métodos condicionales" antes de que las categorías de métodos de la EPA se revisaran. Continúan estando incluidos en la EPA porque se trata de métodos mencionados permisos, actos legislativos, etc.
- ASTM D6522-00(2005) Standard Test Method for Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Concentrations in Emissions from Natural Gas-Fired Reciprocating Engines, Combustion Turbines, Boilers, and Process Heaters Using Portable Analyzers. (ASTM, 2005). (continuo y discontinuo: Espectrometría infrarroja no dispersiva).
- EPA 10: Determination of carbon (EPA, 2006)
- ISO 12039:2001: Stationary source emissions -- Determination of carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen -- Performance characteristics and calibration of automated measuring systems. (ISO, 2001)
- UNE 77229: 2004: Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de monóxido de carbono, dióxido de carbono y

MEDICIÓN (M)		2 A
oxígeno. Características de funcionamiento y calibración de los sistemas automáticos de medida.		
CÁLCULO (C)		2 B
FACTORES DE EMISIÓN		
Tipo de factor		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t clínker)	2,08	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EMEP/CORINAIR (kg / t cemento)	Gas Natural	83 g/GJ
	Fuel	79 g/GJ
	Carbón	79 g/GJ
EPA AP42 (kg / t clínker)	Vía Húmeda	0,06
	Vía Seca	0,11
	Vía seca con precalentador	0,49
	Vía Seca con precalentador / Precalcinador	1,8
BREF (IPPC) (kg / t clínker)	1 - 4	

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		2 C
Por normas internacionales:	Laboratorios de ensayo: - Ingeniería de inspección y control industrial, S.A. (INERCO) (UNE 77218:1996, 7-3100 mg/Nm3)	
Por procedimientos internos:	Entidades de inspección: - SGS Tecnos - Fundación Labein - ECA - Ingeniería de inspección y control industrial, S.A. (INERCO) (conforme a la norma UNE 77218:1996, UNE-EN 14792:2006, UNE-EN 15058:2006 Y UNE-EN 14789:2006) Laboratorios de ensayo: - Fundación Inasmet (12,5-2500 mg/Nm3)	

3. Óxidos de nitrógeno (NO_x – como NO₂)

CONTAMINANTE	Óxidos de nitrógeno (NO_x/NO₂)	Nº ficha:	3
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	<p>La fabricación de clínker en el horno a altas temperaturas tiene como consecuencia la formación de óxidos de nitrógeno que son emitidos a la atmósfera. El monóxido de nitrógeno (NO) constituye aproximadamente del 95% del total de óxidos de nitrógeno emitidos, mientras que el dióxido de nitrógeno (NO₂) supone alrededor del 5%. Las principales fuentes de NO_x son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - NO_x térmico: para la fabricación de clínker en el horno se requieren altas temperaturas de proceso. Así, en la zona de sinterización se alcanzan los 1.450 °C, para lo que la temperatura de la llama debe estar en torno a los 2.000 °C. Además, para lograr la calidad del clínker requerida, el proceso tiene lugar en una atmósfera oxidante. Bajo estas condiciones se produce una oxidación parcial del nitrógeno molecular presente en el aire de combustión, formándose principalmente NO. - NO_x de combustible: A temperaturas más bajas, la formación de NO_x térmico es insignificante. En estos intervalos, los compuestos de nitrógeno presente en el combustible reaccionan con el oxígeno para formar óxidos de nitrógeno. <p>Como el NO se oxida rápidamente en la atmósfera a NO₂, los resultados de las mediciones de óxidos de nitrógeno se expresan en NO₂.</p>		

MEDICIÓN (M)					3 A
NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas especificadas en AAI:	UNE 77218:1996. Muestreo para la determinación automática de las concentraciones de gases (CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x , O ₂). (AENOR, 1996)	Muestreo para determinación en continuo o discontinuo	-	-	Utilizada por el sector
	UNE 77224:2000. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de óxidos de nitrógeno. Características de funcionamiento de los sistemas automáticos de medida. (AENOR, 2000)	Muestreo + Determinación en continuo o discontinuo	Sistemas extractivos: Quimioluminiscencia (UNE 77212:1993), NDIR, NDUV. Sistemas no extractivos: Método óptico, DOAS, Método espectroscópico, Método electroquímico	<i>El L.D. debe determinars e en cada ocasión.</i> En hornos de cemento, el intervalo de medida en condiciones normales es de 0-2500 mg NO ₂ /m ³	Idéntica a ISO 10849:1996 (especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR). Utilizada por el sector.

MEDICIÓN (M)					3 A
	<p>UNE 77228:2002. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de óxidos de nitrógeno. Método fotométrico de la naftilendiamina (NEDA). (AENOR, 2002)</p>	Muestreo + Determinación en discontinuo	Método fotométrico de naftilendiamina	<p>2 mg NO₂/m³ (aplicable al rango de concentración de 5-1000 mg NO₂/m³)</p>	<p>Aplicable, entre otros, a efluentes gaseosos de procesos de combustión. Idéntica a ISO 11564:1998 (especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR)</p>
	<p>EPA 7: Determination of nitrogen oxide emissions from stationary sources. (EPA, 2000)</p>	Muestreo + Determinación en discontinuo	Medición colorimétrica mediante el procedimiento del ácido fenoldisulfónico	No especificado	<p>Aplicable a fuentes estacionarias. Rango analítico del método: 2-400 mg/m³</p>
	<p>EPA 7C: Determination of nitrogen oxide emissions from stationary sources (alkaline permanganate/colorimetric method). (EPA, 2000)</p>	Muestreo + Determinación en discontinuo	Método colorimétrico	No especificado	<p>Rango analítico: el límite detectable inferior es 13 mg/m³ (muestreo de 500 ml/min durante 1 hora)</p>
	<p>EPA 7D: Determination of nitrogen oxide emissions from stationary sources (alkaline-permanganate/ion chromatographic method). (EPA, 2000)</p>	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía iónica	No especificado	<p>Rango analítico: el límite detectable inferior es 13 mg/m³ (muestreo de 500 ml/min durante 1 hora)</p>

MEDICIÓN (M)					3 A
<p>Normas especificadas en la Guía para la implantación del E-PRTR y en AAI's:</p>	<p>UNE-EN 14792:2006. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de óxidos de nitrógeno (NO_x). Método de referencia: quimioluminiscencia. (AENOR, 2006)</p>	<p>Muestreo + Determinación en discontinuo</p>	<p>Quimioluminiscencia</p>	<p><i>El L.D. debe determinars e en cada ocasión.</i></p> <p>Se ha validado para periodos de medida de 30 min, en el rango de 0-13.000 mg NO₂/m³ en grandes instalaciones de combustión, y de 0-400 mg NO₂/m³ en incineración de residuos.</p>	<p>Evaluated en incineradores de residuos, instalaciones de coincineración y grandes instalaciones de combustión.</p>

OBSERVACIONES

NDIR: Infrarrojo no dispersivo (IRND)

NDUV: Ultravioleta no dispersivo

DOAS: Espectroscopia de absorción atómica

Otras normas:

- **EPA CTM-030:** Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Emissions from Natural Gas-Fired Engines, Boilers and Process Heaters Using Portable Analyzers. (EPA, 1997).
- **EPA CTM-034:** Draft Method for the Determination of O₂, CO₂ & (NO and NO₂) for Periodic Monitoring. (EPA, 1999).

Ambas normas están incluidas en la Categoría D (Historic Conditional Methods) de la EPA. En esta categoría se incluyen determinados métodos que fueron categorizados como "métodos condicionales" antes de que las categorías de métodos de la EPA se revisaran. Continúan estando incluidos en la EPA porque se trata de métodos mencionados en permisos, actos legislativos, etc. Muestreo + Determinación en continuo o discontinuo. Células electroquímicas. Variable en función de las características de la célula.

CÁLCULO (C)		3 B
FACTORES DE EMISIÓN		
Tipo de factor		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg / t clínker)	1,74	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EMEP/CORINAIR (kg / t cemento)	Vía Húmeda	1,1 – 1,4
	Vía Seca	1,4 – 2,1
	Vía semihúmeda	1,8
EPA AP42 (kg / t clínker)	Vía Húmeda	3,7
	Vía Seca	3,0
	Vía seca con precalentador	2,4
	Vía Seca con precalentador / Precalcinador	2,1
BREF (IPPC) (kg / t clínker)	< 0,4 - 6	

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		3 C
Por normas internacionales:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - INERCO (UNE 77218:1998; células electroquímicas: NO₂: 9-800 mg/Nm³, NO: 7-2650 mg/Nm³; analizadores automáticos por NDIR: NO: 7-2650 mg/Nm³) - ECA (EPA 7D (2000), apdo. 8.3 y 11, cromatografía iónica, 3,7-185.000 mg NO₂/l) 	
Por procedimientos internos:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos (espectrofotometría UV-VIS; 0,39-132 mg/l) - Fundación Inasmet (células electroquímicas; NO₂: 10-205 mg/Nm³; NO: 13,5-670 mg/Nm³) - Fundación Labein (espectrofotometría UV-VIS; 10-1500 mg/m³) <p>Entidades de inspección:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos - Inerco (conforme a las normas UNE 77218:1996 y UNE-EN 14792:2006) - ECA - Fundación Labein 	

4. Óxido nítrico (N₂O)

CONTAMINANTE	Óxido nítrico (N ₂ O)	Nº ficha:	4
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Se produce durante la combustión de los combustibles en el horno de clínker. Además, la utilización de la reducción catalítica no selectiva o SNCR, considerada Mejor Técnica Disponible para la reducción de las emisiones de NO _x , puede incrementar ligeramente las emisiones de este contaminante.		

MEDICIÓN (M)					4 A
NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas utilizadas por el sector:	MTA/MA-020/A91: Determinación de óxido de dinitrógeno en aire - Método de captación en bolsas inertes / Cromatografía de gases (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases	-	Para intervalos de concentraciones de 10 ml/m ³ a 1200 ml/m ³ . El límite superior del intervalo útil depende del nivel de saturación del detector. El límite inferior del intervalo útil depende del nivel de ruido del detector y las interferencias en el análisis cromatográfico.

OBSERVACIONES

También existen metodologías para la determinación de N₂O dentro de las normas NIOSH (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional), así como una norma ISO en proceso de elaboración por parte de ISO/TC 146/SC 1/WG 19.

CÁLCULO (C)		4 B
FACTORES DE EMISIÓN		
Tipo de factor		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg / t clínker)	0,0101	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		4 C
Por normas internacionales:	[No se han encontrado laboratorios de ensayo ni entidades de inspección acreditadas por ENAC para el muestreo o determinación de esta sustancia]	
Por procedimientos internos:	[No se han encontrado laboratorios de ensayo ni entidades de inspección acreditadas por ENAC para el muestreo o determinación de esta sustancia]	

5. Amoníaco (NH₃)

CONTAMINANTE	Amoníaco (NH₃)	Nº ficha:	5
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Las emisiones de amoníaco se pueden producir en las primeras etapas y proceden de las materias primas. Además, también se pueden emitir pequeñas cantidades de este contaminante en aquellas plantas en las que se utilice reducción catalítica no selectiva (SNCR) para la minimización de las emisiones de NOx.		

MEDICIÓN (M)					5 A
NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas incluidas en AAIs:	EPA CTM-027 (EPA, 1997)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía iónica	-	Se recomienda una validación previa del método

CÁLCULO (C)			5 B
FACTORES DE EMISIÓN			
Tipo de factor			Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg / t de clínker)		0,0225	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EPA AP 42 (kg / t clínker)		0,0051	

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		5 C
Por normas internacionales:	Laboratorios de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> - ECA, ENTIDAD COLABORADORA DE LA ADMINISTRACIÓN, S.A.U., ICAS 401 (1989), espectrofotometría UVVIS, (0,5 – 150 mg/l). 	
Por procedimientos internos:	Entidades de inspección: <ul style="list-style-type: none"> - CUALICONTROL-ACI, S.A. (Procedimiento interno DI/IT/MA/CA.10). - GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S.A. (GEOCISA), (Procedimiento interno P/216/038-007) Laboratorios de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> - INGENIERIA DE INSPECCIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL, S.A. (Procedimiento interno IN-PE-121, electrometría, 1 – 10000 mg/l) - LABORATORIOS VIDAL, S.L. (Procedimiento interno PNT-MA/0021, espectrofotometría UV-VIS), (0,1 – 200 mg/l) 	

6. Óxidos de azufre (SO_x – como SO₂)

CONTAMINANTE	Óxidos de azufre (SO _x /SO ₂)	Nº ficha:	6
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	<p>Las emisiones de SO₂ de las fábricas de cemento están directamente relacionadas con el contenido en compuestos volátiles de azufre en las materias primas. Cuando se emplean materias primas que contienen compuestos orgánicos de azufre o piritas (FeS), las emisiones de SO₂ pueden ser altas.</p> <p>El SO₂ es el principal compuesto de azufre emitido (99%), aunque también se generan pequeñas cantidades de SO₃ y en condiciones reductoras, puede generarse sulfuro de hidrógeno (H₂S).</p> <p>El azufre presente en los combustibles que alimentan los hornos con precalentador no genera emisiones significativas de SO₂, debido a la naturaleza fuertemente alcalina en la zona de sinterización, en la zona de calcinación y en la etapa más baja del precalentador.</p>		

MEDICIÓN (M)						6 A
NORMAS						
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones	
Normas especificadas en la Guía para la implantación del E-PRTR y en AAI:	<p>UNE-EN 14791:2006. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre. Método de referencia. (AENOR, 2006)</p>	Muestreo (manual) + Determinación en discontinuo	Cromatografía iónica/Método de la torina (fotodiodo en conexión con bureta o espectrofotómetro)	<p>Cromatografía iónica: 0,05-0,02 mg SO₄²⁻/l</p> <p>Valoración (método de la torina): 1-10 mg SO₄²⁻/l</p>	Evaluado en ensayos de campo en incineradores de residuos, coincineración y grandes instalaciones de combustión	
Normas especificadas en AAI:	<p>UNE 77216:1995. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre. Método del peróxido de hidrógeno/perclorato de bario/torina y</p> <p>UNE 77216/1M:2000. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre. Método del peróxido de hidrógeno/perclorato de bario/torina. (AENOR, 1995 y 2000)</p>	Muestreo + Determinación	Método del peróxido de hidrógeno/perclorato de bario/torina (pHmetro de lectura directa)	Límite inferior de detección: 0,72 mg/m ³	<p>Idéntica a la ISO 7934:1989 (especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR).</p> <p>Aplicable a instalaciones de combustión y procesos técnicos con cantidades despreciables de trióxido de azufre y ácido sulfúrico.</p>	

MEDICIÓN (M)					6 A
	UNE 77226:1999. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre. Método de cromatografía iónica. (AENOR, 1999)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía iónica	6 mg/m ³	Idéntica a la ISO 11632:1998 (especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR). Validada para instalaciones de combustión y otros procesos técnicos
	UNE 77218:1996. Emisiones de fuentes estacionarias. Muestreo para la determinación automática de las concentraciones de gas. (AENOR, 1996)	Muestreo para determinación en continuo o discontinuo	-	-	Utilizada por el sector. Idéntica a la ISO 10396:1993
	UNE 77222:1996. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre. Características de funcionamiento de los métodos automáticos de medida. (AENOR, 1999)	Muestreo + Determinación en continuo o discontinuo	Sistemas extractivos: absorción atómica de radiación IR o UV, fluorescencia de radiación UV, interferometría, conductimetría. Sistemas no extractivos: celda óptica	<i>El L.D. debe determinarse en cada ocasión.</i>	Idéntica a la ISO 7935:1992 (especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR). Verificada para incineradores de residuos
	EPA 6: determination of sulfur dioxide emissions from stationary sources. (EPA, 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Método de valoración de la torina-bario	34 mg SO ₂ /m ³	Aplicable a emisiones de fuentes estacionarias. Rango analítico: el límite detectable inferior es 3,4 mg de SO ₂ /m ³

OBSERVACIONES

Otros métodos utilizados para la determinación de las emisiones de SO₂:

- EPA 8: Determinación de la concentración másica de nieblas de ácido sulfúrico y dióxido de azufre por titulación volumétrica.
- EPA CTM-030: Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Emissions from Natural Gas-Fired Engines, Boilers and Process Heaters Using Portable Analyzers (para el muestreo)

CÁLCULO (C)		6 B
FACTORES DE EMISIÓN		
Tipo de factor		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	0,381	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EMEP/CORINAIR (kg / t cemento)	Vía Húmeda/ Vía Seca 5,1	
EPA AP42 (kg / t clínker)	Vía Húmeda 4,1	
	Vía Seca 4,9	
	Vía seca con precalentador 0,27	
	Vía Seca con precalentador / Precalcinador 0,54 y 0,50 ⁽¹⁾	
BREF (IPPC) (kg / t clínker)	< 0,02 - 7	
OBSERVACIONES		
(1) Captación mediante torre de aspersión		

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		6 C
Por normas internacionales:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inerco (SO₂ por titulación volumétrica, UNE-EN 14791:2006, 7-1500 mg/l) (UNE 77218:1996; gases de combustión por células electroquímicas, SO₂, 15-11.100 mg/Nm³; gases de combustión por IRND, SO₂, 15-7150 mg/Nm³) - ECA (UNE 77216:1995, apdos. 7.2 y 7.3, SO₂ por titulación volumétrica, 30-600 mg/l) (EPA 8 (2000), SO₂ por titulación volumétrica, 30 – 24.000 mg/l) (UEN-EN 14791:2006, apdo. 9.2, SO₂ por cromatografía iónica, 0,7-3.000 mg/l) - Fundación Labein (UNE 77216:1995, SO₂ por titulación volumétrica, 10-5.000 mg/m³) 	
Por procedimientos internos:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos (SO₂ por titulación volumétrica, 8-12800 mg/l) - Fundación Inasmet (SO₂, 28,5-1.714 mg/Nm³) - Fundación Labein (SO₂ por titulación volumétrica, 10-8.000 mg/m³) <p>Entidades de inspección:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos (SO₂) - Inerco (SO₂ conforme a norma UNE 77218:1996, UNE-EN 14791:2006, EPA 8 (2000)) - ECA (SO₂, según UNE 77216) - Fundación Labein (SO₂) 	

7. Cloro y compuestos inorgánicos (HCl)

CONTAMINANTE	Cl y compuestos orgánicos (HCl)	Nº ficha:	7
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Los cloruros son constituyentes adicionales minoritarios contenidos en las materias primas y los combustibles.		

MEDICIÓN (M)	7 A
---------------------	-----

NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas incluidas en AAI y en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-EN 1911-1 a 3:1998. Emisiones de fuentes estacionarias. Método manual de determinación de HCl. Parte 1: Muestreo de gases. Parte 2: Absorción de compuestos gaseosos. Parte 3: Análisis de las soluciones de absorción y cálculos. (AENOR, 1998)	Determinación discontinuo	3 métodos: a.- Potenciométrico b.- Espectrofotometría con tiocianato de Hg c.- Cromatografía de intercambio iónico	b y c.- 0,05 mg.l ⁻¹ – 0,1 mg l ⁻¹	Los métodos b y c dan resultados equivalentes. El método a no es aplicable para concentraciones de HCl en gases muy bajas. Rango de concentraciones 1mg/m ³ - 5000mg/m ³

OBSERVACIONES

Otras normas:

- **EPA 26 A;** Determination of hydrogen halide and halogen emissions from stationary sources. Isokinetic method. (EPA, 2000). Muestreo + Determinación en discontinuo. Cromatografía iónica. Límite de detección especificado 0,04 ppm. Aplicable a emisiones de fuentes estacionarias.

CÁLCULO (C)	7 B
--------------------	-----

FACTORES DE EMISIÓN				
Tipo de factor				Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg / t de clínker)	0,00610			Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EPA AP42 (kg / t clínker)	Técnica de captación	Precipitador Electrostático	0,34	
		Filtro de mangas	0,0011	
BREF (IPPC) (kg / t clínker)	0,002 – 0,05			

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		7 C
Por normas internacionales:	Laboratorios de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> - INERCO (1-2500 mg/l) (UNE-EN 1911-3:1998) - ECA (1-500 mg/l) (UEN-EN 1911-3 :1998, método C, apdo. 3.5) 	
Por procedimientos internos:	Entidades de inspección: <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos - INERCO (conforme a la norma UNE-EN 1911-1:1998) - ECA (según la norma UNE-EN 1911) - Fundación Labein 	

8. Flúor y compuestos inorgánicos (HF)

CONTAMINANTE	Flúor y compuestos inorgánicos (HF)	Nº ficha:	8
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Entre el 90 y el 95% del flúor presente en el horno se incorpora al clínker. El resto se incorpora al polvo en forma de fluoruro de calcio estable bajo las condiciones del proceso de combustión.		

MEDICIÓN (M)	8 A
---------------------	------------

NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas incluidas en AAI's y en la Guía para la implantación del E-PRTR:	ISO 15713:2006: Stationary source emissions - Sampling and determination of gaseous fluoride content. (ISO, 2006)	Muestreo + Determinación en discontinuo	-	0,1 mg/m ³ (para un volumen de muestra de 0,1 m ³)	Rango de concentraciones HF < 2000 mg

OBSERVACIONES

Otras normas utilizada por el sector o en AAI's:

- **EPA 13 B:** Determination of total fluoride emissions from stationary sources (specific ion electrode method). (2000).
- **EPA 26 A;** Determination of hydrogen halide and halogen emissions from stationary sources. Isokinetic method. (EPA, 2000). muestreo + Determinación en discontinuo. Cromatografía iónica. Límite de detección *No especificado*.

CÁLCULO (C)	8 B
--------------------	------------

FACTORES DE EMISIÓN				
Tipo de factor				Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg / t de clínker)	0,000345			Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EPA AP42 (Kg / t clínker)	Técnica de captación	Precipitador Electrostático	4,5 · 10 ⁻⁴	
BREF (IPPC) (kg / t clínker)	< 0,0008 – 0,01			

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS	8 C
---	------------

Por normas internacionales:	Laboratorios de ensayo: - ECA (0,2 – 200 mg/l) (ISO 15713:2006, apdo. 8)
Por procedimientos internos:	Entidades de inspección: - SGS Tecnos

9. Metales y sus compuestos

9.3. As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Tl, Sb, Co, V, Mn

CONTAMINANTE	Metales y sus compuestos: Arsénico, Cadmio, Cromo, Cobre, Níquel, Plomo, Talio, Antimonio, Cobalto, Vanadio, Manganeso y sus compuestos.	Nº ficha:	9
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	<p>Los metales son elementos traza introducidos en el proceso a través de las materias primas y combustibles. Pueden evaporarse total o parcialmente en las zonas más calientes del precalentador y en el horno dependiendo de su volatilidad, reaccionar con los constituyentes presentes en fase gaseosa y condensar en las zonas más frías del sistema.</p> <p>Las trazas de metales contenidos en los combustibles inicialmente pasan a los gases de combustión, pero son emitidos en pequeñas cantidades debido a la capacidad de retención del horno y del precalentador. De los dos flujos mencionados, las emisiones de metales procedentes de las materias primas suelen ser predominantes.</p> <p>Metales no volátiles: As, Cr, Cu, Ni, V y Mn</p> <p>Metales semivolátiles: Sb, Cd y Pb</p> <p>Metales volátiles: Tl</p>		

MEDICIÓN (M)					9 A
NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas incluidas en AAI y en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-EN 14385:2004. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la emisión total de As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl y V. (AENOR, 2004)	Muestreo + Determinación en discontinuo	AAS, ICP-OES, ICP-MS	El procedimiento analítico y el volumen muestreado debe disponerse de tal modo que el L.D para el tren de muestreo completo sea de 5 µg/m ³	Validado para fuentes estacionarias de incineradores de residuos aunque puede aplicarse a gases efluentes de otras fuentes con determinada composición típica (definida en la norma). Si además se determina Hg, éste puede muestrearse en un dispositivo de corriente lateral del tren de muestreo (según UNE-EN 13211).

MEDICIÓN (M)					9 A
Normas incluidas en AAIs:	EPA 29. Determination of metals emissions from stationary sources. (EPA, 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	ICAP, AAS, GFAAS, ICP-MS	Con ICAP o GFAAS: 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aplicable a fuentes estacionarias

OBSERVACIONES
AAS: Espectroscopia de absorción atómica
ICP-OES: Espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente
ICP-MS: Espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo
CV-AAS: Espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío
ICAP: Espectrometría de emisión con plasma de argón acoplado inductivamente
Ambas normas son utilizadas por el sector para la determinación de metales.

CÁLCULO (C) - FACTORES DE EMISIÓN	9 B
-----------------------------------	-----

Arsénico y compuestos (As)

Tipo de factor			Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	1,00 · 10 ⁻⁵		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EMEP/CORINAIR (kg / t cemento)	1,2 · 10 ⁻⁵		Para combustible sin referencia
EPA AP42 (kg / t clínker)	Técnica de captación	Precipitador electrostático	6,5 · 10 ⁻⁶
		Filtro de mangas	6,0 · 10 ⁻⁶

Cadmio y compuestos (Cd)

Tipo de factor			Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	7,72 · 10 ⁻⁶		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EMEP/CORINAIR (kg / t cemento)	4 · 10 ⁻⁵ 8 · 10 ⁻⁶ < 1 · 10 ⁻⁶		Para combustible sin referencia
EPA AP42 (kg / t clínker)	Técnica de captación	Precipitador electrostático	4,2 · 10 ⁻⁶
		Filtro de mangas	1,1 · 10 ⁻⁶

Cromo y compuestos (Cr)

CÁLCULO (C) - FACTORES DE EMISIÓN				9 B
Tipo de factor				Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)		3,18 · 10 ⁻⁵		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EMEP/CORINAIR (kg / t cemento)		Tipo de combustible	Carbón y fuel 6 · 10 ⁻⁶ – 2 · 10 ⁻⁵	
			Fuel Residual 2 · 10 ⁻⁵ – 3 · 10 ⁻⁴	
			Combustible sin referencia 1,05 · 10 ⁻⁴	
EPA AP42 (kg / t clínker)		Técnica de captación	Precipitador electrostático 3,9 · 10 ⁻⁶	
			Filtro de mangas 7,0 · 10 ⁻⁵	
Cobre y compuestos (Cu)				
Tipo de factor				Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)		1,92 · 10 ⁻⁵		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EPA AP42 (kg / t clínker)		2,6 · 10 ⁻³ (1)		
OBSERVACIONES				
(1) Mediante la técnica de captación de filtro de mangas				
Níquel y compuestos (Ni)				
Tipo de factor				Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)		2,02 · 10 ⁻⁵		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EMEP/CORINAIR (kg / t cemento)		1,11 · 10 ⁻⁴		Para combustible sin referencia
Plomo y compuestos (Pb)				
Tipo de factor				Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)		5,29 · 10 ⁻⁵		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EMEP/CORINAIR (kg / t cemento)		Tipo de combustible	Carbón y fuel 6 · 10 ⁻⁶	
			Fuel Residual 1,2 · 10 ⁻⁵ – 2 · 10 ⁻⁴	
			Combustible sin 1,1 · 10 ⁻³	

CÁLCULO (C) - FACTORES DE EMISIÓN				9 B
		referencia	2,16 · 10 ⁻⁴	
			< 3,3 · 10 ⁻⁵	
EPA AP42 (kg / t clínker)	Técnica de captación	Precipitador electrostático	3,6 · 10 ⁻⁴	
		Filtro de mangas	3,8 · 10 ⁻⁵	
Talio y compuestos (Tl)				
Tipo de factor				Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)			8,38 · 10 ⁻⁶	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EPA AP42 (kg / t clínker)	Técnica de captación	Filtro de mangas	2,7 · 10 ⁻⁶	
Antimonio y compuestos (Sb)				
Tipo de factor				Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)			9,45 · 10 ⁻⁶	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
Cobalto y compuestos (Co)				
Tipo de factor				Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)			3,39 · 10 ⁻⁶	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
Vanadio y compuesto (V)				
Tipo de factor				Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)			1,03 · 10 ⁻⁵	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
Manganeso y compuestos (Mn)				
Tipo de factor				Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)			1,78 · 10 ⁻⁵	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EPA AP42 (kg / t clínker)	Precipitador electrostático		4,3 · 10 ⁻⁴	

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		9 C
Arsénico y compuestos (As)		
Por normas internacionales:	Laboratorios de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> - ECA (EPA 29 (2000), apdos. 8.3 y 11.0; en filtro: 0,04-0,4 mg/filtro; en solución captadora: 0,02-2 mg/l) (UNE-EN 14385:2004, apdos. 8.7 y 8.8; filtro y lavado de sonda: 4-2500 µg; solución captadora y solución limpieza: 40-25000 µg/l) 	
Por procedimientos internos:	Laboratorios de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos (0,01-100 mg/l) Entidades de inspección: <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos - Inerco - ECA (según norma UNE-EN 13485:2004) - Fundación Labein 	
Cadmio y compuestos (Cd)		
Por normas internacionales:	Laboratorios de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> - ECA (EPA 29 (2000), apdos. 8.3 y 11.0; en filtro: 0,004-20 mg/filtro; en solución captadora: 0,02-100 mg/l) (UNE-EN 14385:2004, apdos. 8.7 y 8.8; filtro y lavado de sonda: 0,5-2500 µg; solución captadora y solución limpieza: 5-25000 µg/l) 	
Por procedimientos internos:	Laboratorios de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos (0,0035-2000 mg/l) Entidades de inspección: <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos - Inerco - ECA (según norma UNE-EN 13485:2004) - Fundación Labein 	
Cromo y compuestos (Cr)		
Por normas internacionales:	Laboratorios de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> - ECA (EPA 29 (2000), apdos. 8.3 y 11.0; en filtro: 0,02-100 mg/filtro; en solución captadora: 0,1-500 mg/l) (UNE-EN 14385:2004, apdos. 8.7 y 8.8; filtro y lavado de sonda: 2-2500 µg; solución captadora y solución limpieza: 10-25000 µg/l) 	
Por procedimientos internos:	Laboratorios de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos (0,0025-2000 mg/l) Entidades de inspección: <ul style="list-style-type: none"> - Inerco - ECA (según norma UNE-EN 13485:2004) - Fundación Labein 	
Cobre y compuestos (Cu)		
Por normas internacionales:	Laboratorios de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> - ECA (EPA 29 (2000), apdos. 8.3 y 11.0; en filtro: 0,01-100 mg/filtro; en solución captadora: 0,05-500 mg/l) (UNE-EN 14385:2004, apdos. 8.7 y 8.8; filtro y lavado de sonda: 2-2500 µg; 	

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		9 C
	solución captadora y solución limpieza: 20-25000 µg/l)	
Por procedimientos internos:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos (0,01-4000 mg/l) <p>Entidades de inspección:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inerco - ECA (según norma UNE-EN 13485:2004) - Fundación Labein 	
Níquel y compuestos (Ni)		
Por normas internacionales:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ECA (EPA 29 (2000), apdos. 8.3 y 11.0; en filtro: 0,02-100 mg/filtro; en solución captadora: 0,1-500 mg/l) (UNE-EN 14385:2004, apdos. 8.7 y 8.8; filtro y lavado de sonda: 4-2500 µg; solución captadora y solución limpieza: 5-25000 µg/l) 	
Por procedimientos internos:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos (0,01-2000 mg/l) <p>Entidades de inspección:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inerco - ECA (según norma UNE-EN 13485:2004) - Fundación Labein 	
Plomo y compuestos (Pb)		
Por normas internacionales:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ECA (EPA 29 (2000), apdos. 8.3 y 11.0; en filtro: 0,04-100 mg/filtro; en solución captadora: 0,2-500 mg/l) (UNE-EN 14385:2004, apdos. 8.7 y 8.8; filtro y lavado de sonda: 2-2500 µg; solución captadora y solución limpieza: 20-25000 µg/l) 	
Por procedimientos internos:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos (0,005-4000 mg/l) <p>Entidades de inspección:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos - Inerco - ECA (según norma UNE-EN 13485:2004) - Fundación Labein 	
Talio y compuestos (Tl)		
Por normas internacionales:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grupo Interlab (UNE-EN 14385:2004; filtros: 0,13-100 µg/filtro; disolución de lavado y solución absorbente: 2,5-2000 µg/l) 	
Por procedimientos internos:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Andirondack, S.L. (ICP/MS; filtros: 0,05-200 µg/filtro; solución captadora y solución de lavado: 1-2000 µg/filtro) - Applus Norcontrol, S.A. (ICP/AES ; filtros: 5-25 x 103 µg/filtro; disolución captadora: 100-2 x 104 µg/l) 	

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		9 C
	<ul style="list-style-type: none"> - Iproma (ICP/OES, filtros: 1-100 µg/filtro; soluciones captadores: 0,025-500 mg/l (ICP/MS, 0,01-100 mg/l) - Labaqua, S.A. (ICP/AES, filtros: 1-5 x 104 µg/filtro; solución captadora: 20-106 µg/l) - Laboratorio de Vigilancia y Control de la Contaminación de Huelva, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (ICP/OES, filtros 47 nm diámetro: 0,425-2500 µg/filtro; filtros 100/110 nm diámetro: 0,850-50000 µg/filtro, disolución de lavado: 0,016-1000 mg/l, en solución absorbente: 0,016-1000 mg/l) <p>Entidades de inspección:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Applus Norcontrol, S.L.U. - Atisae - Auditores de Energía y Medio Ambiente, S.A. - ECA - Eurocontrol, S.A. - Fundación Labein - Grupo Interlab - Ingeniería de Inspección y Control Industrial, S.A. (INERCO) - Ingenieros Asesores, S.A. - EGMASA - Socotec Iberia, S.A. 	
Antimonio y compuestos (Sb)		
Por normas internacionales:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grupo Interlab (UNE-EN 14385:2004; espectrofotometría de absorción atómica con cámara de grafito; filtros: 0,45 – 2000 µg/filtro; disolución de lavado y solución absorbente: 9-40000 µg/l) 	
Por procedimientos internos:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Andirondack, S.L. (ICP/MS; filtros: 1-200 µg/filtro; solución captadora y solución de lavado: 20-2000 µg/filtro) - Applus Norcontrol, S.A. (ICP/AES ; filtros: 5-25 x 103 µg/filtro; disolución captadora: 30- 104 µg/l) - Grupo Interlab (absorción atómica con cámara de grafito; en filtros: 0,45 – 2000 µg/filtro; en disolución de lavado y solución absorbente: 9-40000 µg/l) - Iproma (ICP/OES, filtros: 1-100 µg/filtro; soluciones captadores: 0,01-500 mg/l (ICP/MS, 0,001-100 mg/l) - Labaqua, S.A. (ICP/AES, filtros: 1-5 x 104 µg/filtro; solución captadora: 20-106 µg/l) - SGS Tecnos (espectrofotometría de absorción atómica, 0,018-54 mg/l) <p>Entidades de inspección:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Applus Norcontrol, S.L.U. - Atisae - Auditores de Energía y Medio Ambiente, S.A. - Cualicontrol - ECA - Eurocontrol, S.A. 	

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS	9 C
---	------------

- Fundación Labein
- Grupo Interlab
- Ingeniería de Inspección y Control Industrial, S.A. (INERCO)
- Ingenieros Asesores, S.A.
- EGMASA
- SGS Tecnos
- Socotec Iberia, S.A.

Cobalto y compuestos (Co)

Por normas internacionales:

Laboratorios de ensayo:

- Grupo Interlab (UNE-EN 14385:2004; filtros: 2,5-10000 µg/filtro; disolución de lavado y solución absorbente: 10-40000 µg/l)

Por procedimientos internos:

Laboratorios de ensayo:

- Andirondack, S.L. (ICP/MS; filtros: 0,06-200 µg/filtro; solución captadora y solución de lavado: 0,9-2000 µg/filtro)
- Applus Norcontrol, S.L. (ICP/AES; filtros: 5-25 x 103 µg/filtro; disolución captadora: 50- 104 µg/l)
- Grupo Interlab, S.A. (AAS; filtros: 4,5-10000 µg/filtro; disolución de lavado y solución absorbente: 0,09-400 µg/ml)
- Iproma, S.L. (ICP/OES, filtros: 0,25-100 µg/filtro; soluciones captadores: 0,005-500 mg/l) (ICP/MS, 0,001-100 mg/l)
- Labaqua, S.A. (ICP/AES, filtros: 1-5 x 104 µg/filtro; solución captadora: 20-106 µg/l) (ICP/MS, 0,5-250 µg/filtro)
- Laboratorio de vigilancia y control de la contaminación de Huelva (ICP/OES, filtros de 47 mm F: 0,210-25000 µg/filtro; soluciones de lavado: 0,008-1000 mg/l; solución absorbente: 0,008-1000 mg/l)
- Vidal, S.L. (ICP/AES; filtros: 5-500 µg/filtro; solución captadora: 0,05-10 mg/l)
- SGS Tecnos, S.A. (AAS; 0,003-2000 mg/l)

Entidades de inspección:

- Applus Norcontrol, S.L.U.
- Atisae
- Auditores de Energía y Medio Ambiente, S.A.
- ECA
- Eurocontrol, S.A.
- Fundación Labein
- Geocisa
- Grupo Interlab
- Ingeniería de Inspección y Control Industrial, S.A. (INERCO)
- Ingenieros Asesores, S.A.
- EGMASA
- Socotec Iberia, S.A.

Vanadio y compuestos (V)

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS	9 C
---	------------

Por normas internacionales:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grupo Interlab (UNE-EN 14385:2004; espectrofotometría de absorción atómica con cámara de grafito; filtros: 0,5 – 1000 µg/filtro; disolución de lavado y solución absorbente: 10-40000 µg/l)
Por procedimientos internos:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Andirondack, S.L. (ICP/MS; filtros: 20-200 µg/filtro; solución captadora y solución de lavado: 60-2000 µg/filtro) - Applus Norcontrol, S.A. (ICP/AES ; filtros: 5-25 x 103 µg/filtro; disolución captadora: 100-2 x 104 µg/l) - Iproma (ICP/OES, filtros: 1-100 µg/filtro; soluciones captadores: 0,01-500 mg/l (ICP/MS, 0,001-100 mg/l) - Grupo Interlab (espectrofotometría de absorción atómica en llama; filtros: 26-10000 µg/filtro; disolución de lavado y solución absorbente: 0,5-800 µg/ml) - Labaqua, S.A. (ICP/AES, filtros: 1-5 x 104 µg/filtro; solución captadora: 20-106 µg/l) (ICP/MS, 0,5-250 µg/filtro) - Laboratorio de Vigilancia y Control de la Contaminación de Huelva, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (ICP/OES, filtros 47 nm diámetro: 0,210-2500 µg/filtro; filtros 100/110 nm diámetro: 0,420-5000 µg/filtro, disolución de lavado: 0,008-100 mg/l, en solución absorbente: 0,008-100 mg/l) <p>Entidades de inspección:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Applus Norcontrol, S.L.U. - Atisae - Auditores de Energía y Medio Ambiente, S.A. - ECA - Eurocontrol, S.A. - Fundación Labein - Grupo Interlab - Ingeniería de Inspección y Control Industrial, S.A. (INERCO) - Ingenieros Asesores, S.A. - EGMASA - Socotec Iberia, S.A.

Manganeso y compuestos (Mn)

Por normas internacionales:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grupo Interlab (UNE-EN 14385:2004; filtros: 2-10000 µg/filtro; disolución de lavado y solución absorbente: 3-30000 µg/l)
Por procedimientos internos:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Andirondack, S.L. (ICP/MS; filtros: 0,5-200 µg/filtro; solución captadora y solución de lavado: 6-2000 µg/l) - Applus Norcontrol, S.A. (ICP/AES ; filtros: 5-25 x 103 µg/filtro; disolución captadora: 10-2 x 104 µg/l) - Grupo Interlab, S.A. (AAS; filtros: 2-10000 µg/filtro; disolución de lavado y solución absorbente: 0,04-200 µg/ml) - Iproma (ICP/OES, filtros: 0,25-100 µg/filtro; soluciones captadores: 0,01-500 mg/l) (ICP/MS, 0,005-

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS	9 C
	<p>100 mg/l)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Labaqua, S.A. (ICP/AES, filtros: 1-25 x 105 µg/filtro; solución captadora: 20-5 x 107 µg/l) (ICP/MS, 0,5-500 µg/filtro) - Laboratorio de vigilancia y control de la contaminación de Huelva (ICP/OES, filtros de 47 mm F: 0,130-50000 µg/filtro; soluciones de lavado: 0,005-1000 mg/l; solución absorbente: 0,005-1000 mg/l) - Vidal, S.L. (ICP/AES; filtros: 5-500 µg/filtro; solución captadora: 0,05-10 mg/l) - SGS Tecnos, S.A. (AAS; 0,01-3000 mg/l) <p>Entidades de inspección:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Applus Norcontrol, S.L.U. - Atisae - Auditores de Energía y Medio Ambiente, S.A. - ECA - Eurocontrol, S.A. - Fundación Labein - Grupo Interlab - Ingeniería de Inspección y Control Industrial, S.A. (INERCO) - Ingenieros Asesores, S.A. - EGMASA - Socotec Iberia, S.A.

9.4. Hg y compuestos

CONTAMINANTE	Mercurio y compuestos (Hg)	Nº ficha:	10
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	El mercurio es un elemento traza introducido en el proceso a través de las materias primas y combustibles. Se trata de un metal volátil.		

MEDICIÓN (M)	10 A
---------------------	-------------

NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas incluidas en AAI:	UNE-EN 13211:2001. Calidad del aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Método manual de determinación de la concentración de mercurio total.	Muestreo + Determinación en discontinuo	Según norma EN 1483	Absoluto: 0,13 µg	Válida para la incineración de residuos aunque puede aplicarse a gases efluentes de otras fuentes con determinada composición típica (definida en la norma).
	UNE-EN 13211:2001/AC: 2005. Calidad del aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Método manual de determinación de la concentración de mercurio total. (AENOR, 2001)			Relativo: 2,6 µg/m ³ (calculado de un volumen de gas nominal muestreado de 0,05 m ³)	
	EPA 29. Determination of metals emissions from stationary sources. (EPA, 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío (CV-AAS)	0,56 µg/m ³	

CÁLCULO (C)				10 B
FACTORES DE EMISIÓN				
Tipo de factor				Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	1,55 · 10 ⁻⁵			Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EMEP/CORINAIR (kg / t cemento)	2,75 · 10 ⁻⁴			
EPA AP42 (kg / t clínker)	Técnica de captación	Precipitador electrostático	1,1 · 10 ⁻⁴	
		Filtro de mangas	1,2 · 10 ⁻⁵	

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		10 C
Por normas internacionales:	Laboratorios de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> - ECA (UNE-EN 13211:2001, UNE-EN 13211/AC:2005 (disolución captadora I, apdos. 7.8 y 7.9) (en filtro: 1-400 µg/filtro; en solución captadora: 5-2000 µg/l) 	
Por procedimientos internos:	Entidades de inspección: <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos - Fundación Labein - ECA - Ingeniería de inspección y control industrial, S.A. (INERCO) Laboratorios de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos (0,0008-10 mg/l) 	

9.5. Zn y compuestos

CONTAMINANTE	Cinc y compuestos (Zn)	Nº ficha:	11
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	<p>Los metales, entre ellos el Zn, son elementos traza introducidos en el proceso a través de las materias primas y combustibles. Pueden evaporarse total o parcialmente en las zonas más calientes del precalentador y en el horno dependiendo de su volatilidad, reaccionar con los constituyentes presentes en fase gaseosa y condensar en las zonas más frías del sistema.</p> <p>Las trazas de metales contenidos en los combustibles inicialmente pasan a los gases de combustión, pero son emitidos en pequeñas cantidades debido a la capacidad de retención del horno y del precalentador. De los dos flujos mencionados, las emisiones de metales procedentes de las materias primas suelen ser predominantes.</p> <p>Se trata de un metal semivolátil.</p>		

MEDICIÓN (M)					11 A
NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas incluidas en AAIs:	EPA 29. Determination of metals emissions from stationary sources. (EPA, 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Espectrofotometría de absorción atómica de vapor frío (CV-AAS)	0,8 µg/m ³ (actualmente podría haber variado)	Aplicable a fuentes estacionarias

CÁLCULO (C)				11 B
FACTORES DE EMISIÓN				
Tipo de factor				Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	0,000119			Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EMEP/CORINAIR (kg / t cemento)	$3 \cdot 10^{-6} - 4,7 \cdot 10^{-4}$ $2,9 \cdot 10^{-4}$			Para combustible sin referencia
EPA AP42 (kg / t clínker)	Técnica de captación	Precipitador electrostático	$2,7 \cdot 10^{-4}$	
		Filtro de mangas	$1,7 \cdot 10^{-4}$	

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		11 C
Por normas internacionales:	Laboratorios de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> - ECA (EPA 29 (2000) (en filtro: 0,02-20 µg/filtro; en solución captadora: 0,1-100 mg/l) 	
Por procedimientos internos:	Laboratorios de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> - Adirondack, SL (ICP/MS; filtros: 1-200 µg/filtro; solución captadora y solución de lavado: 30-2000 µg/l) - Interlab, SA (ASS; filtros: 1-10000 µg/filtro; disolución de lavado y solución absorbente: 0,02-100 µg/ml) - Iproma, SL (ICP/OES; filtros: 0,5-100 µg/filtro; solución captadora: 0,025-500 mg/l) (ICP/MS; 0,01-100 mg/l) - Labaqua, SA (ICP/AES; filtros: $1-25 \cdot 10^5$ µg/filtro; solución captadora: $20-5 \cdot 10^7$ µg/l) (ICP/MS; 0,5-500 µg/filtro) - Laboratorio de Vigilancia y Control de la Contaminación de Huelva (ICP/OES; filtros de 47 mm F: 0,510-25000 µg/filtro; filtros de 100/110 mm F: 1,020-50000 µg/filtro; disolución de lavado: 0,020-1000 mg/l; solución absorbente: 0,020-1000 mg/l) - Vidal, SL (ICP/AES; filtros: 5-500 µg/filtro; solución captadora: 0,05-10 mg/l) - SGS Tecnos (AAS; 0,10-2000 mg/l). 	

10. Partículas totales y PM₁₀

CONTAMINANTE	Partículas totales y PM ₁₀	Nº ficha:	12
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Las principales fuentes de emisión localizada de partículas (chimenea) son los hornos, los molinos de crudo, los enfriadores de clínker, los molinos de cemento y los molinos de carbón.		

MEDICIÓN (M)						12 A
NORMAS						
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones	
Normas incluidas en AAIs:	UNE-EN 13284-1:2002. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de partículas a baja concentración. Parte 1: Método gravimétrico manual.	Muestreo + Determinación en discontinuo	Gravimetría	<i>El L.D. debe determinarse en cada ocasión. Aplicable a concentraciones menores a 50 mg/m³, especialmente alrededor de 5 mg/m³ como valor medio, para un muestreo de 30 min.</i>	Validada para corrientes gaseosas emitidas por incineradores de residuos. En general, puede aplicarse a gases emitidos por fuentes estacionarias y a bajas concentraciones.	
OBSERVACIONES						

Existe una norma ISO en proceso de elaboración por parte del ISO/TC 146/SC 1/WG20 (disponible como proyecto de norma de Comité CD 23210) (a título informativo).

Las AAIs emitidas por Andalucía establecen las siguientes normas para la determinación de **partículas totales**: UNE-ISO 9096:2005, UNE EN 13284, EPA 5, EPA 17.

Otras normas en AAIs: **EPA 201: Determination of PM10 emissions** (Exhaust Gas Recycle Procedure). (EPA, 1996). Muestreo + Determinación en discontinuo. Gravimetría.

El sector utiliza, para la determinación de partículas totales, la Orden Ministerial 102/11 de 10 de agosto de 1976.

En los sistemas automáticos de medida para la medición de partículas totales, el sector utiliza las Normas:

- o **UNE-EN 13284-2:2005.** Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de partículas a baja concentración. Parte 2: Sistemas automáticos de medida,
- o **UNE-EN 14181:2005.** Emisiones de fuentes estacionarias. Aseguramiento de la calidad de los sistemas automáticos de medida y
- o **UNE 77219:1998.** Emisiones de fuentes estacionarias. Medición automática de la concentración másica de partículas. Características de funcionamiento, métodos de ensayo y especificaciones.

Partículas totales (PTS)

CÁLCULO (C)			12 B	
FACTORES DE EMISIÓN				
Tipo de factor			Observaciones	
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	0,0559		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)	
EMEP/CORINAIR (kg / t cemento)	Electrofiltro en chimenea principal y pequeños filtros de mangas para control de fuentes fugitivas	0,6		
	Control limitado en fuentes fugitivas y ESP en chimenea principal	2		
	Filtros de mangas adicionales en chimenea principal; control efectivo de fuentes fugitivas	0,2		
EPA AP42 (kg / t clínker)	Vía húmeda	Sin técnica de captación	65	
		Precipitador electrostático	0,38	
		Filtro de mangas	0,23	
		Torre de enfriamiento, multiciclón y electrofiltro	0,10	
	Vía Seca	Filtro de mangas	0,10	
		Electrofiltro	0,5	
	Con precalentador	Sin técnica de captación	130	
		Filtro de mangas	0,13	
		Electrofiltro	0,13	
	Con precalcinador / precalentador	Filtro de mangas	0,10	
Electrofiltro		0,024		

Partículas PM₁₀

CÁLCULO (C)			12 B
FACTORES DE EMISIÓN			
Tipo de factor			Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	0,0477		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EMEP/CORINAIR (kg / t cemento)	Electrofiltro en chimenea principal y pequeños filtros de mangas para control de fuentes fugitivas	0,5	
	Control limitado en fuentes fugitivas y ESP en chimenea principal	0,8	
	Filtros de mangas adicionales en chimenea principal; control efectivo de fuentes fugitivas	0,18	
EPA AP42 (kg / t clínker)	Vía húmeda	Sin técnica de captación	16
		Precipitador electrostático	0,33
	Vía Seca	Filtro de mangas	0,084

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		12 C
Por normas internacionales:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fundación INASMET (EPA nº 5 (2000): 0,005-10 g/Nm³) - INERCO (UNE-ISO 9096:2005, UNE-EN 13284 -1:2002; filtro: 2-2000 mg/muestra; lavado: 2-2000 mg/muestra) - ECA (UNE-EN 13284 -1:2002, apdo. 7; filtro : 2-500 mg; lavado: 3-500 mg) (UNE-ISO 9096:2005, apdo. 7.2 y 8; filtro: 2-1000 mg; lavado: 3-1000 mg) - Fundación Labein (UNE-ISO 9096:2005, UNE-EN 13284-1_2002; 0-10000 mg/m³) 	
Por procedimientos internos:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos (gravimetría; filtro: 0,6 – 1000 mg/filtro; disolución lavado: 6 – 25000 mg totales) <p>Entidades de inspección:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos - INERCO (conforme a normas UNE-ISO 9096:2005, UNE-EN 13284-1:2002 y EPA nº 5 (2000)) - ECA (según UNE 77223, UNE-EN 13284-1, UNE-ISO 9096:2005) - Fundación Labein 	

11. COVNM (COVs sin metano)

CONTAMINANTE	Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM)	Nº ficha:	13
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	En general, la emisión de compuestos orgánicos volátiles en los procesos de combustión va asociada a combustiones incompletas.		

MEDICIÓN (M)	13 A
---------------------	-------------

NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas especificadas en AAI's y en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-EN 13649:2002. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de compuestos orgánicos gaseosos individuales. Método de carbón activado y desorción por disolvente. (AENOR, 2002)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Carbón activado y desorción por disolventes	Depende de cada compuesto	Siguen también métodos de otras normas EN. Rango 0,5-2000 mg/m ³ . Aplicables para varios compuestos, en función de la desorción (ver tabla B.1 de la norma)
Normas especificadas en AAI's:	EPA 18: Measurement of gaseous organic compound Emissions by gas chromatography. (EPA 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases (+ detector de ionización de llama/fotoionización/captura de electrones para cuantificación)	La concentración mínima detectable para cada compuesto se determinará durante la calibración	Desarrollado para medir emisiones orgánicas de fuentes industriales.

OBSERVACIONES

Otras normas que se pueden considerar para COVNM son:

EPA 25, determination of total gaseous nonmethane organic emissions as carbon.

CÁLCULO (C)		13 B
FACTORES DE EMISIÓN		
Tipo de factor	Observaciones	
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	0,0725 Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)	
EMEP/CORINAIR (kg / t cemento)	Vía Seca	0,01

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		13 C
Por normas internacionales:	Laboratorios de inspección: - ECA (UNE-EN 13649:2002, apdo. 7) (tubos de carbón activo 400/200: benceno, m+p xileno, tetracloroetileno, tricloretileno, o-xileno, diclorometano), COV con frase de riesgo R40, R45, R46, R49, R60 y R61.	
Por procedimientos internos:	Laboratorios de ensayos: - ADIRONDACK, S.L. , Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) por cromatografía de gases/espectrometría de masas (MS) - GRUPO INTERLAB, S.A. , Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) por cromatografía de gases con detector de ionización de llama (FID) - INVESTIGACIÓN Y PROYECTOS MEDIO AMBIENTE, S.L. (IPROMA) , Compuestos orgánicos volátiles por cromatografía de gases con detector de ionización de llama (FID).	

OBSERVACIONES

También están acreditadas para COV con frases de riesgos determinadas las siguientes entidades de inspección.:

- **APPLUS NORCONTROL, S.L.U.**, COV particularizados con frases de riesgo R40 y R45, R46, R49, R60 y R61.
- **Asistencia Técnica Industrial, S.A.E. (ATISAE)**, COV con frases de riesgo R40 R45, R46, R49, R60 y R61.
- **AUDITORES DE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE, S.A.**, COV halogenados individualizados con frase de riesgo R40- COV individualizados con frase de riesgo R45, R46, R49, R60 y R61.
- **GEOTECNIA Y CIMENTOS, S.A. (GEOCISA)**, - Compuestos Orgánicos Volátiles con frases de riesgo R40, R45, R46, R49, R60 y R61.
- **GRUPO INTERLAB, S.A.**, COV individualizados con frase de riesgo R45, R46, R49, R60 y R61 y COV halogenados con frase de riesgo R40.
- **INGENIERÍA DE INSPECCIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL, S.A.**, COV halogenados individualizados con frase de riesgo R40, - COV individualizados con frase de riesgo R45, R46, R49, R60 y R61
- **Ingenieros Asesores, S.A.**, COV halogenados individualizados con frase de riesgo R40, COV individualizados con frase de riesgo R45, R46, R49, R60 y R61.
- **EMPRESA DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL, S.A. (EGMASA)**, Compuestos Orgánicos Volátiles con frases de riesgo R40, R45, R46, R49, R60 y R61.
- **SGS TECNOS, S.A.**, COV'S con frase de riesgo R-40, R45, R-46, R-49, R-60 y R-61.
- **SOCOTEC IBERIA, S.A.**, Compuestos Orgánicos Volátiles con frases de riesgo R40, R45, R46, R49, R60 y R61.

12. Antraceno

CONTAMINANTE	Antraceno	Nº ficha:	14
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Las emisiones se deben a la presencia de constituyentes orgánicos en las materias primas.		

MEDICIÓN (M)					14 A
NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas especificada en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-ISO 11338-1 a 2:2006: Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en fase gaseosa y particulada. Parte 1: Muestreo. Parte 2: Preparación de la muestra, purificación y determinación. (AENOR, 2002)	Muestreo (parte 1) + Determinación en discontinuo (parte 2)	HPLC, CG-EM	HPLC: 1 µg/m ³ CG-EM: 0,1-1 µg/m ³ (Depende del volumen de la muestra)	-

OBSERVACIONES

HPLC: Cromatografía líquida de alta resolución

CG-EM: Cromatografía de gases en combinación con espectrometría de masas

Otra norma especificada en varias AAI's (Andalucía) para la determinación de HAP es la **NF X43-329:1995**: Émissions de sources fixes - Prélèvement et mesurage d'hydrocarbures aromatiques polycycliques à l'émission (AFNOR, 2003).

El antraceno es un hidrocarburo aromático policíclico (HAP), si bien, no se encuentra dentro de los cuatro compuestos que deben ser notificados como HAP en el Registro PRTR (benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, indeno(1,2,3-cd)pireno)¹⁸.

¹⁸ De acuerdo con la nota 14 del anexo II del Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas (BOE núm. 96, de 21 de abril de 2007).

CÁLCULO (C)			14 B				
FACTORES DE EMISIÓN							
Tipo de factor			Observaciones				
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	$9,32 \cdot 10^{-6}$		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)				
L&E Polycyclic Organic Matter ⁽¹⁾ EPA (kg / t clínker)	Vía húmeda con precipitador electrostático	<table border="1"> <tr> <td>Carbón</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">$8,81 \cdot 10^{-6}$</td> </tr> <tr> <td>Coke</td> </tr> <tr> <td>Residuos peligrosos</td> </tr> </table>	Carbón	$8,81 \cdot 10^{-6}$	Coke	Residuos peligrosos	
Carbón	$8,81 \cdot 10^{-6}$						
Coke							
Residuos peligrosos							

OBSERVACIONES

⁽¹⁾ "Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Polycyclic Organic Matter" Capítulo 4.8 - Portland Cement Manufacturing, EPA 1998. La fuente utilizada para la elaboración de este documento es EPA, 1994.

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		14 C
Por normas internacionales:	<i>[No se han encontrado laboratorios de ensayo ni entidades de inspección acreditadas por ENAC para el muestreo o determinación de esta sustancia].</i>	
Por procedimientos internos:	<i>[No se han encontrado laboratorios de ensayo ni entidades de inspección acreditadas por ENAC para el muestreo o determinación de esta sustancia].</i>	

13. Benceno

CONTAMINANTE	Benceno (C ₆ H ₆)	Nº ficha:	15
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Las emisiones de benceno se producen durante la descomposición térmica de la materia orgánica contenida en las materias primas, durante las primeras etapas del proceso (precalentador, precalcinador).		

MEDICIÓN (M)					15 A
NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas incluidas en AAI's y en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-EN 13649:2002. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de compuestos orgánicos gaseosos individuales. Método de carbón activado y desorción por disolvente. (AENOR, 2002)	Determinación en discontinuo	Carbón activado y desorción por disolventes	No especificado	Rango: 0,5-2000 mg/m ³ . Es aplicable para la determinación de diferentes compuestos orgánicos, en función de la desorción (tabla B.1 de la norma)

CÁLCULO (C)					15 B
FACTORES DE EMISIÓN					
Tipo de factor				Observaciones	
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	0,00185			Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)	
EPA AP42 (kg / t clínker)	Técnica de captación	Filtro de mangas	8 · 10 ⁻³		
		Filtro electrostático	1,6 · 10 ⁻³		

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS					15 C
Por normas internacionales:	Laboratorios de ensayo: - ECA (0,02-160 mg) (UNE-EN 13649:2002, apdo. 7, tubos de carbón activo 400/200)				
Por procedimientos internos:	Entidades de inspección: - SGS Tecnos (COVs con frase de riesgo 45, entre otros) - INERCO (COVs con frase de riesgo 45, entre otros) - ECA (COVs con frase de riesgo 45, entre otros) (según la norma UNE-EN 13649)				

14. Naftaleno

CONTAMINANTE	Naftaleno	Nº ficha:	16
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Las emisiones se deben a la presencia de constituyentes orgánicos en las materias primas.		

MEDICIÓN (M)					16 A
NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas especificadas en la Guía para la implantación del E-PRTR (para HAP):	UNE-ISO 11338-1 a 2:2006. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en fase gaseosa y particulada. Parte 1: Muestreo. Parte 2: Preparación de la muestra, purificación y determinación. (AENOR, 2002)	Muestreo (parte 1) + Determinación en discontinuo (parte 2)	HPLC, CG-EM	HPLC: 1 µg/m ³ CG-EM: 0,1-1 µg/m ³ (Depende del volumen de la muestra)	-

OBSERVACIONES

HPLC: Cromatografía líquida de alta resolución

CG-EM: Cromatografía de gases en combinación con espectrometría de masas

Otra norma especificada en varias AAIs (Andalucía) para la determinación de HAP es la **NF X43-329:1995**: Émissions de sources fixes - Prélèvement et mesurage d'hydrocarbures aromatiques polycycliques à l'émission (AFNOR, 2003).

El naftaleno es el hidrocarburo aromático policíclico (HAP) predominante (puede suponer más del 90% en masa de las emisiones totales de HAP), si bien, no se encuentra dentro de los cuatro compuestos que deben ser notificados como HAP en el Registro PRTR (benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, indeno(1,2,3-cd)pireno)¹⁹. Las emisiones de naftaleno se suelen eliminar en el alto horno rotatorio del clínker debido a las altas temperaturas que se alcanzan.

¹⁹ De acuerdo con la nota 14 del anexo II del Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas (BOE num. 96, de 21 de abril de 2007).

CÁLCULO (C)				16 B
FACTORES DE EMISIÓN				
Tipo de factor				Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	$8,96 \cdot 10^{-5}$			Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EPA AP42 (kg / t clínker)	Técnica de captación	Filtro de mangas	$8,5 \cdot 10^{-4}$	
		Precipitador electrostático	$1,1 \cdot 10^{-4}$	

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		16 C
Por normas internacionales:	<i>[No se han encontrado laboratorios de ensayo ni entidades de inspección acreditadas por ENAC para el muestreo o determinación de esta sustancia por normas internacionales].</i>	
Por procedimientos internos:	Laboratorios de ensayo: - ADIRONDACK, S.L.	

15. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)

CONTAMINANTE	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	Nº ficha:	17
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Las emisiones se deben a la presencia de constituyentes orgánicos en las materias primas.		

MEDICIÓN (M)	17 A
---------------------	------

NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas especificadas en la Guía para la implantación del E-PRTR (para HAP):	UNE-ISO 11338-1 a 2:2006. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en fase gaseosa y particulada. Parte 1: Muestreo. Parte 2: Preparación de la muestra, purificación y determinación. (AENOR, 2002)	Muestreo + Determinación en discontinuo	HPLC, CG-EM	HPLC: 1 µg/m ³ CG-EM: 0,1-1 µg/m ³ . Depende del volumen de la muestra	

OBSERVACIONES

HPLC: Cromatografía líquida de alta resolución

CG-EM: Cromatografía de gases en combinación con espectrometría de masas

Otra norma especificada en varias AAI's (Andalucía) es la **NF X43-329:1995**: Émissions de sources fixes - Prélèvement et mesurage d'hydrocarbures aromatiques polycycliques à l'émission (AFNOR, 2003)

(1).- Ingenieros Asesores, no tiene acreditación de ENAC para estas normas.

Benzo(a)pireno: R45-46-60

Benzo(b)fluoranteno: R45

Benzo(k)fluoranteno: R45

Existen entidades de inspección que disponen de métodos acreditados por ENAC, para el análisis de COVs con las frases de riesgo R45 (puede causar cáncer), R46 (puede causar alteraciones genéticas hereditarias) y R60 (puede perjudicar la fertilidad) (Directiva 67/548/EEC), entre los que se encuentran estas sustancias.

CÁLCULO (C)			17 B
FACTORES DE EMISIÓN			
Tipo de factor			Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	0,000210		Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EMEP/CORINAIR (kg / t cemento)	kg / t cemento	$3 \cdot 10^{-6}$	

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		17 C
Por normas internacionales:	Laboratorios de ensayo: - Ingenieros Asesores, SA ⁽¹⁾	
Por procedimientos internos:	Entidades de inspección: - Ingenieros Asesores, SA ⁽¹⁾ - APPLUS NORCONTROL, S.L.U. - Asistencia Técnica Industrial, S.A.E. (ATISAE) - AUDITORES DE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE, S.A. - CUALICONTROL-ACI, S.A. (Unipersonal) - ECA, ENTIDAD COLABORADORA DE LA ADMINISTRACIÓN, S.A. - GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S.A. (GEOCISA) - GRUPO INTERLAB, S.A. - INGENIERÍA DE INSPECCIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL, S.A. - EMPRESA DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL, S.A. (EGMASA) - SGS TECNOS, S.A. - SOCOTEC IBERIA, S.A.	

15.1 Benzo (a) pireno

CONTAMINANTE	Benzo (a) pireno	Nº ficha:	23.1
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Las emisiones se deben a la presencia de constituyentes orgánicos en las materias primas.		

CÁLCULO (C)		23.1 B
FACTORES DE EMISIÓN		
Tipo de factor		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	3,23 · 10 ⁻⁵	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EPA AP42 (kg / t clínker)	Filtro de mangas	6,5 · 10 ⁻⁸

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		23.1 C
Por procedimientos internos:	Entidades de inspección: <ul style="list-style-type: none"> - AMBIO - ECA, ENTIDAD COLABORADORA DE LA ADMINISTRACIÓN, S.A. - FUNDACION LABEIN. - Ingenieros Asesores, S.A. 	

15.2 Benzo (b) fluoranteno

CONTAMINANTE	Benzo (b)fluoranteno	Nº ficha:	23.2
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Las emisiones se deben a la presencia de constituyentes orgánicos en las materias primas.		

CÁLCULO (C)		23.2 B
FACTORES DE EMISIÓN		
Tipo de factor		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	$3,22 \cdot 10^{-5}$	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EPA AP42 (kg / t clínker)	Filtro de mangas	$2,8 \cdot 10^{-7}$

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		23.2 C
Por procedimientos internos:	Entidades de inspección: <ul style="list-style-type: none"> - AMBIO - ECA, ENTIDAD COLABORADORA DE LA ADMINISTRACIÓN, S.A. - FUNDACION LBEIN. - Ingenieros Asesores, S.A. 	

15.3 Benzo (k) fluoranteno

CONTAMINANTE	Benzo (k)fluoranteno	Nº ficha:	23.3
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Las emisiones se deben a la presencia de constituyentes orgánicos en las materias primas.		

CÁLCULO (C)		23.3 B
FACTORES DE EMISIÓN		
Tipo de factor		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	$4,30 \cdot 10^{-5}$	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EPA AP42 (kg / t clínker)	Filtro de mangas	$7,7 \cdot 10^{-8}$

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		23.3 C
Por procedimientos internos:	Entidades de inspección: <ul style="list-style-type: none"> - AMBIO - ECA, ENTIDAD COLABORADORA DE LA ADMINISTRACIÓN, S.A. - FUNDACION LABEIN. - Ingenieros Asesores, S.A. 	

15.4 Indeno(1,2,3-cd)perileno

CONTAMINANTE	Indeno(1,2,3-cd)perileno	Nº ficha:	23.4
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Las emisiones se deben a la presencia de constituyentes orgánicos en las materias primas.		

CÁLCULO (C)		23.4 B
FACTORES DE EMISIÓN		
Tipo de factor		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	$3,23 \cdot 10^{-5}$	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EPA AP42 (kg / t clínker)	Filtro de mangas	$4,3 \cdot 10^{-8}$

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		23.4 C
Por procedimientos internos:	Entidades de inspección: <ul style="list-style-type: none"> - AMBIO - ECA, ENTIDAD COLABORADORA DE LA ADMINISTRACIÓN, S.A. - FUNDACION LABEIN. - Ingenieros Asesores, S.A. 	

16. PCDD y PCDF (Dioxinas y Furanos)

CONTAMINANTE	Dioxinas y furanos (PCDD + PCDF)	Nº ficha:	18
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	La distribución de la temperatura y el tiempo de residencia en hornos rotatorios proporcionan unas condiciones particularmente favorables para que los compuestos orgánicos introducidos, vía combustibles o derivados de ellos, sean completamente destruidos. Por esta razón, cantidades muy bajas de PCDD/F pueden ser encontradas en el gas de combustión de los hornos rotatorios.		

MEDICIÓN (M)	18 A
---------------------	-------------

NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas especificadas en AAI y en la Guía para la implantación del E-PRTR:	UNE-EN 1948-1 a 3:2007. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de PCDD/PCDF y PCB similares a dioxinas. Parte 1: Muestreo de PCDD/PCDF. Parte 2: Extracción y purificación de PCDD/PCDF. Parte 3: Identificación y cuantificación de PCDD/PCDF. (AENOR, 2007)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases/espectrometría de masas combinada con la técnica de dilución isotópica	Los L.D. medidos durante el test de validación en una incineradora de RU varían entre 0,0001-0,0088 ng/m ³ para los 17 congéneres tóxicos determinados con esta norma.	Desarrollada para incineradores de residuos, aunque puede utilizarse en otras fuentes de emisión. Desarrollada para medir concentraciones cercanas a 0,1 ng I-TEQ/m ³ en emisiones de fuentes estacionarias.
Normas especificadas en AAIs:	EPA 23: Determination of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans from Municipal Waste Combustors. (EPA, 1995)	Muestreo + Determinación en discontinuo	HRGC/ HRMS	<i>Debe determinarse en cada ocasión</i>	Desarrollada para fuentes estacionarias (incineradores de residuos municipales)

OBSERVACIONES

HRGC: Cromatografía de gases de alta resolución

HRMS: Espectrometría de masas de alta resolución

Referencia básica:

"Estudio y resultados de la participación del Sector Cementero Español en el Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos (2000-2003)". M. Luisa Ruiz et al. Editado por Begoña Fabrellas. CIEMAT 2005.

CÁLCULO (C)	18 B
--------------------	-------------

FACTORES DE EMISIÓN			
Tipo de factor			Observaciones
“Estudio y resultados de la participación del Sector Cementero Español en el Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos (2000-2003)”	ng I-TEQ/t clínker	36,53	-

OBSERVACIONES

Referencia básica:

“Estudio y resultados de la participación del Sector Cementero Español en el Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos (2000-2003)”. M. Luisa Ruiz et al. Editado por Begoña Fabrellas. CIEMAT 2005.

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS	18 C
---	-------------

Por normas internacionales:	<i>[No se han encontrado laboratorios de ensayo ni entidades de inspección acreditadas por ENAC para el muestreo o determinación de esta sustancia por normas internacionales].</i>
Por procedimientos internos:	Entidades de inspección: <ul style="list-style-type: none"> - SGS Tecnos - INERCO (conforme a la norma UNE-EN 1948-1:2006) - ECA - Fundación Labein

17. PCB (Policlorobifenilos)

CONTAMINANTE	Policlorobifenilos (PCB)	Nº ficha:	19
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	El comportamiento de las emisiones de PCB es comparable al de las Dioxinas y Furanos. Los PCB pueden ser introducidos en el proceso vía materia prima secundaria y combustibles alternativos. Las altas temperaturas que se alcanzan en el horno garantizan, prácticamente, la total destrucción de estos elementos.		

MEDICIÓN (M)	19 A
---------------------	-------------

NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas especificadas en la Guía para la implantación del E-PRTR:	CEN/TS 1948-4: Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs and dioxin-like PCBs - Part 4: Sampling and analysis of dioxin-like PCBs. (CEN, 2007)	Muestreo (según UNE-EN 1948-1) + Determinación en discontinuo	HRGC/HRMS, combinada con dilución con isótopo	Debe calcularse en cada ocasión.	Proyecto de norma (aprobada en junio de 2007 para su aplicación provisional, con un periodo de validez limitado a 3 años). Aplicable a fuentes estacionarias de emisión. Únicamente se utiliza para medir PCBs similares a dioxinas (<i>dioxin-like PCB</i>), que son 12 de los 209 PCBs existentes. También es aplicable a la medida de otros congéneres (los llamados <i>marker PCB</i> , que son los PCB 28, 52, 101, 138, 153 y 180).

OBSERVACIONES

HRGC: Cromatografía de gases de alta resolución

HRMS: Espectrometría de masa de alta resolución

El alto horno rotatorio del clinker suele garantizar la destrucción de las trazas de esta sustancia.

CÁLCULO (C)		19 B
FACTORES DE EMISIÓN		
Tipo de factor		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	$2,48 \cdot 10^{-10}$	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EMEP/CORINAIR (kg / t cemento)	$1 \cdot 10^{-9}$	

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		19 C
Por normas internacionales:	<i>[No se han encontrado laboratorios de ensayo ni entidades de inspección acreditadas por ENAC para el muestreo o determinación de esta sustancia].</i>	
Por procedimientos internos:	<i>[No se han encontrado laboratorios de ensayo ni entidades de inspección acreditadas por ENAC para el muestreo o determinación de esta sustancia].</i>	

18. DEHP (Di-etil hexil-ftalato)

CONTAMINANTE	Di-2-exil-hetil-ftalato (DEHP)	Nº ficha:	20
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	El DEHP es un éster ftalato que se utiliza como plastificante de una amplia gama de artículos de PVC blandos.		

MEDICIÓN (M)					20 A
NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas utilizadas por el sector:	NIOSH 5020 (NIOSH, 1994)	Muestreo + determinación en discontinuo	CG-FID	-	Rango de medida: 1-20 mg/m ³ para una muestra de 50 l de aire.

CÁLCULO (C)				20 B
FACTORES DE EMISIÓN				
Tipo de factor				Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	9,08 · 10 ⁻⁵			Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EPA AP42 (kg / t clínker)	Precipitador electrostático	4,8 · 10 ⁻⁵		

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		20 C
Por normas internacionales:	-	
Por procedimientos internos:	Entidades de inspección: <ul style="list-style-type: none"> - Applus Norcontrol, S.L.U. - Atisae - Auditores de Energía y Medio Ambiente, S.A. - Cualicontrol-ACI, S.A. (Unipersonal) - ECA (según norma UNE-EN 13649) - Geotecnia y Cimientos, S.A. (GEOCISA) - Grupo Interlab, S.A. - Ingenieros asesores, S.A. 	

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		20 C
	<ul style="list-style-type: none">- Empresa de Gestión Medioambiental, S.A. (EGMASA)- SGS Tecnos, S.A- Socotec Iberia, S.A.	

OBSERVACIONES
Existen entidades de inspección que disponen de métodos acreditados por ENAC, para el análisis de COVs con las frases de riesgo R60 (puede perjudicar la fertilidad) y R61 (riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto) (Directiva 67/548/EEC), entre los que se encuentra esta sustancia.

19. HCN (Cianuro de hidrógeno)

CONTAMINANTE	Cianuro de Hidrogeno (HCN)	Nº ficha:	21
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	El HCN se produce en grandes cantidades en la industria química, donde se utiliza en tintes, explosivos, plásticos, etc. Este contaminante puede emitirse en los procesos de combustión de plástico que contienen nitrógeno.		

MEDICIÓN (M)	21 A
---------------------	------

NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas utilizadas por el sector:	NIOSH 6010 (NIOSH, 1994)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Espectrofotometría absorción visible	1 µg	Método mas sensible y sujeto a menos variaciones que el NIOSH 7904
	NIOSH 7904 (NIOSH, 1994)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Electrodos de análisis	2.5 µg	Cianuros, aerosol y gas

OBSERVACIONES

No se han encontrado normas para la determinación de cianuro de hidrógeno en chimeneas para la industria del cemento.

- Rango de trabajo NIOSH 6017: 10 a 300 µg CN-
- Rango de trabajo NIOSH 6010: 10 a 300 µg CN-
- Rango de trabajo NIOSH 7904: 0.05 a 2 mg CN-

CÁLCULO (C)	21 B
--------------------	------

FACTORES DE EMISIÓN		
Tipo de factor		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	0,000252	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)

OBSERVACIONES

Nota: No se han encontrado factores de emisión propios para el cianuro de hidrógeno en la bibliografía consultada.

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS	21 C
---	------

Por normas internacionales:	<i>[No se han encontrado laboratorios de ensayo ni entidades de inspección acreditadas por ENAC para el muestreo o determinación de esta sustancia].</i>
Por procedimientos internos:	<i>[No se han encontrado laboratorios de ensayo ni entidades de inspección acreditadas por ENAC para el muestreo o determinación de esta sustancia].</i>

20. Carbono Orgánico Total (COT, como C total)

CONTAMINANTE	Carbono orgánico total (COT)	Nº ficha:	22
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Las emisiones de COT son causadas por pequeñas cantidades de constituyentes orgánicos presentes en la materia prima.		

MEDICIÓN (M)					22 A
NORMAS					
Categoría	Título	Alcance	Método	Límite de detección	Observaciones
Normas incluidas en AAI:	UNE-EN 12619:2000. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de carbono orgánico total gaseoso en bajas concentraciones en gases de combustión. Método continuo con detector de ionización de llama. (AENOR, 2000)	Muestreo + Determinación en continuo o discontinuo	Detector de ionización de llama (FID)	0,04 mg/m ³ (requisitos mínimos de funcionamiento del FID). Es recomendable determinarlo en cada ocasión.	Aplicable, por ejemplo, en incineradores de residuos sólidos urbanos y residuos tóxicos. No recomendado en procesos que usen disolventes
	UNE-EN 13526:2002. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de carbono orgánico gaseoso total en gases efluentes de procesos que emplean disolventes. Método continuo por detector de ionización de llama. (AENOR, 2002)	Muestreo + Determinación en continuo o discontinuo	Detector de ionización de llama (FID)	<i>Debe determinarse en cada ocasión</i>	Adecuada para la medida de emisiones de COT gaseosos en fase vapor, de procesos que usen disolventes.
	EPA 25: Determination of total gaseous nonmethane organic emissions as carbon. (EPA, 2000)	Muestreo + Determinación en discontinuo	Cromatografía de gases (CG)/ Detector de ionización de llama (FID)	<i>Rango inferior del límite de detección: 50 ppm (en volumen)</i>	

CÁLCULO (C)		22 B
FACTORES DE EMISIÓN		
Tipo de factor		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	0,0496	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EMEP/CORINAIR (kg / t clínker)	0,11	
EPA AP42 (kg / t clínker)	Vía húmeda	0,014
	Vía seca	0,014
	Con precalentador	0,09
	Con precalentador/precalcinador	0,059
	Precalentador/precalcinador con torre de aspersión	ND*
OBSERVACIONES		
* ND: Dato No Disponible		

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		22 C
Por normas internacionales:	<p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - FUNDACIÓN INASMET por detector de ionización de llama (FID) (1,8 – 16 mgC/m³N) (17 – 500 mgC/m³N), UNE-EN 12619: 2000 y EN 13526: 2002 - FUNDACION LEIA, C.D.T. Laboratorio Químico y de Medioambiente por detector de ionización de llama (FID), (20 – 500 mg C/m³N), UNE-EN 13526:2002 	
Por procedimientos internos:	<p>Entidades de inspección:</p> <ul style="list-style-type: none"> - APPLUS NORCONTROL, S.L.U., (detector de ionización de llama). - AUDITORES DE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE, S.A., (detector de ionización de llama (detector FID)). - CUALICONTROL-ACI, S.A. (Unipersonal), (detector de ionización de llama). - ECA, ENTIDAD COLABORADORA DE LA ADMINISTRACIÓN, S.A., (FID). - ENSATEC, S.L. - EUROCONTROL, S.A., (FID) - FUNDACION LABEIN. - FUNDACIÓN LEIA, CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S.A. (GEOCISA) (analizador de ionización de llama en procesos que usen disolventes) - GRUPO INTERLAB, S.A., (Analizador Ionización de Llama) - ICICT, S.A. - INGENIERÍA DE INSPECCIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL, S.A., (conforme a norma UNE EN 12619:2000) - Ingenieros Asesores, S.A. 	

LABORATORIOS DE ENSAYO Y ENTIDADES DE INSPECCIÓN ACREDITADAS		22 C
	<ul style="list-style-type: none"> - EMPRESA DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL, S.A. (EGMASA) (detector de ionización por llama) - SGS TECNOS, S.A. (detector de Ionización de llama) - SOCOTEC IBERIA, S.A. (FID) <p>Laboratorios de ensayo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA, por ionización de llama, (2 – 500 mg/Nm³). - ENSATEC, S.L., por detector de ionización de llama, (16 – 5700 mgC/m³N). 	

B. OTROS FOCOS

Para la determinación de las partículas totales (PST) en otros focos se recomienda el uso de las mismas normas que en el caso de los hornos. Asimismo, los laboratorios de ensayo y entidades de inspección acreditados por ENAC para la medición de este contaminante se han recogido en el apartado 10 del presente anexo.

MOLINOS

➤ *Molino de cemento*

CONTAMINANTE	Partículas Sólidas Totales	Nº ficha:	24
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Las principales fuentes de emisión localizada de partículas (chimenea) son los hornos, los molinos de crudo, los enfriadores de clínker, los molinos de cemento y los molinos de carbón.		

CÁLCULO (C)		24 B
FACTORES DE EMISIÓN		
Tipo de factor		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	0,00673	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EPA AP42 (kg / t clínker)	Filtro de mangas	0,0042
	En alimentador de cinta y filtro de mangas	0,0012
	En tolva pesadora y filtro de mangas	0,0047
	Separador de aire y filtro de mangas	0,014
		Molienda final

➤ **Molino de carbón**

CONTAMINANTE	Partículas Sólidas Totales	Nº ficha:	25
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Las principales fuentes de emisión localizada de partículas (chimenea) son los hornos, los molinos de crudo, los enfriadores de clínker, los molinos de cemento y los molinos de carbón.		

CÁLCULO (C)		25 B
FACTORES DE EMISIÓN		
Tipo de factor		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	0,00595	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)

ENFRIADORES

CONTAMINANTE	Partículas Sólidas Totales	Nº ficha:	26
MEDIO	AIRE		
Origen de la emisión:	Las principales fuentes de emisión localizada de partículas (chimenea) son los hornos, los molinos de crudo, los enfriadores de clínker, los molinos de cemento y los molinos de carbón.		

CÁLCULO (C)		25 B
FACTORES DE EMISIÓN		
Tipo de factor		Observaciones
SECTOR CEMENTERO ESPAÑOL (kg/t de clínker)	0,0906	Factores de emisión basados en mediciones realizadas por el sector en el 2007 (ver anexo II)
EPA AP42 (kg / t clínker)	Filtro de mangas	0,068
	Electrofiltro	0,048
	Filtro de lecho de grava	0,11
		Enfriador clínker

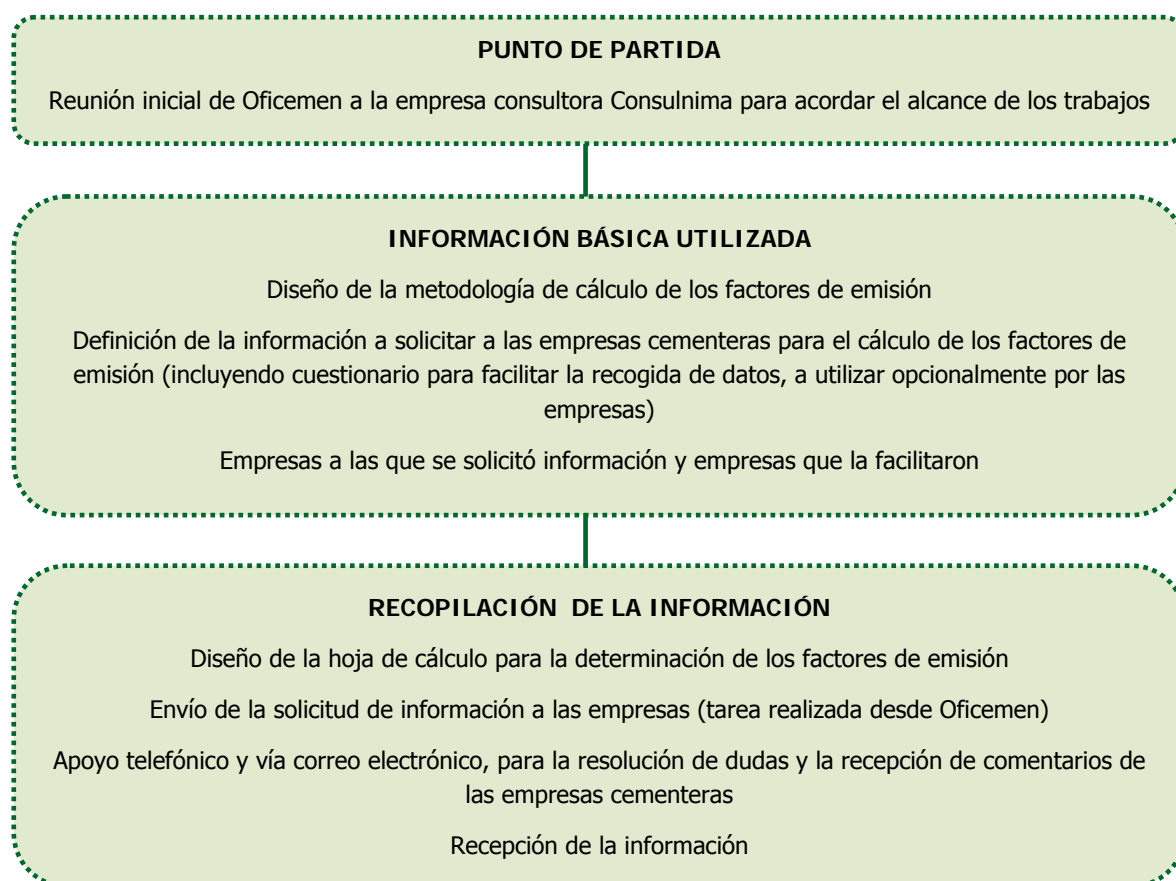
Anexo II – Sección II: Metodología para el cálculo de los factores de emisión propios del sector cementero español

1. Antecedentes y objetivo

Los factores de emisión publicados por EPA, EMEP/CORINAIR y en el Documento BREF (2001) para el sector cementero, fueron calculados sobre muestras de empresas estadounidenses, en el primer caso, y europeas, en el segundo y tercer caso. Además, los factores de emisión publicados por EPA están basados en mediciones realizadas antes de 1995 y, en ocasiones, en un único horno.

En el presente documento, aunque se recogen estos factores de emisión, también se han calculado factores propios para el sector cementero español, teniendo en cuenta la realidad de la industria cementera española tanto desde el punto de vista tecnológico como ambiental. Para ello, se ha utilizado la información más reciente disponible sobre las emisiones a la atmósfera de las fábricas de cemento asociadas en Oficemen.

2. Metodología



2.1. Cálculo de los factores de emisión

Para el cálculo de los factores de emisión propios del sector cementero español, se han utilizado las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1: Cálculo de la carga contaminante específica por fábrica, tipo de foco y contaminante

Para cada contaminante, tipo de foco y fábrica:

$$CCE = \left(\sum_{i=1}^n (C_i * Q_i * H_i * 10^{-6}) \right) / P_e$$

En donde:

CCE = Carga contaminante específica de la empresa, en kg del contaminante/t clínker (hornos, molinos de crudo y carbón, enfriadores) o kg del contaminante/t de cemento (molino de cemento)

C_i = concentración media del contaminante en el foco i, en mg/Nm³, calculada a partir de la media ponderada por el caudal, siempre que ha sido posible, o aritmética) de las concentraciones del contaminante

Q_i = caudal medio del foco i, en Nm³/h, calculado a partir de la media aritmética de los caudales del foco i

H_i = horas de funcionamiento anuales del foco i, en h/año

P_e = En hornos: producción de clínker de todos los hornos de la fábrica, en t/año

En molinos de crudo: producción de clínker todos los molinos de crudo, en t/año

En molinos de carbón: producción de clínker todos los molinos de carbón, en t/año

En molinos de cemento: producción de cemento todos los molinos de cemento, en t/año

En enfriadores: producción de clínker todos los enfriadores, en t/año

Q_i = número de focos del mismo tipo (hornos/molinos de crudo/molinos de carbón/molinos de cemento/enfriadores)

Ecuación 2: Cálculo de la carga contaminante específica del sector por tipo de foco (factor de emisión)

Para cada contaminante:

$$CC_{\text{sector}} = \sum_{i=1}^n (CCE_i) / n$$

En donde:

CC_{sector} = Carga contaminante específica del sector (factor de emisión), en mg/t clínker

CCE_i = Carga contaminante de la empresa i

n = número de empresas

2.2. Información recibida de las empresas cementeras españolas

Para el cálculo de los factores de emisión se ha dispuesto los siguientes tipos de información proporcionada por las empresas asociadas en Oficemen:

- Informes de los análisis de las emisiones a la atmósfera realizados por Organismos de Control Autorizados (OCAs), laboratorios acreditados y entidades de inspección acreditadas por ENAC
- Información de las mediciones en continuo realizadas por las empresas
- Información proporcionada por las empresas en el marco del Registro PRTR a sus autoridades competentes, basada en los análisis de emisiones a la atmósfera realizados por entidades acreditadas o en las mediciones en continuo realizadas en la empresa
- Cuestionario de solicitud de información cumplimentado

- Datos reales de producción de clínker por horno, de producción de cemento y de número de horas de funcionamiento de cada foco, correspondientes al año 2007 de cada una de las empresas

La información recibida en la mayoría de los casos corresponde a mediciones realizadas en 2007 y en el primer semestre del año 2008.

Se han calculado factores de emisión para los siguientes tipos de focos:

- Hornos de clínker
- Molinos de carbón
- Molinos de cemento
- Enfriadores

En total, 33 de las 37 fábricas de cemento agrupadas en Oficemen proporcionaron información para el cálculo de los factores de emisión.

La recogida de información se realizó entre los meses de enero y octubre de 2008.

2.3. Análisis estadístico de los datos

Se realizó el siguiente análisis estadístico de los datos:

- Cálculo de estadísticos: media aritmética y tamaño de muestra para cada contaminante.

2.4. Valores bajo el límite de detección

Los métodos de medida normalmente tienen limitaciones con respecto a la concentración más baja que pueden detectar. En el presente análisis, para el tratamiento de los valores por debajo del límite de detección se ha utilizado una de las cinco posibilidades planteadas en el "Documento de referencia de los Principios Generales de Monitorización. Documento BREF":

- Usar en los cálculos la mitad del límite de detección.

3. Representatividad de los factores de emisión calculados

Los factores de emisión calculados se ajustan mejor a las características propias del sector en España que otros factores teóricos procedentes de otras fuentes, ya que han sido calculados a partir de la información más reciente obtenida de las fábricas cementeras españolas. No obstante, es recomendable que se revise periódicamente su adecuación al sector español para tener en cuenta los posibles cambios en las condiciones técnicas y ambientales de las plantas.

Anexo III – Sección II: Determinación de la carga contaminante a partir de medidas en continuo o puntuales

1. Conversión de unidades

Los resultados de las mediciones y controles de las emisiones a la atmósfera se obtienen con frecuencia en términos de flujo real. Sin embargo, para evaluar las cargas contaminantes, es necesario expresar los resultados en determinadas condiciones de referencia estándar, que se suelen especificar en la autorización correspondiente (AAI) y en la legislación básica aplicable.

A continuación se describen las principales fórmulas de cálculo, para convertir los resultados de medición a las condiciones de referencia que sean de aplicación a la instalación.

Conversión de concentración en partes por millón en volumen (ppm) a mg/Nm³

Ecuación nº 1: Conversión de concentración en partes por millón en volumen (ppm) a mg/Nm³		
	Concentración del contaminante en ppm	x Masa molar del contaminante
Concentración del contaminante en mg/Nm³	= $\frac{\text{Concentración del contaminante en ppm} \times \text{Masa molar del contaminante}}{22,4}$	

La conversión de concentraciones expresadas en partes por millón en volumen (ppm) a concentraciones expresadas en mg/Nm³ es una operación que hay que realizar con cierta frecuencia, como consecuencia de las diferencias existentes entre las unidades en que están expresados los valores límite de emisión de algunos contaminantes y las unidades en que se expresan los resultados de las determinaciones analíticas.

La conversión de ppm a mg/Nm³, se realiza con base en la ecuación nº 1 en la que, como se puede apreciar, interviene la masa molar del contaminante.

El cálculo de la masa molar de un contaminante se realiza a partir de las masas atómicas de los elementos que forman parte de su fórmula.

El método de cálculo completo se ilustra en la tabla nº 2 para una serie de contaminantes seleccionada. Las masas atómicas de los elementos que intervienen en el cálculo de las masas molares se incluyen en la tabla nº 1.

Tabla 1.- Masas atómicas de elementos seleccionados

Elemento	Símbolo	Masa atómica
Azufre	S	32,0660
Carbono	C	12,0110
Cloro	Cl	35,4527
Fluor	F	18,9984
Hidrógeno	H	1,0079
Nitrógeno	N	14,0067
Oxígeno	O	15,9994

Tabla 2.- Equivalencia entre concentraciones expresadas en ppm y en mg/Nm³

Contaminante		Masa Molar		Masa Molar/22,4	Equivalencia
Denominación	Fórmula	Cálculo *	Masa molar (en gramos)		
Dióxido de nitrógeno	NO ₂	N + 2 O	46,0055	2,0538	1 ppm de NO ₂ = 2,0538 mg/Nm ³
Dióxido de azufre	SO ₂	S + 2 O	64,0648	2,8600	1 ppm de SO ₂ = 2,8600 mg/Nm ³
Dióxido de carbono	CO ₂	C + 2 O	44,0098	1,9647	1 ppm de CO ₂ = 1,9647 mg/Nm ³
Monóxido de carbono	CO	C + O	28,0104	1,2505	1 ppm de CO = 1,2505 mg/Nm ³
Cloruro de hidrógeno	HCl	H + Cl	36,4606	1,6277	1 ppm de HCl = 1,6277 mg/Nm ³
Fluoruro de hidrógeno	HF	H + F	20,0063	0,8931	1 ppm de HF = 0,8931 mg/Nm ³

* En donde:

- S = Masa atómica del azufre
- C = Masa atómica del carbono
- Cl = Masa atómica del cloro
- F = Masa atómica del fluor
- H = Masa atómica del hidrógeno
- N = Masa atómica del nitrógeno
- O = Masa atómica del oxígeno

Conversión a condiciones de referencia estándar

El volumen de las emisiones es un parámetro básico que interviene en el cálculo de las concentraciones de los diferentes contaminantes y en la determinación de las cargas contaminantes emitidas.

Los resultados de volumen, concentración y caudal se expresan habitualmente en condiciones normales de presión y temperatura. La conversión de los datos medidos, en condiciones reales de presión y temperatura, a condiciones normales se realiza con base en la ecuación nº 2 siguiente.

Ecuación nº 2: Conversión a condiciones normales de presión y temperatura

$$V_N = \frac{V_{med} \times P_{med} \times 273,15}{[t_{med} + 273,15] \times 101,325}$$

En donde:

- V_N = volumen expresado en Nm³, en condiciones normales de presión (101,325 kPa) y temperatura (273 K)
- V_{med} = volumen expresado en m³, en las condiciones en que se ha realizado la medida de presión (P_{med}) y temperatura (t_{med})
- P_{med} = condiciones de presión en que se ha realizado la medida (en kilopascal)
- t_{med} = condiciones de temperatura en que se ha realizado la medida (en grado centígrados)

En ocasiones las condiciones de referencia estándar de presión y temperatura en que es necesario expresar los datos son diferentes a las condiciones normales.

La conversión de los datos medidos, en condiciones reales de presión y temperatura, a otras condiciones de referencia estándar se realiza con base en la ecuación nº 3 siguiente.

Ecuación nº 3: Conversión a condiciones de referencia estándar

$$V_R = \frac{V_{med} \times P_{med} \times T_R}{[t_{med} + 273,15] \times P_R}$$

En donde:

- V_R = volumen expresado en m³, en condiciones de referencia estándar de presión (P_R) y temperatura (T_R)
- V_{med} = volumen en las condiciones en que se ha realizado la medida de presión (P_{med}) y temperatura (t_{med})
- P_{med} = condiciones de presión en que se ha realizado la medida (en kilopascal)
- T_R = temperatura de referencia estándar en que hay que expresar el resultado, en grados Kelvin
- t_{med} = condiciones de temperatura en que se ha realizado la medida (en grados centígrados)
- P_R = presión de referencia estándar en que hay que expresar el resultado, en kilopascal

Conversión a una concentración de oxígeno de referencia

En procesos de combustión, los datos de emisión se expresan generalmente a un porcentaje determinado de oxígeno. Para los hornos de cemento en que se coincieren residuos los resultados de las mediciones efectuadas para verificar el cumplimiento de los valores límite de emisión deben estar referidos a las siguientes condiciones²⁰: temperatura 273 K, presión 101,3 kPa, 10% de oxígeno y gas seco.

La conversión de las concentraciones medidas, al porcentaje real de oxígeno determinado en las emisiones del horno, a concentraciones expresadas al porcentaje de oxígeno de referencia se realiza con base en la ecuación nº 4 siguiente.

Ecuación nº 4: Conversión a una concentración de oxígeno de referencia

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} \times E_M$$

En donde:

- E_R = concentración de emisión referida a gas seco en condiciones normalizadas y corregida a la concentración de oxígeno de referencia, expresada en mg/Nm³ (en el caso de las dioxinas y furanos se expresa en ng/Nm³)
- E_M = concentración de emisión medida, referida a gas seco en condiciones normalizadas, expresada en mg/Nm³ (o ng/Nm³ para dioxinas y furanos)
- O_R = concentración de oxígeno de referencia, expresada en % de volumen
- O_M = concentración de oxígeno medida, referida a gas seco en condiciones normalizadas, expresada en % de volumen

Conversión a concentración de gas seco

En los casos en que las concentraciones en emisión se deban referir sobre gas seco como en los hornos de cemento, condición diferente a la real, la conversión se realiza con base en la ecuación nº 5 siguiente.

²⁰ Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos (BOE nº 142, de 14 de junio de 2003)

Ecuación nº 5: Conversión a concentración de gas seco

$$C_s = \frac{C_H}{1 - H}$$

En donde:

- C_s = concentración de emisión referida a gas seco en condiciones normalizadas, expresada en mg/Nm³ (en el caso de las dioxinas y furanos se expresa en ng/Nm³)
- C_H = concentración de emisión sobre condiciones reales de humedad en condiciones normalizadas, expresada en mg/Nm³ (en el caso de las dioxinas y furanos se expresa en ng/Nm³)
- H = humedad de los gases de salida en el punto de medida del contaminante, expresada en tanto por uno

2. Evaluación de la carga contaminante emitida a partir de los datos obtenidos mediante Sistemas Automáticos de Medida

Los datos proporcionados por los sistemas automáticos de medida (SAM) permiten realizar las evaluaciones más representativas, sobre las cargas contaminantes emitidas a través de los distintos focos, y contabilizar:

- La carga contaminante emitida en condiciones de operación normal de la instalación.
- La carga contaminante emitida en condiciones de funcionamiento anómalo, siempre y cuando las concentraciones de contaminantes emitidas se encuentren dentro del rango de medición.

El cálculo de la carga contaminante anual emitida, a partir de los datos registrados en el SAM, se realiza con base en las concentraciones y caudales medios horarios aplicando la ecuación nº 6 siguiente.

El cálculo de las concentraciones y caudales medios horarios, a partir de los registros minutales disponibles, se realiza aplicando, respectivamente, las ecuaciones nº 7 y nº 8 siguientes.

Para que un periodo horario se pueda considerar válido debería haber, como criterio general, valores puntuales (parejas de valores de concentración y caudal) correspondientes como mínimo a un 50% del periodo²¹.

Ecuación nº 6: Cálculo de la carga contaminante anual emitida a partir de datos obtenidos de SAM

$$\text{Carga contaminante anual emitida (en kg/año)} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times Q_i}{m \times 10^6}$$

En donde:

- C_i = concentración media horaria, en mg/Nm³ en condiciones de referencia
- Q_i = caudal medio horario, en Nm³/h en condiciones de referencia
- n = número de horas de funcionamiento anuales
- m = número de horas de funcionamiento durante los cuales los medidores en continuo han registrado datos horarios válidos simultáneamente para C_i y Q_i

²¹ No existen criterios generales de referencia sobre esta cuestión y las AAI's no contienen especificaciones al respecto

Ecuación nº 7: Cálculo de la concentración media horaria

$$C_i \text{ (en mg/Nm}^3\text{)} = \frac{\sum_{1}^{\text{min}} C_{\text{min}} \times Q_{\text{min}}}{\sum_{1}^{\text{min}} Q_{\text{min}}}$$

En donde:

C_i = concentración media horaria, en mg/Nm³ en condiciones de referencia
 C_{min} = concentración minatural registrada, en mg/Nm³ en condiciones de referencia, sin restar el intervalo de confianza
 Q_{min} = caudal minatural registrado, en Nm³/h en condiciones de referencia
 min = número de lecturas minutales válidas de concentración y caudal registradas en una hora

Ecuación nº 8: Cálculo del caudal medio horario

$$Q_i \text{ (en Nm}^3\text{/h)} = \frac{\sum_{1}^{\text{min}} Q_{\text{min}}}{\text{min}}$$

En donde:

Q_i = caudal horario, en Nm³/h en condiciones de referencia
 Q_{min} = caudal minatural registrado, en Nm³/h en condiciones de referencia
 min = número de lecturas minutales válidas de concentración y caudal registradas en una hora

3. Evaluación de la carga contaminante anual emitida a partir de los datos obtenidos mediante sistemas de muestreo y análisis discontinuos

Una vez que se dispone de los datos de caudal en condiciones normales y de concentración en condiciones normales y referida a gas seco, la determinación de la carga contaminante anual se realiza con la ecuación nº 9:

Ecuación nº 9: Cálculo de la carga contaminante anual emitida a partir de datos obtenidos mediante muestreos y análisis discontinuos

$$\text{Carga contaminante anual emitida (en kg/año)} = \frac{n \sum_{1}^n C_i \times Q_i}{m \times 10^6}$$

En donde:

C_i = concentración determinada en el muestreo "i" realizado, en mg/Nm³ en condiciones de referencia
 Q_i = caudal horario determinado en el muestreo "i" realizado, en Nm³/h en condiciones de referencia
 n = número de horas de funcionamiento anuales
 m = número de muestreos "i" realizados durante el año

Es necesario tener en cuenta que esta fórmula es de aplicación para cada foco de emisión. Si la fábrica dispone de varios focos, deberá aplicar la fórmula a cada foco y hacer el sumatorio de todos ellos.

SECCIÓN III: CANTERAS ASOCIADAS A LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

1. Introducción

Las canteras son una de las nuevas actividades que, de acuerdo a los requisitos del Reglamento (CE) nº 166/2006 y del Real Decreto 508/2007, deben de notificar sus emisiones al Registro PRTR. Las dos principales cuestiones relativas a las canteras asociadas a las instalaciones cementeras en el ámbito PRTR que hay que plantearse son:

- Canteras incluidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto 508/2007.
- Sustancias contaminantes significativas emitidas a los distintos medios, así como determinación de la carga contaminante emitida de cada una de ellas.

En cuanto a la primera cuestión, es un aspecto importante en el que es necesario disponer de criterios claros para la aplicación de los umbrales fijados en el Reglamento E-PRTR y el Real Decreto 508/2007. En ambas normas se establece que deben de informar al Registro PRTR todas aquellas canteras en las que la superficie donde efectivamente se practiquen operaciones extractivas, exceda las 25 hectáreas. En la "Guía para la implantación del E-PRTR", la Comisión Europea aclara que la **superficie de la zona en la que efectivamente se practiquen operaciones extractivas** es la "superficie de la zona del emplazamiento menos la superficie de la zona rehabilitada y menos la zona de próxima excavación".

No obstante, es cierto que la identificación de las canteras que se encuentran incluidas en el ámbito de aplicación del Registro PRTR es un tema abierto, tanto a nivel nacional como europeo, y, para la correcta interpretación del umbral, deberían de fijarse criterios comunes entre todas las autoridades ambientales competentes.

Para definir qué canteras asociadas a la industria del cemento están en el ámbito del Reglamento E-PRTR, deberían considerarse dentro de la zona donde efectivamente se practican operaciones extractivas todas las superficies en las que se realizan actividades extractivas (plaza de cantera) y demás actividades directamente relacionadas con la actividad de extracción (plantas, almacenamientos, depósitos, escombreras, balsas, viales, etc.). En los Planes Anuales de Labores se acompañan planos de las zonas que son objeto de labores mineras, lo que podría servir de referencia para el cálculo de estas superficies activas y la inclusión de cada cantera en el Registro PRTR.

Por otro lado, de acuerdo con el criterio propuesto por el sector, la "superficie activa" puede variar con el tiempo. En este caso, las canteras asociadas a las instalaciones cementeras deberán determinar cada año dicha superficie para comprobar en cada caso si se supera el umbral de 25 hectáreas establecido por el Reglamento E-PRTR y el Real Decreto 508/2007.

En relación con la notificación de las canteras al Registro PRTR es necesario considerar también los siguientes aspectos:

- El tiempo de operación, es decir, desde cuándo se considera que se inicia la actividad de extracción y cuándo se acaba. En teoría, se iniciaría con las primeras tareas de movimientos de suelos y acabaría con la rehabilitación de la zona de acuerdo con las condiciones del permiso de explotación.

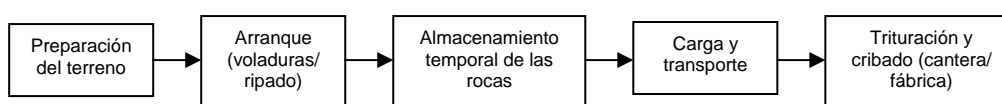
- Titulares, emplazamientos e instalaciones, aunque en este caso serían de aplicación los mismos criterios que se han aplicado en el registro EPER.

2. Emisiones en canteras asociadas a instalaciones cementeras

Las canteras asociadas a las instalaciones cementeras suministran las principales materias primas a los procesos de fabricación de cemento. Las rocas que se suelen extraer de estas canteras, ordenadas según su importancia, son: calizas, areniscas, margas, arcillas, yesos y materiales silíceos. Es esperable que las emisiones más significativas de las canteras sean las partículas generadas en el proceso extractivo y en el transporte.

2.1. Proceso de explotación de la cantera

La explotación de canteras implica el movimiento de grandes volúmenes de material y el empleo de maquinaria pesada. Las operaciones básicas que se realizan para la explotación en una cantera son las siguientes:



▪ Preparación del terreno

La explotación comienza con la retirada de la vegetación y del material superficial o suelo, hasta dejar al descubierto la roca que se pretende extraer. Los árboles y arbustos se transplantan y, cuando esto no es posible, se talan. Las raíces y tocones y la vegetación herbácea se retira posteriormente junto con el suelo.

El suelo se retira con tractores de orugas o mototrallas y se almacena en un lugar adecuado para utilizarlo posteriormente en la restauración de la cantera.

▪ Arranque

Una vez descubierto el yacimiento, se procede a realizar el arranque de la roca que consiste en fragmentarla a un tamaño adecuado para su posterior manipulación y procesamiento en la planta de tratamiento.

El arranque se suele realizar con explosivos, mediante perforación y voladura. También es frecuente la extracción mecánica, mediante excavadoras hidráulicas, operación que se conoce como ripado.

▪ Almacenamiento

Tras el arranque del material, éste se transporta hasta las zonas de almacenamiento temporal situadas en las inmediaciones del área de explotación mediante cintas transportadoras, volquetes mineros.

▪ **Carga y transporte**

Desde las zonas de almacenamiento, el material se transporta a la planta de tratamiento situada normalmente en la propia cantera o en la fábrica de cemento, mediante camiones.

▪ **Tratamiento del material**

El material llega a la planta donde se le da un tratamiento mecánico que incluye básicamente la trituración y el cribado. La roca se fragmenta hasta conseguir unos tamaños adecuados para su posterior utilización en el proceso de fabricación del cemento.

2.2. Aspectos ambientales

El principal aspecto ambiental generado por la explotación de las canteras es la **emisión de partículas (polvo) a la atmósfera**, que se puede producir en las distintas fases del proceso o de la actividad:

- Durante las operaciones de extracción (perforación y voladura controlada, arranque, etc.)
- Durante el almacenamiento
- Durante la carga y transporte de los materiales

Además, si la cantera dispone de instalaciones de cribado y trituración de las rocas y minerales, también será necesario considerar las emisiones de polvo de estas instalaciones.

Algunas de estas emisiones de partículas son fácilmente evitables mediante la adopción de medidas correctoras tales como:

- La instalación de barreras contra el viento en los almacenamientos de materiales a la intemperie.
- El almacenamiento en silos y almacenes cerrados, equipados con filtros de mangas para prevenir la emisión de polvo durante la carga y descarga de los materiales.
- La instalación de sistemas de pulverización de agua y supresores químicos de polvo en zonas de almacenamiento, zonas donde se realicen operaciones de carga y descarga, etc. La humidificación de las partículas de polvo ayuda a la aglomeración de éste y produce el asentamiento del mismo. Determinadas sustancias químicas pueden incrementar la eficacia del proceso.
- La pavimentación, limpieza y riego de viales, con lo que se evita que el polvo sedimentado en las vías de circulación sea arrastrado con el paso de los vehículos.
- El transporte de los materiales, siempre que sea posible, a través de sistemas cerrados (cintas transportadoras y camiones con cubas cubiertas).

Sólo en aquellas canteras en las que el consumo de combustibles sea relevante, también deberán considerarse todos aquellos contaminantes derivados de los procesos de combustión.

En cuanto a las **aguas residuales** generadas en las canteras asociadas a las instalaciones cementeras, éstas proceden generalmente de aguas de escorrentía que se recogen en balsas de decantación previas a su vertido final. Debido a las características de las materias primas extraídas, no es esperable que las emisiones al agua de estas canteras contengan alguna de las sustancias PRTR, salvo si se presentan como elementos traza o impurezas de las materias primas.

En términos generales, las cantidades de **residuos**, tanto peligrosos como no peligrosos, producidos en las canteras asociadas a las instalaciones cementeras son reducidas. Los residuos peligrosos se generan fundamentalmente en la operación y mantenimiento de equipos y maquinaria, así como en las voladuras (restos de explosivos²²).

2.3. Sustancias significativas y no significativas

Las sustancias consideradas en PRTR, tanto al aire como al agua, para todos los tipos de instalaciones mineras son las siguientes:

Tabla 1: Sustancias emitidas al aire

Nuevas sustancias E-PRTR Canteras ²³		RD 508/2007 ²⁴
• Metano (CH ₄)	• Cromo y compuestos (como Cr)	• Talio (Tl)
• Monóxido de carbono (CO)	• Cobre y compuestos (como Cu)	• Antimonio (Sb)
• Dióxido de carbono (CO ₂)	• Níquel y compuestos (como Ni)	• Cobalto (Co)
• Óxidos de nitrógeno (NO _x /NO ₂)	• Plomo y compuestos (como Pb)	• Manganeso (Mn)
• Óxidos de azufre (SO _x /SO ₂)	• Zinc y compuestos (como Zn)	• Vanadio (V)
• Arsénico y compuestos (como As)	• Cloro y otros compuestos (como HCl)	• Partículas totales (PST)
• Cadmio y compuestos (como Cd)	• Partículas (PM ₁₀)	• Carbono orgánico total (COT) (como C total)
Total PRTR → 14		Total RD 508/2007 → 7
TOTAL SUSTANCIAS AIRE CANTERAS: 22		

Tabla 2: Sustancias emitidas al agua

Nuevas sustancias E-PRTR Canteras ²⁵	RD 508/2007 ²⁶
• Nitrógeno total (N _T)	• DQO
• Fósforo Total (P _T)	
• Arsénico y compuestos (como As)	

²² El régimen general de gestión de este tipo de residuos está regulado en la Ley 10/1998, de 21 de abril, de residuos (BOE nº 96, de 22/04/1998) y el Real Decreto 230/1998, de 16 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de explosivos (BOE nº 61, 12.03.1998)

²³ Recogidas en la sublista orientativa para las explotaciones a cielo abierto y canteras publicada en la "Guía para la implantación del E-PRTR", de la Comisión Europea se recogen las sustancias incluidas en esta columna.

²⁴ Además de las sustancias incluidas en la columna anterior, el Real Decreto 508/2007, recoge otra serie de sustancias emitidas al agua que no se encuentran en el Reglamento nº 166/2006 y por tanto no están recogidas en las sublistas orientativas

²⁵ Recogidas en la sublista orientativa para las explotaciones a cielo abierto y canteras publicada en la "Guía para la implantación del E-PRTR", de la Comisión Europea se recogen las sustancias incluidas en esta columna.

²⁶ Además de las sustancias incluidas en la columna anterior, el Real Decreto 508/2007, recoge otra serie de sustancias emitidas al agua que no se encuentran en el Reglamento nº 166/2006 y por tanto no están recogidas en las sublistas orientativas.

Tabla 2: Sustancias emitidas al agua

Nuevas sustancias E-PRTR Canteras ²⁵	RD 508/2007 ²⁶
• Cadmio y compuestos (como Cd)	
• Cromo y compuestos (como Cr)	
• Cobre y compuestos (como Cu)	
• Níquel y compuestos (como Ni)	
• Plomo y compuestos (como Pb)	
• Zinc y compuestos (como Zn)	
• Carbono orgánico total (COT) (como C _{total} o DQO/3)	
• Cloruros (como Cl total)	
TOTAL SUSTANCIAS AGUA CANTERAS: 12	

La sublista sectorial específica de **contaminantes emitidos a la atmósfera** para las explotaciones a cielo abierto y canteras, publicada por la Comisión Europea en la "Guía para la implantación del E-PRTR", recoge las sustancias que pueden ser emitidas a la atmósfera en todo tipo de canteras. En la siguiente tabla se indican, a modo de ejemplo, algunas de las sustancias consideradas en PRTR y el tipo de minería a que se asocia:

Tabla 3: Sustancias emitidas al aire asociadas a tipos de minería

Contaminante	Tipo de explotaciones en las que se genera
• Metano (CH ₄)	• Explotaciones de minerales fósiles (carbones, etc.)
• Monóxido de carbono (CO)	• Minería energética
• Dióxido de carbono (CO ₂)	• Minería energética
• Óxidos de nitrógeno (NO _x /NO ₂)	• Minería energética
• Metales (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Tl, Sb, Co, Mn, V)	• Minería metálica
• Cloro y otros compuestos (como HCl)	• Minería industrial (para el suministro de materias primas – sales cloradas – a la industria química)
• COT	

Las emisiones de este tipo de sustancias no son esperables, o resultan muy poco significativas, en las canteras asociadas a la industria del cemento debido al tipo de materia prima extraída (caliza, arenisca, marga, arcilla, yesos y materiales silíceos). En todo caso, este tipo de sustancias podrían encontrarse como impurezas.

Las **emisiones a la atmósfera más significativas** de las canteras asociadas a las instalaciones cementeras serían, por tanto, las emisiones difusas de **partículas** (PST y PM₁₀) generadas fundamentalmente durante el proceso extractivo, pero también por el tráfico rodado (vehículos, maquinaria, etc.). También pueden existir fuentes o focos fijos de emisiones de partículas (plantas de tratamiento del material). En las canteras de yesos se pueden generar, durante las voladuras, emisiones puntuales y de escasa entidad de óxidos de azufre. Además, en

aquellas canteras en las que el consumo de combustibles sea relevante, se deberían considerar todos aquellos contaminantes derivados de los procesos de combustión.

Para la determinación de la carga contaminante de partículas emitidas por fuentes difusas, se recomienda su cálculo a partir de factores de emisión.

Si existen fuentes o focos fijos o estacionarios, para medir sus emisiones a la atmósfera se deben seguir los mismos criterios que en el caso de las instalaciones cementeras.

En cuanto a las **aguas residuales** generadas en las canteras asociadas a las instalaciones cementeras, no es esperable, tal y como se ha comentado anteriormente, que contengan alguna de las sustancias PRTR, salvo si se presentan como elementos traza o impurezas de las materias primas. Como regla general debería de realizarse un muestro de aguas residuales, si es el caso, para determinar qué sustancias se están emitiendo y en qué cantidades.

Desde algunas asociaciones industriales europeas, se plantea que sería de gran ayuda disponer de un estudio hidrogeológico de la zona donde se ubica la cantera de tal forma que se conozcan las escorrentías superficiales y subterráneas y se pueda evaluar, sobre todo en el segundo caso, la potencial contaminación.

Tanto en el caso de las emisiones al agua como al suelo de las sustancias PRTR, será necesario prestar atención a las posibles emisiones de tipo accidental como consecuencia de derrames de combustibles y aceites de los vehículos y maquinaria utilizados, etc. No obstante, la ocurrencia de este tipo de accidentes en las canteras se ha conseguido minimizar a través de la implantación de planes de mantenimiento preventivo y correctivo de vehículos y maquinaria, la designación de zonas específicas para el almacenamiento de la maquinaria y la realización de operaciones de mantenimiento de la misma, la instalación de medidas para la recogida de posibles derrames de sustancias peligrosas, etc.

En cuanto a los **residuos** generados en las explotaciones, se deben de seguir las obligaciones de notificación incluidas en el Real Decreto 508/2007: todos aquellos residuos generados en la cantera y que son transferidos fuera de la instalación para su gestión deben ser notificados indicando el tipo y su destino, y siempre que se superen las 2 toneladas/año en el caso de residuos peligrosos y las 2.000 t/año en el caso de residuos no peligrosos. En principio, no son esperables residuos generados en cantidades significativas ni que estos sean transferidos a otros países.

3. Metodología y control de emisiones de sustancias contaminantes significativas consideradas en PRTR para las canteras asociadas a las instalaciones cementeras

3.1. Consideraciones generales

En la presente guía se recoge el resultado del análisis y selección de los métodos de medición (M) y cálculo (C) considerados más adecuados, para su aplicación en las canteras asociadas a la industria del cemento, para la determinación de las emisiones significativas determinadas en el apartado 3.1.3.

3.2. Recomendaciones generales para la medición (M)

Para la determinación de emisiones provocadas por las actividades propias de las canteras, no es procedente la utilización de equipos de muestreo y técnicas analíticas debido a que las emisiones más significativas provienen de fuentes difusas, es decir, no es posible localizarlas en un único punto de descarga al medio. Por ello, para la determinación de emisiones difusas se recomienda utilizar los métodos de cálculo que se exponen a continuación. Sólo cuando existan fuentes localizadas de emisiones de partículas a la atmósfera (plantas de tratamiento del material, etc.) será posible notificar la carga contaminante de partículas emitidas por estas fuentes a través de mediciones. En estos casos, deberían seguirse los mismos criterios para medir las emisiones que en las instalaciones cementeras y sumarse estas cargas contaminantes de fuentes localizadas a las emitidas por las fuentes difusas, obtenidas mediante cálculo, para determinar la carga contaminante de partículas emitida por la cantera.

3.3. Recomendaciones generales para el cálculo (C): Factores de emisión

Para la determinación de la carga contaminante anual de partículas (partículas totales en suspensión – PST- y partículas con diámetro menor a 10 micras - PM₁₀ -) emitida a la atmósfera procedente de fuentes difusas en las canteras, se recomienda la utilización de métodos de cálculo que parten de estimaciones aceptadas nacional y/o internacionalmente. En la presente guía se proponen los métodos de cálculo recogidos en los siguientes documentos:

- USEPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1 (secciones 11.19.2, 13.2.1, 13.2.2, 13.2.4 y 13.2.6)
- “Cálcul d’emissions fugitives de partícules en activitats extractives amb o sense planta de tractament de productes minerals associada I operacions similars” (2004), elaborado por la Dirección General de Calidad Ambiental de la Generalidad de Cataluña y basado en:
 - AP-42, publicado por United States Environmental Protection Agency (USEPA)
 - “Fugitive dust control technology”, J.A. Orleman, T.J. Kalman, Ohio Environmental Protection Agency Office of Air Pollution Control Columbus Ohio, Noyes Data Corporation (2003).
- “Emisión Estimation Technique Manual for Mining. Version 2.3”, National Pollutant Inventory, Australia Environment Protection Authority (2001).

El cálculo de la carga contaminante anual se realiza aplicando la ecuación nº 1, mediante la suma de las emisiones de partículas que tiene lugar en cada una de las actividades que generan emisiones de este contaminante en las canteras. Así, cada explotación deberá identificar cada una de las actividades que realiza y calcular las emisiones de dichas actividades, para, al final, sumar todas ellas y obtener la emisión total a notificar.

Ecuación nº 1: *Calculo de la carga contaminante anual emitida por el conjunto de actividades de la cantera*

$$\text{Carga contaminante anual emitida (en kg/año)} = \sum_{1}^{n} C_{\text{actividad } i}$$

En donde:

$C_{\text{actividad } i}$ = carga contaminante anual emitida por la actividad "i", en kg/año

En la presente guía, para el cálculo de la carga contaminante de partículas procedente de las emisiones de las canteras se propondrán diferentes ecuaciones que presentan las siguientes características:

- están reconocidas nacional y/o internacionalmente y existe consenso sobre su efectividad en la determinación de emisiones
- particularizan cada una de las actividades
- mediante cálculos sencillos, parámetros tabulados e información específica del lugar, se obtiene de modo aproximado el valor de las emisiones.

El procedimiento para la determinación y notificación de la carga contaminante anual de partículas (PST y PM10) emitida a la atmósfera en las canteras se compone de los siguientes pasos:

- a. Identificación de las diferentes fuentes/actividades de emisión de partículas de la explotación
- b. Determinación de la carga contaminante emitida por cada una de dichas fuentes
- c. Si procede, aplicación de factores correctores
- d. Suma de las emisiones de cada una de las fuentes/actividades para obtener la emisión total global
- e. Notificación del resultado al registro PRTR (de acuerdo con lo establecido en la sección I de la presente guía).

Las principales actividades o fuentes emisoras de partículas en las canteras asociadas a las instalaciones cementeras son:

- Extracción de materiales
- Tratamiento del material (trituration, cribado, etc.)
- Emisiones generadas en almacenamientos, carga y descarga del material apilado
- Resuspensión de partículas depositadas en el suelo debidas al tránsito de vehículos por viales no pavimentados
- Resuspensión de partículas depositadas en el suelo debidas al tránsito de vehículos por viales pavimentados

3.3.1. Extracción de materiales

Las emisiones de partículas a la atmósfera generadas por los procesos de extracción de materiales variarán, tanto cuantitativa como cualitativamente, en función de si la extracción se realiza mediante voladura con explosivo o mediante excavadoras hidráulicas. En general, las canteras asociadas a las instalaciones cementeras en España utilizan como método de extracción la voladura.

La Sección 11.9 "Western Surface Coal Mining" del documento AP-42 de la EPA describe un procedimiento para el cálculo de las emisiones difusas de partículas generadas durante las voladuras. No obstante, en la Sección 11.9.2 "Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing" se desaconseja la utilización de este método de cálculo en las canteras asociadas a las instalaciones cementeras, debido a que las técnicas de voladura, explosivos empleados y la superficie del área de voladura difieren notablemente entre este tipo de canteras y la minería a cielo abierto de carbón.

3.3.2. Tratamiento del material

Se propone la siguiente ecuación para determinar las emisiones totales de partículas del conjunto de operaciones de tratamiento del material que se realicen en la cantera:

Ecuación nº 2: Cálculo de la carga contaminante anual emitida por las actividades de tratamiento de materiales

$$\text{Carga contaminante anual emitida (en kg/año)} = \sum_{i=1}^n (\text{FE}_i \times \text{C}_i)$$

En donde:

FE_i = Factor de emisión de la actividad "i", según tablas 4 y 5, en kg de partículas (PM10 o PST)/tonelada de material procesado
C_i = cantidad de material procesado anualmente en la operación de tratamiento "i", en toneladas/año
i = cada una de las operaciones de tratamiento existentes
n = número total de operaciones de tratamiento existentes

En la tabla 4 se muestran los valores de los factores de emisión para las distintas operaciones de tratamiento del material cuando no se utilizan técnicas de control de las emisiones a la atmósfera de partículas. En la tabla 5 se recogen los factores de emisión para operaciones de tratamiento del material cuando se utiliza como técnica de control de las emisiones de partículas, métodos húmedos (pulverización de agua).

Tabla 4: Factores de emisión (sin técnicas de control)

OPERACIÓN	PM ₁₀ (kg/t)	PST (kg/t)
Tamizado	0,0043	0,0125
Trituración primaria	(a)	(a)
Trituración secundaria	(a)	(a)
Trituración terciaria	0,0012	0,0027
Trituración de finos	0,0075	0,0195
Tamizado de finos	0,036	0,15

Punto de transferencia del material	0,00055	0,0015
Descarga de camiones: piedra fragmentada	8,0 E-6	(b)
Descarga de camiones: piedra triturada	5,0 E-6	(b)
Carga de camiones	(b)	(b)

(a) Utilizar el factor de emisión de trituración terciaria

(b) Utilizar el factor de emisión de punto de transferencia del material

Fuente: EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1 (sección 11.19.2) y "Cálcul d'emissions fugitives de partícules en activitats extractives amb o sense planta de tractament de productes minerals associada I operacions similars" (Direcció General de Qualitat Ambiental de la Generalitat de Catalunya)

Tabla 5: Factores de emisión (con técnicas de control-métodos húmedos)

OPERACIÓN	PM₁₀ (kg/t)	PST (kg/t)
Tamizado	0,00037	0,0011
Trituración terciaria	0,00027	0,0006
Trituración de finos	0,0006	0,0015
Tamizado de finos	0,0011	0,0018
Punto de transferencia del material	0,000023	0,00007

Fuente: EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1 (sección 11.19.2) y "Cálcul d'emissions fugitives de partícules en activitats extractives amb o sense planta de tractament de productes minerals associada I operacions similars" (Direcció General de Qualitat Ambiental de la Generalitat de Catalunya)

Como se puede observar, en función de las operaciones realizadas para el procesado de materiales y de si éstas disponen de métodos de control de las emisiones a la atmósfera (métodos húmedos), los parámetros a aplicar en la ecuación nº 2 variarán.

Ejemplo nº 1: Cálculo de la carga contaminante anual de PM₁₀ (kg/año) emitida en diferentes actividades del procesado de materiales

A continuación se indican las operaciones de tratamiento del material que se realizaron en una cantera durante el año 2007, junto con la cantidad de material procesado, en toneladas/año, en cada una de ellas:

- Tamizado (con técnicas de control): 1.000.000 t/año
- Trituración primaria: 900.000 t/año
- Trituración secundaria: 850.000 t/año
- Trituración terciaria (con técnicas de control) : 800.000 t/año
- Carga de camiones: 780.000 t/año

Aplicando la ecuación nº 2 para cada una de las operaciones de tratamiento del material, se obtiene la carga contaminante emitida durante el año 2007:

- Tamizado (con técnicas de control): 0,00037 kg/t x 1.000.000 t/año = 370 kg/año
- Trituración primaria: 0,0012 kg/t x 900.000 t/año = 1.080 kg/año
- Trituración secundaria: 0,0012 kg/t x 850.000 t/año = 1.020 kg/año
- Trituración terciaria (con técnicas de control): 0,00027 kg/t x 800.000 t/año = 216 kg/año
- Carga de camiones: 0,00055 kg/t x 780.000 t/año = 429 kg/año

La suma de las cargas contaminantes emitidas de PM10 en cada una de las operaciones de tratamiento del material, proporciona la carga contaminante total emitida de este contaminante:

$$370 \text{ kg/año} + 1.080 \text{ kg/año} + 1.020 \text{ kg/año} + 216 \text{ kg/año} + 429 \text{ kg/año} = 3.115 \text{ kg/año}$$

3.3.3. Emisiones durante el almacenamiento, carga y descarga del material apilado

En este caso, el factor de emisión, en kg de partículas/tonelada de material manipulado, se calcula en cada ocasión mediante la ecuación nº 3:

Ecuación nº 3: Cálculo del factor de emisión para partículas durante las operaciones de almacenamiento, carga y descarga del material apilado

$$\text{Factor de emisión (en kg/t de material manipulado)} = k \times 0,0016 \times \frac{(U/2,2)^{1,3}}{(M/2)^{1,4}}$$

En donde:

k (PM₁₀) = Factor multiplicador adimensional en función del tamaño aerodinámico de las partículas. Toma los valores de 0,35 en el caso de PM10 y de 0,74 en el caso de PST (para PST se adopta por defecto el valor de "k" que se incluye en la sección 13.2.4 del documento AP 42 de la EPA para PM30).
U = velocidad media anual del viento (m/s). Se puede solicitar a través de la Agencia Estatal de Meteorología www.aemet.es
M = humedad de los materiales (%). Se recomienda la utilización de datos de humedad obtenidos de campañas de muestreo y análisis. En su defecto, se pueden utilizar los valores propuestos por defecto en la tabla 6.

Nota: Para determinar la humedad de los materiales mediante su muestreo y análisis, se pueden utilizar como referencia los siguientes documentos:

- EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1. Appendix C.1 Procedures for sampling surface/bulk dust loading
- EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1. Appendix C.2 Procedures for laboratory analysis of surface/bulk dust loading samples

Tabla 6: Valores típicos de contenido de humedad en los materiales

Material	Contenido en humedad (%)	
	Rango	Valor medio
Caliza	No disponible	0,2
Caliza triturada	0,3 – 1,1	0,7
Otros productos de la caliza	0,46- 5,0	2,1
Arena	-	7,4
Arcilla	8,9 - 11	10

Fuente: EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1 (sección 13.2.4)

Una vez obtenido el factor de emisión en cada caso, la determinación de la carga contaminante anual de partículas (PST o PM₁₀) se realiza con la ecuación nº 4:

Ecuación nº 4: Cálculo de la carga contaminante anual emitida para PST/PM₁₀ durante las operaciones de almacenamiento, carga y descarga del material apilado

$$\text{Carga contaminante (en kg/año)} = \text{FE} \times \text{C}$$

En donde:

FE = Factor de emisión para PST/PM₁₀, en kg de contaminante/tonelada de material manipulado, calculado según la ecuación nº 3
C = Cantidad anual de material manipulado en las operaciones de almacenamiento carga y descarga, en toneladas/año

Ejemplo nº 2: Cálculo de la carga contaminante anual emitida de PM₁₀ durante las operaciones de almacenamiento, carga y descarga del material apilado:

Durante el año 2007, la cantidad de piedra caliza extraída y sometida a operaciones de almacenamiento, carga y descarga en una cantera fue de 500.000 toneladas. A través de campañas de muestreo y análisis de la caliza extraída, se determinó que su porcentaje de humedad medio era del 1,6%.

Según datos de la Agencia Estatal de Meteorología correspondientes al año 2007, la velocidad media del viento en la estación meteorológica más cercana es de 1,8 m/s.

Aplicando la ecuación nº 3 se obtiene el factor de emisión para las PM₁₀:

$$\text{Factor de emisión (en kg/t de material manipulado)} = 0,35 \times 0,0016 \times \frac{(1,8/2,2)^{1,3}}{(1,6/2)^{1,4}} = 0,00058961$$

Una vez que se dispone del factor de emisión, la determinación de la carga contaminante anual de PM₁₀ emitida durante las operaciones de almacenamiento, carga y descarga de materiales, se realiza aplicando la ecuación nº 4:

$$\text{Carga contaminante (kg/año)} = 0,00058961 \text{ kg/t} \times 500.000 \text{ t/año} = 294,81 \text{ kg/año}$$

3.3.4. Resuspensión de partículas depositadas en el suelo debidas al tránsito de vehículos por viales no pavimentados

En este caso, se determinarán las emisiones en cada uno de los tramos en los que se dividen los viales no pavimentados, teniendo en cuenta que cada tramo tendrá un factor de emisión propio y una intensidad de vehículos característica.

El factor de emisión de cada uno de los tramos se calcula a partir de la siguiente ecuación²⁷:

²⁷ Esta ecuación se aplica en el caso de que se trate de viales en los que circulen fundamentalmente vehículos industriales (viales industriales).

Ecuación nº 5: Cálculo del factor de emisión de PM10/PST de cada tramo

$$\text{Factor de emisión tramo } i \text{ [en g/(vehículo-km)]} = k \times (s/12)^a \times (W/3)^b$$

En donde:

- k** = Factor multiplicador en función del tamaño de las partículas que toma los valores de la tabla 7, en gramos/(vehículo-kilómetro)
- a, b** = constantes que toman los valores de la tabla 7
- s** = contenido en partículas sedimentadas en los viales (materiales con diámetro inferior a 75 µm), en %. Se recomienda la utilización de datos obtenidos de campañas de muestreo y análisis. En su defecto, se pueden utilizar los valores propuestos en la tabla 8.
- W** = peso medio de los vehículos que circulan por el tramo (en toneladas)
- i** = cada uno de los tramos en los que se dividen los viales no pavimentados

Nota: Para determinar la humedad de los materiales mediante su muestreo y análisis, se pueden utilizar como referencia los siguientes documentos:

- EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1. Appendix C.1 Procedures for sampling surface/bulk dust loading
- EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1. Appendix C.2 Procedures for laboratory analysis of surface/bulk dust loading samples

Tabla 7: Valores de los parámetros k, a y b

Parámetro	PM10	PST ^(a)
k	422,85	1381,31
a	0,9	0,7
b	0,45	0,45

^(a) En defecto de valores específicos para PST, los valores de los parámetros k, a y b que se proponen en este documento son los indicados en la sección 13.2.2 del documento AP-42 de la EPA para PM30.

Fuente: EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1 (sección 13.2.2) y "Càlcul d'emissions fugitives de partícules en activitats extractives amb o sense planta de tractament de productes minerals associada i operacions similars" (Direcció General de Qualitat Ambiental de la Generalitat de Catalunya)

Tabla 8: Valores típicos de partículas sedimentadas en viales industriales no pavimentados

Material		Contenido en partículas sedimentadas en viales, s (%)	
		Rango	Valor medio
Procesado de arena y grava	Viales	4,1 – 6,0	4,8
	Áreas de almacenamiento de material	-	7,1
Canteras y operaciones de tratamiento del material	Viales	2,4 - 16	10
	Viales entre bancos	5,0 15	8,3

Fuente: EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1 (sección 13.2.2)

La carga contaminante anual por tramo se determina mediante la siguiente ecuación:

Ecuación nº 6: Cálculo de la carga contaminante anual de PM10/PST por tramo

$$\text{Carga contaminante anual tramo } i \text{ (kg/año)} = \text{FE}_{\text{tramo } i} \times \text{VKM}_{\text{tramo } i}$$

En donde:

FE_{tramo i} = Factor de emisión para el tramo i, en kg/(vehículo-km)
VKM_{tramo i} = Vehículos-kilómetro recorridos en el tramo i en un año, en vehículos-km/año
i = cada uno de los tramos en los que se dividen los viales no pavimentados

NOTA: **VKM**_{tramo i} podría ser determinado a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{VKM}_{\text{tramo } i} \text{ (en vehículos-km/año)} = L_{\text{tramo } i} \times \text{Circulación}_{\text{tramo } i}$$

En donde:

L_{tramo i} = Longitud del tramo i, en km

Circulación_{tramo i} = Número de circulaciones de vehículos por el tramo i en un año, en número de circulaciones/año. Es necesario tener en cuenta que si un vehículo hace un recorrido de ida y vuelta por el tramo i, se contabilizará como dos circulaciones.

Finalmente, se calculan las emisiones totales como la suma de las emisiones de cada uno de los tramos utilizando la ecuación nº 7:

Ecuación nº 7: Cálculo de la carga contaminante anual total de PM10/PST

$$\text{Carga contaminante total (en kg/año)} = \sum_{i=1}^n \text{Carga contaminante anual tramo } i \text{ (kg/año)}$$

En donde:

i = cada uno de los tramos en los que se dividen los viales no pavimentados
n = número total de tramos

El valor obtenido con la ecuación nº 6 debe ser corregido en función de determinados factores:

- Corrección por el efecto de la precipitación
- Corrección por efecto del riego con agua (únicamente se aplicará en caso de que en la cantera se realice el riego de los viales no pavimentados con agua como medida para minimizar las emisiones de partículas a la atmósfera)

▪ **Corrección por el efecto de la precipitación**

La carga contaminante anual de partículas, ya sea partículas totales o PM10, corregida por el efecto de la precipitación se calcula aplicando la ecuación nº 8:

Ecuación nº 8: Cálculo de la carga contaminante anual emitida de PM10/PST, corregida por el efecto de la precipitación

$$\text{Carga contaminante anual}_{\text{correg. precip.}} \text{ (en kg/año)} = \text{Carga contaminante total (kg/año)} \times [1 - (P/365)]$$

En donde:

P = número de días al año en que la precipitación supera 0,254 mm. Se puede solicitar a través de la Agencia Estatal de Meteorología www.aemet.es

▪ **Corrección por efecto del riego con agua²⁸**

La carga contaminante anual de partículas en el caso de que se realice el riego de los viales no pavimentados con agua como medida para minimizar las emisiones de partículas a la atmósfera, ya sea partículas totales o PM10, se calcula aplicando la ecuación nº 9:

Ecuación nº 9: Cálculo de la carga contaminante anual de PM10/PST, corregida por efecto del riego con agua

$$\text{Carga contaminante anual correg. precip. (en kg/año)} = \text{Carga contaminante total (kg/año)} \times [1 - (\eta / 100)]$$

En donde:

Carga contaminante total (kg/año) = Carga contaminante anual obtenida a partir de la ecuación nº 8 o de la ecuación nº 9, en kg/año
 η = Factor corrector de la eficacia del riego, según tabla 9

Tabla 9: Valores de η

RM	η
RM MENOR O IGUAL A 1	0
RM ENTRE 1 Y 2	75xRM-75
RM MAYOR A 2	61,67+6,67xRM

Fuente: "Cálcul d' emissions fugitives de partícules en activitats extractives amb o sense planta de tractament de productes minerals associada I operacions similars" (Direcció General de Qualitat Ambiental de la Generalitat de Catalunya)

La relación de humidificación (RM) utilizada en la tabla 9 se determina a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación nº 10: Cálculo de la relación de humidificación

$$RM = M_{\text{regada}} / M_{\text{sin regar}}$$

En donde:

M_{regada} = Contenido de humedad de la superficie del tramo tras el riego con agua, en %
 $M_{\text{sin regar}}$ = Contenido de humedad de la superficie del tramo antes del riego con agua, en %

Ejemplo 3: Cálculo de la carga contaminante anual de PM₁₀ (en kg/año) emitida como consecuencia de la resuspensión de partículas depositadas en el suelo debidas al tránsito de vehículos por viales no pavimentados:

Los viales de una cantera, todos ellos no pavimentados, presentaban las siguientes características en el año 2007:

²⁸ Cálcul d' emissions fugitives de partícules en activitats extractives amb o sense planta de tractament de productes minerals associada I operacions similars" (2004), elaborado por la Direcció General de Qualitat Ambiental de la Generalitat de Catalunya.

	Tramo A	Tramo B	Tramo C
Longitud (km)	12,7	9,8	0,5
Nº circulaciones/año	2.200	2.640	1.760
s (%)	4,8	5,1	6
W (t)	4	3,8	4,5

Con la ecuación nº 5, se calculan los factores de emisión de cada tramo:

$$\text{Factor de emisión tramo A (en g/vehículo-km)} = 422,85 \times (4,8/12)^{0,9} \times (4/3)^{0,45} = 210,81 \text{ g/(vehículo-km)}$$

$$\text{Factor de emisión tramo B (en g/vehículo-km)} = 422,85 \times (5,1/12)^{0,9} \times (3,8/3)^{0,45} = 217,74 \text{ g/(vehículo-km)}$$

$$\text{Factor de emisión tramo C (en g/vehículo-km)} = 422,85 \times (6/12)^{0,9} \times (4,5/3)^{0,45} = 271,96 \text{ g/(vehículo-km)}$$

Para determinar VKM en cada tramo, aplicamos las siguientes ecuaciones:

$$\text{VKM tramo A (en vehículos-km/año)} = L \text{ tramo A}_i \times \text{Circulación tramo A} = 12,7 \text{ km} \times 2.200 \text{ circulaciones/año} = 27.940 \text{ vehículos-km/año}$$

$$\text{VKM tramo B (en vehículos-km/año)} = L \text{ tramo B}_i \times \text{Circulación tramo B} = 9,8 \text{ km} \times 2.640 \text{ circulaciones/año} = 25.872 \text{ vehículos-km/año}$$

$$\text{VKM tramo C (en vehículos-km/año)} = L \text{ tramo C}_i \times \text{Circulación tramo C} = 0,5 \text{ km} \times 1.760 \text{ circulaciones/año} = 880 \text{ vehículos-km/año}$$

Utilizando la ecuación nº 6, se calcula la carga contaminante de PM₁₀ emitida en cada uno de los tramos durante el año 2007:

$$\text{Carga contaminante total tramo A (en kg/año)} = FE_{\text{tramo } i} \times \text{VKM}_{\text{tramo } i} = (210,81 \times 27.940) \times 10^{-3} = 5.890,03 \text{ kg/año}$$

$$\text{Carga contaminante total tramo B (en kg/año)} = (217,74 \times 25.872) \times 10^{-3} = 5.633,37 \text{ kg/año}$$

$$\text{Carga contaminante total tramo C (en kg/año)} = (271,96 \times 880) \times 10^{-3} = 239,32 \text{ kg/año}$$

La carga contaminante anual total de PM₁₀, emitida en la cantera debido a la resuspensión de partículas depositadas en el suelo debidas al tránsito de vehículos por viales no pavimentados, sin corregir, se determina a partir de la ecuación nº 7:

$$\text{Carga contaminante total (kg/año)} = 5.890,03 + 5.633,37 + 239,32 = 11.176,72 \text{ kg/año}$$

Ejemplo 4: Cálculo de la carga contaminante anual de PM₁₀ (en kg/año) emitida como consecuencia de la resuspensión de partículas depositadas en el suelo debidas al tránsito de vehículos por viales no pavimentados teniendo en cuenta los factores correctores:

En la cantera del ejemplo anterior se dispone, además de los siguientes datos:

- En 2007, durante 152 días la precipitación superó los 0,254 mm
- Se riega con agua el tramo B. El contenido de humedad de la superficie sin regar igual al doble del contenido de humedad de la superficie regada (RM = 2)

En todos los tramos se debe realizar la corrección por efecto de la precipitación, aplicando la ecuación nº 8:

$$\text{Carga contaminante anual}_{\text{correg. precip. tramo A}} = 5.890,03 \times [1 - (152/365)] = 3.437,20 \text{ kg/año}$$

$$\text{Carga contaminante anual}_{\text{correg. precip. tramo B}} = 5.633,37 \times [1 - (152/365)] = 3.287,42 \text{ kg/año}$$

$$\text{Carga contaminante anual}_{\text{correg. precip. tramo C}} = 239,32 \times [1 - (152/365)] = 139,66 \text{ kg/año}$$

Debido al riego con agua, a la carga contaminante calculada para el tramo B es necesario aplicarle la ecuación nº 10:

- RM = 2, por lo que, según la tabla 10, $\eta = 75$

$$\text{Carga contaminante anual}_{\text{correg. precip. tramo B}} = 3.287,42 \times [1 - (75/100)] = 821,86 \text{ kg/año}$$

La carga contaminante anual de PM10 emitida en el conjunto de los tramos se determina a partir de la ecuación nº 7:

$$\text{Carga contaminante total (kg/año)} = 3.437,20 + 821,86 + 139,66 = \mathbf{4.398,72 \text{ kg/año}}$$

3.3.5. Resuspensión de partículas depositadas en el suelo debidas al tránsito de vehículos por viales pavimentados

Se determinarán las emisiones en cada uno de los tramos en los que se dividen los viales no pavimentados, teniendo en cuenta que cada tramo tendrá un factor de emisión propio y una intensidad de vehículos característica.

El factor de emisión de cada uno de los tramos se determina con la siguiente ecuación:

Ecuación nº 10: Cálculo del factor de emisión de PM10/PST de cada tramo

$$\text{Factor de emisión tramo (en g/vehículo x km)} = k \times (sL/2)^{0,65} \times (W/3)^{1,5} - C$$

En donde:

k = Factor multiplicador en función del tamaño de las partículas que toma los valores de la tabla 10, en gramos/(vehículo-kilómetro)
sL = contenido en partículas sedimentadas en los viales (materiales con diámetro inferior a 75 µm), en g/m2. Se recomienda la utilización de datos obtenidos de campañas de muestreo y análisis. En su defecto, se pueden utilizar los valores propuestos en la tabla 11.
W = Peso medio de los vehículos que circulan por el tramo, en toneladas
C = Factor corrector que tiene en cuenta las emisiones de partículas provenientes de los tubos de escape y del desgaste de frenos y neumáticos de los vehículos, según tabla 10, en gramos/vehículo-km

Nota: Para la obtención de datos reales se pueden utilizar como referencia los siguientes documentos:

- EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1. Appendix C.1 Procedures for sampling surface/bula dust loading
- EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1. Appendix C.2 Procedures for laboratory analysis of surface/bulk dust loading samples

Tabla 10: Valores de k y C

Parámetro	PM ₁₀	PST ^(a)
k	4,6	24
C	0,1317	0,1317

^(a) En defecto de valores específicos para PST, los valores de los parámetros k, a y b que se proponen en este documento son los indicados en la sección 13.2.1 del documento AP-42 de la EPA para PM30.

Fuente: EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1 (sección 13.2.1) y "Càlcul d'emissions fugitives de partícules en activitats extractives amb o sense planta de tractament de productes minerals associada I operacions similars" (Direcció General de Qualitat Ambiental de la Generalitat de Catalunya)

Tabla 11: Valores típicos de partículas sedimentadas en viales industriales pavimentados

Material	Contenido en partículas sedimentadas en viales, sL (g/m2)	
	Rango	Valor medio
Procesado de arena y grava	53 - 95	70
Canteras	2,4 - 14	8,2

Fuente: EPA AP-42, Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1 (sección 13.2.1) y "Càlcul d'emissions fugitives de partícules en activitats extractives amb o sense planta de tractament de productes minerals associada I operacions similars" (Direcció General de Qualitat Ambiental de la Generalitat de Catalunya)

La carga contaminante de partículas, por tramo y total, se calcula mediante la aplicación sucesiva de las ecuaciones nº 6 y 7.

De nuevo, el valor obtenido con la ecuación nº 6 debe ser corregido en función de determinados factores:

- Corrección por el efecto de la precipitación
- Corrección debida a la aplicación de medidas correctoras para minimizar las emisiones de partículas a la atmósfera debidas al tránsito de vehículos por viales pavimentados (barrido, riego con agua o combinación de ambas)

▪ **Corrección por el efecto de la precipitación**

La carga contaminante anual de partículas, ya sea partículas totales o PM₁₀, corregida por el efecto de la precipitación se calcula aplicando la ecuación nº 11:

Ecuación nº 11: *Cálculo de la carga contaminante anual emitida de PM10/PST, corregida por el efecto de la precipitación*

$$\text{Carga contaminante anual}_{\text{correg. precip.}} \text{ (en kg/año)} = \text{Carga contaminante total (kg/año)} \times [1 - (P/1460)]$$

En donde:

P = número de días al año en que la precipitación supera 0,254 mm. Se puede solicitar a través de la Agencia Estatal de Meteorología www.aemet.es

▪ **Corrección debida a la aplicación de medidas correctoras para minimizar las emisiones de partículas a la atmósfera debidas al tránsito de vehículos por viales pavimentados²⁹**

La carga contaminante anual de partículas en este caso se calcula aplicando la ecuación nº 12:

Ecuación nº 12: *Cálculo de la carga contaminante anual de PM10/PS, corregida por otros factores*

$$\text{Carga contaminante anual}_{\text{correg. medidas correctoras}} \text{ (en kg/año)} = \text{Carga contaminante total (kg/año)} \times [1 - (\eta / 100)]$$

En donde:

Carga contaminante total (kg/año) = Carga contaminante anual obtenida a partir de la ecuación nº 7 o de la ecuación nº 8, en kg/año
η = eficacia de la medida correctora, según tabla 12

Tabla 12: Valores de η

Barrido	70
Riego con agua	80
Barrido + riego con agua	94

Fuente: "Cálcul d'emissions fugitives de partícules en activitats extractives amb o sense planta de tractament de productes minerals associada I operacions similars" (Direcció General de Qualitat Ambiental de la Generalitat de Catalunya)

²⁹ Cálcul d'emissions fugitives de partícules en activitats extractives amb o sense planta de tractament de productes minerals associada I operacions similars" (2004), elaborado por la Dirección General de Calidad Ambiental de la Generalidad de Cataluña.

Ejemplo 5: Cálculo de la carga contaminante anual de PM₁₀ (en kg/año) emitida como consecuencia de la resuspensión de partículas depositadas en el suelo debidas al tránsito de vehículos por viales pavimentados teniendo en cuenta los factores correctores

Los viales de una cantera, todos ellos pavimentados, presentaban las siguientes características en el año 2007:

	Tramo A	Tramo B	Tramo C
Longitud (km)	12,7	9,8	0,5
Nº circulaciones/año	2.200	2.640	1.760
sL (g/m ²)	65	59	76
W (t)	4	3,8	4,5

Con la ecuación nº 10, se calculan los factores de emisión de cada tramo:

$$\text{Factor de emisión tramo A (en g/vehículo x km)} = 4,6 \times (65/2)^{0,65} \times (4/3)^{1,5} - 0,1317 = 67,93 \text{ g/(vehículo-km)}$$

$$\text{Factor de emisión tramo B (en g/vehículo x km)} = 4,6 \times (59/2)^{0,65} \times (3,8/3)^{1,5} - 0,1317 = 59,04 \text{ g/(vehículo-km)}$$

$$\text{Factor de emisión tramo C (en g/vehículo x km)} = 4,6 \times (76/2)^{0,65} \times (4,5/3)^{1,5} - 0,1317 = 89,77 \text{ g/(vehículo-km)}$$

Para determinar VKM en cada tramo, aplicamos las siguientes ecuaciones:

$$\text{VKM tramo A (en vehículos-km/año)} = L \text{ tramo A}_i \times \text{Circulación tramo A} = 12,7 \text{ km} \times 2.200 \text{ circulaciones/año} = 27.940 \text{ vehículos-km/año}$$

$$\text{VKM tramo B (en vehículos-km/año)} = L \text{ tramo B}_i \times \text{Circulación tramo B} = 9,8 \text{ km} \times 2.640 \text{ circulaciones/año} = 25.872 \text{ vehículos-km/año}$$

$$\text{VKM tramo C (en vehículos-km/año)} = L \text{ tramo C}_i \times \text{Circulación tramo C} = 0,5 \text{ km} \times 1.760 \text{ circulaciones/año} = 880 \text{ vehículos-km/año}$$

Utilizando la ecuación nº 6, se calcula la carga contaminante de PM₁₀ emitida en cada uno de los tramos durante el año 2007:

$$\text{Carga contaminante total tramo A (en kg/año)} = FE_{\text{tramo A}} \times \text{VKM}_{\text{tramo A}} = (67,93 \times 27.940) \times 10^{-3} = 1.897,96 \text{ kg/año}$$

$$\text{Carga contaminante total tramo B (en kg/año)} = (59,04 \times 25.872) \times 10^{-3} = 1.527,48 \text{ kg/año}$$

$$\text{Carga contaminante total tramo C (en kg/año)} = (89,77 \times 880) \times 10^{-3} = 79,00 \text{ kg/año}$$

La carga contaminante anual de PM₁₀, emitida como consecuencia de la resuspensión de partículas depositadas en el suelo debidas al tránsito de vehículos por viales pavimentados, sin corregir, se determina a partir de la ecuación nº 7:

$$\text{Carga contaminante total (kg/año)} = 1.897,96 + 1.527,48 + 79,00 = \mathbf{3.504,44 \text{ kg/año}}$$

En la cantera se dispone, además, de los siguientes datos:

- Número de días al año que se supera la precipitación de 0.254 mm: 152
- Como medidas correctoras para minimizar las emisiones de polvo, se riega en los tramos A y B y se barre en el tramo C.

En todos los tramos se debe realizar la corrección por efecto de la precipitación, aplicando la ecuación nº 11:

$$\text{Carga contaminante anual}_{\text{correg. precip. tramo A}} = 1.897,96 \times [1 - (152/1460)] = 1.700,36 \text{ kg/año}$$

$$\text{Carga contaminante anual}_{\text{correg. precip. tramo B}} = 1.527,48 \times [1 - (152/1460)] = 1.368,45 \text{ kg/año}$$

$$\text{Carga contaminante anual}_{\text{correg. precip. tramo C}} = 79,00 \times [1 - (152/1460)] = 70,78 \text{ kg/año}$$

Además, como consecuencia de la aplicación de medidas correctoras para minimizar las emisiones de polvo en los tres tramos, se debe aplicar la ecuación nº 12:

$$\text{Carga contaminante anual}_{\text{correg. medidas correctoras tramo A}} = 1.700,36 \times [1 - (80/100)] = 340,07 \text{ kg/año}$$

$$\text{Carga contaminante anual}_{\text{correg. medidas correctoras tramo B}} = 1.368,45 \times [1 - (80/100)] = 273,69 \text{ kg/año}$$

$$\text{Carga contaminante anual}_{\text{correg. medidas correctoras tramo C}} = 70,78 \times [1 - (70/100)] = 21,23 \text{ kg/año}$$

La carga contaminante anual de PM₁₀, emitida por la resuspensión de partículas depositadas en el suelo debidas al tránsito de vehículos por viales pavimentados y teniendo en cuenta los factores correctores, se calcula utilizando la ecuación nº 7:

$$\text{Carga contaminante total (kg/año)} = 340,07 + 273,69 + 21,23 = \mathbf{634,99 \text{ kg/año}}$$

Si se comparan los ejemplos 3, 4 y 5 se deducen conclusiones importantes:

- En el ejemplo 3 (viales sin pavimentar, no se consideran factores correctores), la carga contaminante anual emitida de PM₁₀ es de 11.176,72 kg/año, mientras en el ejemplo 5 (viales pavimentados sin considerar factores correctores) es de 3.504,44 kg/año, por lo que se reducen las emisiones de PM₁₀ en viales pavimentados un 68,6%.
- En el ejemplo 4 (viales sin pavimentar) se tienen en cuenta los factores correctores aplicables a cada uno de los tramos, con lo que la carga contaminante anual emitida de PM₁₀ es de 4.398,72 kg/año, lo que supone una reducción de emisiones de un 60,4% respecto al ejemplo 3, en el que no se tienen en cuenta los factores correctores.

- En el ejemplo 5 (viales pavimentados), la carga contaminante anual de PM₁₀ emitida a la atmósfera es de 3.504,44 kg, cuando no se consideran factores correctores, reduciéndose en un 81,9% (hasta los 634,99 kg/año) cuando sí se tienen en cuenta.
- Si se comparan las emisiones totales corregidas en viales sin pavimentar (Ejemplo 4) respecto a las emisiones totales corregidas en viales pavimentados (Ejemplo 5), se obtiene una reducción de emisiones del 85,6% en viales pavimentados.

SECCIÓN IV: BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Reglamento 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de enero de 2006, relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes y por el que se modifican las Directivas 91/689/CEE y 96/61/CE del Consejo (DOUE nº L33/1, de 4 de febrero de 2006).
- Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación (BOE núm. 157, de 2 de julio de 2002).
- Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas (BOE núm. 96, de 21 de abril de 2007).
- Real Decreto 812/2007, de 22 de junio, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (BOE núm. 150, de 23 de junio de 2007).
- Decisión de la Comisión, de 17 de julio de 2000, relativa a la realización de un inventario europeo de emisiones contaminantes (EPER) con arreglo al artículo 15 de la Directiva 96/61/CE del Consejo relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación (IPPC) (DOCE nº L162/36, de 28 de julio de 2000). (*Derogada por el Reglamento 166/2006*).
- Decisión 2007/589/CE de la Comisión, de 18 de julio de 2007, por la que se establecen directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de conformidad con la Directiva 2003/87/CE (DOUE nº L229/1, de 31 de agosto de 2007).
- Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero (BOE núm. 59, de 10 de octubre de 2005).
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos (BOE núm. 43, de 19 de febrero de 2002).
- Guía para la implantación del E-PRTR. Comisión Europea. Dirección General de Medio Ambiente. 2006.
- Guía de monitorización de Emisiones de dióxido de carbono del sector Cementero español de acuerdo a la Decisión 2007/589/CE de 10 de julio de 2007. Oficemen (*revisión de 12 de diciembre de 2008*).
- Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de Fabricación de Cemento. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. 2003.
- Prevención y control integrados de la contaminación (IPPC). Documento de referencia de los principios generales de Monitorización. Documento BREF. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. 2003.
- "Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries" (BREF del cemento y la cal). Comisión Europea. 2000.

- Estudio y resultados de la participación del sector cementero español en el Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos (2000 – 2003). Ministerio de Educación y Ciencia. Ciemat. 2005.
- “AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Chapter 11.6 Portland Cement Manufacturing”. U.S. EPA. 1995.
- “Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Polycyclic Organic Matter, capítulo 4.8 – Portland Cement Manufacturing”. EPA - L&E (Locating and Estimating). 1998.
- “EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory. Guidebook – 2007. Group Combustion in Manufacturing industry, 030311 – Cement”. Diciembre 2006.