

# **POSIBLES AFECCIONES Y RIESGOS AMBIENTALES DERIVADOS DE LAS EMISIONES PROCEDENTES DE LOS HORNOS CEMENTEROS**

Junio 2002



**ISTAS**

INSTITUTO SINDICAL  
DE TRABAJO  
AMBIENTE Y SALUD

## **ÍNDICE.**

### **I. ASPECTOS GENERALES.**

### **II. PREPARACIÓN Y EMPLEO DE LOS COMBUSTIBLES. CALENTAMIENTO DEL HORNO.**

### **III. EMISIONES.**

III.1. ÓXIDOS DE NITRÓGENO ( $\text{NO}_x$ ).

III.2. DIÓXIDO DE AZUFRE ( $\text{SO}_2$ ).

III.3. PARTÍCULAS.

III.4. METALES Y SUS COMPUESTOS.

III.5. CONTAMINANTES ORGÁNICOS.

III.6. DIOXINAS Y FURANOS.

### **IV. MARCO NORMATIVO.**

### **V. CORRECCIÓN Y CONTROL DE LAS EMISIONES.**

### **VI. INCINERACIÓN DE HARINAS CÁRNICAS.**

### **VII. CONCLUSIONES.**

## I. ASPECTOS GENERALES

El cemento es un material inorgánico finamente molido no metálico. Mezclado con agua forma una pasta que fragua y endurece, manteniendo su resistencia y estabilidad incluso dentro de medios acuáticos. Las sustancias componentes del cemento reaccionan con el agua de la mezcla formando silicatos de calcio hidratados.

La fabricación del cemento se basa en la calcinación de la materia prima (clinkerización), mediante la alimentación de la caliza por su parte superior, en un gran horno cilíndrico ( $\pm 70-100$  m), rotativo y ligeramente inclinado, y la circulación contracorriente desde su parte inferior del aire caliente a altas temperaturas que posibilita el proceso.

Hoy por hoy el cemento y el hormigón (una mezcla de cemento, agregados, arena y agua) son materiales básicos para la construcción de edificios y para la ingeniería civil. Tal es así que la producción de la industria del cemento está directamente relacionada con el estado del comercio de la construcción en general y por consiguiente sigue el mismo camino, o muy cercano, al de la situación económica general.

La industria cementera tiene un consumo intensivo de la energía, con un esquema típico que sitúa el coste energético en un 30-40% de los costes de producción. Por esto tradicionalmente los combustibles utilizados tienden a ser los de menor coste: coque de petróleo, carbón, y algunos tipos de residuos (aceites, fangos de depuradoras, residuos de papel, plástico y madera, neumáticos,...).

Coexisten hoy cuatro procesos de producción de cemento: de vía seca, semiseca, semihúmeda y húmeda. La elección de una u otra vía está condicionada esencialmente por el contenido de agua de las materias primas disponibles.

El proceso de vía seca es el más económico en términos de consumo energético y es el más común en Europa, ya que más del 75% de la producción se base en este proceso. En el Estado Español prácticamente el 100% de las instalaciones son de vía seca.

Todos los procesos tienen los siguientes subprocesos en común:

- Extracción de las materias primas en canteras.
- Preparación de las materias primas.
- Preparación de los combustibles.
- Proceso de combustión/clinkerización.
- Molienda de cemento.
- Ensacado y expedición.

**Los mayores efectos ambientales de la fabricación del cemento se centran en la obtención de la materia prima (impactos de las actividades extractivas), consumo de energía (consumo de recursos no renovables), y emisiones de los procesos de combustión y por la manipulación de materias primas y combustibles (impactos ambientales y para la salud)**

## II. PREPARACIÓN Y EMPLEO DE LOS COMBUSTIBLES. CALENTAMIENTO DEL HORNO

Los potenciales puntos de alimentación de los combustibles al sistema del horno son:

- En el quemador principal, en la zona de salida del horno.
- Mediante tolva en la cámara de transición intercambiador-horno, en la zona de entrada del horno (combustibles no pulverizados)
- A través del precalcinador.
- A través de una válvula en mitad del horno -sistema "mid-kiln"- (materiales sólidos troceados).

Los combustibles que se alimenten a través del quemador principal se descompondrán en la primera zona de calentamiento, pudiendo alcanzar temperaturas del orden de 1.800°C - 2.000°C. Los que se introduzcan en los quemadores secundarios, precalentador o precalcinador, se quemarán a temperaturas del orden de 650°C – 850°C

En todos los caso el acondicionamiento y preparación de los combustibles así como la alimentación al horno, atenderá a sus características físicas, químicas, de peligrosidad, seguridad, etc. Como criterio general, los combustibles líquidos no requieren normalmente acondicionamiento, mientras que los sólidos suelen exigir una costosa preparación (trituration, molienda y secado). Por esto, y atendiendo a una mayor eficiencia y seguridad, normalmente el arranque y puesta en régimen del horno se realiza con fuel.

Con todo, las grandes dimensiones del horno hacen difícil el control de las condiciones físico-químicas de la clinkerización, por ello y por las características del proceso, la alimentación del combustible se realiza en mezcla muy homogénea y estable, y la combustión con exceso de oxígeno. Si bien después de alcanzado el equilibrio en el funcionamiento resulta muy necesario que la temperatura de carga se mantenga estable y los valores de oxígeno en los rangos más bajos posibles. La **introducción de materiales combustibles húmedos o heterogéneos o las dosificaciones inadecuadas, así como alta presencia de oxígeno**, pueden alterar significativamente el necesario equilibrio del horno.

**Estos condicionantes en el funcionamiento limitan la flexibilidad de operación, por lo que la utilización de residuos como materiales combustibles en los hornos cementeros resulta controvertida. Y esto aunque ante cualquier eventualidad pueda cortarse el suministro de residuos y funcionar el horno 100% con fuel, puesto que esto es una medida de seguridad exigible y no una opción de flexibilidad<sup>1</sup>.**

---

<sup>1</sup> Ver artículo 6 directiva 2000/76/CE

### III. EMISIONES

La Directiva IPPC<sup>2</sup> incluye una relación indicativa de las principales sustancias que contaminan el aire y que deben ser tomadas en consideración. Las más relevantes de éstas para el caso de la fabricación del cemento serían:

- Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- Partículas
- Ácido clorhídrico (ClH)
- Ácido fluorhídrico (FH)
- Metales y sus compuestos.
- Monóxido de carbono (CO)
- Compuestos orgánicos volátiles (COVs)
- Dibenzodioxinas policloradas (PCDD)
- Dibenzofuranos (PCDF)

**Las principales emisiones de la producción de cemento son liberadas a la atmósfera desde los sistemas del horno. Éstas derivan de las reacciones fisico-químicas que implican las transformaciones de la materia primera y la combustión de los materiales utilizados como combustibles.**

#### III.1. Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)

Se acepta que los NO<sub>x</sub> tienen relevancia en las emisiones de las plantas cementeras, por cuanto su generación resulta inevitable dadas las altas temperaturas del proceso. Como término medio los hornos cementeros europeos emiten unos 1.300 mgNO<sub>x</sub>/m<sup>3</sup>. Para hornos del Estado Español esto puede suponer una estimación de emisiones en el rango de 800 – 5.000 Tn/año de NO<sub>x</sub>(ver tabla 1).

ESCENARIO TIPO	Rango menor	Rango mayor	EMISIÓN TIPO
Producción: 300.000 Tn/a	663 Tn/a	975 Tn/a	819 Tn/a
Producción: 650.000 Tn/a	1.437 Tn/a	2.113 Tn/a	1.775 Tn/a
Producción: 1.000.000 Tn/a	2.210 Tn/a	3.250 Tn/a	2.730 Tn/a
Producción: 1.800.000 Tn/a	3.978 Tn/a	5.850 Tn/a	4.914 Tn/a

La estimación se realiza partiendo de un rango de emisión de gases de 1.700 - 2.500m<sup>3</sup>/Tn, y un factor de emisión de 1.300 mgNO<sub>x</sub>/m<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Directiva 96/61/CE del Consejo de 24 de septiembre de 1996 relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación.

La transposición de esta directiva se realiza mediante un R.D que ha sido aprobado en el pleno de las Cortes en su sesión del 13/6/02.

<sup>3</sup> Los volúmenes característicos del gas de escape del horno se sitúan en el rango de 1.700-2.500 m<sup>3</sup>/Tn de clinker producido.

Para estos datos la fuente: «Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries.» *Institute for Prospective Technological Studies (Seville). Technologies for Sustainable Development-European IPPC Bureau; Directorate-General Joint Research Centre. Marzo 2000*

Los diversos mecanismos secundarios a la contaminación atmosférica de los NO<sub>x</sub> y los efectos negativos para la salud se pueden sintetizarse de la siguiente manera:

*a) Smog (niebla tóxica)*

Se forma cuando los NO<sub>x</sub> y los componentes volátiles orgánicos reaccionan en presencia del calor y la luz solar y generan la formación del ozono. Ocasiona los siguientes problemas respiratorios:

- **Irritación del sistema respiratorio:** produce tos, irritación nasal y de garganta y molestias internas en el tórax. Después de una o dos horas de exposición, las molestias se vuelven dolorosas. Aparecen mucosidades y expectoración.
- **Reducción de la función pulmonar:** La función pulmonar se refiere al volumen de aire y a la velocidad del mismo que se inhala en una inspiración profunda; al reducirla, hace más difícil que se realicen respiraciones profundas y rigurosas. La reducción de la función pulmonar puede convertirse en un grave problema para trabajadores al aire libre, atletas y para el resto de personas que vivan en los alrededores.
- **Agravamiento de las alergias respiratorias y del asma:** produce una sensibilidad mayor a los alérgenos ambientales (ácaros del polvo, hongos, polen, etc.) por parte de las personas alérgicas. Así, los enfermos necesitan más medicamentos y una mayor atención médica y hospitalaria.
- **Lesiona las células mucosas que cubren el interior de los pulmones** de forma parecida al efecto que causa el sol sobre la piel. Esto es debido al efecto del ozono y las partículas menores de 2,5 micras. Favorece las bronquitis y bronconeumonías bacterianas y víricas.
- **Empeoramiento de las enfermedades respiratorias crónicas** como el enfisema pulmonar y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Además es posible que el ozono reduzca la capacidad del sistema inmunológico del aparato respiratorio.

**Todos estos efectos son a corto y medio plazo, aunque hay personas que tienen mayor riesgo:**

- **Los niños:** Los niños sanos y activos son un grupo de alto riesgo por su actividad cotidiana y por permanecer durante las vacaciones al aire libre, además de por la inmadurez anatómica y funcional de su sistema respiratorio e inmunológico. Normalmente son los niños los que más sufren asma y otras enfermedades respiratorias. El asma se considera la enfermedad crónica más frecuente en los niños.
- **Adultos que viven al aire libre:** Los adultos sanos de todas las edades que hacen ejercicio o que trabajan vigorosamente al aire libre son otro grupo de alto riesgo por su nivel más alto de exposición a los contaminantes del smog.
- **Personas con enfermedades crónicas respiratorias y cardiovasculares.**
- **Personas sanas con mayor sensibilidad al ozono y a otros irritantes o contaminantes del aire.**
- **Otros impactos del smog son el deterioro de la vegetación y la reducción en las cosechas de los campos.**

*b) Lluvia ácida.*

Los NO<sub>x</sub> con la humedad ambiental y las radiaciones ultravioletas solares, reaccionan con radicales hidroxilos para formar ácido nítrico que conjuntamente con los ácidos sulfuroso y

sulfúrico que se forman desde el  $\text{SO}_2$  modifican el Ph del agua y forman las llamadas precipitaciones ácidas. Las personas respiramos aire, bebemos agua y comemos productos que están contaminados e impregnados de lluvia ácida.

**Los problemas más importantes que produce son los respiratorios: asma, bronquitis, tos, irritación de la garganta e irritación nasal. También produce conjuntivitis y cefaleas.**

Indirectamente, la lluvia ácida disuelve metales tóxicos que están en el suelo, pasando a los vegetales, árboles, agua y animales, y, a través de la cadena alimentaria, a los humanos. Las personas más vulnerables son los niños y los ancianos, produciéndoles alteraciones gastrointestinales, renales, hepáticas y neurológicas (deterioro sensorial y cognitivo, pérdida de la memoria, enfermedad de Alzheimer) que pueden ocasionar muertes prematuras.

**Afecta desfavorablemente a la fertilidad de los terrenos, a la vegetación y a los ecosistemas acuáticos.**

### III.2. Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ )

En la fabricación del cemento el azufre entra en el proceso como componente de los combustibles y de las materias primas (en este caso, como sulfatos o sulfuros).

El azufre que entra como sulfuro en las materias primas es parcialmente evaporado (~30%) en las primeras etapas del proceso, y emitido directamente a la atmósfera en su mayor parte.

El resto del azufre que entra por las materias primas y prácticamente el total aportado por los combustibles, debido al entorno alcalino en la zona de sinterización, puede ser capturado totalmente en el clinker y no aparecerá en las emisiones.

En general, los hornos de vía seca con intercambiador, trabajando con materias primas no altas en azufre, no habrían de presentarse emisiones significativas de  $\text{SO}_2$ . **Sí bien en los hornos largos el contacto entre el  $\text{SO}_2$  y el material alcalino no es lo bastante adecuado, y el azufre del combustible puede generar emisiones significativas de  $\text{SO}_2$ .**

Este contaminante [ $\text{SO}_2$ ] es un gas transparente, que por la acción de diversos componentes atmosféricos (radiación ultravioleta, oxígeno, ozono, humedad ambiental, radicales peróxidos e hidróxidos) se transforma en  $\text{SO}_3$  y finalmente en ácido sulfúrico ( $\text{SO}_4\text{H}_2$ ). Este ácido, junto con el ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), es el responsable de generar las llamadas precipitaciones ácidas o lluvia ácida, que ocasiona un fuerte impacto medioambiental.

- Efectos sobre la salud:

Actúan sinérgicamente con las partículas finas y en ocasiones hasta el 20% de las partículas están compuestas de gotas microscópicas de ácido sulfúrico y otros sulfatos, formando los llamados **aerosoles ácidos**.

**Ocasionan irritaciones oculares y de las vías respiratorias: rinitis, sinusitis, faringitis, laringitis, bronquitis agudas y crónicas y bronquiolitis.** Reducen también la capacidad y la función pulmonar, **actuando como un factor predisponente para desarrollar asma y otras alergias respiratorias.** Desencadenan crisis asmáticas, enfisemas e insuficiencias respiratorias. Algunos de estos casos son mortales.

Los efectos de la lluvia ácida ya fueron tratados en el apartado de los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ).

**Las poblaciones más susceptibles a los efectos del SO<sub>2</sub> son, como en los otros contaminantes, los niños, los ancianos y las personas con enfermedades respiratorias de cualquier edad.**

### **III.3. Partículas**

Con el término partículas se designa a una mezcla de componentes sólidos y líquidos (gotitas) que están en suspensión en el aire atmosférico, con un tamaño igual o menor a 10 micras (1/7 parte del diámetro de un pelo humano). Según las dimensiones se clasifican en partículas gruesas (entre 2,5-10 micras) y finas (menores de 2,5 micras). Los principales efectos nocivos para la salud humana se producen por la penetración de las mismas en las vías respiratorias. Las más peligrosas son las partículas finas, ya que pueden llegar a las partes más profundas de las estructuras anatómicas broncopulmonares. La combustión de los materiales fósiles, así como determinados residuos, genera mayoritariamente partículas finas.

Históricamente la emisión de polvo, especialmente de la chimenea del horno, ha sido el impacto ambiental más significativo en la producción de cemento. Las principales fuente de partículas son los hornos, los molinos de materias primas, enfriadores de clinker y molinos de cemento. En estos polvos de la producción del cemento se pueden detectar presencia de metales como arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), talio (Tl) o zinc (Zn), todos ellos con efectos toxicológicos claros.

Fuentes secundarias de emisión de partículas son los almacenes y sistemas de manejo de los materiales, así como las vías de rodaje. Esta contaminación difusa, con técnicas adecuadas y prácticas operativas correctas, puede reducirse a niveles de mínimo impacto para la calidad del aire.

El uso de residuos como combustibles puede tener influencia en la emisión de partículas del horno cementero y los metales detectables en ellas.

**Infinidad de trabajos científicos han asociado las partículas, especialmente las finas (aisladas o en combinación con otros contaminantes), con una serie de problemas de salud muy significativos como: muertes prematuras, mayor número de visitas e ingresos hospitalarios, agravamiento de crisis asmática, tos persistente, dificultad respiratoria y dolor al respirar, bronquitis crónica, disminución de la función pulmonar y absentismo laboral y escolar.** Frente a este contaminante los grupos de mayor riesgo serían:

**a) Población pediátrica:** está especialmente expuesta por dos motivos: porque respiran un 50% más de aire por kilo de peso que los adultos y por tener un sistema respiratorio inmaduro y por lo tanto más vulnerable a la acción de las partículas finas y gruesas. Éstas ocasionan irritaciones, inflamaciones e infecciones tanto en las vías respiratorias altas (picor nasal, estornudos, mucosidades, dolor de garganta, tos) como en las bajas (tos seca y con expectoración, dificultad respiratoria, fatiga, dolor torácico al respirar) provocando absentismo escolar. También tiene efectos a medio y largo plazo, hipotecando de esta manera la futura capacidad y desarrollo pulmonar y aumentando las posibilidades de padecer asma. En los países industrializados se muere actualmente por asma tres veces más que hace 20 años, a pesar de los avances sanitarios que se han producido en este tiempo.

La población pediátrica, aunque sólo alcanza el 25% del total de la población, incluye el 40% de todos los casos de asma. Así pues, incrementa todo tipo de enfermedades respiratorias produciendo un mayor consumo de medicamentos, más visitas e ingresos hospitalarios y muertes prematuras por asma.



**b) Personas adultas:** diversos estudios han demostrado que la exposición a las partículas finas ocasiona miles de ingresos hospitalarios por originar y descompensar enfermedades respiratorias y cardiovasculares, con los consiguientes gastos médicos, también extensivos a los enfermos domiciliarios.

**c) Personas con enfermedades respiratorias y cardíacas crónicas:** respirar en ambientes contaminados con partículas finas produce efectos adversos entre las personas con enfermedades respiratorias crónicas (faringitis, bronquitis, enfisema y enfermedad pulmonar obstructiva crónica) y cardíacas (arritmias, insuficiencia cardíaca, angina de pecho, infarto de miocardio); aumenta las necesidades de tratamiento farmacológico, visitas e ingresos hospitalarios y muertes prematuras.

**Impacto global sobre la mortalidad:** Las partículas gruesas y finas, además de sus efectos, pueden servir de vehículo para transportar a los pulmones el resto de los componentes ambientales contaminados como gases, ácidos y sustancias químicas peligrosas orgánicas e inorgánicas. Estudios realizados durante tres décadas ponen en evidencia un incremento del 26% de las muertes, analizando únicamente el factor de la contaminación ambiental, independientemente del resto de factores confundidores (tabaco, profesión, enfermedades previas, sexo, edad, alcohol, nivel socioeconómico, etc.).

#### III.4. Metales y sus compuestos

Las materias primas, los combustibles fósiles y los residuos utilizados como combustibles contienen metales en concentraciones variables. Atendiendo al proceso que nos ocupa, podemos agrupar los contaminantes metálicos (las sustancias y sus compuestos) de acuerdo a su volatilidad. Así tendremos:

- Metales que son o tienen compuestos no volátiles: bario (Ba), berilio (Be), cromo (Cr), arsénico (As), níquel (Ni), vanadio (V), aluminio (Al), titanio (Ti), calcio (Ca), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), plata (Ag).
- Metales que son o tienen compuestos semivolátiles: antimonio (Sb), cadmio (Cd), plomo (Pb), selenio (Se), zinc (Zn), potasio (K), sodio (Na).
- Metales que son o tienen compuestos volátiles: mercurio (Hg), talio (Tl).

a) El " circuito interno de los metales"

Un aspecto fundamental de la producción de cemento en hornos giratorios es el principio contracorriente: el material sólido se mueve en una dirección desde el extremo frío al extremo caliente del sistema, mientras que los gases calientes se mueven en sentido opuesto hacia el extremo frío del sistema.

Esto hará que el material sólido absorba algunos elementos químicos (y también sustancias orgánicas) a ~300 °C, que evaporarán paulatinamente al acercarse el material a zonas más calientes del sistema de precalentamiento. Las sustancias evaporadas son de nuevo transportadas en movimiento ascendente, a través del precalentador, por medio de los gases calientes procedentes del quemador principal del horno giratorio. En temperaturas más bajas se condensarán de nuevo, sobre la materia prima nueva, y harán otra vez el recorrido por el sistema de precalentamiento, hasta que vuelvan a evaporar (WINTELER & LOHSE, 1994)<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Citado en el " Informe Técnico sobre los Riesgos Ambientales Asociados con la Co-Incineración de Residuos en el Horno de Cemento de CBR Fabrica de Lixhe, Bélgica". OKOPOL (Institut für Okologie und Politik GmbH), 1996

El elemento más destacable y mantenido dentro del sistema de precalcificación, por este mecanismo, es el **Talio** (Tl). Los rastros de **Talio** contenidos en la materia prima natural pueden enriquecerse enormemente en el "circuito interno" del sistema de precalcificación. SPRUNG (1987)<sup>5</sup> señaló que esto, con el tiempo, lleva a un incremento de las emisiones de **Talio**. Incluso más volátil que el talio, es el **Mercurio** (Hg); según las condiciones de funcionamiento, el **Mercurio** puede formar su propio circuito interno o ser expulsado casi por completo. Otros elementos como el **Plomo** (Pb) pueden ser en la mayoría de casos poco volátiles; sin embargo, concentraciones grandes de **cloruro** formarán **cloruros de plomo** que son significativamente más volátiles, y por tanto, también, pueden formar un circuito interno.

**Esta recirculación de metales pesados que contiene el polvo del filtrado, conlleva un "efecto memoria" del horno que puede alterar de manera significativa los resultados de las mediciones si no es tenido en cuenta. Resulta especialmente relevante en los procesos de control para la puesta en marcha de proyectos de coincineración de residuos, por cuanto habría de estudiarse previamente, para un horno concreto, como establece, si lo hace, cada contaminante su "circuito interno" .**

#### b) Efectos para la salud

A pesar de estar presentes en pequeñas cantidades, los metales y los compuestos metálicos son unos tóxicos muy peligrosos para la salud humana, llegando algunos de ellos a ser considerados como agentes cancerígenos, e incluso algunos como el plomo se presume que actúa como un disruptor endocrino.

Planteado como un posible indicador de riesgo de las emisiones de los hornos cementeros derivado de la toxicidad de los metales presentes, se enuncian los siguientes efectos de algunos metales que pueden considerarse con presencias significativas:

**Talio:** es tóxico por ingestión, inhalación y absorción cutánea. Por su elevada biodisponibilidad<sup>6</sup> resulta especialmente tóxico para los organismos acuáticos. Presenta una alta movilidad en el suelo, por lo que puede presentar un riesgo significativo para los vegetales. En los humanos afecta fundamentalmente al sistema nervioso y genera sensibilidad cutánea (parestias). Es bioacumulativo. A bajas dosis puede interactuar con el sistema enzimático y los neurotransmisores.

El sulfato de talio( $Tl_2SO_4$ ) es utilizado como rodenticida (mataratas) por su alta toxicidad, aunque a día de hoy se encuentra bastante extendida la prohibición de su uso.

- Efectos agudos: dolor abdominal, vómitos, diarreas. Aunque los efectos pueden no ser inmediatos, manifiesta polineuritis, disfunciones de la visión y de los reflejos, cefaleas, alteraciones cardíacas, daños en hígado, riñón y sistema gastrointestinal. La intoxicación aguda puede producir la muerte por parada cardiorrespiratoria
- Efectos crónicos: astenia, polineuritis, irritabilidad, alopecia, parestias, atrofia del nervio óptico, afecciones hepáticas, renales y gastrointestinales. Disfunciones neurológicas.
- Efectos reproductivos: la experimentación en animales muestra que posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.

---

<sup>5</sup> Idem

<sup>6</sup> Capacidad de interacción con los sistemas biológicos

**Cadmio:** elemento que persiste en el medio ambiente con potencial tóxico y bioacumulativo.

- Efectos agudos: la exposición respiratoria de altos niveles de cadmio produce irritación bronquial y pulmonar y genera después de una inhalación aguda, una disminución a largo plazo de la función pulmonar.
- Efectos crónicos: la inhalación y la ingestión afecta al riñón produciendo proteinuria, disminución de la filtración urinaria y litiasis renal. También produce toxicidad respiratoria con bronquitis, bronquiolitis y enfisema.
- Efectos reproductivos: hay evidencias de bajo peso y crecimiento intrauterino retardado, después de la exposición materna al cadmio ya sea por vía digestiva o respiratoria.
- Riesgo de cáncer: diversos estudios han evidenciado un aumento en el riesgo, respecto al previsto, de padecer cáncer de pulmón después de la exposición respiratoria. El cadmio está catalogado como probable agente cancerígeno humano.

**Plomo:** metal muy tóxico que origina una gran variedad de efectos perjudiciales, incluso a dosis muy bajas. Tiene un gran potencial de bioacumulación y permanece durante mucho tiempo contaminando el medio ambiente. Se le considera un posible disruptor endocrino.

- Efectos agudos: produce síntomas gastrointestinales como dolor abdominal, vómitos, diarrea y puede ocasionar la muerte por envenenamiento.
- Efectos crónicos: presenta toxicidad en la sangre (anemia), sistema nervioso (disminución de las capacidades sensoriales y motoras), retrasa el crecimiento en los niños, toxicidad renal y alteración en la presión sanguínea.
- Efectos reproductivos: afecta a los testículos, a la próstata y a las vesículas seminales (disminución de los espermatozoides y del volumen del semen), incrementa los abortos y los lactantes presentan retraso en el crecimiento físico y mental.
- Riesgo de cáncer: los datos no son concluyentes, pero datos limitados sugieren un mayor riesgo de cáncer pulmonar, renal y de estómago. El plomo está considerado como un posible agente cancerígeno humano.

**Mercurio:** sustancia muy tóxica, bioacumulable y con gran persistencia medioambiental.

- Efectos agudos: produce efectos gastrointestinales (sabor metálico, náuseas, vómitos y dolor abdominal), respiratorios (tos, dificultad respiratoria, dolor torácico, disminución de la función pulmonar y neumonía bilateral) y principalmente sobre el SNC (alteraciones visuales y ceguera, sordera, disminución de la conciencia, alucinaciones, delirio, tendencias suicidas y muerte).
- Efectos crónicos: ocasiona alteraciones neurológicas (molestias en las extremidades, visión borrosa, fatiga muscular, sordera y dificultades en el lenguaje, hiperexcitabilidad, irritabilidad, insomnio, salivación excesiva, temblores...) y lesiones renales. En niños ocasiona calambres musculares en las piernas, sensación de escozor en la piel y engrosamiento doloroso de los dedos de las manos y de los pies.
- Efectos reproductivos: algunos datos sugieren un aumento de los abortos y de las malformaciones en los niños.
- Riesgo de cáncer: los estudios no son concluyentes, pero está considerado como un posible agente cancerígeno humano.

### III.5. Contaminantes orgánicos

Al comparar los hornos cementeros con otras grandes instalaciones industriales éstos suelen emitir cantidades relativamente grandes de **sustancias orgánicas (Corg)** y de **monóxido de carbono (CO)**, que se forman de materia orgánica parcialmente quemada. Esta mayor formación de **Corg** y **CO**, que podrían ser indicativos de una combustión incompleta, se deben esencialmente al contenido natural de materia orgánica en las materias primas introducidas en los hornos. Estas emisiones orgánicas, características del proceso de producción del cemento, pueden contener componentes tóxicos como **benceno** e **hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH)**<sup>7</sup>.

Con todo resulta inicialmente muy difícil identificar cualquier producto derivado de la combustión incompleta en un horno cementero porque el nivel de emisiones orgánicas ya es muy alto. **El problema esencial, y uno de los motivos de controversia, es que en el caso de incineración de residuos, los compuestos orgánicos presentes en las emisiones pueden presentar valores mayores que con el uso de combustibles convencionales, e incluso pueden ser mucho más tóxicos que las emisiones orgánicas normales producidas por los hornos de cemento.**

### III.6. Dioxinas y furanos.

Las dioxinas y furanos<sup>8</sup> son unas familias de compuestos químicos que se originan en procesos de combustión y químicos en presencia de cloro, bromo o flúor más otros compuestos orgánicos. En los procesos térmicos estos compuestos se generan entre los 250°C y 400°C, viéndose facilitada su síntesis por la presencia de determinados metales como **cobre, cinc, aluminio, hierro**, y algunas materias carbonosas como las cenizas volantes y las partículas.

De los datos epidemiológicos disponibles se desprende que pueden ser los compuestos más tóxicos estudiados. Diversos estudios las han señalado como causantes de cáncer, alteraciones neurológicas, hepáticas, inmunológicas, disfunciones hormonales, esterilidad, endometriosis y alteraciones cutáneas entre otros.

Hoy por hoy parece aceptado que las medidas primarias que se consideran más adecuadas para reducir, que no evitar, la emisión de las dioxinas y furanos son:

- temperatura de combustión por encima de los 850°C,
- tiempo de residencia de los gases de 2 segundos a dicha temperatura,
- y mantenimiento de turbulencia durante la combustión,

Pero estas medidas primarias para la desnaturalización de contaminantes no resultan suficientes y, en los controles y trabajos analíticos se viene detectando que en los procesos de combustión se generan dioxinas, pudiéndose incrementar esta generación con la incineración o incineración de residuos.

Tomados, con prevención, los factores de emisión para la industria cementera recogidos en el Inventario Europeo de Dioxinas, podríamos estimar una emisión de estas sustancias para el conjunto de las instalaciones cementeras en el Estado Español del rango de 4,7 g I-TEQ/año<sup>9</sup>.

---

<sup>7</sup> Tanto el benceno como algunos PAHs son considerados cancerígenos en humanos

<sup>8</sup> Nombres comunes de los policlorodibenzodioxinas (PCDD) y los policlorodibenzofuranos (PCDF).

<sup>9</sup> Estimación referida a la producción estatal en el año 1.999.

Así pues resulta cierta la generación de dioxinas y furanos en los procesos de combustión, si bien no hay unanimidad en los mecanismos de generación, ni en las posibilidades de cerrarles el paso con seguridad pasiva (filtros, lavado de humos, ...).

Con todo el Convenio Internacional sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes firmado en mayo en Estocolmo, se han incluido **las cementeras que incineran residuos entre las cuatro fuentes más importantes de emisión de dioxinas y furanos.**

### ***Efectos para la salud***

En los animales, la TCDD es capaz de producir efectos teratógenos, siendo especialmente comunes las alteraciones cutáneas y capilares, renales, hendiduras palatales, abortos espontáneos e incluso la muerte. También ha demostrado ser un agente cancerígeno en ratas y ratones.

Los datos epidemiológicos actualmente disponibles indican que las personas expuestas a elevadas concentraciones de TCDD presentan un cierto aumento del riesgo de padecer diversos tipos de cáncer. En este sentido, el riesgo relativo estimado para cualquier forma de cáncer entre las personas más intensamente expuestas es de 1,4 (aumento del 40%).

Por lo que se refiere a los efectos de tipo no carcinogénico, entre los niños expuestos *in útero* a estas sustancias, tan sólo en exposición ambiental, se han observado retrasos en el desarrollo y alteraciones hormonales tiroideas, ambos con carácter leve. Sin embargo, entre los niños expuestos a contaminaciones de carácter accidental, que implican concentraciones de dioxinas y análogos mucho más elevadas, se apreciaron efectos múltiples y persistentes. Se las asocia a efectos de disrupción endocrina.

De los muchos efectos evaluados en poblaciones de adultos expuestas, la mayoría tuvieron un carácter transitorio, desapareciendo tras el fin de la exposición. Entre las pocas condiciones que se registraron con más frecuencia entre los adultos expuestos que en no expuestos, las más significativas fueron alteraciones lipídicas (hipertrigliceridemia), hiperglucemia y aumentos de los valores séricos de *GGT (gammaglutamil transpeptidasa)*, y aumento de la mortalidad de origen cardiovascular.

A principios de los años 80, un dentista finlandés notó que un grupo relativamente amplio de sus pacientes infantiles tenía sus molares blandos y coloreados (amarillo-grisáceo), presentando defectos estructurales. Esto le sugirió la posible implicación de algún tóxico durante el período de formación de los molares durante la infancia.

**Tras realizar un amplio estudio del contenido de dioxinas en la leche materna, consiguió establecer una relación directa entre la aparición de tales defectos dentales y la presencia de elevadas cantidades de dioxinas.**

La difusión transplacentaria de estas sustancias está perfectamente establecida, exponiendo al feto en desarrollo a los efectos biológicos de las mismas. Estos efectos podrían verse complementados por la lactancia materna, que incorpora en la grasa láctea cantidades significativas de dioxinas (en las madres expuestas).

## IV. MARCO NORMATIVO.

Con relación al medio ambiente la normativa básica comúnmente aceptada para las actividades cementeras se concreta en el RAMINP<sup>10</sup> y la normativa estatal sobre protección del ambiente atmosférico<sup>11</sup>. En este marco la reglamentación de las emisiones resulta muy escasa y desfasada.

Hoy por hoy la referencia legal más clara es la Directiva 96/61/CE –conocida como directiva IPPC-<sup>12</sup>, pendiente de su transposición al ordenamiento estatal<sup>13</sup>. Esta norma establecerá un marco procedimental que obligará a las industrias cementeras, entre otras, a la obtención de una “Autorización Ambiental” en la que se regulen las emisiones de la actividad de una forma integrada.

Así mismo la IPPC, introduce el concepto de “ mejores tecnologías disponibles” (MTD) y una lista indicativa de contaminantes a controlar, cuyas emisiones habrán de establecerse en función de estas MTD y de los parámetros de calidad del aire de la zona afectada (ver Tabla 2).

Para el caso de la industria del cemento, ya existe un documento de referencia que define y describe estas mejores tecnologías: «*Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries.*» *Institute for Prospective Technological Studies (Seville). Technologies for Sustainable Development-European IPPC Bureau; Directorate-General Joint Research Centre. Marzo 2000*

Para el caso de actividades de coincineración de residuos, existe una directiva no transpuesta que incluye de forma explícita la regulación de esta actividad de coincineración de residuos en las cementeras<sup>14</sup> (valores de emisión ver Tabla 3).

En conjunto pues una situación escasamente definida que alienta la controversia sobre los riesgos, evidentes y graves como quedan descritos, derivados de las emisiones de gases de combustión cuando se utilizan residuos como combustibles en los hornos cementeros.

---

<sup>10</sup> Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre, que aprueba el Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas

<sup>11</sup> Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de protección del ambiente atmosférico (BOE núm. 96, de 22.04.75)

<sup>12</sup> Directiva 96/61/CE del Consejo de 24 de septiembre de 1996 relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación *Diario Oficial n° L 257 de 10/10/1996 P. 0026 – 0040*

<sup>13</sup> El proyecto de R.D se encuentra pendiente de finalizar su tramitación parlamentaria.

<sup>14</sup> Directiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de diciembre de 2000 relativa a la incineración de residuos (DOCE núm. L 332, de 28 de diciembre de 2000)

Parámetros	Rango	Valor guía
Partículas	10-50 mg/m <sup>3</sup>	25 mg/m <sup>3</sup>
Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	200-500 mg/m <sup>3</sup>	250 mg/m <sup>3</sup>
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	50-300 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>
Dioxinas		0,1 ng/m <sup>3</sup> N

Parámetro	Unidad	A	B
Partículas	mg/m <sup>3</sup> N	10	30
HCl	mg/m <sup>3</sup> N	10	10
HF	mg/m <sup>3</sup> N	1	1
CO	mg/m <sup>3</sup> N	50	
SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> N	50	50
NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup> N	200-400	500-800
COT	mg/m <sup>3</sup> N	10	10
Mercurio	mg/m <sup>3</sup> N	50	50
Cadmio	mg/m <sup>3</sup> N		
Talio	mg/m <sup>3</sup> N	0,05*	0,05*
Antimonio	mg/m <sup>3</sup> N		
Arsénico	mg/m <sup>3</sup> N		
Plomo	mg/m <sup>3</sup> N		
Cromo	mg/m <sup>3</sup> N		
Cobalto	mg/m <sup>3</sup> N	0,5*	0,5*
Cobre	mg/m <sup>3</sup> N		
Manganeso	mg/m <sup>3</sup> N		
Níquel	mg/m <sup>3</sup> N		
Vanadio	mg/m <sup>3</sup> N		
Dioxinas	ng/m <sup>3</sup> N	0,1	0,1

**A:** valores límite para incineradoras  
**B:** valores límite para coincineración en cementeras  
\*: suma de las concentraciones de los metales referidos

Contaminante	Unidades	Valor
Partículas	mg/m <sup>3</sup> N	20 – 200
NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup> N	500 – 2.000
SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> N	10 – 2.500
CO	mg/m <sup>3</sup> N	500 – 2.000
COT	mg/m <sup>3</sup> N	10 – 100

Puesto que la variabilidad de las emisiones depende de las materias primas, de los combustibles, de la edad y diseño de la planta y de los requerimientos legales, un horno determinado puede operar fuera de estos valores.

<sup>15</sup> Para los valores de rango la fuente es: «Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries.» *Institute for Prospective Technological Studies (Seville). Technologies for Sustainable Development-European IPPC Bureau; Directorate-General Joint Research Centre.* Marzo 2000

Los valores guía se indican como aquellos posibles aplicando las MTD descritas en el documento de referencia de las MDT del cemento.

La directiva 2000/76/CE sobre incineración de residuos establece el límite de emisión para las dioxinas en 0,1 ng/m<sup>3</sup>N. Dicho valor es aceptado de forma común como referente para las emisiones de procesos de combustión. El documento de referencia para las MDT del cemento así lo acepta de forma explícita.

## V. CORRECCIÓN Y CONTROL DE LAS EMISIONES

### a) Control y seguimiento

Los rangos de emisión de los hornos cementeros dependen, por un lado, de la naturaleza de las materias primas utilizadas, de los combustibles, de la edad y diseño de la planta y de la adaptación tecnológica de ésta. Por otro lado, y en muchos casos de forma determinante, por los requerimientos legales.

Como hemos planteado en el punto anterior, en estos momentos parece existir un peligroso vacío legal en la regulación específica de la actividad cementera, por lo que aparece un primer e importante límite a la posibilidad de plantear medidas correctoras de las emisiones y su seguimiento y control.

Con todo entendemos que sí pueden ejercerse mecanismos legales suficientes, fundamentados en las normas vigentes tanto como en la tecnología y conocimientos disponibles, para establecer requerimientos que permitan la mejor defensa posible de la salud y calidad medioambiental. En este sentido tomando como referencia tanto la Directiva 2000/76/CE sobre incineración de residuos, como el documento de referencia para las MTD para la industria del cemento<sup>16</sup>, sintetizamos en la tabla 5 los mecanismos y controles exigibles a una industria cementera, especialmente si pretende coincinerar residuos.

En cualquier caso, como se ha expuesto, las emisiones de contaminantes resultan lo suficientemente compleja y controvertida como para que no deba establecerse ningún patrón o evaluación mínimamente rigurosa partiendo de una información parcial o con escasa fiabilidad.

Como contrapartida, la realidad de partida sobre el control y seguimiento de las instalaciones cementeras se concreta en una medición anual de unos escasos parámetros (partículas totales, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) y unos informes rutinarios para cumplimentar la laxa normativa vigente. Excepcionalmente alguna planta cementera presenta mediciones en continuo de algunos parámetros y, que se conozca, tan solo 2 de 39 controla en continuo los parámetros del proceso de forma equiparable a las exigencias establecidas en la directiva 2000/76/CE sobre incineración de residuos.

### b) Corrección de las emisiones

Como primer elemento dentro de la corrección de las emisiones, encontramos que existen unas técnicas genéricas que se centran en la optimización del proceso productivo. Esta optimización presupone el mantenimiento, e incluso la mejora, de las calidades del cemento, por lo que la propia empresa resulta especialmente interesada en ello.

Con todo, estas medidas primarias<sup>17</sup> no parecen resultar suficientes para una adecuada corrección de las emisiones. Tal es así que en el documento de presentación del Simposio sobre control de emisiones de contaminantes organizado por el Departamento de Química Inorgánica de la Universidad de Alicante y patrocinado por la empresa Rheinbraun Brennstoff GmbH, podemos leer: ...” las normativas para la protección del medio ambiente son cada vez

---

<sup>16</sup> «Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries.» *Institute for Prospective Technological Studies (Seville). Technologies for Sustainable Development-European IPPC Bureau; Directorate-General Joint Research Centre.* Marzo 2000

<sup>17</sup> Estas **medidas primarias** pueden sintetizarse así: uso de combustibles con bajos valores de azufre y metales pesados; optimización del proceso de calentamiento del clinker; mejora en las dosificaciones del combustible; formación de los operadores del horno; además para el caso de coincineración de residuos: temperatura de combustión por encima de los 850°C; tiempo de residencia de los gases de 2 segundos a dicha temperatura; mantenimiento de turbulencia durante la combustión



más estrictas, imponiéndose valores límite [para la emisión de contaminantes] cada vez más bajos. Ya que las medidas primarias para la reducción de emisiones, por sí mismas, no producen disminuciones suficientes, es necesario aplicar sistemas de limpieza adicionales que aseguren unas emisiones inferiores a los valores establecidos."...

Las opciones que se enuncian para el tratamiento de gases en el documento de referencia para las MTD, ya citado, son las siguientes:

- |   |   |   |
|---|---|---|
| Reducción de las emisiones de NO <sub>x</sub> y SO <sub>2</sub> | { | <ul style="list-style-type: none"><li>· Reducción selectiva no catalítica (SNCR de sus siglas en inglés)</li><li>· Reducción selectiva catalítica (SCR de sus siglas en inglés)</li><li>· Depuración en seco</li><li>· Depuración en húmedo</li></ul> |
| Tratamiento de los gases finales                                | { | <ul style="list-style-type: none"><li>· Precipitadores electrostáticos [electrofiltros] (EP de sus siglas en inglés)</li><li>· Filtros de mangas</li><li>· Filtros de carbón activo</li></ul>   |

Tanto los electrofiltros (EP) como los filtros de mangas presentan hoy día unos rendimientos semejantes para la retención de partículas. Si bien la generación de CO en valores significativos por la presencia de materia orgánica en las materias primas utilizadas, ocasiona disfunciones y puntas que obligan a la desconexión de los EP para evitar daños en el horno; disfunciones estas que en el tratamiento final de los gases dan ciertas ventajas a los filtros de mangas.

Con todo, ninguno de los dos tipos de filtros mencionados presenta las altas eficiencias necesarias para la retención de contaminantes orgánicos y los metales más volátiles, que sí parecen presentar los filtros de carbón activo.

En síntesis puede plantearse que una opción eficiente podría ser, para el tratamiento final de gases, una combinación de filtro de mangas y carbón activado.

De la información disponible se deduce que el conjunto de plantas cementeras no están operando con la información mínima necesaria, ni con las mejores opciones posibles para la reducción de los metales más volátiles y los contaminantes orgánicos.

Tabla 5

<b>PARÁMETROS A MEDIR</b>	
Partículas totales	Arsénico y sus compuestos, expresados en arsénico(As)
Partículas < 10 µ	Plomo y sus compuestos, expresados en plomo (Pb)
Partículas < 2,5 µ	Cromo y sus compuestos, expresados en cromo (Cr)
Sustancias orgánicas en estado gaseoso y de vapor expresadas en carbono orgánico total (COT)	Cobalto y sus compuestos, expresados en cobalto (Co)
Cloruro de hidrógeno (HCl)	Cobre y sus compuestos, expresados en cobre (Cu)
Fluoruro de hidrógeno (HF)	Manganeso y sus compuestos, exdos. en manganeso (Mn)
Monóxido de carbono (CO)	Níquel y sus compuestos, expresados en níquel (Ni)
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Vanadio y sus compuestos, expresados en vanadio (V)
Oxidos de nitrógeno, exdo. como dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Dioxinas
Cadmio y sus compuestos, expresados en cadmio (Cd)	Furanos
Talio y sus compuestos, expresados en talio (Tl)	BTX (benceno, toleno, xileno)
Mercurio y sus compuestos, expresados en mercurio (Hg)	PAH
Antimonio y sus compuestos, expresados en antimonio (Sb)	PCB
<b>MEDIDAS EN CONTINUO</b>	
Partículas totales	
Sustancias orgánicas en estado gaseoso y de vapor expresadas en carbono orgánico total (COT)	
Cloruro de hidrógeno (HCl)	
Fluoruro de hidrógeno (HF)	
Monóxido de carbono (CO)	
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	
Oxidos de nitrógeno, exdo. como dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	
<b>CONTROLES EN CONTINUO DEL PROCESO</b>	
Temperatura del horno (junto a pared interior)	
Concentración de oxígeno	
Presión de los gases de escape	
Temperatura de los gases	
Contenido de vapor de agua de los gases	
<b>LUGARES DE CONTROL DE MEDICIÓN DE CONTAMINATES</b>	
CHIMENEAS	
CEMENTO (CLINKER)	
REFRACTARIOS DEL HORNO	
AMBIENTE INTERIOR DE FÁBRICA (Partículas y COV's)	

## VI. INCINERACIÓN DE HARINAS CÁRNICAS

La cuestión básica, dentro de la argumentación aportada por el sector cementero para incinerar residuos, sería las **altas temperaturas** alcanzadas en el interior del horno de calcinación, capaces de destruir cualquier material con absoluta fiabilidad.

Como ya se ha expuesto, estas medidas primarias para la desnaturalización de contaminantes no resultan suficientes. Tal es así que según diferentes investigaciones realizadas por expertos puede encontrarse una correlación clara para el aumento de las emisiones de dioxinas y metales pesados con la mayor presencia de cloro en el horno<sup>18</sup>.

Y ello aún cumpliendo las características recogidas en los Convenios de colaboración entre las administraciones responsables y la industria cementera, puesto que los parámetros considerados resultan relevantes a efectos de mantener la calidad del cemento, no desde la perspectiva de las emisiones a la atmósfera, puesto que ya queda dicho que la presencia de catalizadores como el zinc y el cobre junto a la presencia de cloro, elementos todos ellos presentes con valores significativos en las harinas de origen animal (ver tabla 6), facilitan la generación de dioxinas.

Parece pues esperable, considerando lo ya expuesto sobre la falta de tratamientos eficientes de gases para la reducción de emisiones de metales y contaminantes orgánicos, que la coincineración de los residuos de harinas cárnicas en los hornos cementeros puede suponer un grave aumento del riesgo para la población expuesta laboral y ambientalmente.

Así mismo de la revisión de la información accesible públicamente sobre las diferentes experiencias para el tratamiento de las harinas, parece confirmarse la tendencia de estos residuos ha producir bóvedas y apelmazamientos, así como la presencia de restos sólidos que provocan la obturación de los sistemas de alimentación del horno obligando a la intervención manual del personal, con el consiguiente contacto directo con las harinas, hechos estos que de acuerdo a criterios de prevención del riesgo no resultarían admisibles.

---

<sup>18</sup> Pat Costner, investigadora de la Universidad de Exeter, en Congreso sobre la Implementación del Convenio de Contaminantes Orgánicos Persistentes. Madrid 26-27/11/2001

Tabla 6.-**RESULTADOS DE ANALÍTICAS DE HARINAS CÁRNICAS**

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente

Parámetro	Udad.	Harina				Ceniza Harina		
		Madrid	Valencia	País Vasco		Madrid	Valencia	P.Vasco
		Emgrisa	Emgrisa	Cemnt.	Rezola	Emgrisa	Emgrisa	C.Rezola
P.C.S.	cal/g	5242	3247	4247	4959			
P.C.I.	cal/g	4977	3250					
Ac.y grasas	%			15,6	21,1			
Cenizas	%	18,54	38,67	29,3	19,6			
<b>Cloruros</b>	<b>%</b>			<b>0,58</b>	<b>0,48</b>			<b>0,603</b>
<b>Cloro</b>	<b>%</b>	<b>0,9</b>	<b>0,6</b>			<b>1,1</b>	<b>1,13</b>	
Fluor	%	<0,01	<0,01					
Azufre	%	0,65	0,42	0,65	2,16			0,71
Carbono	%	46,4	30					
Hidrógeno	%	6,88	5,4					
Nitrógeno	%	6,9	5,3					
Humedad	%	2,24	9,89	4,57	7,54			
Calcio	%	6,25	8,32			32,6	23,7	35,09
Sodio	%	0,89	0,6			3,5	1,84	0,47
Fósforo	%	3,7	3,24	3,51	3,01	18,5	8,56	5,49
EOX	mg/kg	<1						
C.O.T.	%	45,4						
pH		6,2	6,5			11,9	12,4	
Silicio	%	<0,05	4,73			<0,05	15,22	1,42
Plata	mg/kg	<1	<1			<1	<1	
Aluminio	mg/kg	<500	2700			1400	12500	14800
Arsénico	mg/kg	<20	<20	<15	<15	<20	<20	
Boro	mg/kg	91				31		
Bario	mg/kg	<100	<100			<100	<100	
Berilio	mg/kg	<1	<1			<1	<1	
Cadmio	mg/kg	<1	<1			<1	<1	
Cobalto	mg/kg	<20	<20			<20	<20	
Cromo	mg/kg	<20	<20	<5	8,83	23	23	
<b>Cobre</b>	<b>mg/kg</b>	<b>23</b>	<b>13</b>	<b>8,78</b>	<b>10,6</b>	<b>85</b>	<b>52</b>	
<b>Hierro</b>	<b>mg/kg</b>	<b>600</b>	<b>3000</b>			<b>3300</b>	<b>6800</b>	<b>3400</b>
Mercurio	mg/kg	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1			
<b>Potasio</b>	<b>mg/kg</b>	<b>5700</b>	<b>4200</b>			<b>13100</b>	<b>14400</b>	<b>6400</b>
Litio	mg/kg	<20	<20			<20	89	
Magnesio	mg/kg	1800	3000			9300	8000	30300
Manganeso	mg/kg	<100	<100			100	200	
Molibdeno	mg/kg	<10	<10			<10	<10	
Niobio	mg/kg	<20				<20		
Níquel	mg/kg	<20	<20			<20	<20	
Plomo	mg/kg	<20	20	<5	<5	<20	170	
Antimonio	mg/kg	<20	<20			<20	<20	
Estaño	mg/kg	<20	<20			<20	<20	
Estroncio	mg/kg	38	61			218	188	
Talio	mg/kg	<100	<100			<100	500	
Vanadio	mg/kg	<10	<20			26	28	
Yodo	mg/kg	<10	<5			<10	<5	
<b>Cinc</b>	<b>mg/kg</b>	<b>110</b>	<b>80</b>	<b>76,4</b>	<b>87,9</b>	<b>595</b>	<b>218</b>	

Otro de los aspectos planteados como imperativo para la incineración de las harinas cárnicas se concretaba en la urgencia para plantear alternativas de tratamiento. En estos momentos el mercado se ha regulado tendiendo a tratar mayoritariamente los residuos de harinas cárnicas mediante su depósito en vertedero<sup>19</sup>, por lo que no parece necesario y urgente su incineración.

Además, tal como se recoge en una nota informativa del STOA al Parlamento Europeo<sup>20</sup>, existen otras alternativas posibles que habrían de ser tomadas en consideración. En este sentido tanto el Instituto Técnico de Agricultura Biológica francés (ITAB), como el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) han considerado los posibles usos agronómicos de estos residuos de harinas cárnicas. En el caso del IVIA, ha desarrollado un pequeño trabajo de investigación en esta línea.

## VII. CONCLUSIONES

A la luz de lo expuesto en el presente documento y de la revisión de las diferentes iniciativas para la coincineración de residuos en hornos cementeros del Estado Español se puede concluir que:

- A) la actividad de fabricación de cemento ocasiona la emisión de contaminantes que pueden generar afecciones importantes para la salud de las personas y del medio, no encontrándose suficientemente evaluados los riesgos ambientales que de estas misiones se puedan derivar.
- B) No parece que el conjunto de instalaciones cementeras, ni tan siquiera un número significativo de ellas, presenten un momento tecnológico equiparable a las MTD actualmente definidas para la actividad cementera, por lo que el control y la reducción de los contaminantes más problemáticos como las dioxinas y algunos metales podría no encontrarse suficientemente garantizado.
- C) Ante la existencia de información contrapuesta sobre los riesgos derivados de la coincineración de residuos, y dada la ausencia de tratamientos de gases con la eficiencia esperable para reducir las emisiones de los contaminantes más problemáticos, metales y compuestos orgánicos, no parecería adecuado el uso actual de esta instalación para la coincineración de residuos.
- D) Dado el cambio de escenario legal y de mercado en el tratamiento de los residuos de harinas cárnicas, y considerando el punto anterior, no parece procedente la incineración de dichos residuos en las instalaciones cementeras.

---

<sup>19</sup> Desde enero de 2002 se han generalizado las noticias periodísticas que así confirman esta tendencia.

<sup>20</sup> *Encéphalopathies Spongiformes Transmissibles. Les matériels à risques spécifiés: son traitement et sa destruction.* PARLEMENT EUROPÉEN. Direction générale de Recherche - Direction A  
STOA - Évaluation des choix scientifiques et techniques. Note d'information, septembre 2001