



EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN DE CLÍNKER CON COMBUSTIBLE FÓSIL FRENTE A COMBUSTIBLE DERIVADO DE LOS RESIDUOS MUNICIPALES

■■■■■■■■■■ POR DRA. LEONOR PATRICIA GÜERCA ■■■■■■■■■■

INTRODUCCIÓN

El concreto es el segundo material más consumido en el mundo después del agua, y su principal componente es el cemento, cuya producción implica la sintetización de una mezcla de arcilla y caliza para producir clínker. Este proceso requiere una importante cantidad de energía para mantener las temperaturas del horno alrededor de los 2000 °C. De acuerdo con las proyec-

nes, el consumo de cemento a nivel mundial podría alcanzar 3.4 billones de toneladas para el año 2020, con el correspondiente incremento en el uso de energía, materias primas y generación de contaminantes (Cembureau, 2010).

Por otra parte, el crecimiento de la población y los cambios en los hábitos de consumo han causado un aumento en la generación



Planta de cemento de CEMEX en Tepeaca, Puebla, México.

de residuos municipales, lo cual requiere de sistemas integrales de gestión que consideren alternativas de tratamiento y de disposición final que sean económicamente posibles, ambientalmente eficientes y socialmente aceptables.

En este sentido, la industria del cemento podría tener un papel clave en la gestión de residuos municipales, ya que permite el coprocesamiento de la fracción con alto poder calorífico (FIRSU, de acuerdo con la nomenclatura en México) al utilizarlo como combustible alternativo.

Sobre este tema se han publicado varios estudios (Strazza, *et al.*, 2011; Genon y Brizio, 2008; Mokrzycki *et al.*, 2003; European Commission, 2003) que señalan que el uso de FIRSU como combustible alternativo en hornos de cemento ofrece un mejor desempeño ambiental por sus características específicas de funcionamiento a altas temperaturas; sin embargo, es necesario evaluar de una manera holística, objetiva y sistemática los impactos ambientales considerando las condiciones de México.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de este trabajo es desarrollar un análisis de ciclo de vida comparativo de la producción de clínker usando coque de petróleo como combustible, frente a una mezcla de combustibles conformada por coque de petróleo y FIRSU.

METODOLOGÍA

Los escenarios evaluados en este estudio son un escenario BASE, que considera como combustible 100 % coque de petróleo, y un escenario FIRSU, en el cual se asume el uso de 80 % coque de

petróleo y 20 % FIRSU. Para los dos casos se contó con datos reales de la planta de cemento de CEMEX en Tepeaca, Puebla, y de la gestión de residuos de la ciudad de México, que actualmente proporciona el FIRSU a Tepeaca.

La unidad funcional (UF) del análisis de ciclo de vida (ACV) es una tonelada de clínker, y se toman en cuenta todos los consumos de materia prima, agua, energía, emisiones al aire, descargas al agua y generación de residuos de cada uno de los procesos unitarios del ciclo de vida del clínker (cantera, molienda, homogenización y horno), de los combustibles utilizados y del transporte de los materiales.

La composición de los residuos utilizados es del 32 % de plásticos, 50 % de papel y cartón, 10 % de textiles y 8 % de madera. Las categorías de impactos ambientales evaluadas son acidificación, disminución de recursos abióticos, eutrofización, deterioro de la capa de ozono, calentamiento global, toxicidad humana, toxicidad terrestre y formación de foto-oxidantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 muestra, en términos porcentuales, los impactos ambientales para los dos escenarios analizados. Aquí se observa que el escenario FIRSU muestra un mejor desempeño ambiental para todas las categorías de impacto analizadas, lo cual se debe principalmente a que se disminuye el consumo de coque, y con ello los impactos por el proceso de su fabricación. Otro factor relevante en el análisis es que se disminuye la cantidad de residuos que son dispuestos en el relleno sanitario.

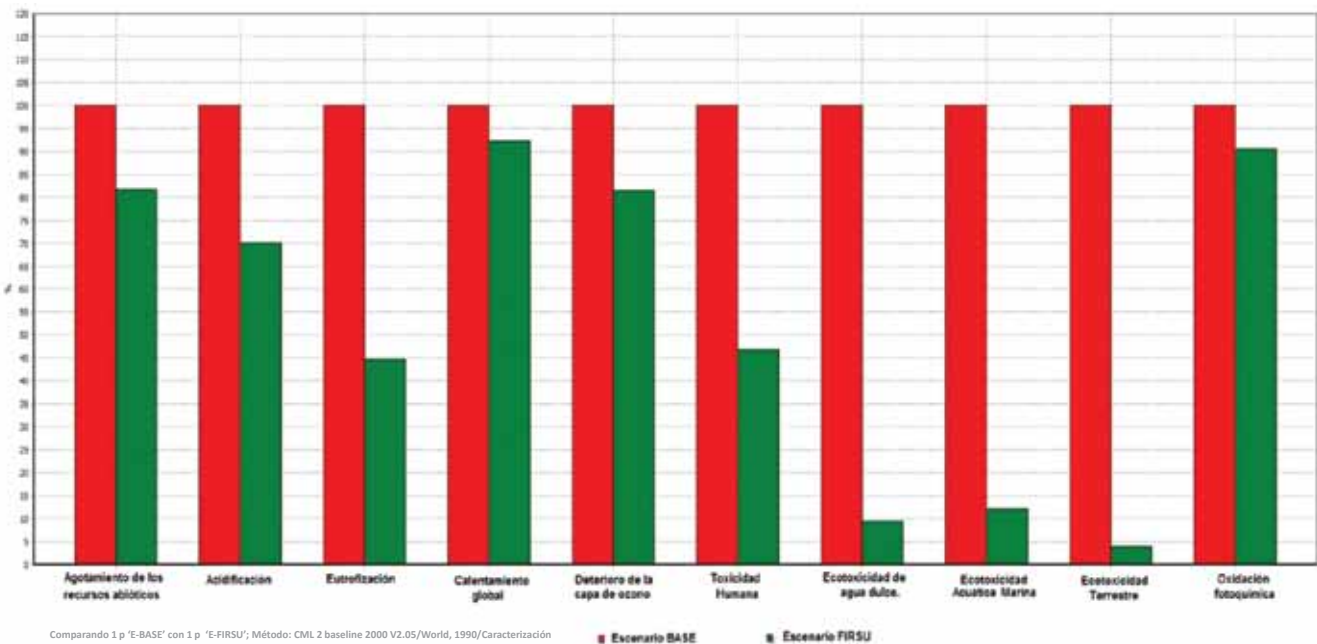


Figura 1

Dada la importancia del cambio climático y de la toxicidad humana, a continuación se discuten de forma más detallada dichas categorías.

Con respecto al calentamiento global, se identifica que las emisiones de GEI generadas en el escenario BASE son de 425 kg CO₂e por cada tonelada de clínker fabricada, y es el horno el que más emisiones genera (77 %), seguido del proceso de fabricación de coque en la refinería (11 %); por su parte, el escenario FIRSU genera 407 kg de CO₂e, lo cual concuerda con otros estudios científicos, como lo reportado por Genon y Brizio (2008).

El indicador de impacto para la categoría de toxicidad humana está relacionado con la emisión a la atmósfera y la descarga al agua de compuestos, como metales pesados, dioxinas, cloro, benceno, entre otros.

El análisis detallado de esta categoría de impacto señala que el escenario BASE genera 132 kg 1,4-DBe (1,4-diclorobenceno equivalentes), mientras que el escenario FIRSU genera 72 kg 1,4-DBe. Esta diferencia se debe a que en el coprocesamiento de residuos municipales los metales pesados son transferidos a la matriz de clínker en vez de ser emitidos a la atmósfera (Genon y Brizio, 2008). Otros estudios han reportado que el mercurio (European Commission, 2003) y el cloro (Genon y Brizio, 2008) pueden presentar un ligero incremento en sus niveles de emisión cuando se utilizan residuos como combustible, lo cual no se refleja en este estudio.



Horno de cemento

Otro compuesto que interviene en la generación de impactos relacionados con la toxicidad y que ha sido una preocupación fundamental en el coprocesamiento es la formación de dioxinas. Al respecto, se ha realizado una investigación específica en la cual se evaluó la generación de dioxinas por uso de residuos municipales como combustible alternativo en hornos de cemento (SINTEF, 2004), y se identificó que no hay correlación entre la formación de dioxinas y el uso de residuos como combustibles, lo cual coincide con los resultados de este análisis.

CONCLUSIONES

La sustitución energética del 20 % de coque de petróleo por residuos municipales de alto poder calorífico representa un ahorro de 18 kg CO₂e y 60 kg 1,4-DBe por cada tonelada de clínker fabricado.

Los resultados señalan que la sustitución de coque de petróleo por residuos municipales con alto poder calorífico en hornos de cemento es una opción ambientalmente favorable, debido principalmente a tres razones:

- 1) Se evita la disposición de una gran cantidad de residuos en rellenos sanitarios, y de esta forma permite su aprovechamiento y la mitigación de impactos ambientales.
- 2) Se disminuye la emisión de algunos compuestos con efectos ambientalmente adversos, a causa de las altas temperaturas y el tiempo de residencia en el horno.
- 3) Se disminuye el uso del coque, y con ello los impactos asociados con el proceso de refinación.
- 4) Se disminuye el agotamiento de combustibles fósiles al sustituir el uso de coque de petróleo por residuos.

Se debe poner especial cuidado a la calidad de los residuos municipales que entran a cogeneración, con el fin de mantener bajo control la emisión de metales pesados.

La cuantificación de emisiones bajo un enfoque de ciclo de vida permite apoyar el proceso de toma de decisiones desde una perspectiva holística y con mayor información, lo cual, en este caso, constituye un respaldo para aprovechar la fracción de residuos municipales con alto poder calorífico como combustible alternativo en hornos de cemento.

REFERENCIAS

- CEMEX 2012, Informe Desarrollo Sustentable 2010. Consulta en línea.(<http://www.cemexmexico.com/DesarrolloSustentables/ids2010/Intro.aspx>).
- Cembureau, 2010. Draft Technical Guidelines on Co-processing of Hazardous Waste in Cement Kilns (Version 15 November 2010). The European Cement Association.



Planta de selección de residuos en San Juan de Aragón

- European Commission, Directorate general environment, 2003. Refuse Derived Fuels, Current Practice and Perspectives. Final Report.
- Genon G. and Brizio E., 2008. Perspective and limits for cement kilns as a destination for RDF. Waste Management 28, 2375-2385.
- Mokrzycki E., Uliasz-Bochenczyk A. and Sarna M., 2003. Use of alternative fuels in the Polish cement industry. Applied Energy 74, 101-111.
- SINTEF, 2004. Formation and release of POP in cement industries. Society of Petroleum Engineers, 2003. Mercury in U.S. crude oil: a study by U.S. EPA, API and NPRA.
- Strazza C., Del Borghi A., Gallo M. and Del Borghi M., 2011. Resource productivity enhancement as means for promoting cleaner production: analysis of co-incineration in cement plants through a life cycle approach. Journal of Cleaner Production 19 (2011) 1615-1621

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a CEMEX México los datos proporcionados para el desarrollo de este estudio y a la maestra Claudia Roxana Juárez López por su apoyo en la realización del análisis de ciclo de vida 🧑🏻‍🔬.