

# RECUPERACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS EN FÁBRICAS DE CEMENTO Y SALUD AMBIENTAL



Fundación Laboral del Cemento  
y el Medio Ambiente

# Recuperación energética en cementeras...



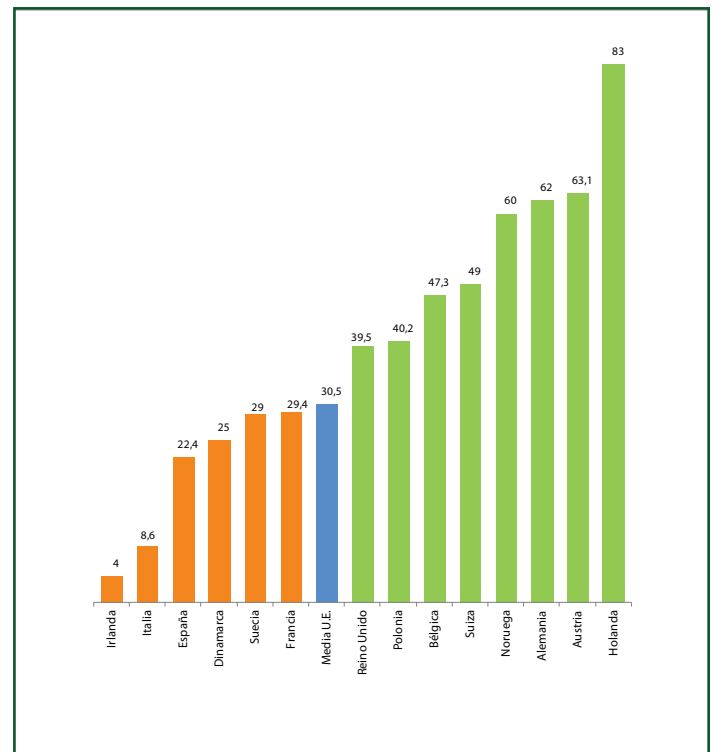
*La recuperación energética consiste en la sustitución de una parte de los combustibles fósiles empleados para fabricar cemento por combustibles preparados a partir de residuos (lodos de depuradora, biomasa vegetal, neumáticos usados, etc).*



La recuperación de residuos en cementeras es una actividad avalada por la Unión Europea, tras más de 40 años de experiencia.

- En el **Documento de referencia sobre Mejores Técnicas Disponibles para la fabricación de cemento (BREF)**<sup>1</sup>, publicado por la Comisión Europea, se recoge que el uso de residuos como combustible es una mejor técnica disponible. Este documento cita que las características especiales de los hornos de cemento les permiten reciclar y valorizar residuos, sin generar un riesgo para el medio ambiente o la salud de las personas, ni un detrimento en la calidad del cemento.
- En la **Comunicación sobre “Uso eficiente de los recursos naturales”**<sup>2</sup>, la Comisión Europea destaca entre las mejores prácticas de eficiencia el uso de residuos como combustible en las cementeras, pues reduce las emisiones de CO<sub>2</sub>, los costes energéticos y da una solución ambientalmente correcta a los residuos.

Porcentaje del combustible sustituido en la industria cementera



## una actividad segura

Por **las especiales garantías del proceso de fabricación** (página 4), el uso de combustibles preparados a partir de residuos, no incrementa las emisiones de las fábricas, ni genera riesgos añadidos para la seguridad y salud de las personas, respetando la calidad del producto.

A esta conclusión se ha llegado tras numerosos **estudios científicos y técnicos** llevados a cabo por:

- **Universidades nacionales e internacionales:** Universidad Rovira i Virgili, Universidad de Alicante, Universidad de Dalhousie (Canadá), Universidad de Génova, ...
- **Centros e institutos de investigación:** Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Centro de Investigaciones Energéticas y Medioambientales (CIEMAT), Instituto Noruego de Investigación (SINTEF), Instituto Canadiense de Toxicología (CANTOX), ...
- Así como **otros organismos públicos de referencia:** Comité Consultivo sobre Efectos Médicos de Contaminantes para la Salud del Reino Unido (COMEAP), Agencia de Protección Ambiental americana (EPA), Agencia Ambiental de Inglaterra y Gales (EA), Agencia Ambiental alemana (UBA), Programa de Medio Ambiente de Naciones Unidas, ...

Los principales estudios científicos específicos del sector cementero, que avalan esta actividad, se detallan a partir de la [página 5](#).





## Garantías especiales del proceso

Existen muchos aspectos técnicos que hacen que un horno de cemento sea una instalación especialmente segura para emplear determinados residuos como parte de sus combustibles, diferenciándose del funcionamiento de otras plantas de combustión (incineradoras, centrales térmicas u otras). Las principales garantías se centran en:

**1. Combustión completa:** El horno de cemento trabaja a temperaturas mucho mayores (1.000-2.000°C), necesarias para fabricar el “clínker” (cemento sin moler). Los gases permanecen a muy alta temperatura, lo que permite la completa destrucción de los compuestos orgánicos del combustible, incluso de los más persistentes<sup>3</sup>. La presencia de minerales a temperatura entre 1.000 y 1.450°C en estos grandes hornos, aporta estabilidad a la combustión.

**2. Limpieza de los gases por el material que se está fabricando:** Este material mineral (mayoritariamente cal) presente en el horno y en los ciclones, constituye un potente sistema de filtrado de los gases de combustión. Por cada kilo de residuo tratado puede haber, por ejemplo, entre 90 y 180 kilos de minerales pulverizados en contacto directo con los ga-

ses de combustión. La dimensión de este sistema de limpieza, mucho mayor que el de otras instalaciones de combustión, logra neutralizar los gases y retener los metales pesados del combustible<sup>4</sup>.

**3. Tipo de emisiones:** Las partículas emitidas por un horno de cemento no son cenizas volantes, sino que son básicamente materia prima (caliza y otros minerales molidos). Al descender por la torre de intercambio de calor, las partículas de estas materias primas, se encuentran con los gases procedentes del horno y se ven en parte arrastradas por estos gases en su salida. Las cenizas del combustible son retenidas en los ciclones inferiores de la torre de intercambio de calor y quedarán integradas en la matriz mineral del clínker, de manera segura para el producto<sup>4</sup>.

Debido a estas características diferenciadoras, no se puede generalizar sobre los impactos que tendrá la combustión de residuos en una cementera equiparándolos a los de otras instalaciones de combustión, pues **las emisiones de una cementera son diferentes, y no van a verse afectadas negativamente por el uso de residuos**, como han demostrado múltiples estudios según se muestra a continuación<sup>5</sup>.





## segura para la salud!

El **Comité Consultivo sobre Efectos Médicos de Contaminantes para la Salud de Reino Unido (COMEAP)**<sup>6</sup>, que asesora a organismos gubernamentales en cuestiones relativas a los efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud, después de analizar varios estudios sobre emisiones de contaminantes de plantas cementeras en las que se emplean combustibles preparados con residuos líquidos y neumáticos fuera de uso, concluye en el año 2008 que *"no presentan probabilidad de causar un incremento de riesgo para la salud"*.

Posteriormente, en 2009, a la vista de los resultados de pruebas similares e informes de la Agencia Ambiental de Inglaterra y Gales (EA), el COMEAP amplía esas conclusiones al uso de lodos de depuradora, harinas cárnicas y CDR (combustibles derivados de residuos).

La **Universidad Rovira i Virgili de Tarragona**<sup>7</sup>, ha realizado distintos estudios de monitorización medioambiental (analizando muestras de vegetación, suelo y aire) y evaluación de los potenciales riesgos para la salud de la población cercana a fábricas de cemento ubicadas en Cataluña, en los que se analizan datos obtenidos entre los años 2003 y 2009, concluyendo que *"no implica riesgos adicionales para la población del entorno"*:

- El estudio realizado en la planta de Vallcarca para evaluar ambientalmente la utilización de lodos de depuradora como combustibles alternativo, concluye que *"no supone un riesgo adicional para la salud de la población residente en las cercanías de la planta"*.
- En Sant Feliú de Llobregat se ha evaluado la incidencia del horno y el riesgo para la salud huma-



na, *"no observándose diferencias significativas en los riesgos para la salud humana por la exposición a metales y dioxinas y furanos, antes y después de que la instalación cesara su actividad"*.

- En el entorno de la fábrica de cemento de Alcanar, el uso de combustibles derivados de residuos sólidos urbanos no produce impactos añadidos, pues *"no se ha detectado un incremento significativo en los niveles de dioxinas y furanos y metales en el entorno"*. El estudio indica que *"el uso de CDR en lugar de combustibles fósiles puede ser una buena elección, de acuerdo con las nuevas políticas ambientales de la Unión Europea"*.
- La exposición a dioxinas y furanos por el uso de lodos de depuradora, en la cementera de Montcada i Reixac, no implica riesgos adicionales para la población de los alrededores.

## Una actividad segura



La **Universidad de Dalhousie de Canadá**<sup>8</sup>, ha realizado una "Evaluación del uso de neumáticos usados como combustible alternativo". La evaluación del riesgo para la salud se ha realizado mediante una exhaustiva revisión de estudios que analizan el impacto de las emisiones de las plantas de cemento, a partir de mediciones en chimenea y un estudio de dispersión de contaminantes.

Se concluye que el uso de neumáticos como combustible alternativo no implica ningún riesgo ambiental ni de salud añadido, respecto al uso de combustibles tradicionales, ya que "las concentraciones estarían muy por debajo de los estándares para la protección de la salud".

En el estudio realizado por **URS España**<sup>9</sup> sobre las emisiones de cuatro plantas cementeras españolas y su posible efecto sobre el medio ambiente y la salud en el entorno de las mismas, se analizó la posible afección de la población a través de la inhalación y la ingestión.

Se concluye que:

- "Las emisiones de las cuatro plantas conllevan un riesgo claramente inferior a los valores de referencia considerados internacionalmente como aceptables para todos los contaminantes y en todos los colectivos potencialmente afectados".
- "No se ha identificado ningún aumento del riesgo potencial para la salud en el caso de las plantas que utilizan combustibles derivados de residuos en sustitución del coque de petróleo".

El **Instituto Canadiense de Toxicología (CANTOX)**<sup>10</sup>, ha realizado una revisión de diversos estudios para evaluar los impactos en la salud pública, debido al uso de combustibles alternativos en la industria cementera, principalmente neumáticos y otros combustibles preparados a partir de residuos no peligrosos.

Este informe concluye que:

- "Las emisiones disponibles, las concentraciones a nivel del suelo y los datos de evaluación de salud no predicen impactos adversos para la salud debido al uso de combustibles alternativos en hornos de cemento".

## segura para el entorno !

En el estudio realizado por el **Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales de Barcelona (IIQAB-CSIC)**<sup>11</sup> sobre emisiones de dioxinas, furanos y metales pesados en tres hornos cementeros en España que empleaban neumáticos usados y harinas animales, se concluye que los resultados no suponen un impacto añadido en el entorno, al no variar de forma significativa las emisiones del horno con la sustitución parcial del combustible habitual:

- "Los resultados se encuentran por debajo de los límites de emisión fijados por la normativa citada para evitar o reducir en el mayor grado posible los efectos negativos sobre el medio ambiente y los riesgos resultantes para la salud humana de estas emisiones (Directiva 2000/76/CE y el correspondiente Real Decreto 653/2003)".

El **Centro de Investigaciones Energéticas y Medioambientales (CIEMAT)**<sup>12</sup>, en colaboración con el **CSIC**, ha evaluado las emisiones de dioxinas del sector cementero español, en el marco de un Convenio con el Ministerio de Medio Ambiente, concluyendo que:

- "Las emisiones de dioxinas y furanos no se ven afectadas por las sustituciones de combustibles fósiles por residuos, presentando rangos de emisión dentro de los márgenes en que se encuentran las emisiones de un horno convencional".

- *“Los valores de emisión de dioxinas y furanos se encuentran muy por debajo de los límites de emisión exigidos por la legislación”.*

La **Universidad de Alicante**<sup>13</sup> ha realizado un estudio sobre valorización energética de lodos de depuradora y neumáticos fuera de uso en cementera, en el que se evaluaron las emisiones de gases ácidos, metales pesados y compuestos orgánicos, incluyendo hidrocarburos aromáticos policíclicos y dioxinas. Posteriormente se analizó el uso de CDR, de origen municipal, en distintos porcentajes, hasta un 70%.

- En estos estudios se comprobó que las emisiones de compuestos orgánicos y metales no se ven incrementadas, y se ajustan a la legislación europea y española.
- Del estudio de empleo de CDR se concluye que *“los valores determinados de los diversos contaminantes no suponen un impacto añadido en el entorno de la fábrica estudiada, como consecuencia del empleo de combustibles derivados de residuos”.*

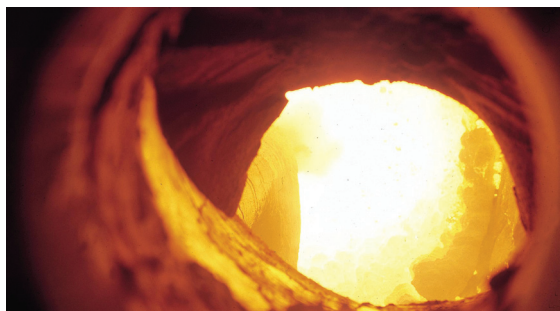
**A nivel internacional, desde los años 70 se vienen empleando estos combustibles alternativos, por lo que se dispone de una amplia literatura científica al respecto:**

El **Instituto Alemán de la Industria del Cemento (VDZ)**<sup>14</sup> realizó un estudio sobre las emisiones de dioxinas y furanos de sus hornos, en los que se emplean distintos combustibles alternativos (aceites usados, neumáticos usados o combustibles derivados de residuos), concluyendo que no se incrementa la emisión de dioxinas por el hecho de sustituir parte del combustible tradicional por combustibles alternativos, ya que *“no se evidencian diferencias significativas según el tipo de combustible utilizado”.*

La **Agencia de Protección Ambiental americana (EPA)**<sup>15</sup> ha publicado en su web el estudio sobre emisiones de dioxinas durante la combustión de neumáticos, realizado por la industria cementera de EE.UU. Se constata que no se produce un incremento de las emisiones de dioxinas en los hornos que emplean neumáticos. En las emisiones de partículas e hidrocarburos tampoco se observan diferencias significativas.



## Una actividad segura



El **Instituto Noruego de Investigación (SINTEF)**<sup>3</sup> ha llevado a cabo una recopilación y análisis de estudios de emisiones de hornos de cemento que abarcan más de 2.000 medidas de compuestos orgánicos persistentes en hornos de cementeras de los cinco continentes, en todos los escenarios de utilización de residuos como combustible. Se concluye que *“el uso adecuado y responsable de residuos orgánicos, peligrosos o de otro tipo, sustituyendo parcialmente el combustible fósil, no es un factor importante que influya en la formación de dioxinas y furanos”*.

Los documentos y estudios realizados por el **Programa de Medio Ambiente de Naciones Unidas**<sup>16</sup>, en el marco del **Convenio de Naciones Unidas sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes** (Convenio de Estocolmo), concluyen que el procesado de residuos en cementeras no supone un incremento en las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes, en concreto, de dioxinas y furanos:

- El programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, junto con Alemania y el gobierno tailandés, ha realizado un programa de análisis y muestreo de dioxinas en Tailandia, con el fin de caracterizar y verificar los factores de emisión, que concluye que *“los resultados demostraron que el agregado de neumáticos y/o residuos líquidos peligrosos no tenía efecto sobre los resultados de emisión, considerando que el proceso seco en horno de cemento empleado en la planta cementera corresponde a la tecnología más avanzada y la planta se encuentra bien gestionada”*.

En cuanto a los factores de emisión recomendados por Naciones Unidas, son los mismos para hornos que emplean residuos que para hornos que sólo emplean combustibles fósiles tradicionales:

- *“El co-procesamiento de las materias primas o los combustibles alternativos ingresados por el quemador principal o por el precalcinador o precalentador no influye ni cambia la emisión de dioxinas y furanos”*.

**Cambridge Environmental Inc.**<sup>17</sup>, en colaboración con otras entidades entre las que se encuentran la **Universidad de Carnegie Mellon (EE.UU.)** y la **Universidad de Lisboa**, ha realizado un extenso estudio sobre las emisiones de una planta cementera en Portugal, en la que se emplean distintos combustibles alternativos (madera, combustibles derivados de residuos sólidos urbanos, residuos de fragmentación de vehículos, neumáticos, lodos de depuradora y varios residuos peligrosos, como disolventes industriales y productos finales del refinado de petróleo). El estudio concluye que:

- *“El uso de combustibles complementarios tiene poco efecto en las emisiones del horno, y se han observado pocas diferencias estadísticamente significativas cuando se incluyen residuos peligrosos en el mix de combustibles”*.

La **Universidad de Génova**<sup>18</sup> ha comparado las emisiones de diversos hornos de cementeras italianas que utilizan combustibles alternativos en distintos porcentajes, concluyendo que la emisión de distintos compuestos es independiente del combustible utilizado, ya que *“cuando se sustituyen combustibles convencionales por combustibles derivados de residuos, no se modifican de forma significativa las emisiones”*.

En el estudio también se destacan *“los beneficios en el balance ambiental global por el uso de CDR como combustible alternativo”*.





## segura para el producto !

**El uso de combustibles preparados a partir de residuos no afecta a la calidad del cemento, ni desde el punto de vista técnico ni medioambiental.**

El **CSIC**<sup>19</sup> ha estudiado clínkeres y cementos obtenidos en procesos industriales que han utilizado combustibles fósiles y combustibles alternativos (harinas cárnicas, neumáticos usados y mezclas de ambos), concluyendo con relación al contenido en metales en los cementos que *“los cementos ensayados, fabricados empleando combustibles tradicionales y alternativos, no presentan ninguna restricción desde el punto de vista medioambiental”*.

En el estudio presentado en apartado anterior, realizado por el **Instituto Noruego de Investigación (SINTEF)**<sup>20</sup>, los resultados obtenidos al analizar el contenido de dioxinas y furanos en los cementos muestran que *“las concentraciones fueron generalmente bajas, en la misma magnitud que las presentes en materiales, suelo y sedimentos”* existentes en la naturaleza.

En el **Documento de referencia sobre Mejores Técnicas Disponibles para la fabricación de cemento (BREF)**<sup>4</sup>, elaborado con las aportaciones de todos los estados miembros, industrias, ONGs ambientales... y publicado por la Comisión Europea, se señala que *“el uso de residuos no tiene un impacto negativo en la calidad medioambiental del producto... el cemento puede continuar empleándose sin restricciones”*.

## Referencias y bibliografía



1. Decisión de la Comisión de 26 de marzo de 2013 por la que se establecen las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) para la fabricación de cemento, cal y óxido de magnesio (L 100/1). Publicado en el DOUE el 9 de abril de 2013.
2. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, de 26 de enero de 2011, "A resource-efficient Europe - Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy" [COM (2011) 21].
3. Karstensen, K. H. 2008. *Formation, release and control of dioxins in cement kilns*. Chemosphere, 70.
4. Adopción de un documento de referencia a efectos de la Directiva 2008/1/CE del Consejo relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación (2010/C 166/04). Publicado en el DOUE el 25 de junio de 2010.
5. Fundación CEMA. 2011. *Valoración energética de residuos en fábricas de cemento y salud ambiental*. XI Congreso Español y II Iberoamericano de Salud Ambiental. Comunicación.
6. Disponible en: [http://comeap.org.uk/images/stories/Documents/Statements/cement\\_kilns/Statement\\_substitute\\_fuels\\_cement\\_kilns\\_2009.pdf](http://comeap.org.uk/images/stories/Documents/Statements/cement_kilns/Statement_substitute_fuels_cement_kilns_2009.pdf)
7. Varias publicaciones:
  - Rovira, J., Mari, M., Nadal, M., Schuhmacher, M. & Domingo, J. L. 2011. *Use of sewage sludge as secondary fuel in a cement plant: human health risks*. Environment International, 37.
  - Rovira, J., Mari, M., Nadal, M., Schuhmacher, M. & Domingo, J. L. 2011. *Levels of metals and PCDD/Fs in the vicinity of a cement plant: As-*



- essment of human health risks*. Journal of Environment Science & Health part A, 46 (10).
- Rovira, J., Mari, M., Nadal, M., Schuhmacher, M. & Domingo, J. L. 2010. *Partial replacement of fossil fuel in a cement plant: Risk assessment for the population living in the neighborhood*. Science of the Total Environment, 408.
  - Rovira, J., Mari, M., Schuhmacher, M., Nadal, M. & Domingo, J. L. 2011. *Monitoring environmental pollutants in the vicinity of a cement plant: A temporal study*. Archives of Environmental Contamination & Toxicology, 60.
8. Pegg, M. J., Amyotte, P. R., Fels, M., Cumming, C. R. & Poushay, J. C. 2007. *An assessment of the use of tires as an alternative fuel*. Disponible en: [www.gov.ns.ca/nse/waste/docs/TireUseAlternativeFuelAssessment.pdf](http://www.gov.ns.ca/nse/waste/docs/TireUseAlternativeFuelAssessment.pdf)
  9. Lavall, A., García, A., González, C., Liebert, C. & Perret, J.F. 2010. *Estudio sobre las emisiones y su posible efecto sobre el medio ambiente y la salud en el entorno de plantas cementeras*. Cemento Hormigón, 938.
  10. CANTOX Environmental, Mississauga, Ontario. *Literature Review & Assessment of Public Health Impacts of Alternative Fuel Use in the Cement Industry*. Report to the Cement Association of Canada, September 2006.

11. Abad, E., Martínez, K., Caixach, J. & Rivera, J. 2004. *Polychlorinated dibenzo-p-dioxin/polychlorinated dibenzofuran releases to the atmosphere from the use of secondary fuels during clinker formation*. Environmental Science & Technology, 38.
12. Fabrellas, B., Larrazabal, D., Martínez, M. A., Sanz, P., Ruiz, M. L., Abad, E. & Rivera, J. 2004. *Global assessment of PCDD emissions from the spanish cement sector: effect of conventional/alternative fuels*. Organohalogen Compounds, 66.
13. Conesa, J.A., Rey, L., Egea, S. & Rey, M. D. 2011. *Pollutant formation and emissions from cement kiln stack using a solid recovered fuel from municipal solid waste*. Environmental Science & Technology, 45 (13).
14. Schneider, M. 1996. *PCDD/F emissions from German cement clinker kilns*. Organohalogen Compounds, 27.
15. Richards, J., Goshaw, D., Speer, D. & Holder, T. 2008. *Air emissions data summary for portland cement pyroprocessing operations firing tire-derived fuels*. PCA R&D Serial, 3050. Disponible en: [www.epa.gov/epawaste/conserves/materials/tires/pubs/tdf-report08.pdf](http://www.epa.gov/epawaste/conserves/materials/tires/pubs/tdf-report08.pdf)
16. PNUMA. 2005. *Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos*. 2º ed. Pág. 120. Disponible en: [www.pops.int/documents/guidance/toolkit/sp/Toolkit\\_2005es.pdf](http://www.pops.int/documents/guidance/toolkit/sp/Toolkit_2005es.pdf)
17. Zemba, M., Ames, M., Green, L., Botelho, M. J., Gossman, D., Linkov, I. & Palma-Oliveira, J. 2011. *Emissions of metals and polychlorinated dibenzo(p)dioxins and furans (PCDD/Fs) from Portland cement manufacturing plants: Inter-kiln variability and dependence on fuel-types*. Science of the Total Environment, 409.
18. Del Borghi, M., Strazza, C. & Del Borghi, A. 2009. *The use of alternative fuels in cement kilns. Influence of the atmospheric emissions: The Italian experience*. Rivista dei Combustibili, 63.
19. Puertas, F. & Blanco-Varela, M. T. 2004. *Empleo de combustibles alternativos en la fabricación del cemento. Efecto en las características y propiedades de los clínteres y cementos*. Materiales de Construcción, 54.
20. WBCSD/SINTEF. 2006. *Formation and release of POPs in cement industry*. Second ed. Disponible en: [www.wbcscement.org/pdf/formation\\_release\\_pops\\_second\\_edition.pdf](http://www.wbcscement.org/pdf/formation_release_pops_second_edition.pdf)





Fundación Laboral del Cemento  
y el Medio Ambiente

C/ José Abascal, 53 - 1º  
28003 Madrid  
Tel.: (+34) 91 451 81 18

[www.fundacioncema.org](http://www.fundacioncema.org)

[www.recuperaresiduosencementeras.org](http://www.recuperaresiduosencementeras.org)



**oficemen**

Agrupación de fabricantes de cemento de España



**MCA**  
F. de Industria