



MEJORA DEL RENDIMIENTO EN UNA CEMENTERA MEDIANTE EL EMPLEO DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

A. LÓPEZ DÍAZ

Coordinador del Grado en Ingeniería Mecánica de la Universidad Católica de Ávila
alfonso.lopez@ucavila.es

C. COBO HERRERA

Ingeniero mecánico por la Universidad Católica de Ávila
ccoboh@hotmail.com

F. BLANCO SILVA

Responsable de la Unidad de Energía de la Universidad de Santiago de Compostela
fernando.blanco.silva@usc.es

M. A. GUTIÉRREZ GARCÍA

Profesor de la Universidad Católica de Ávila
miguel.gutierrez@ucavila.es

Recibido: 30-04-2012
Aceptado: 15-06-2012

RESUMEN

La economía actual está sufriendo una grave crisis económica, que en el caso de las empresas se ve agravada por un aumento de los precios energéticos, esta crisis que afecta a casi todos los países desarrollados. Muchas empresas optimizar sus costes, aunque la reestructuración de sus procesos para seguir siendo competitivos y permanecer bien posicionados en el mercado. Uno de los sectores más afectados en España es la construcción, ya sea pública o privada, y por lo tanto afecta al sector cementero español. En este trabajo se estudia la implementación de mejoras en la eficiencia energética de las empresas de cemento a través del empleo y los combustibles alternativos.

Palabras clave: valoración, los combustibles alternativos. Clinker

Improving performance in a cement factory by the use of alternative fuels

ABSTRACT

Today's economy is undergoing a major economic crisis, which in the case of companies is compounded by an increasing of energetic prices, this crisis affecting almost all developed countries. Many companies optimize their costs through the restructuring of their processes to remain competitive and remain well positioned in the market. One of the most affected sectors in Spain is the construction, whether public or private, and therefore affects the Spanish cement sector. In this paper we study the implementation of improvements in the energy performance of cement companies through employment and alternative fuels.

Keywords: Valuation, clinker, alternative fuels.

Amélioration de la performance en utilisant un ciment alternarivos caburant

RÉSUMÉ

Aujourd'hui, l'économie souffre une grave crise, qui dans le cas des entreprises est encore aggravée par une augmentation de prix de l'énergie, cette crise affecte presque tous les pays développés. Certaines entreprises d'optimiser leurs coûts et de restructurer les processus de production pour rester compétitif et de rester bien positionné sur le marché. En Espagne l'un des secteurs les plus touchés est la construction, qu'ils soient publics ou privés, et affecte donc le secteur du ciment espagnol. Dans cet article, nous étudions la mise en œuvre des améliorations de l'efficacité énergétique des entreprises de ciment grâce à l'emploi des carburants alternatifs

Mots-clés: évaluation, les carburants alternatifs. mâchefer

1. INTRODUCCIÓN: EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CLINKER

El clinker es el principal componente del cemento, que se obtiene a partir de un proceso de cocción de caliza, siendo muy elevado el consumo de energía empleado en su fabricación, por lo que son muchos los esfuerzos para reducir este gasto energético. Como materias primas tenemos la caliza y las margas (pizarras y arcillas), éstas son extraídas de canteras próximas mediante el procedimiento la explotación de bancos y

voladuras controladas, posteriormente se transportan hacia una machacadora para darles un tratamiento de reducción hasta obtener la granulometría adecuada; una vez obtenida la granulometría deseada son transportadas a la fábrica, hasta el parque de prehomogeneización de materias primas y desde aquí pasarán a la molienda adicionándoles un corrector férrico. Al proceso de molienda le sigue un proceso de homogeneización con el fin de que las reacciones de sinterización que tienen lugar en el interior del horno se lleven a cabo de forma satisfactoria. El material crudo ya homogeneizado se introduce en el horno precalentado a unos 850°C y esto se consigue con un intercambiador de calor, este intercambiador cede calor de los gases producto de la combustión del combustible al material crudo que entra en el proceso, y además se produce la descarbonatación parcial de la materia prima (calizas y margas). En el interior del horno el proceso consiste en que la caliza y la marga descarbonatadas se transforman a una temperatura cercana a 1500 °C en silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferritoaluminato tetracálcico, formando una estructura cristalina denominada clinker, siendo éste el componente base para la fabricación del cemento portland gris. Su geometría esferoidal es debida al efecto rotativo del horno.

Figura 1.-Interior del horno, zona de sinterización del clinker

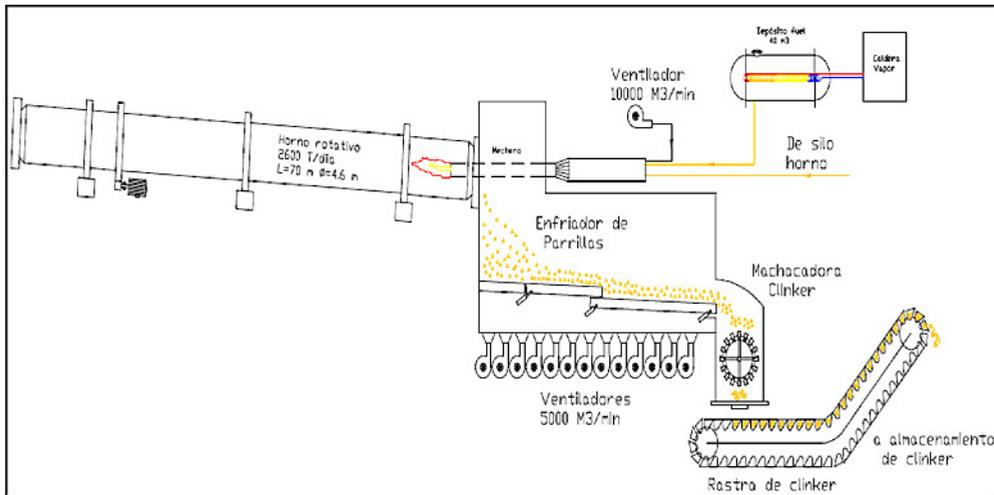


Para conseguir las reacciones de sinterización es necesario alcanzar 1.500°C, y obviamente para conseguir esta temperatura es imprescindible aportar calor al horno; este calor proviene de la combustión de carbón de coque y fuel oil. Para el arranque del horno se emplea fuel y una vez que éste tiene la temperatura suficiente se mantiene con carbón de coque de petróleo molido a una granulometría muy fina (de precio más bajo que el fuel). Una vez que el clinker se ha formado, debe ser enfriado para su transporte. Para ello se emplea un enfriador de parrillas móviles por las que se hace pasar una corriente de aire, enfriando rápidamente el clinker, y evitando así la reversibilidad del proceso de formación de los silicatos tricálcicos a dicálcicos, ya que éstos últimos disponen de perores propiedades hidráulicas.

Figura 2: Componente principal del cemento: el Clinker



Figura 3: Proceso de cocción del crudo y enfriamiento del clinker por vía seca



2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. LA VALORACIÓN ENERGÉTICA DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES

La valorización energética de los residuos que se producen en los diferentes procesos industriales comienza a ser una realidad en España como solución preferible a la deposición en vertederos y solamente precedida por el reciclado y la reutilización [1]. Aún así los niveles de sustitución en nuestro país son muy inferiores al resto de los países de la Unión Europea entre los que destacan Holanda, Suiza, Austria, Alemania con porcentajes de sustitución superiores al 50%, Francia en torno al 40% mientras que en España es escasamente el 5%, es por ello que se deben poner al día las instalaciones si queremos seguir siendo competitivos. Fijándonos en las estrategias productivas que están empleando nuestros competidores, y a sabiendas de que las firmas que no consigan adaptarse a las nuevas circunstancias y responder adecuadamente al reto de la competitividad internacional, quedarán relegadas a un papel marginal o incluso muchas

de ellas desaparecerán. Se hace necesario la adaptación de los procesos productivos siguiendo la senda de la evolución de las mejores técnicas disponibles para la fabricación del cemento y teniendo siempre presente un criterio ético de Desarrollo Sostenible, para la consecución de los objetivos y metas fijados [2].

En 2009 el Ministerio de Medio Ambiente, Medio rural y Marino, transpone a la legislación española la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas, en la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, obligando a los diferentes estados miembros, la valorización de los desechos procedentes de los diferentes procesos industriales [1] mediante algún método conocido [3], reduciendo éstos y fomentando el uso de materiales valorizados. El proceso que deben sufrir los residuos lo podemos ver en la Figura 4.

Figura 4.-Jerarquía de residuos



Se presenta, la prevención de residuos en el origen, como la primera de las opciones disponibles y como es lógico el mejor residuo es aquel que no se genera; por otra parte el desarrollo económico e industrial y generación de residuos son vinculantes, y naturalmente su coste recae sobre el Medio Ambiente. El proceso debe ser el siguiente:

- Reutilización de los residuos o parte de éstos en otros procesos industriales, incorporándolos como materias primas al proceso de producción y preservando de éste modo los preciados y cada vez más escasos recursos no renovables.

- Reciclado: Esta opción no siempre es posible debido a cuestiones del proceso productivo, ya que existen procesos en los cuales las materias primas se transforman en otros subproductos o productos finales de un modo irreversible, lo cual impide su reciclado.

- Valorización energética: Es la utilización de los residuos como combustibles alternativos en determinados procesos de producción.

- Eliminación: Se puede llevar a cabo dando un tratamiento a los residuos, tanto por incineración de los mismos [4] como por la deposición en vertederos controlados.

2.2. DEL RESIDUO AL RECURSO ENERGÉTICO

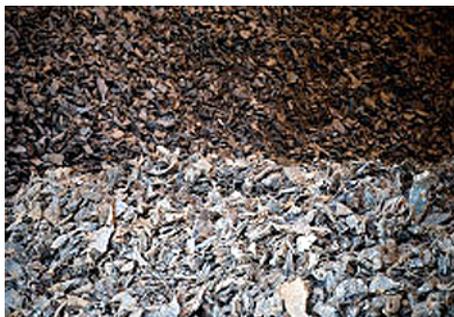
Evidentemente no todos los residuos son aptos para valorizarse en un horno de clinker, por ejemplo los residuos radiactivos no son utilizados por la normativa mientras que otros como los orgánicos de origen sanitario no se utilizan porque las cementeras son reacias, no habiendo ninguna limitación tecnológica que impida su utilización. Con carácter general se requiere que los residuos sean preparados por gestores autorizados para que sean homogéneos y presenten unas características físicas y químicas que faciliten el tratado en las fábricas de cemento, disponiendo de esta manera de combustibles alternativos "seguros" que no provoquen combustiones no deseadas en el interior del horno. De entre los residuos que son susceptibles de valorizar en un horno de clinker podemos citar los siguientes: Neumáticos fuera de uso (NFU), harinas animales, líquidos (disolventes, aceites usados, barnices,...), biomasa (madera, lodos,...) o plásticos; los pasamos a citar a continuación.

Neumáticos Fuera de Uso (NFU)

Es un hecho contrastado que el parque automovilístico español ha crecido de una forma exponencial desde los años sesenta hasta la actualidad. Esta situación se traduce en una alta demanda de neumáticos por parte de los consumidores y acarrea como consecuencia la generación de NFU en una cuantía en España cercana a las 300.000 t/año. Siguiendo las directrices expuestas en la directiva 2008/98/CE sobre residuos, lo primero sería la prevención en el origen, haciendo las investigaciones oportunas e intentando obtener un neumático más duradero, retrasando de esa forma la aparición de NFU. Una vez finalizada la vida útil es posible reutilizar los neumáticos recauchutándolos, es decir, reconstruyendo su banda de rodadura e introducirlos nuevamente en los mercados y fomentando su utilización. También se puede separar el caucho de los refuerzos metálicos para posteriormente hacer un polvo de caucho, el cual puede ser

empleado en construcción de carreteras, suelas de calzado, felpudos para viviendas, solados de parques infantiles, como protección de los soportes de las vallas biondas de las carreteras, etc... empleándose para ello anualmente a lo sumo unas 100.000 t/año de NFU. Por desgracia, en cuanto al reciclado de dicho polvo de caucho para la construcción de nuevos neumáticos no es totalmente factible debido a que el proceso de desvulcanización del caucho no es 100% reversible y se obtiene por tanto, un caucho con una calidad inferior en cuanto a propiedades elásticas.

Figura 5.-NFU troceado



Cada año se producen unas 200.000 toneladas sobrantes, que quedan supeditados a un acopio en cementerios de NFU, ya que no es posible una retroalimentación "feed-back" total hacia los mercados de neumáticos recauchutados, debido a que éstos no son capaces de absorber la totalidad de NFU generados. Entonces podemos estudiar la viabilidad de valorizarse energéticamente en los hornos de clinker de las cementeras, utilizándolos como otro recurso de combustible con el que contar, ya que los NFU disponen de un poder calorífico alto 7.600 Kcal/Kg, siendo ésta una solución mejor que la incineración, la deposición en vertederos o la quema incontrolada. Una de las ventajas que tiene la valorización de NFU en hornos de clinker es que no es necesaria la separación del refuerzo metálico del neumático ya que este servirá para sustituir en parte al corrector férrico, siendo este utilizado para la formación de ferritoaluminato tetracálcico, componente del clinker. Como consecuencia directa del empleo de NFU en hornos de clinker podemos citar que los costes del acondicionamiento de dicho combustible alternativo son menores, al aprovecharse los refuerzos metálicos adicionándolo al proceso de fabricación como otra materia prima [5].

Harinas y grasas animales

En un inicio estos productos eran procesados y aprovechados como alimento en las explotaciones ganaderas, hasta que apareció la encefalopatía esponjiforme, conocida popularmente como "enfermedad de las vacas locas". Este suceso desencadenó en la prohibición del uso de las citadas harinas como alimento por el Reglamento (CE) nº 1774/2002 del

Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de octubre de 2002, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados al consumo humano en toda la UE, que en España se transpone en el Real Decreto 1429/2003, de 21 de noviembre, por el que se regulan las condiciones de aplicación de la normativa comunitaria en materia de subproductos de origen animal no destinados al consumo humano. Una de las soluciones es valorizarlas energéticamente en un horno de clinker, ya que éstas poseen poder calorífico medio 4.400 Kcal/Kg, constituyendo la opción con menor impacto ambiental asociado debido a que la fracción mineral resultante de la combustión de la harina animal queda retenida en la matriz cristalina del clinker, permitiendo un uso más eficiente desde el punto de vista ambiental para tratar harinas animales. La siguiente opción más favorable es la valorización en centrales térmicas (con un 145% más de impacto), seguida de la incineración en plantas incineradoras de RSU (con un 157% más de impacto) y de la deposición en vertederos controlados (un 162% más impactante).

Líquidos

Estas sustancias son perfectamente utilizables como combustible alternativo en un horno de clinker, aunque estos requieren de diferentes técnicas de "blending" (pretratamiento previo adecuado de estas sustancias), con el fin de que estén homogeneizadas asegurando tanto una correcta combustión en el interior del horno como unos gases productos de la combustión aceptables desde el punto de vista ambiental. Los poderes caloríficos van desde 8500 Kcal/Kg de los aceites usados hasta los 5000 Kcal/Kg de los barnices y disolventes.

Biomasa

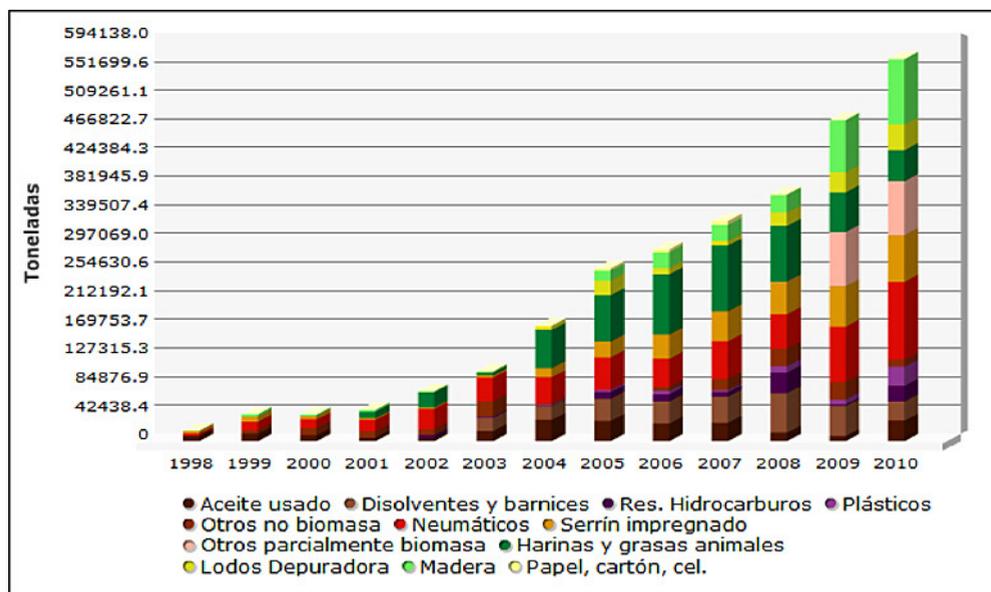
La biomasa es un producto que se obtiene a partir de materia orgánica, dentro de los cuales se encuentran entre otras, lodos de depuradoras [6], restos de deforestación, serrines y restos de la industria de la madera, restos de palés, papeles y cartones... En cuanto al papel y cartón, no cabe duda que es reciclable y por todos los medios se tratara de reciclarlo, aunque algunos como los de conocidas marcas publicitarias contienen tinta de colores fuertes y para el tratamiento de blanqueado se utilizan sustancias que contaminan, aun más si cabe, por lo que no es viable su reciclado, luego lo mejor será valorizarlos. Dichos combustibles cuentan con un poder calorífico que varía entre los 3800 y 3600 Kcal/Kg. Dentro de los lodos se incluyen tanto los procedentes de las depuradoras de agua urbanas como las de las industrias, como puede ser las de las industrias papeleras. Poseen un poder calorífico relativamente bajo en función del porcentaje de humedad, de ese modo, con un 10 % de humedad poseen 2400 Kcal/ Kg. Según conclusiones obtenidas en un estudio de la Universidad Rovira i Virgili de Tarragona [7], en el que se han evaluado los riesgos en cuanto a emisiones debidas al uso de lodos de depuradora en hornos de clinker, se concluye que no sólo no son perjudiciales las emi-

siones sino que son incluso menores que las emisiones producidas por el uso de los combustibles fósiles, siendo el ahorro de emisiones de CO₂ el equivalente a 144.000 t/año.

Plásticos

Proceden de la industria en general, desguaces de automóviles [8], etc. Deben tener un tratamiento previo de troceado, obteniendo así la granulometría adecuada para dosificarlos al interior del horno. Su composición consiste básicamente en plásticos ligeros, que ha sido imposible reciclar anteriormente y cuyo único destino final hubiera sido el vertedero. La presencia de PVC en la mezcla de plásticos aporta a los gases de productos de la combustión ácido clorhídrico, los cuales en presencia de materia orgánica pueden originar productos tóxicos derivados de las dioxinas y de los furanos. Esto no supone ningún problema desde el punto de vista ambiental, pues a temperaturas superiores a 600 °C no se producen estos compuestos orgánicos, recordemos que la temperatura en el interior del horno es de 1500 °C. Además, los plásticos disponen de un alto poder calorífico, en torno a 6300 Kcal/kg, siendo perfectamente aptos para su uso como combustible alternativo en hornos de clinker.

Figura 6: Uso de combustibles alternativos en España en toneladas/año



2.3. LA CUESTIÓN MEDIOAMBIENTAL EN LA INDUSTRIA CEMENTERA

Prácticamente todos los procesos industriales tienen un coste para el Medioambiente y por desgracia el sector cementero no es una excepción.

Los potenciales contaminantes con impacto negativo de una industria cementera [9], son principalmente los siguientes:

Óxidos del carbono CO₂ y CO

Este proviene de dos fuentes, la primera descarbonatación del Carbonato Cálculo (CaCO₃) (60%) y la oxidación del combustible (40%), siendo las emisiones de 900 Kg/t de clinker. En cuanto a la producción del CO es debida principalmente a la presencia de compuestos orgánicos en las materias primas, aunque puede producirse por una mala combustión en el horno por parte de los combustibles. La emisión de CO puede superar las 2000 mg/m³.

Óxidos de nitrógeno NO_x

En cuanto a óxidos nitrosos se producen dos: el térmico, reacción del nitrógeno de aire de combustión con el oxígeno y el del combustible, el nitrógeno presente en el combustible reacciona con el oxígeno. En hornos de cemento varían las emisiones en torno a 1300 mg/m³ por tonelada de clinker.

Óxidos de azufre SO_x

Se producen en el horno el SO₂ (99%) y SO₃ debido a la aportación de las materias primas, principalmente por las piritas (FeS). Los gases son utilizados para el secado de las materias primas en la molienda de crudo, debido a la naturaleza fuertemente alcalina de éstas, el dióxido de azufre es retenido en su totalidad en el crudo y posteriormente en el clinker. El SO₃ que pudiera formarse se oxidará a SO₂ ya que la atmósfera del horno es oxidante. Por tanto la emisión de estos gases es prácticamente nula incluso por debajo de los límites de detección.

Compuestos Orgánicos Volátiles

La emisión de COV es muy baja debido a las condiciones térmicas del horno, es decir, altas temperaturas, larga permanencia de los gases en el horno y las condiciones de exceso de oxígeno.

Cloruros (HCl)

Las emisiones de éstos varían independientemente del combustible utilizado, no habiendo una diferencia apreciable debido al empleo de combustibles alternativos

Benzodioxinas policloradas y benzodifuranos

La formación de dioxinas y furanos ocurre por síntesis por reacciones de hidrocarburos con el cloro en el rango de temperaturas de 200°C a 450°C, siendo esta muy inferior a la del interior del horno. Estudios realizados por la comisión europea han revelado que la producción de clinker no es una fuente significativa de dioxinas y furanos, debido a las condiciones térmicas del horno, e independiente de que se utilice o no un combustible alternativo.

Control de partículas

Para evitar la emisión de partículas de polvo, a lo largo de las instalaciones se encuentran instalados precipitadores electrostáticos y filtros de mangas textiles, los cuales recogerán las posibles partículas y las reincorporarán nuevamente al proceso. Con este tipo de instalaciones se han conseguido valores de 10 mg/m^3 , muy por debajo del Valor Límite Ambiental (VLA) que es de 50 mg/m^3 .

2.4. IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO FABRIL

Las instalaciones que son necesarias para poder alimentar con combustibles alternativos el horno de clinker son las siguientes:

Infraestructura básica: Nave de almacenamiento

Se localiza en ella la maquinaria de dosificación al transporte, siendo ésta una tolva de carga, la cual descarga a una cinta sobre unas células de pesaje, que cumplirá las funciones de báscula, con el objeto de mantener bajo control el caudal de alimentación al horno, y un tolván de descarga que será el encargado de alimentar la cinta de transporte desde la nave de almacenamiento hasta la instalación de inyección situada en el intercambiador, a la altura del precalcinador.

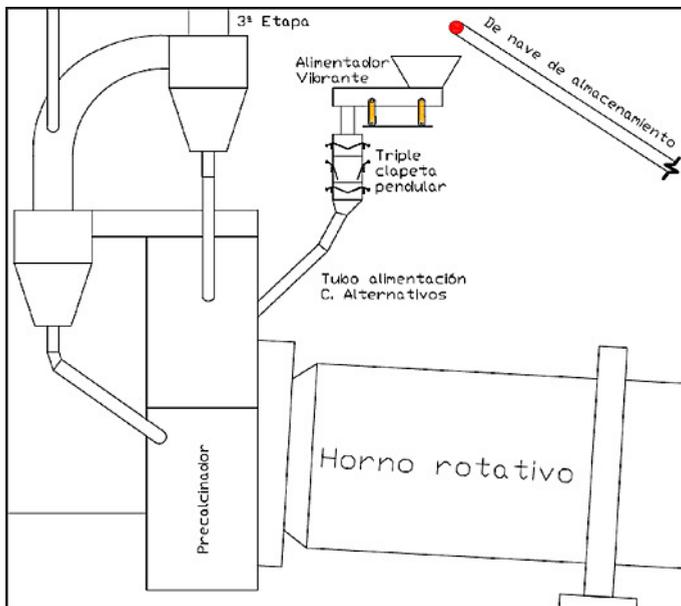
Transporte

El combustible susceptible de valorizar se depositará en la nave de almacenamiento. Por mediación de un polipasto eléctrico se alimenta una tolva la cual descarga sobre la cinta pesadora, para ello el polipasto está dotado de un pulpo hidráulico para poder efectuar dicha maniobra. La cinta pesadora o cinta báscula descargará sobre la cinta de transporte, cuya misión es la de hacer llegar el combustible hacia el punto de inyección en el precalcinador. Para ello se emplea una cinta transportadora con accionamiento en cabeza siendo el perfil de la banda nervado, con el fin de facilitar el transporte del combustible.

Sistema de dosificación

La cinta transportadora que viene de la nave de almacenamiento descargará en una tolva y esta tolva a su vez sobre un alimentador vibrante. El uso del citado alimentador vibrante nos asegura una alimentación homogénea en el proceso, su funcionamiento es relativamente sencillo. El alimentador descansa sobre unos apoyos elásticos y por medio de una excéntrica se realiza el movimiento alternativo del alimentador. La triple clapeta pendular, no es más que tres compuertas neumáticas conectadas en serie. La razón de que sea triple es para asegurar que no se introduce aire falso en el interior del horno cuando se esté alimentando con combustibles alternativos.

Figura 7: Detalle del sistema de inyección en el precalcinador



2.5. LIMITACIONES EN EL EMPLEO DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

La valorización energética de residuos consiste en la sustitución parcial del combustible, habitualmente carbón de coque de petróleo [10], por otro alternativo, hasta un porcentaje máximo de sustitución de un 20 %. En cuanto a las limitaciones serán las ambientales y las del proceso de fabricación del cemento, ya que se debe cumplir rigurosamente la legislación en materia de Medio Ambiente, y por otro lado, que la utilización de combustibles alternativos no afecte a la calidad del producto final. Se deberá controlar la cantidad presente en el interior del horno de las siguientes sustancias:

Cloro

El cual reacciona con los álcalis y forma cloruros que son transportados por los gases y precipitan en el intercambiador de calor causando pegaduras y atascos en los ciclones. En hornos de vía seca se producen unos 300 mg de Cl por kg. de clinker, y su limitación en el cemento es del 0.1% en peso.

Óxido de magnesio

Hasta un máximo de 2 %, por encima aparece MgO (periclusa), reacciona con el agua de fraguado formando $Mg(OH)_2$, que provoca grietas debido a la expansión de la magnesia.

Azufre

El exceso de azufre puede dar lugar a la formación anillos de costra en el horno rotatorio. El azufre del combustible se transforma en sulfatos que

se retienen en el clinker. En el cemento es necesaria una cierta cantidad de sulfato cálcico (yeso molido) para regular el tiempo de fraguado retrasándolo. El contenido máximo en el cemento es de un 2,5 a 4 %.

Fósforo

Contenidos superiores al 0,5 % P_2O_5 , pueden provocar fuertes retrocesos en las características del cemento, en concreto en las resistencias iniciales.

Metales pesados

La mayoría de los metales se retienen en el interior de la matriz cristalina del clinker. Para el caso del Sb, As, Ba, Be, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Se, Ag, V y Zn se han medido porcentajes de retención en los sólidos del proceso superiores al 99 %. En el caso de metales más volátiles, como el Hg y el Tl, los porcentajes de retención son menores, lo que obligará a controlar su concentración en las materias primas y en los combustibles.

3. RESULTADOS

Además de los estudios llevados a cabo, las organizaciones deben elaborar y publicar con periodicidad declaraciones medioambientales que ofrezcan al público y otras partes interesadas información sobre el cumplimiento de los requisitos legales que les sean de aplicación en materia de medio ambiente. La asociación de fabricantes de cemento sostiene la valorización de residuos como una de las actuaciones con impacto ambiental positivo. Entre las ventajas que nos ofrece la valorización energética se encuentra una emisión menor de los niveles de CO_2 , al sustituir los tan preciados y no renovables recursos naturales fósiles [11] y empleando en su lugar residuos cuyo destino final sería la fermentación en vertederos. De este modo se consigue una reducción moderada de emisiones de CO_2 mediante la potenciación del consumo de biomasa.

A la vista de los análisis realizados podemos apreciar que no se produce ninguna variación significativa en los valores de emisión de los parámetros controlados como consecuencia de la introducción de los residuos plásticos de fragmentadora en el horno de clinker. Tampoco se observa ninguna influencia sobre la calidad técnica del producto como consecuencia de la utilización de los citados combustibles alternativos, evaluando la prueba como satisfactoria dados los resultados relativos a proceso, medio ambiente, y producto.

4. CONCLUSIONES

Como se ha podido comprobar, la fabricación del cemento conlleva un alto gasto energético, ya sea como combustibles utilizados para la descarbonatión de la caliza $CaCO_3$, o bien como energía eléctrica. Teniendo en cuenta que los costes de combustible y energía eléctrica ha pasado en los

últimos años de significar el 28% a casi el 40% de los costes de fabricación, la reducción del consumo de energía y la diversificación de las fuentes energéticas son factores clave para la competitividad del sector cementero y de no adaptar nuestros procesos nos quedaremos a medio y largo plazo en un segundo plano, al obtener outputs más caros que los de nuestros competidores. Los diferentes estudios llevados a cabo por las diversas instituciones de la comunidad científica nacional e internacional, concluyen que no hay nada que temer acerca de la valorización energética en hornos de clinker. Estos estudios confirman que la utilización de combustibles alternativos no menoscaba la seguridad y salud de las personas debido a que no se empeoran las emisiones del proceso fabril del clinker. Destacan, entre otros los siguientes:

- El documento de referencia europeo sobre Prevención y Control Integrados de la Contaminación (BREF, Mejores Técnicas Disponibles en la Industria del Cemento), describe las garantías presentadas por los hornos de cemento para la combustión de residuos, y se incluye el uso de residuos entre las técnicas para disminuir el consumo de recursos naturales.

- Los documentos y estudios realizados en el marco del Convenio de Naciones Unidas sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes concluyen que el uso de residuos como combustibles alternativos no suponen un incremento en las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes, en concreto, de dioxinas y furanos.

- Los estudios de la Agencia de Protección Ambiental Americana-EPA constatan que no se produce un incremento de las emisiones de dioxinas en los hornos de clinker que emplean neumáticos.

- El estudio del Instituto Canadiense de Toxicología CANTOX, publicado en septiembre de 2006, concluyó que «Las emisiones disponibles, las concentraciones a nivel del suelo y los datos de evaluación de salud no predicen impactos adversos para la salud del uso de combustibles alternativos en hornos de cemento».

- El Instituto Noruego de Investigación SINTEF ha llevado a cabo una recopilación y análisis de estudios de emisiones de hornos de cemento que abarcan más de 2.000 medidas de dioxinas, furanos y otros compuestos orgánicos persistentes en hornos de cemento, concluyendo que la utilización combustibles alternativos no tienen una influencia significativa en cuanto a emisiones.

- Un informe realizado en el marco de un Convenio con el Ministerio de Medio Ambiente y el CIEMAT, en el que se evalúan las emisiones de dioxinas del sector cementero español y en el cual se concluye que: "Los valores de emisión de dioxinas y furanos se encuentran muy por debajo de los límites de emisión exigidos por la legislación".

Además de esto debemos tener en cuenta que al contrario de lo que sucede en una planta incineradora, los hornos de clinker no producen

cenizas. Además no será necesario invertir grandes sumas en nuevas instalaciones de eliminación, ya que en parte ya se dispone de ellas y solo deben ser adaptadas.

Para concluir el presente artículo debemos recordar que se ha planteado la valorización energética como una solución idónea, aunque siempre hay que tener presente que lo mejor es la prevención en su origen y el reciclado de residuos, presentándose la valorización energética como una técnica de eliminación de residuos anterior a la deposición en vertederos, según las prescripciones dadas en el artículo 4 de la Directiva 2008/98/CE de residuos.

5. REFERENCIAS

- [1] Los combustibles sustitutivos obtenidos a partir de basuras tienen futuro. DYNA Ingeniería e Industria. Enero-Febrero 2003, Vol. 78, p.80.
- [2] Noticia publicada en la sección Desarrollo Sostenible. DYNA Ingeniería e Industria. Enero-Febrero 2012, Vol. 87, N°1, pp.121-122.
- [3] Múgica-Iraola, J.C., Antoñanzas-González, F.J. Yurramendi-Sarasaola, L. (2011): Tratamiento de residuos industriales mediante tecnología de plasma. DYNA Ingeniería e industria, Vol. 86, N°1 pp.80-88.
- [4] Rubio, M.C. (2010): La valorización de las basuras. Técnica Industrial, nº 287 P.18-23.
- [5] Un informe prevé la escasez de catorce materias primas minerales fundamentales. DYNA Ingeniería e Industria Septiembre 2010, Vol. 85 N°6 pp.469.
- [6] Ramírez Quirós, F. (2010): Subproductos generados en la desinfección del agua. Técnica Industrial, nº 290, pp.36-45.
- [7] M.Shuhmacher, M Nadal, J. L. Domingo (2009): Cost-benefit analysis of using sewage sludge as alternative fuel in a cement plant. Environmental Science and Pollution Research, Vo. 16, N° 3, pp. 322-328.
- [8] Rubio, M.C. (2009): Reciclaje de vehículos: Una nueva vida para los coches. Técnica Industrial, nº 279, pp. 22-27.
- [9] Ambrojo, J.C. (2008): Atmósfera sostenible: Nueva vida para el aire que respiramos. Técnica industrial, nº 278, pp. 45-50
- [10] Rubio, M.C. (2008): El mercado del petróleo. Más crudo que nunca. Técnica Industrial, nº 276, pp.18-23.
- [11] Barredo, Iñaki. Casla, Mónica. (2012). Biocombustibles, una industria en transición. DYNA Ingeniería e Industria, Vol. 87, N°1, pp. 31-34.