



Legislación y gestión medioambiental en la producción de baldosas cerámicas

S. GABALDÓN, S. LÓPEZ, J. B. CARDA

Departamento de Química Inorgánica y Orgánica. Universitat Jaume I. Castellón. España.

Actualmente el entorno socioeconómico ha definido un nuevo marco de trabajo a nivel industrial en el que se han de tener en cuenta los aspectos medioambientales a la hora de desarrollar nuevos productos y poner a punto métodos de producción. Paralelamente, la normativa medioambiental ha evolucionado en los últimos años hacia la prevención y reducción de la contaminación, haciendo necesario la adecuación de las empresas a este nuevo enfoque hacia el desarrollo sostenible. En este trabajo se describe brevemente la situación actual de la normativa medioambiental a nivel industrial tanto en Europa como en España, especialmente en lo que respecta a las políticas de prevención y control de la contaminación y su repercusión en la industria cerámica. Asimismo se describen algunas de las principales tendencias en gestión medioambiental en el sector cerámico, como son el Ecoetiquetado Europeo y la valorización de los residuos cerámicos dentro del propio sector. Finalmente, se exponen los resultados de la investigación sobre la innovación medioambiental aplicada a los procesos de fabricación de materiales cerámicos y basada en la mejora de su eficiencia a partir de la introducción de residuos cerámicos de diversa tipología en su composición.

Palabras clave: legislación medioambiental, IPPC, reciclado, residuos cerámicos, ecoetiquetado.

Legislation and environmental management in the manufacture of ceramic floor tiles

Currently the socioeconomic environment has defined a new industrial framework in which environmental aspects have to be considered when developing new products and implementing production methods. In the last years the environmental legislation has developed to pollution prevention and reduction, making the adjustment of the companies to this new approach towards sustainable development necessary. This work briefly describes the current situation of the environmental legislation applicable to industry, as much in Europe as in Spain, especially with regard to the politics of Integrated Pollution Prevention and Control and its repercussion in the ceramic industry. In the same way some of the main tendencies in environmental management in the ceramic sector are described, such as the European Ecolabel and the valuation of ceramic wastes in the ceramic sector. Finally, the results from the investigation on the environmental innovation applied to ceramic tiles manufacture are exposed. This innovation is based on the improvement of the efficiency with the recycling of ceramic wastes of diverse typology in ceramic compositions.

Key words: environmental legislation, IPPC, recycling, ceramic wastes, ecolabel.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Política ambiental en la Unión Europea

La política de protección ambiental en la Unión Europea ha evolucionado en los últimos 20 años principalmente en dos aspectos. En primer lugar, se ha pasado de un enfoque que se centraba en la reducción y eliminación de la contaminación mediante medidas correctoras hasta la situación actual de potenciar la reducción y prevención en origen de la contaminación. Por otro lado, también ha habido una evolución desde una normativa completamente sectorializada que consideraba por separado la contaminación a los distintos medios (atmósfera, aguas, suelos, etc.), hasta la normativa comunitaria más reciente centrada en la protección integral del medio ambiente y que considera los posibles flujos de contaminación de un medio a otro (1-7).

Recientemente se ha puesto en marcha el VI Programa Comunitario de Acción en materia de Medio Ambiente, "Ambiente 2010: el futuro está en nuestras manos" (2001-2010), en

el que se establecen los objetivos medioambientales para los próximos 10 años, resaltando la necesidad de la evaluación conjunta de las cuestiones ambientales, económicas y sociales. Esta interacción es la base para alcanzar estrategias que lleven a un Desarrollo Sostenible, lo que afecta de manera muy importante al sector industrial (8-14).

1.2. Necesidad de un nuevo enfoque de gestión empresarial

En el sector industrial, debido tanto a las demandas de tipo social y medioambiental, como a las demandas legales y de mercado, ha surgido la necesidad de crear un nuevo enfoque de gestión empresarial, en el que los aspectos medioambientales pasan a ser parte fundamental de la planificación de la empresa y el diseño de productos y servicios (15).

Como resultado de este planteamiento surgen nuevas posibilidades de innovación tecnológica, así como de ahorro de tiempo, de energía y de materias primas, de la misma manera que se asegura la continuidad de la empresa en el mercado. Para que esta adecuación medioambiental del sector industrial pueda llevarse a cabo, la Unión Europea potencia el uso de mecanismos de intervención como son las autorizaciones ambientales. Paralelamente, la UE se enfrenta al reto de promover entre el sector industrial la utilización de instrumentos de carácter voluntario, que faciliten la adecuación del sector industrial al cumplimiento de la legislación en materia de medio ambiente. Ejemplos de estos instrumentos son los Sistemas de Gestión Medioambiental (medidas que permiten conocer la actuación medioambiental de una industria o servicio), las Ecoetiquetas (sistemas que estimulan la producción y consumo de productos más respetuosos con el medio ambiente) y los acuerdos voluntarios entre la Industria y la Administración (figura 1).

Todo ello implica para las empresas un nuevo marco de competencia, al incluir determinadas medidas medioambientales en su estructura de costes y plantearse el reto de responder a exigencias crecientes de los consumidores (16).

Por tanto, al hablar del sector cerámico, es importante que ante este nuevo planteamiento forme parte de los sectores con mayor interés y creciente preocupación por la protección del medio ambiente, para ver este nuevo escenario empresarial no como un problema, sino como una oportunidad de mercado y de innovación tecnológica.

2. OBJETIVOS

El primer objetivo de este trabajo es proporcionar una visión general sobre la situación de la normativa medioambiental, tanto en el ámbito europeo como estatal, y sus implicaciones para la industria.

En segundo lugar, resaltar algunas de las tendencias más relevantes en materia de gestión ambiental dentro del sector cerámico, como son el Ecoetiquetado Europeo y la valorización de los residuos cerámicos.

Por último, estudiar la viabilidad técnica, económica y medioambiental de la aplicación en un proceso de fabricación de baldosas de una innovadora metodología de producción basada en la valorización integral de residuos cerámicos.

3. MARCO NORMATIVO MEDIOAMBIENTAL

3.1. Directiva 96/61/CE

Junto con los Programas de Acción en materia de medio ambiente, la normativa medioambiental de la Unión Europea se plasma en los actos jurídicos vinculantes (Reglamentos, Directivas y Decisiones) y en los actos jurídicos no vinculantes (Comunicaciones, Recomendaciones y Dictámenes). Entre los primeros, la Directiva 96/61/CE, relativa a la prevención y control integrado de la contaminación, constituye una de las actuaciones más ambiciosas que se han puesto en marcha en el seno de la Unión Europea para la aplicación del "principio de prevención" en el funcionamiento de las instalaciones industriales.

La Directiva 96/61/CE, más conocida como la Directiva IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), establece medidas para evitar, o cuando ello no sea posible, reducir las

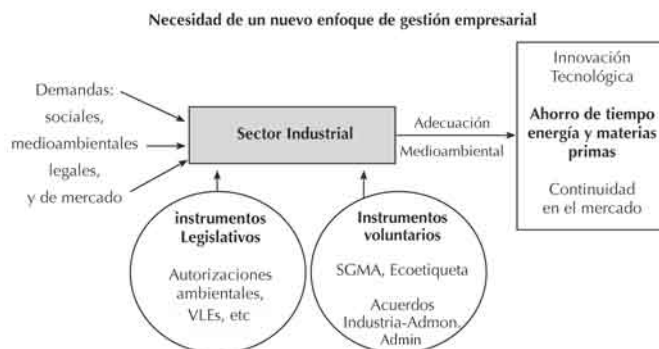


Figura 1. Tendencia del sector industrial en el nuevo enfoque de gestión medioambiental.

emisiones de las actividades industriales que figuran en el anejo I en la atmósfera, el agua y el suelo, incluidos los residuos (2). De esta manera se considera el medio ambiente en su conjunto y es posible alcanzar un mayor nivel de protección del entorno. Esta Directiva ha supuesto un cambio radical en la prevención de la contaminación procedente de la industria, al concentrar en una única autorización todos los permisos necesarios para el desarrollo de las actividades e instalaciones industriales incluidas en su ámbito de aplicación. Ello supone una mayor coordinación y simplificación administrativa por parte de los Estados miembros, ya que debe existir un enfoque integrado en la concesión del permiso único cuando en el procedimiento intervengan varias autoridades competentes (art. 7). En este permiso las autoridades competentes fijarán las condiciones ambientales que se exigirán para la explotación de las instalaciones y, entre otros aspectos, se especificarán los valores límite de emisión (VLEs) de sustancias contaminantes enumeradas en el anejo III, teniendo en cuenta los valores de emisiones asociados a las mejores técnicas disponibles (MTDs) y tomando en consideración las características técnicas de la instalación, su implantación geográfica, las condiciones locales del medio ambiente y las normas de calidad ambiental que puedan existir (17,18). Corresponde a los estados miembros determinar el modo en que se podrán tener en consideración estos factores en la medida en que sea necesario. De este modo, la Directiva no propone valores límite de emisión, sino que indirectamente obliga a las empresas a respetar aquellos límites que sean resultantes de la utilización de las MTDs en base a unos criterios medioambientales, económicos y de mercado.

Con el fin de facilitar la adecuación de las emisiones de las industrias afectadas por la IPPC a los valores de emisión asociados a las mejores técnicas disponibles, se han establecido a nivel europeo grupos de trabajo transnacionales formados por representantes de todas las partes interesadas: expertos, asociaciones empresariales, ONGs, etc. Estos grupos de trabajo están dedicados a estudiar cuáles son las mejores tecnologías desde el punto de vista medioambiental en cada uno de los sectores industriales y que además estén disponibles en el mercado y sean económicamente accesibles por cualquier empresa. De manera que, tras un proceso en el que intervienen tanto la administración de los diferentes estados como el Comité Europeo, estos estudios dan paso a la elaboración de los BREF's o Documentos Técnicos de Referencia para cada sector, que contienen los valores de emisiones asociados a las

MTD's para aquellas sustancias relevantes en cada caso. Posteriormente, las administraciones competentes pueden utilizar estos documentos como referencia para establecer los VLE's en las autorizaciones, pero teniendo en cuenta también las condiciones medioambientales y económicas del entorno y las características técnicas y geográficas de las instalaciones.

La Directiva IPPC es aplicable a instalaciones nuevas y existentes, para las que existen distintos plazos de adaptación (tabla I). Las actividades afectadas se enumeran en el anejo I de la misma, donde en el epígrafe 3.5. se incluyen las instalaciones de fabricación de productos cerámicos y en el 3.3 las de fabricación de vidrio, al que pertenece el sector de fabricación de fritas y esmaltes. Actualmente el BREF correspondiente a la industria del vidrio ya se ha aprobado y el documento se puede consultar en internet (19), mientras que el Grupo de Trabajo correspondiente al sector cerámico ha de iniciar en breve sus trabajos. No obstante no son documentos definitivos ya que hay que tener en cuenta que están sometidos a un proceso continuo de revisión y actualización.

3.2. Ley estatal de trasposición de la Directiva IPPC

La Directiva IPPC fue traspuesta al derecho nacional español mediante la Ley 16/2002 de Prevención y Control Integrados de la Contaminación o Ley IPPC (20), siendo a partir de ese momento aplicable a las nuevas instalaciones en las que se desarrolle algunas de las actividades que se indican en el anejo 1, mientras que para las instalaciones ya existentes el plazo límite de adaptación se alarga hasta octubre de 2007, fecha en la que deberán disponer de la nueva autorización ambiental.

En lo que respecta a la Ley, uno de los aspectos más importantes es la regulación de la Autorización Ambiental Integrada (AAI). Esta autorización sustituye y agrupa el conjunto disperso de autorizaciones y permisos ambientales exigibles hasta el momento (21), como son las autorizaciones de producción y gestión de residuos, vertidos a las aguas continentales y desde tierra al mar, incineración de residuos municipales y residuos peligrosos, etc. De esta forma, cuando se aplique la autorización ambiental única, todas estas autorizaciones se van a integrar y coordinar en un único proceso administrativo. Aunque en la autorización ambiental integrada se deben fijar los valores límites de emisión de las sustancias contaminantes enumeradas en el anejo 3, mientras no se establezcan de forma oficial los nuevos VLEs se aplicarán los establecidos en la legislación sectorial vigente, que se detalla en el anejo 2 de la Ley IPPC.

Otro de los nuevos aspectos que incorpora la Ley IPPC es que los órganos competentes de las comunidades autónomas serán los que se encargarán de la concesión y gestión de la AAI, de manera que si en el proceso de concesión de la autorización es necesario algún informe por parte de la autoridad estatal, éste se coordinará a través del órgano autonómico.

Esta ley afecta a unos 6000 centros industriales, de los cuales 465 pertenecen al sector cerámico, según un estudio realizado conjuntamente por la Fundación Entorno y el Instituto Tecnológico Agroalimentario (AINIA). Se calcula que, en total, los centros afectados deberán realizar unas inversiones que irán desde 855 hasta 2.000 millones de euros. Por otro lado, las sanciones en caso de incumplimiento podrán llegar hasta los 2 millones de euros, en el caso de infracciones muy graves(22-24).

TABLA I. PLAZOS DE LA DIRECTIVA IPPC.

ENTRADA EN VIGOR		31 octubre 1996
Trasposición	Plazo límite	31 octubre 1999
	Fecha real	3 julio 2002
Aplicación	Nuevas instalaciones	3 julio 2002
	Instalaciones existentes	30 octubre 2007

3.3. Registro de Emisiones y Fuentes contaminantes (EPER)

Según la Directiva IPPC y la Decisión 2000/479/CE (25), cada Estado miembro de la Unión Europea tiene que recopilar los datos de 50 sustancias contaminantes tanto al aire como a las aguas procedentes de instalaciones industriales afectadas por la Directiva, con el fin de crear un inventario de emisiones de la UE o Registro Europeo de Emisiones y Fuentes Contaminantes (EPER).

Una vez se hayan recopilado los datos de las emisiones, cada estado los ha de comunicar a la Comisión Europea debiendo enviar el primer informe en junio de 2003. Este informe debe contener los datos sobre las emisiones del año 2001 o, a falta de éstos y de modo optativo, los datos del 2000 o 2002. Una vez recibidos los datos, la Comisión Europea hará públicos sólo los que superen unos Valores Límite Umbral (VLU), incluidos en la Decisión 2000/479/CE (tabla II).

En ámbito español, el Ministerio de Medio Ambiente en colaboración con los sectores afectados ha elaborado, o está elaborando en algunos casos, Guías de referencia para el Registro de emisiones donde se incluyen las sustancias contaminantes, las condiciones técnicas de medida para cada una de ellas y los métodos de cálculo y estimación en caso de que no se disponga de datos directos de medidas. Un ejemplo es la Guía EPER sectorial de la Industria del Vidrio. En lo que respecta al sector cerámico, actualmente se están llevando a cabo discusiones técnicas entre las partes implicadas para determinar las condiciones de medida de las sustancias emitidas.

TABLA II. VALORES LÍMITE UMBRAL (VLU) PARA LAS CATEGORÍAS 3.1 (CEMENTO CLÍNKER Y CAL), 3.3 (VIDRIO), 3.4 (MATERIALES MINERALES) Y 3.5 (PRODUCTOS CERÁMICOS) (SEGÚN LOS ANEJOS A1 Y A3 DE LA DECISIÓN EPER)

Contaminantes/ sustancias	VLU atmósfera (kg/año)	VLU agua (kg/año)
CO	500 000	-
CO ₂	100 000 000	-
HFC	100	-
NH ₃	10 000	-
NMOV	100 000	-
NO _x (como NO ₂)	100 000	-
SO _x (como SO ₂)	150 000	-
As y compuestos	20	5
Cd y compuestos	10	5
Cr y compuestos	100	50
Cu y compuestos	100	50
Hg y compuestos	10	1
Ni y compuestos	50	20
Pb y compuestos	200	20
Zn y compuestos	200	100
PCDD + PCDF (dioxinas y furanos)	0.001	-
Benceno	1 000	-
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	50	5
Cloro y compuestos inorgánicos	10 000	-
Flúor y comuestos inorgánicos	5 000	-
PM ₁₀	50 000	-

La apertura oficial del periodo de registro de emisiones tuvo lugar el 1 de octubre de 2002, y a partir de dicha fecha las empresas han podido inscribirse y notificar sus emisiones en el sistema EPER-España hasta el 31 de diciembre del mismo año. El Ministerio de Medio Ambiente ha desarrollado este sistema para la recopilación, validación, gestión y difusión de datos, de manera que una vez los centros industriales recibieran la notificación oficial de apertura del periodo de registro pudieran acceder al sistema por internet (26), donde automáticamente se generan los formularios correspondientes a la actividad industrial. Gracias a este sistema, cualquier persona que visite el registro a partir del año 2003, podrá realizar consultas por actividad industrial, sustancia contaminante y localización geográfica.

4. TENDENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL EN EL SECTOR CERÁMICO

Las empresas disponen de herramientas de carácter voluntario que, además de ayudar en el cumplimiento de los requisitos legales, les proporcionan información sobre los aspectos medioambientales de su sistema productivo, facilitando su control y continua mejora y permitiendo la diferenciación ecológica de la empresa en el mercado. Estas herramientas, pueden además aportar ventajas para la empresa de tipo económico, tecnológico y de imagen (27,28). Ejemplos de estas herramientas son los Sistemas de Gestión Medioambiental (SGMA), los Sistemas de Ecoetiquetado, los Análisis de Ciclo de Vida (ACV), las Ecoauditorías y las Declaraciones Ambientales de Producto (DAP). Algunas de ellas se están orientando hacia la normalización para aportar, además, una garantía de calidad de los productos, servicios o prestaciones de las empresas. Así, han surgido recomendaciones o normas medioambientales de carácter voluntario, algunas de las cuales son:

- En el caso de los Sistemas de Gestión Medioambiental, cabe mencionar la Norma ISO 14001 y el Reglamento CE 761/2001 (EMAS), que es una norma legal verificada y validada por la administración, a diferencia de la Norma ISO (29).

- Entre los Sistemas de Ecoetiquetado destacan Ángel Azul (Alemania), NF-Environment (Francia), Punto Verde (Alemania, Austria, Bélgica, Francia, Italia, España), Etiqueta Ecológica de la UE, etc.

Estos sistemas ofrecen una respuesta a la invitación de la UE a que las diferentes actividades asuman voluntariamente compromisos, sin perjuicio de que algunos Estados dispongan de requisitos legales más estrictos (30).

4.1. Ecoetiqueta Europea

El sistema de ecoetiquetado es un sistema de concesión (por parte de un evaluador independiente, y mediante un proceso controlado y neutro) de una etiqueta ecológica, que puede ser utilizada para la publicidad del producto. La Ecoetiqueta es un logotipo que advierte a los consumidores del cumplimiento de determinados requisitos o criterios ecológicos por parte de los productos, constituyendo una garantía del coste medioambiental reducido de los mismos.

El programa de etiquetado ecológico de la Unión Europea fue creado en 1992, siendo de aplicación en los distintos países miembros. Dicho programa está regulado de acuerdo a lo dispuesto en el Reglamento Eco-Label CEE 880/92, relativo a

un sistema de concesión de etiqueta ecológica, actualmente modificado por el Reglamento 1980/2000 (31). El sistema de etiquetado ecológico tiene un doble objetivo:

- Facilitar la información, la capacidad de selección y el criterio objetivo de los consumidores.

- Impulsar a los productores y distribuidores a incluirse en ese mercado en expansión, disminuyendo los impactos ambientales negativos de sus productos.

Los sistemas de ecoetiquetado permiten a los productos que hayan mejorado su calidad medioambiental conforme a unos criterios ecológicos uniformes, su reconocimiento en el mercado, premiando así los esfuerzos de los productores.

La Comisión Europea ha publicado la Decisión 2002/272/CE, por la que se establecen los criterios ecológicos para la concesión de la etiqueta ecológica comunitaria a las baldosas rígidas para suelos. A continuación, se resumen los principales requisitos contenidos en los criterios para baldosas cerámicas (32).

Selección de materias primas

Se tiene en cuenta las características de actividad minera y el aseguramiento de su posterior rehabilitación.

Selección de materias primas

Se prohíbe el uso de las sustancias o preparados que no sean inocuos, excepto la fracción de residuos cerámicos que se reintroduzcan en el propio proceso, debido a las ventajas medioambientales del reciclado. En cuanto a los esmaltes, se limita su composición (en peso): Pb < 0.5 %, Cd < 0.1 %, Sb < 0.25 %.

Consumo de energía (etapa de cocción)

Se proponen unos límites de consumo de energía en la etapa de cocción en función del peso de la baldosa, tabla III.

Emisiones gaseosas

Se fijan unos límites en las emisiones frías (atomización, prensado y esmaltado), para las que el total de partículas no ha de superar los 5 g/m² y otros límites en la etapa de cocción (tabla IV), en el orden de los valores de emisiones resultantes de la aplicación de las mejores técnicas disponibles.

Uso del agua y vertidos

El agua residual producida en todos los procesos, incluyendo la producción, debe alcanzar un grado de reciclado > 90%, calculado como la relación entre el agua residual reciclada (interna o externamente) y el agua total que sale del proceso. Los límites de vertido en aguas residuales se muestran en la tabla V.

TABLA III. VALORES LÍMITE DE LA ENERGÍA NECESARIA PARA LA COCCIÓN (ENC) PARA LA CONCESIÓN DE ECOETIQUETA EUROPEA.

baldosa	Límite ENC (MJ/m ²)
peso ≤ 19 kg/m ²	≤ 50
peso > 19 kg/m ²	≤ 70

TABLA IV. LÍMITES DE EMISIÓN EN LA ETAPA DE COCCIÓN PARA LA CONCESIÓN DE COETIQUETA EUROPEA.

Parámetro	Límite (mg/m ³)	Métodos ensayo
Partículas	200	ISO 9096
F	200	ISO/CD 15713
NOx	2500	ISO 11564
SO2	1500	ISO 7935

TABLA V. LÍMITES DE VERTIDO EN AGUAS RESIDUALES PARA LA CONCESIÓN DE ECOETIQUETA EUROPEA.

Parámetro	Límite (mg/l)	Método ensayo
s.s*	40	ISO 5667-17
Cd	0.015	ISO 8288
Cr(IV)	0.15	ISO 11083
Fe	1.5	ISO 6332
Pb	0.15	ISO 8288

* SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

Gestión de residuos

Debe existir una gestión adecuada de los residuos generados:

- Procedimientos de separación y reutilización de materiales.
- Procedimientos de recuperación de materiales para otros usos.
- Procedimientos para manipulación y vertido de residuos peligrosos.

El grado de reciclado del total de los residuos generados en el proceso o procesos ha de ser mayor del 70 % (en peso), de acuerdo con los términos generales y definiciones de la Directiva 91/156/CEE, que modifica a la Directiva 75/7442/CEE.

Requisitos del producto acabado

El producto ha de ser adecuado al uso según las normas ISO, CEN o equivalente, teniendo en cuenta para los productos esmaltados los límites de solubilidad de sustancias mostrados en la tabla VI.

Los requisitos ecológicos de la ecoetiqueta europea son en ciertas ocasiones, al igual que ocurre con los diferentes sistemas de carácter voluntario, más exigentes que los de la legislación medioambiental vigente. En el caso de la industria de fabricación de baldosas cerámicas, los requisitos sobre la selección de materias primas y las emisiones a la atmósfera son los puntos que pueden suponer un mayor esfuerzo para la adaptación a este sistema de ecoetiquetado.

Por último, cabe mencionar las posibles ventajas e inconvenientes que la etiqueta ecológica europea puede aportar a una determinada empresa, sector industrial o producto. Como ventajas se pueden incluir la publicidad del producto en toda la UE, la posibilidad de diferenciación en el propio sector, mejora de la imagen de la empresa, ventaja comercial en mercados sensibles al medio ambiente, etc. Entre los inconvenientes pueden mencionarse los costes adicionales (cánones de solicitud y utilización de la ecoetiqueta), el alto nivel de exigencia de los criterios ecológicos y el relativo desconocimiento actual en España.

4.2. Valorización de los residuos cerámicos

Otra de las tendencias en materia de gestión ambiental en el sector cerámico es la valorización de sus residuos dentro de su propio proceso productivo. Según la Ley 10/98 de residuos (33), por valorización se entiende todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos, sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente. En todo caso, estarán incluidos en este concepto los procedimientos enumerados en el anexo II.B de la Decisión de la Comisión (96/350/CE), entre los que se incluyen las operaciones de reciclado, reutilización y aprovechamiento energético (34).

Debido a la naturaleza de estos residuos, cabe pensar en su utilización como materia prima en el propio proceso productivo, obteniéndose procesos más eficientes y productos innovadores que den respuesta a las nuevas exigencias del mercado. Así, en la fabricación de baldosas actualmente se utilizan como materia prima diferentes tipos de residuos procedentes tanto del propio proceso como del proceso de fabricación de fritas y esmaltes cerámicos, ya que sus características son similares a las de las pastas cerámicas (35-39). Por ejemplo, en la fabricación de baldosas los residuos crudos pueden reutilizarse en la etapa de preparación de pastas (40), al igual que ocurre con los

TABLA VI. LÍMITES DE CESIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS EN PRODUCTOS ESMALTADOS PARA LA CONCESIÓN DE ECOETIQUETA EUROPEA

Parámetro	Límite	Método ensayo
Pb	80 mg/m ²	ISO 10545-15
Cd	7 mg/m ²	ISO 10545-15

residuos cocidos (41-44), las aguas y los fangos residuales (45-48) y los residuos de la depuración vía seca de las emisiones a la atmósfera (49-50). En el caso de la fabricación de fritas y esmaltes, los residuos sólidos generados en la etapa de fusión de fritas y las aguas y fangos residuales pueden reciclarse en la preparación de pastas (51-52) y en la preparación de esmaltes (53) o pueden reutilizarse en la fabricación de fritas cuya composición no sea muy crítica introduciéndolos directamente en los hornos de fusión. Otra posibilidad estudiada es el uso de residuos industriales para obtener materiales vitrocerámicos (54-55).

A partir de estos estudios realizados tanto en España como en Brasil e Italia y, en particular, a partir de la experiencia adquirida durante los últimos años en la valorización de residuos en el sector cerámico, se ha demostrado la posibilidad de reincorporar cada uno de estos residuos en el proceso de producción. Estos antecedentes han llevado a considerar más recientemente el estudio de la valorización integral de residuos cerámicos, es decir, de incorporar de forma conjunta y optimizada los distintos tipos de residuos del sector de baldosas y del sector de fritas y esmaltes cerámicos como materia prima en el proceso de fabricación de baldosas.

Para ello, el grupo de investigación de Química Inorgánica de la Universitat Jaume I, con la colaboración de varias empresas del sector, ha llevado a cabo estudios al respecto a nivel de laboratorio y a nivel industrial que finalmente han dado como resultado una metodología de trabajo que, aplicada a los procesos de fabricación de las diferentes tipologías de baldosas cerámicas producidas en una misma empresa, permitiría mejorar la ecoeficiencia de su sistema productivo y obtener productos más respetuosos con el medio ambiente. Dada la dificultad de abordar en el presente trabajo la incorporación de la metodología desarrollada a todo el sistema productivo de la empresa, el caso práctico que se presenta en el apartado 5 trata en particular sobre la fabricación de pavimento gresificado de pasta roja. No obstante, queda pendiente para posteriores investigaciones adecuar el sistema implantado al procesado de otras tipologías de baldosas cerámicas.

5. CASO PRÁCTICO DE FABRICACIÓN DE BALDOSAS DE GRES DE PASTA ROJA A PARTIR DE LA VALORIZACIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS CERÁMICOS

5.1. Antecedentes experimentales

Para abordar el trabajo, se ha partido de los antecedentes experimentales del proyecto PETRI 1995-0513-OP realizado con la participación de la empresa CARDA-FORTUÑO S.L. El presente estudio ha contado con los servicios de la Universitat Jaume I, a través del Departamento de Química Inorgánica y Orgánica y los Servicios Centrales de Instrumentación Científica (SCIC). Asimismo, para los controles de normalización de ensayos se ha contado con los laboratorios certificados, "Sebastián Carpi", de Castellón, así como el laboratorio acreditado "Iproma" para los controles de inocuidad del producto desarrollado.

La elaboración del polvo atomizado se ha realizado en la empresa TIERRA ATOMIZADA S.A., empresa líder en este campo, mientras que la empresa ROIG CERÁMICA S.A. (RO-CERSA) se ha encargado del desarrollo de los correspondientes modelos de producción y de la elaboración del producto final: baldosas para pavimentos cerámicos de naturaleza de gres de pasta roja esmaltadas, integrando la planificación ecoeficiente de producción, premiado por la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio con el Alfa de Oro 2002 a la innovación tecnológica.

5.2. Materiales y métodos

Las materias primas empleadas en la formulación del soporte, engobe y esmalte son representativas de las utilizadas por la industria cerámica localizada en la provincia de Castellón en un pavimento gresificado de coloración roja por monococción, junto con la incorporación de residuos generados en los procesos de fabricación de baldosas, fritas y esmaltes cerámicos.

Las técnicas utilizadas para la caracterización de los materiales han sido fluorescencia de rayos X (FRX), difracción de rayos X (DRX), microscopía de calefacción, análisis térmico diferencial y termogravimétrico (ATD/TG), microscopía electrónica de barrido y microanálisis (MEB/EDX). Sólo se presentan los resultados obtenidos mediante fluorescencia de rayos X y microscopía de calefacción ya que son las técnicas que, en este caso, aportan la información más relevante.

Aunque el estudio se ha centrado en obtener una producción más eficiente de gres de pasta roja, los residuos empleados no corresponden solamente al proceso de fabricación de este producto, sino que proceden de todas las líneas de producción de la empresa encargada del desarrollo del producto final. También se han incorporado residuos generados en otras empresas de fabricación de baldosas e incluso en el sector de fritas y esmaltes cerámicos.

Los residuos utilizados en la formulación del producto son:

- Residuos cocidos o tiestos, procedentes de la fábrica de baldosas cerámicas. Estos residuos están formados por baldosas que tras la cocción presentan defectos dimensionales o estéticos que impiden su comercialización. Se han distinguido entre tiestos de coloración roja y tiestos de coloración blanca, sin diferenciar si proceden de baldosas de revestimiento o de pavimento. El análisis químico obtenido mediante fluorescencia de rayos X se indica en la tabla VII.

- Aguas y fangos residuales. El agua residual incorporada en la fórmula de carga del engobe y del soporte procede de una balsa de homogeneización de la planta de atomización externa. En esta balsa se recogen las aguas residuales de fábricas de baldosas que no disponen de la etapa de molienda y atomización. Por tanto, su contenido en sólido está formado por la mezcla de las diferentes materias primas empleadas en la preparación de soportes y preparación y aplicación de esmaltes. El análisis químico de una muestra representativa del fango seco o lodo se indica en la tabla VII.

- Residuos de la fusión de fritas cerámicas, esto es, fritas residuales y residuos de chimenea. Estos residuos se han generado en la etapa de fusión de una fábrica de fritas cerámicas durante la producción de fritas transparentes y opacas con bajo contenido en plomo. Los primeros están formados por las par-

TABLA VII. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS (% EN PESO)

Residuo	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO
Tiesto rojo	63.3	20.9	6.6	4.2	1.5	1.6
Tiesto blanco	64.2	18.5	1.5	1.5	5.7	2.9
Lodo seco	52.4	14.3	1.2	2.6	7.8	1.2
Frita residual	57.8	6.4	0.2	3.3	9.2	0.9
Residuo chimenea	38.5	7.0	-	8.9	14.1	1.8

Residuo	TiO ₂	Na ₂ O	ZnO	ZrO ₂	BaO	SO ₃	PbO
Tiesto rojo	0.9	0.4	0.1	0.1	0.3	-	-
Tiesto blanco	0.8	3.4	0.4	0.6	0.1	0.1	-
Lodo seco	0.4	0.9	4.3	7.9	0.6	0.7	3.4
Frita residual	0.2	2.2	3.9	9.0	0.9	-	5.9
Residuo chimenea	-	1.6	6.1	8.4	-	4.0	1.7

tidas de producto cuyas características no las hacen aptas para su comercialización, mientras que los segundos están constituidos por el material que queda adherido a las paredes de la chimenea del horno de fusión como consecuencia del arrastre de las partículas más ligeras y de material semifundido por las turbulencias en el interior del horno y de la condensación de los elementos volatilizados (56). El análisis químico se indica en la tabla VII.

En este estudio no se han tenido en cuenta los residuos crudos arcillosos generados en las diferentes etapas del proceso de fabricación de baldosas puesto que es práctica habitual su reutilización directa en la etapa de preparación de materias primas con el fin de aumentar el contenido en sólidos de la barbotina.

Recientemente se ha firmado un convenio por parte de la Conselleria de Medio Ambiente de la Comunidad Valenciana y la Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos cerámicos (ASCER), mediante el que se establece un acuerdo de control de los residuos no peligrosos procedentes de la fabricación de baldosas cerámicas, que se utilizan como materias primas en el propio proceso, como es el caso de los lodos y suspensiones acuosas con materiales cerámicos, polvo de arcilla en crudo retenido en los sistemas de depuración, los rechazos de molienda de arcilla y de gran parte de las piezas en crudo y del tiesto cocido. Este acuerdo fomenta la reutilización de los residuos, evitando su vertido y estableciendo un control adecuado, cumpliendo así el criterio básico de la Ley 10/2000 de Residuos de la Generalidad Valenciana sobre la valorización de residuos (58).

En la tabla VIII se muestran las temperaturas características de los residuos obtenidas mediante microscopía de calefacción.

El estudio se ha realizado sobre un soporte con una composición habitualmente utilizada para la obtención de este tipo de productos, a la que se ha denominado composición STD, compuesta por arcilla de Villar y arcilla de Moró. En la tabla IX se muestran las composiciones químicas, expresadas en forma de óxidos, de tales arcillas. A la composición STD se han adicionado los porcentajes de residuo que se muestran en la tabla X, obteniéndose la composición R. El porcentaje de lodo indicado en las tablas X y XII corresponden únicamente al contenido en sólido de las aguas residuales alimentadas des-

TABLA VIII. TEMPERATURAS CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS OBTENIDAS POR MICROSCOPIA DE CALEFACCIÓN

Residuos	T ^a sinterización (°C)	T ^a ablandamiento (°C)	T ^a ½ esfera (°C)	T ^a fusión (°C)
Tiesto rojo	1190	1400	1450	1470
Tiesto blanco	1175	1280	1360	1400
Lodo	925	1110	1240	1360
Frita recuperada	810	955	1055	1115
Residuo chimenea	700	895	945	965

TABLA IX. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS ARCILLAS UTILIZADAS EN LA COMPOSICIÓN DEL SOPORTE (% EN PESO)

Arcillas	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P.P.C.
Villar	63.0	18.2	5.8	1.1	1.4	0.3	3.9	0.8	5.5
Moró	67.7	15.9	5.8	1.1	0.9	0.3	2.7	0.9	4.7

TABLA X. FÓRMULA DE CARGA (% EN PESO) EN EL SOPORTE CON RESIDUOS.

Material	% en peso	
Arcillas	91.71	
Residuos	Tiesto rojo	2.40
	Tiesto blanco	2.40
	Residuo de frita	3.12
	Lodo	0.37

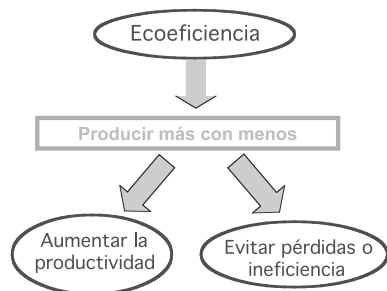


Figura 2. Esquema de Ecoeficiencia.

de la balsa de homogeneización de la planta de atomización y no comprende el material arcilloso de las aguas residuales reutilizadas directamente de la propia instalación, cuyo porcentaje en la composición no ha sido modificada. Este material arcilloso residual queda incluido dentro del porcentaje total de arcillas en la composición.

El engobe se ha preparado a partir de la composición original de un engobe común en un gres de pasta roja, en el cual se ha sustituido el 18% de la frita origen por una mezcla de residuos cuya composición se indica en la tabla XI.

El esmalte aplicado en la baldosa desarrollada es un esmalte base semimate y semiopaco que se utiliza en modelos de producción normal de gres de pasta roja, suministrado por el proveedor habitual. No se ha modificado su formulación con el fin de obtener un producto final de idénticas características estéticas a las del producto de referencia.

En la tabla XII se resumen los porcentajes de los materiales utilizados en la formulación del producto acabado, siendo el porcentaje total de residuos de 8.21%.

5.3. Proceso de producción mejorado

Con el fin de mejorar la eficiencia del proceso de fabricación de baldosas cerámicas, se ha seguido un nuevo enfoque de gestión empresarial basado en el concepto de ecoeficiencia, mediante el que se consigue aumentar la productividad y reducir pérdidas en los procesos de producción (figura 2). Ecoeficiencia se puede resumir con la frase "crear más valor con menos impacto". No es más que un modo de trabajar o una herramienta que aplicada a los procesos de producción, permite considerar el medioambiente como una oportunidad y no como un problema, de manera que se obtienen mejoras a tres niveles: medioambiental, tecnológico y económico (59).

Siguiendo la metodología de producción desarrollada, basada en la valorización integral de los residuos cerámicos, se ha considerado la variable técnica, económica y medioam-

TABLA XI. FÓRMULA DE CARGA (% EN PESO) DEL ENGOBE.

Material	% en peso
Engobe origen	82
Lodo	8
Residuo de frita	10

TABLA XII. PORCENTAJE EN PESO DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL PRODUCTO DESARROLLADO.

Material	% peso	Total
Esmalte	2,3	91.79 % m. primas
Engobe	1,08	
Arcillas	88,42	
Lodos	0,45	8,21 % residuos
Chamotas	4,63	
Residuos frita	3,13	

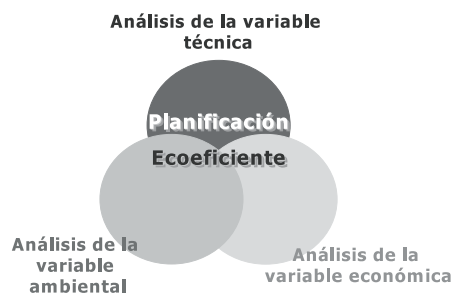


Figura 3. Planificación ecoeficiente de producción.

biental para mejorar la eficiencia del proceso de fabricación de gres de pasta roja (figura 3) y, al mismo tiempo, obtener un producto más respetuoso con el medio ambiente y con unas propiedades o características técnicas adecuadas para su comercialización.

El proceso de fabricación es similar al de un gres de pasta roja convencional, es decir, mediante procesado vía húmeda y monococción. La principal diferencia entre ambos procesos es la existencia de una etapa previa de acondicionamiento, caracterización y dosificación de los diferentes residuos cerámicos junto con las materias primas y aditivos en la formulación del soporte y del engobe (figura 4).

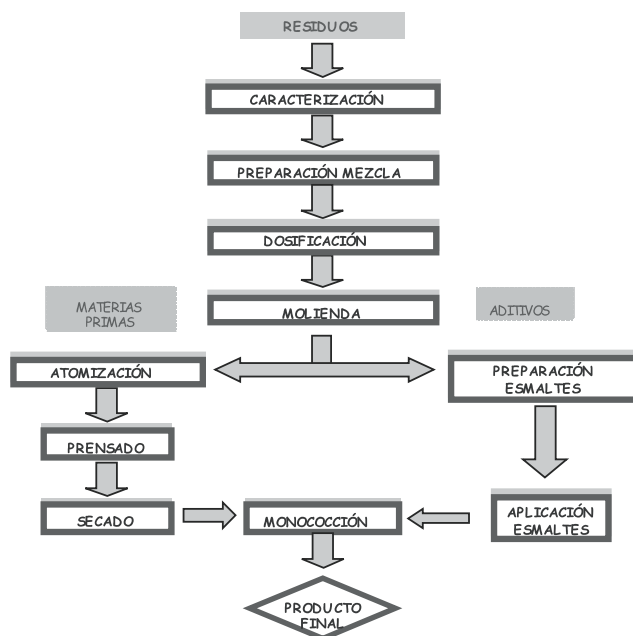


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de producción.

Cabe destacar que la incorporación de residuos a la composición de la barbotina no ha implicado un aumento del porcentaje de aditivos utilizados y que el comportamiento de la misma a lo largo del proceso de producción no ha variado significativamente, excepto en la etapa de cocción donde la temperatura máxima disminuye ligeramente como consecuencia del carácter fundente de la mezcla de residuos. De igual forma, la sustitución de frita por residuos en el engobe no ha variado su comportamiento durante el proceso.

5.4. Resultados y discusión

5.4.1. Viabilidad 5.4.1.1. VIABILIDAD TÉCNICA. PROPIEDADES DE PRODUCTO ACABADO.

Como se observa en la tabla XIII, el producto desarrollado (producto R) presenta mejores valores en cuanto a la absorción de agua, contracción lineal, resistencia a la flexión y carga de rotura, respecto al gres de pasta roja esmaltado de referencia (producto STD). La figura 5 corresponde al diagrama de gresificación de la composición preparada, en el que se representa la variación de la absorción de agua y de la contracción lineal con la temperatura máxima de cocción. Se observa como la presencia de residuos en la pasta actuando como materias primas fundentes desplaza el intervalo de cocción de la composición preparada hacia temperaturas más bajas y reduce el valor mínimo de absorción de agua alcanzado, evolucionando hacia una microestructura menos porosa y con mejores características finales.

De acuerdo con las normas ISO 13006 UNE 67-087, la baldosa desarrollada se clasifica dentro del grupo BIb, GL : baldosas cerámicas prensadas en seco con absorción de agua baja $E < 3 \%$, esmaltadas. Por su parte, el gres de pasta roja esmaltado de referencia está catalogado dentro del grupo BII, GL: baldosas cerámicas prensadas en seco con absorción de agua media-baja $3 \% \leq E < 6 \%$, esmaltadas.

5.4.2. Viabilidad medioambiental

La aplicación de la metodología desarrollada en el proceso de producción de baldosas cerámicas con residuos de diversa tipología en su composición aporta las siguientes mejoras medioambientales:

TABLA XIII. PROPIEDADES TÉCNICAS DE PRODUCTO ACABADO.

Propiedad	Prod. STD	Prod. R
Tmax cocción (°C)	1157	1150
Absorción agua (%)	3.6	2.8
Contracción lineal (%)	5.48	5.86
R. flexión (N/mm ²)	38	43
Carga rotura (N)	1771	1816

- Solución del problema de la gestión actual de los residuos cerámicos de la industria de fabricación de baldosas, fritas y esmaltes. Mediante la optimización del grado de reciclado de dichos residuos en la fabricación de baldosas cerámicos, el sector es capaz de asumir todos los residuos cerámicos susceptibles de ser aprovechados.

Basándose en los porcentajes de adición obtenidos para el producto desarrollado y en el volumen de residuos generado en el sector durante el año 2001, se puede afirmar que tan sólo con que aproximadamente el 35% de la producción de pavimento gresificado esmaltado de pasta roja del sector se elaborase usando la formulación de la baldosa desarrollada, se conseguiría el reciclado del 100% de los residuos de la fabricación de fritas, el 90 % de los tiestos y el 75 % de los fangos generados en el sector. El porcentaje restante sería fácilmente asimilable por la producción total de baldosas, alcanzando el vertido cero en estos tipos de residuos.

- Reducción del volumen de residuos que se destina a vertederos mediante su valorización como materia prima. La cantidad y características de los residuos generados no varía respecto al proceso convencional; sin embargo, aumenta el porcentaje de los mismos incorporados en el proceso de producción. De este modo se consigue reducir el impacto ambiental que ocasionarían en los vertederos.

- Disminución del consumo de arcillas en el soporte, con lo que se reduciría el impacto ambiental causado por su extracción y transporte. También se consigue reducir el consumo de frita para el engobe, evitando el impacto de su procesado.

- Disminución del consumo de recursos naturales como son el agua y el gas natural.

En la planta de fabricación de baldosas, que no dispone de la etapa de molienda y atomización, no varía el agua consumida a lo largo de las diferentes líneas del sistema productivo ya que las modificaciones incorporadas no afectan significativamente a los volúmenes necesarios en la limpieza de instalaciones, molinos, líneas y equipos de esmaltado, en los sistemas de depuración vía húmeda, etc. Estos efluentes líquidos

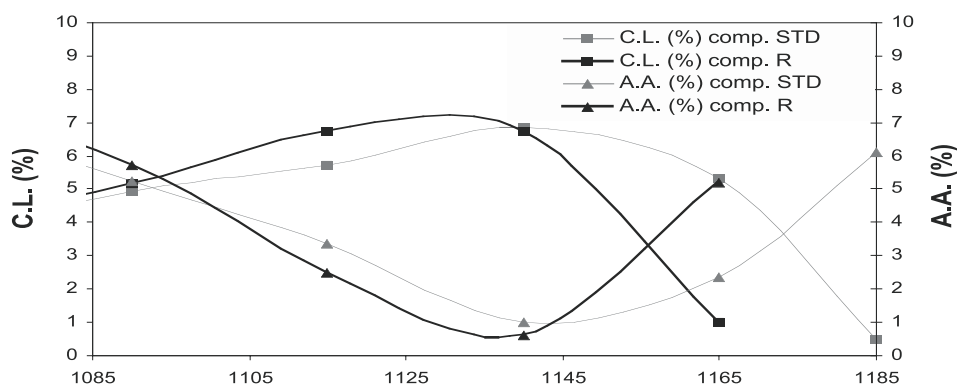


Figura 5. Diagrama de gresificación de la composición de gres estándar (STD) y de la composición desarrollada (R).

residuales son conducidos a una balsa de homogeneización y recirculados íntegramente a la planta de atomización externa sin acondicionamiento previo.

Respecto a la planta de atomización externa, la optimización de la composición del soporte lleva al aumento del porcentaje de adición de lodo. En consecuencia, aumenta el volumen de agua residual introducida en la molienda por encima del porcentaje actual, que oscila entre el 30%-50%, y se reduce el consumo de agua industrial en esta etapa.

En cuanto al consumo de energía, la adición de los residuos cerámicos ha permitido reducir la temperatura máxima del ciclo de cocción en 7 °C con respecto al ciclo de cocción utilizado en la fabricación de un gres de pasta roja estándar, por lo que se ha conseguido reducir el consumo de gas natural (ver tabla XIV). Otra opción sería reducir el ciclo de cocción manteniendo la temperatura de cocción del ciclo de referencia.

- El efecto de la introducción de residuos cerámicos sobre las emisiones atmosféricas del proceso de fabricación, principalmente en las etapas de atomización y cocción, puede considerarse prácticamente insignificante, atendiendo a la composición de los lodos introducidos, su dilución y también respecto a las informaciones de estudios previos (60).

- Inertización de los residuos mediante vitrificación (61) pasando a formar parte de una matriz vítrea estable y de escasa solubilidad, donde las sustancias potencialmente peligrosas quedan inmovilizadas. La inocuidad del producto desarrollado ha sido demostrada por el laboratorio acreditado Iproma mediante los ensayos homologados de lixiviación (método 1) y bioensayo de luminiscencia con el microorganismo vibrio fisheri, resultando un valor de EC₅₀ inferior a 3.0 equitox/m³.

5.4.3. VIABILIDAD ECONÓMICA

La evaluación económica de las modificaciones incorporadas en el proceso se ha realizado considerando una fábrica de baldosas que no dispone de etapa de preparación de pastas y que reutiliza la totalidad de sus aguas y fangos residuales en la planta de atomización externa que le suministra el polvo atomizado. Para ello se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Coste del transporte de los residuos a la planta de atomización.
- Coste de la trituración del tiesto previa a la molienda de los residuos.
- Ahorro en la gestión de residuos inertes, es decir, en el transporte y eliminación de los tiestos en vertederos autorizados.
- Ahorro en el consumo de arcilla para el soporte y de frita para el engobe.
- Disminución del consumo de gas natural en la etapa de cocción (tabla XIV).

El resultado del balance económico se muestra en la tabla XV, suponiendo un ahorro total de 0.048 euros por m² de producto. En el caso de una empresa que produce 5 millones de m² anuales de pavimento de gres de pasta roja esmaltado, el ahorro anual sería superior a 240000 euros. Esto hace pensar que la producción de baldosas siguiendo la metodología desarrollada puede amortizar de forma inmediata los costes de la optimización medioambiental de su proceso, ya que reduce los costes de producción y de gestión e incrementa la rentabilidad económica de los productos.

TABLA XIV. CONSUMO DE GAS NATURAL EN LA COCCIÓN.

Propiedad	Prod. STD	Prod. R
Tmax cocción (°C)	1157	1150
Termias/kg	0.6	0.55
Termias/año	32.342.000	29.646.833
Nm ³ /año	294.312	269.786

TABLA XV. BALANCE ECONÓMICO DE LAS MODIFICACIONES INTRODUCIDAS EN EL PROCESO

Energía	Ahorro (euros/m ²)			Costes (euros/m ²)		Ahorro total (euros/m ²)
	Arcillas	Engobe	Transporte y vertedero inertes	Transporte a atomizador	Trituración tiestos	
0,016	0,006	0,027	0,007	0,006	0,002	0,048

Extrapolando al sector español de pavimento gresificado de pasta roja esmaltado, la fabricación del 35% de la producción del año 2001 siguiendo el sistema implantado supondría un ahorro anual aproximado de 5.500.000 euros. A su vez, para el sector de fabricación de fritas supondría un ahorro significativo, pero ante la falta de datos cuantitativos de la producción de residuos del sector de fritas y esmaltes, es difícil su cálculo.

6. CONCLUSIONES

De todo lo expuesto en este trabajo se pueden extraer las siguientes conclusiones:

La política ambiental comunitaria más reciente se orienta hacia la protección integral del medio ambiente, de manera que el sector industrial ha de adaptarse a las nuevas normativas mediante un nuevo enfoque de gestión empresarial que integre la variable medioambiental.

La combinación de SGMAs y otros instrumentos como los ACV y el ecoetiquetado, junto con la experiencia en materia de gestión y reciclado de residuos cerámicos constituyen el punto de partida hacia una planificación ecoeficiente de producción en el sector cerámico.

Se ha demostrado la viabilidad técnica, medioambiental y económica de la valorización integral de los residuos cerámicos generados en la fabricación de baldosas, fritas y esmaltes mediante la optimización del porcentaje de adición en la composición de baldosas de gres de pasta roja. Es razonable pensar que estas medidas se podrían adecuar para su aplicación en las diferentes líneas de fabricación de una empresa de baldosas e incluso en todo el sector si se disponen de las instalaciones adecuadas, mejorando la eficiencia de su sistema productivo a nivel económico, técnico y medioambiental.

En este sentido, la implantación de las medidas adoptadas se plantea como una perspectiva de futuro dentro del sector cerámico, ya que permite mejorar la eficiencia de sus procesos productivos y la puesta en el mercado de productos más respetuosos con el medio ambiente y que satisfacen las exigencias del entorno socioeconómico.

Las principales mejoras obtenidas como resultado de la aplicación de estas innovaciones medioambientales en el proceso de producción de baldosas cerámicas, son las siguientes:

- Optimización del grado de reutilización de los residuos cerámicos. En las baldosas de gres desarrolladas se ha incorporado como materia prima fundente un porcentaje superior al 8% de una mezcla de residuos cerámicos.

- Inertización de los residuos cerámicos mediante vitrificación, al pasar a formar parte de la matriz vítrea del soporte cocido. De especial interés en el caso de los fangos y de los residuos de la fabricación de fritas y esmaltes.

- Disminución del consumo de materias primas y energía. Se reduce el consumo de arcillas en el soporte en más del 8%, el consumo de agua industrial en la molienda debido al aumento del porcentaje de aguas residuales y el consumo de gas natural en la etapa de cocción debido a la disminución de la temperatura de cocción producida por el efecto fundente de los residuos.

- Mayor rentabilidad del proceso de producción. El balance económico de las modificaciones implantadas en el proceso de producción refleja un ahorro de 0.048 euros por m² de producto.

- Mejora de las características técnicas del producto acabado. El efecto fundente de la incorporación de residuos mejora el comportamiento de la composición en la cocción, consiguiendo un producto con una microestructura menos porosa y con mejores propiedades técnicas.

Además de valorar las ventajas técnicas, económicas y medioambientales de la metodología desarrollada deben considerarse los aspectos intangibles relacionados, como la influencia en la imagen de la empresa y, en general, del sector azulejero español, cuya mejora puede reportar grandes ventajas competitivas e introducirse en mercados en los que los aspectos medioambientales se tienen en mayor consideración.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento al Proyecto de Estímulo a la Transferencia de Resultados de Investigación (PETRI) nº 1995-0513-OP "Valorización técnica y económica de los residuos generados en el proceso de fabricación de baldosas y fritas cerámicas" por financiar parte del estudio que constituye la base para la realización del presente trabajo.

Los autores agradecen a ESMÁLTES, S.A. (Alcora) Castellón, el suministro y caracterización de materiales; a TIERRA ATOMIZADA, S.A. (Alcora) Castellón, su ayuda en la elaboración y control de las composiciones; a ROIG CERÁMICA, S.A. (ROCERSA) (Vila-Real) Castellón, la elaboración de los modelos de producción y control en proceso y a TRANSPORTES CARDA-FORTUÑO, S.L., (Vila-Real) Castellón, la participación en la financiación del estudio realizado.

Por último, los autores quieren extender su agradecimiento a los Servicios Centrales de Instrumentación Científica (SCIC) de la Universidad Jaume I de Castellón por la ayuda prestada en el estudio y caracterización de los materiales.

BIBLIOGRAFIA

1. Directiva 90/313/CEE, de 7 de junio de 1990, sobre libertad de acceso a la información en materia de medio ambiente (DOCE nº L 158 de 26/06/1990).
2. Directiva 96/61/CE del Consejo, de 24 de septiembre de 1996, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación, (IPPC) (DOCE nº L 257 de 10/10/1996).
3. Directiva 96/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1996, sobre

- evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente (DOCE nº L 296 de 21/11/1996).
4. Directiva 96/82/CE, de 9 de diciembre, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (DOCE nº L 10 de 14.01.1997, rectificada por DOCE Nº L 73 de 12.03.98).
5. Directiva 1999/31/CE del Consejo, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos (DOCE nº L 182 de 16/07/1999).
6. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (DOCE nº L 327 de 22/12/2000).
7. Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001 relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente. (DOCE nº L 197 de 21/07/1901).
8. Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, Estocolmo, 5 a 16 de junio de 1972. Publicación de las Naciones Unidas, número de venta: S.73.IIA.14.
9. Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, 3 a 14 de junio de 1992. Publicación de las Naciones Unidas, número de venta: S.02.II.A.7.
10. Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, Johannesburgo, 26 de agosto a 4 de septiembre de 2002.
11. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO-3. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, 2002. Publicación de las Naciones Unidas, número de venta: S.02.III.D.19.
12. Decisión nº 1600/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de julio de 2002, por la que se establece el Sexto Programa de Acción Comunitario en Materia de Medio Ambiente (DOCE nº L 242 de 10/09/2002).
13. M. Artola. "Directivas europeas: retos y oportunidades". Encuentro de Directores de Medio Ambiente, Feria de Medio Ambiente del Mediterráneo (Ecofira), Valencia (España), abril 2002.
14. S. Gabaldón, S. López, M. Irún, J.B. Carda. "Normativa y gestión medioambiental en la producción de baldosas cerámicas". VII Jornadas sobre Innovación de Proceso y Producto e la Industria del Azulejo, Benicasim, Castellón (España), abril 2002.
15. M. Seoánez. "Ecología industrial: ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa". Ed. Mundi-Prensa, Madrid (España) 1998.
16. M. Seoánez, I. Angulo. "El medio ambiente en la opinión pública". Ed. Mundi-Prensa, Madrid (España) 1997.
17. La Directiva 96/61 en la industria española (Recurso electrónico): Guías tecnológicas. Ministerio de Industria y Energía, ATYCA, Programa de Fomento a la Tecnología industrial y Fundación Entorno. La Fundación cop. 1999.
18. Colegio Oficial de Físicos, Unión Profesional, APROMA, Instituto de la Ingeniería de España: "Tecnologías limpias e IPPC". VI Congreso Nacional del Medio Ambiente, Madrid (España), octubre 2002.
19. European Commission: "Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques in the Glass Manufacturing Industry", December 2001. <http://eippcb.jrc.es>.
20. Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación (BOE nº 157 de 2/7/2002).
21. A. Mourelle, J. Díaz. "Aplicación y transposición de la Directiva IPPC y sus consecuencias para la industria española". Residuos 50 44-50 (1999).
22. Informe 2001 de la Gestión Medioambiental en la Empresa Española. Inima, Quota Unión, Fundación Entorno, Ministerio de Medio Ambiente. Ed. Mundi-Prensa, Madrid 2001.
23. Consumo sostenible en España. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid 2000.
24. Estrategia Española de Desarrollo Sostenible. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid 2001.
25. Decisión 2000/479/CE, de 17 de julio, relativa a la realización de un inventario europeo de emisiones contaminantes (EPER) con arreglo al artículo 15 de la directiva 96/61/CE del Consejo relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación (IPPC) (DOCE nº L 192 de 28/07/2000).
26. Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes, EPER-España. Ministerio de Medio ambiente. www.eper-es.com.
27. L. Bautista. "Guía práctica de la gestión ambiental". Ed. Mundi Prensa, S.A., Madrid (España) 2000.
28. M. Ludevid. "La gestión ambiental en la empresa". Ed. Ariel, S.A., Barcelona (España) 2000.
29. Reglamento CE nº 761/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de marzo de 2001, por el que se permite que los organismos se adhieran con carácter voluntario a un sistema comunitario de gestión y auditoría ambientales (EMAS) (DOCE nº L 144 de 24/04/2001).
30. R. Probst. "Las normas nacionales, europeas e internacionales para la protección del medio ambiente y sus efectos sobre la industria cerámica

- europaea”, pp. 241-249 en Qualicer'98, Castellón (España), marzo 1998. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación, Castellón (España) 1998.
31. Reglamento 1980/2000/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de julio de 2000, relativo a un sistema comunitario revisado de concesión de etiqueta ecológica (DOCE nº L 237 de 21/09/2000).
 32. Decisión de la Comisión 2002/272/CE, de 25 de marzo de 2002, por la que se establecen los criterios ecológicos para la concesión de la etiqueta ecológica comunitaria a las baldosas rígidas para suelos (DOCE nº L 94 de 11/4/2002).
 33. Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos (BOE nº 96 de 22/04/1998).
 34. Decisión de la Comisión 96/350/CE, de 24 de mayo de 1996, por la que se adaptan los anexos II.A y II.B de la Directiva 75/442/CEE del Consejo relativa a los residuos (DOCE nº L 135 de 06/06/1996).
 35. Italian Ceramic Society, Sassuolo Delegation. "Solid waste: the current situation and future prospects", pp. 199-206 en Fourth Euro Ceramics vol.11: Floor and Wall Tiles, 4th Conference & Exhibition of the European Ceramic Society, Riccione (Italia), Octubre 1995. Gruppo Editoriale Faenza Editrice, Faenza (Italia) 1995.
 36. C.O. Sanz. "La gestión de los residuos en la industria cerámica". Ed. Tirant lo Blanch, UJI-Fundación Universidad Empresa, Castellón (España) 2000.
 37. A. Blasco, A. Escardino, G. Busani, E. Monfort, J.L. Amorós, J. Enrique, V. Beltrán, F. Negre. "Tratamiento de emisiones gaseosas, efluentes líquidos y residuos sólidos de la industria cerámica". Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas: Instituto de Tecnología Cerámica, Castellón (España) 1992.
 38. G. Busani, C. Palmonari, G. Timellini. "Piastrelle Ceramiche & Ambiente". EDI.CER. S.p.a., Sassuolo (Italia) 1995.
 39. P. Escribano, J.B. Carda, E. Cordoncillo. "Situación medioambiental de la fabricación de fritas y esmaltes cerámicos", pp. 37-108 en Enciclopedia Cerámica. Tomo 1: Esmaltes y pigmentos cerámicos. Ed. Faenza Editrice Ibérica, S.A., Castellón (España) 2001.
 40. J.E. Enrique, E. Monfort. "Situación actual y perspectivas de futuro de los residuos de la industria azulejera". Cerámica Información 221 19-32 (1996).
 41. F. Andreola, T. Manfredini, G. C. Pellacani, P. Pozzi, M. Romagnoli. "Recycling of ceramic wastes to reduce pollution". Int. Ceram. J. XIII [4] 24-26 (1995).
 42. M.C. Casagrande, A. P. Novaes de Oliveira, D. Hotza. "Reciclado de residuos sólidos en la producción de pavimentos cerámicos", pp. 39-46 en Qualicer'02, Castellón (España), marzo 2002. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación, Castellón (España) 2002.
 43. E. Monfort, J. García-Ten, P. Velasco. "Reciclado de tiesto en composiciones de pavimento y revestimiento rojo (I)". Técnica Cerámica 292 450-458 (2001).
 44. E. Monfort, J. García-Ten, P. Velasco. "Reciclado de tiesto en composiciones de pavimento y revestimiento rojo (y II)". Técnica Cerámica 293 629-633 (2001).
 45. G. Biffi. "Alcune esperienze sul reimpiego dei fanghi in cerámica". Ceramurgia 11 [5] 203-206 (1981).
 46. C. Palmonari, A. Tenaglia, G. Timellini. "Inquinamento hídrico da industrie ceramiche: smatimento e riutilizzo dei fanghi residui. Ed. int. Centro Ceramico, Bologna (Italia) 1983.
 47. A. Blasco, F. Ginés, J. C. Jarque. "Adición de fangos reciclados a composiciones de pavimentos y revestimientos cerámicos (I)". Técnica Cerámica 195 470-483 (1991).
 48. A. Blasco, F. Ginés, J. C. Jarque. "Adición de fangos reciclados a composiciones de pavimentos y revestimientos cerámicos (y II)". Técnica Cerámica 196 578-585 (1991).
 49. F. Andreola, L. Bonfatti, T. Manfredini et al. "Addition of exhausted lime in ceramic bodies: possibilities for an environmentally compatible tile production. I: Rheological behaviour of slips". Tile & Brick Int. 8 [I] 9-13 (1992).
 50. F. Andreola, L. Bonfatti, T. Manfredini et al. "Addition of exhausted lime in ceramic bodies: possibilities for an environmentally compatible tile production. II: Thermal and sintering behaviour of Bodies". Tile & Brick Int. 8 [5] 341-346 (1992).
 51. S. Cava, V. Albarici, E. Azavedo. "Aprovechamiento de los residuos de esmaltado en pastas rojas de gres". Técnica Cerámica 292 413-415 (2001).
 52. A. Moreno, J. García-Ten, V. Sanz. "Viabilidad del uso de fritas como materias primas de las composiciones de gres porcelánico". Cerámica Información 268 73-84 (2000).
 53. A. Moreno, J. E. Enrique, E. Bou. "Sludge reuse in glazes and engobes". Forum of Technology, Ber. DKG 73 [4] 209-214 (1996).
 54. L. Barbieri, A. Bonamartini Corradi, I. Lancellotti, C. Siligardi. "Production of glass and glass-ceramics materials from municipal and industrial wastes", pp. 177-179 en Sixth Euro Ceramics vol.1, 6th Conference & Exhibition of the European Ceramic Society, Brighton (Reino Unido), junio 1999. IOM Communications Ltd, Londres (Reino Unido) 1999.
 55. M. Romero, J.M^a Romero. "El proceso de vitrificación/cristalización controlada aplicado al reciclado de residuos industriales inorgánicos". Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidr. 39 [1] 155-163 (2000).
 56. M. Irún. "Influencia de las variables del proceso de producción de fritas cerámicas en las emisiones atmosféricas". Tesis de Licenciatura, Universidad Jaume I, Castellón (España) 1999.
 57. Decisión de la Comisión 2001/118/CE, de 16 de enero de 2001, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE en lo que se refiere a la lista de residuos (DOCE nº L 047 de 16/02/2001).
 58. Ley 10/2000, de 12 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Residuos de la Comunidad Valenciana (DOGV nº 3.898 de 15/12/2000)
 59. L.D. DeSimone, Frank Popoff, World Business Council for Sustainable Development. "Eco-efficiency: The Business Link to Sustainable Development". MIT Press, Massachusetts (EE.UU.) 2000.
 60. J.E. Enrique, E. Monfort, G. Busani, G. Mallol. "Reciclado de aguas residuales en la fabricación de baldosas cerámicas". Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidr. 39 [1] 149-154 (2000).
 61. M. Hidalgo, J.M^a Rincón. "Fundamentos de la inmovilización de residuos radiactivos en matrices vítreas y vitrocerámicas". Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidr. 26 [4] 227-234 (1987).

Recibido: 09.01.03

Aceptado: 05.02.03

