

Propuesta de un plan de saneamiento atmosférico en el clúster cerámico de Castellón

A.B. Vicente

T. Sanfeliu

Universidad Jaume I

Unidad de Mineralogía Aplicada

Departamento de Ciencias Agrarias

y del Medio Natural

M.M. Jordán

Universidad Miguel Hernández

Departamento de Agroquímica

y Medio Ambiente

Summary

Since the beginning of the twentieth century, the province of Castellón, East Spain, is one of the most important areas of floor and wall tile production on a national and worldwide scale. Given this productive sector's rate of development, a series of pollution-producing chemical substances has been introduced into the atmosphere. This situation involves having to know the different stages of the production process and the emissions of the pollutants causing pollution in order to minimise the negative effects caused by these substances. Sustainable development is sought to guarantee that, in the future, the environmental quality parameters fall within the legal limits, and which also ensures the population's well-being and conserves natural ecosystems and material assets. To this end, the emissions from this industrial sector have been described, as have the inmission levels in the towns near to where this sector is located. The aim of this work is the proposal of an atmospheric clean-up plan by applying a series of correcting measures and a surveillance scheme of these measures to ensure the environmental quality parameters established.

Introducción

Desde principios de siglo la provincia de Castellón alberga uno de los núcleos más importantes a escala española y mundial de producción de pavimento y revestimiento cerámico. El elevado desarrollo alcanzado por este sector productivo ha llevado a que se introduzcan en el medio atmosférico una serie de sustancias químicas que producen una contaminación. Este hecho implica que se deban conocer las diferentes etapas del proceso productivo, así como las emisiones de contaminantes que provocan, con el fin de minimizar los efectos negativos que éstas pudieran ocasionar. Se busca un desarrollo sostenible que garantice un futuro con unos parámetros de calidad ambiental dentro de los límites normativos, y que asegure el bienestar de la población y preserve los ecosistemas naturales y los bienes materiales. Para ello se realiza una descripción de las emisiones de este sector industrial y de los niveles de inmisión en los municipios donde se ubica. El objetivo de este trabajo es la propuesta de un plan de saneamiento atmosférico con una serie de medidas correctoras a aplicar y un plan de vigilancia del mismo que garantice los parámetros de calidad ambiental fijados.

IMPORTANCIA DEL SECTOR CERÁMICO EN LA PROVINCIA DE CASTELLÓN

Desde principios de siglo la provincia de Castellón alberga uno de los núcleos más importantes a escala española y mundial de producción de pavimento y revestimiento cerámico (Jordán et ál., 2006). España fabrica el 10% de la producción mundial de estos productos, siendo el primer productor en el Unión Europea, con una cuota del 40%. España e Italia representan el 75% de la producción comunitaria y se sitúan tras China, aunque con una notable distancia, como los primeros productores mundiales, seguidos muy cerca de Brasil (fuente ASCER: Asociación española de fabricantes de azulejos y pavimentos cerámicos. www.ascer.es).

Una de las principales características del sector azulejo español es la alta concentración de la industria en la provincia de Castellón en un área de 200 km², en especial en la zona delimitada al norte por Alcora y Borriol, al oeste por Onda, al este por Castellón de la Plana y al sur por Nules (figura 1).

De la producción española de pavimento y revestimiento cerámico, en torno al 94% tiene lugar en la provincia de Castellón, donde se ubican el 81% de las empresas de este sector. La industria cuenta en torno a 200 empresas fabricantes de baldosas cerámicas. A esta cifra hay que sumar 19 empresas dedicadas a la atomización de arcillas y a la fabricación de bizcocho, y las pequeñas empresas o talleres dedicados a la fabricación artesanal. Se estima que el sector da empleo directo a unos 26.000 trabajadores e indirecto a más de 7.000 (Monrós et ál., 2007).

La inversión industrial del sector cerámico supone en torno al 11% del total de la Comunidad Valenciana y el 56% en la provincia de Castellón, siendo pues, este sector productivo, el motor económico de esta zona (fuente: Generalitat Valenciana).

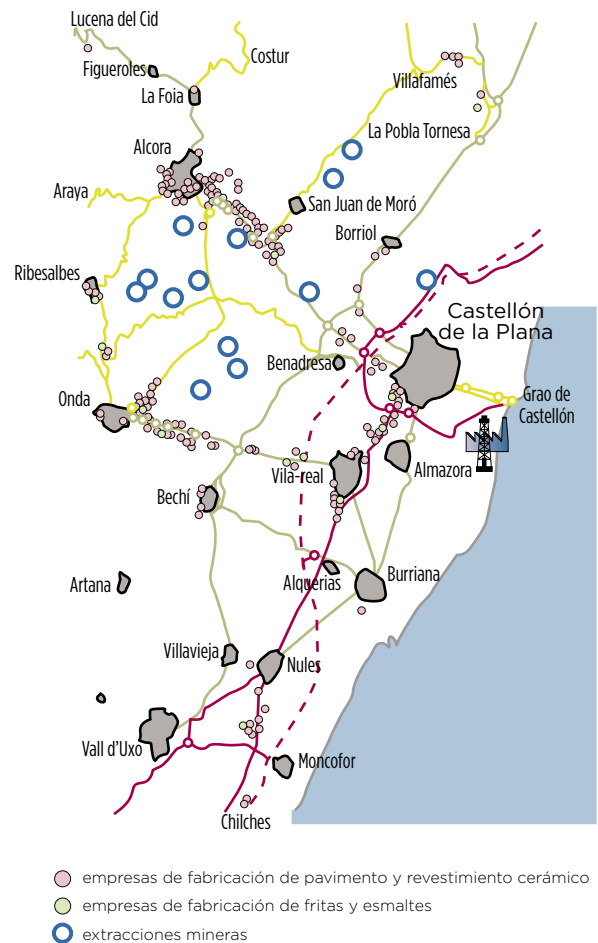
Además de las fábricas de pavimento y revestimiento cerámico, existen implantadas otras afines como son: los fabricantes de esmaltes, fritas y colores cerámicos y las extracciones mineras a cielo abierto de materias primas. Todas ellas contribuyen de manera positiva a aumentar la economía de la zona.

Esta especialización y la alta concentración geográfica son los identificadores del clúster, sin embargo el éxito del sector cerámico en Castellón debe ser atribuido también a otros factores como son la elevada cohesión del sector, su adaptabilidad a demandas cambiantes, una alta cualificación de los recursos humanos y la utilización óptima de los recursos tecnológicos.

El elevado desarrollo alcanzado por este sector productivo ha llevado a que se introduzcan en el medio atmosférico una serie de sustancias químicas que producen una contaminación (Vicente et ál., 2007). Este hecho implica que se deban conocer las diferentes etapas del proceso productivo, así como las emisiones de contaminantes que provocan, con el fin de minimizar los efectos negativos que éstas pudieran ocasionar. Se busca un desarrollo sostenible que garantice un futuro con unos parámetros de calidad ambiental dentro de los límites normativos, y que asegure el bienestar de la población y preserve los ecosistemas naturales y los bienes materiales.

La industria cerámica no solo se ha visto afectada los últimos años por una legislación ambiental cada vez más rigurosa, sino también por la nueva actitud de los constructores y consumi-

Figura 1 mapa de situación de la industria



dores, preocupados por el medio ambiente, que demandan una construcción sostenible. Este hecho lleva a que las empresas deban implantar estrategias y sistemas de gestión que les permitan producir y promocionar productos y procesos respetuosos con el medio ambiente.

Entre los retos a los que el sector debe hacer frente se encuentran las importantes inversiones medioambientales para adecuarse a la legislación vigente en esta materia. El Protocolo de Kioto tiene como objetivo conseguir reducir un 5,2% las emisiones de gases de efecto invernadero globales sobre los niveles de 1990 para el periodo 2008-2012. Por su parte, la Ley de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC) establece nuevos enfoques en el régimen de intervención administrativa, previa puesta en marcha de instalaciones industriales y en consideración de los impactos ambientales asociados a la actividad.

DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN

El desarrollo de planes de actuación encaminados a resolver problemas de contaminación atmosférica requiere un conocimiento previo de la naturaleza y concentración de los procesos contaminantes que los originan. La concentración y las características físicas y químicas de los contaminantes a lo largo del ciclo productivo se encuentran claramente influenciadas por la clase de materia prima utilizada en cada etapa del proceso, por el tipo

Tabla 1 Factores de emisión de un camión volquete Sanfeliu et ál., 2002a

Contaminante	Factores de emisión (g/km)
Ácidos orgánicos	0,19
Aldehídos (HCOH)	0,19
NO ₂ y NO _x	21,25
Hidrocarburos	2,13
CO	12,75
SO ₂	1,50
Partículas	0,75

de transformación a los que éstas pueden ser sometidas y por las condiciones de funcionamiento de instalación.

Considerando la baldosa como producto final de este sector, los procesos implicados en su fabricación son aquellos que por un lado llevan a la obtención de las materias primas necesarias y por otro a la fabricación en sí de este producto. Para obtener un azulejo se necesita:

- Materias primas del soporte: llamado bizcocho, fundamentalmente compuesto por arcillas. El proceso implicado es la extracción a cielo de estos minerales.
- Materias primas del decorado: el proceso implicado es la fabricación de fritas, esmaltes y colores de uso cerámicos.

A continuación se realiza una descripción de los procesos productivos que se llevan a cabo en el sector, así como del tipo de emisiones de contaminantes que se producen en cada etapa de los mismos.

Extracción de arcillas cerámicas

Debido al valor relativamente bajo del material extraído, las explotaciones de minerales arcillosos se concentran alrededor de los centros de consumo, fábricas de l'Alcora, Onda y Vila-real, abasteciendo de materias primas a la potente industria azulejera localizada fundamentalmente en el entorno de dichas localidades. Se encuentran concesiones mineras de arcillas en los materiales del Mioceno de Araya-l'Alcora y en los del Buntsandstein de Sant Joan de Moró (Sanfeliu, 1991). Estas arcillas presentan la fundencia y el bajo contenido en carbonatos adecuados para su utilización como materia prima de este sector (García-Talegón, et ál., 2002).

Este tipo de canteras, en general de pequeño tamaño, presentan un nivel de explotación bastante sencillo, contando la mayoría de los casos con un sistema de mecanización integrado por varias palas excavadoras destinadas a efectuar el arranque del material, camiones con los que transportar el material extraído y, en casos aislados, con algún sistema de moliendo o cinta de transporte (Álvarez, et ál., 2004).

Las actividades extractivas son, en mayor o menor grado, agresivas con el medio ambiente. La generación de polvo se debe

en gran medida a las labores propias de extracción como son las operaciones de excavación, manipulación y tratamiento del material (trituración), trasiego de los camiones, construcción de pistas, y finalmente, por la acción eólica sobre la zona de pilas de cantera (acopio de material) situadas al aire libre sin cubierta protectora (Jordán, 1997).

Estas actividades extractivas dan lugar a partículas de gran tamaño (>100 µm), con clara tendencia a asentarse de nuevo en el terreno y no alcanzar distancias de difusión considerables. Es polvo grueso con velocidad de sedimentación apreciable y tiempo de permanencia en la atmósfera corto (Vicente, et ál., 2006). Sin embargo, ante la sequedad del suelo arcilloso, la trituración del material como consecuencia del transporte de vehículos o el tratamiento del material explotado, puede producirse una generación de polvo lo suficientemente fino (2-20 µm), con velocidades de sedimentación baja, como para ser transportado a distancias mayores y contribuir a la carga de material en suspensión en el aire (Jordán, et ál., 1999). Este hecho estará además favorecido por la morfología, generalmente de hábito laminar, de los materiales arcillosos (Gómez, et ál., 2006). El transporte del material extraído mediante camiones provocará artificialmente, también, la expansión no sólo de partículas en suspensión, sino de las partículas sedimentables (>100 µm) a largas distancias.

La emisión de gases contaminantes procede de la combustión de la maquinaria empleada en la extracción de los materiales y de los camiones de transporte de dichas materias una vez extraídas. En la **tabla 1** se presentan los factores de emisión de diferentes contaminantes durante la combustión en un camión volquete.

Fabricación de fritas, esmaltes y colores cerámicos

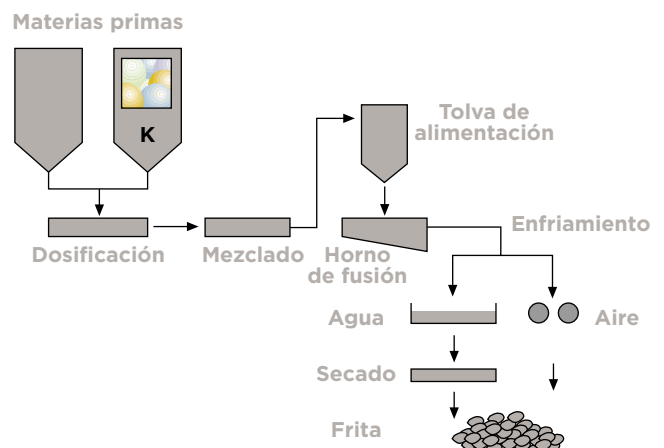
En la **figura 2** se muestra el esquema de producción de fritas, material inerte de tipo vítreo que se obtiene por fusión a temperatura elevada (1.500 °C) y posterior enfriamiento rápido de mezclas predeterminadas de materias primas.

Las emisiones de contaminantes se producen por un lado en la preparación de las materias primas, y por otro en la fusión de dichas materias en el horno (Irún et ál., 2004).

Durante la preparación de las materias primas las emisiones son

Figura 2
diagrama del proceso de fabricación de fritas

Fuente: ANFFECC (Asociación Nacional de Fabricantes de Fritas, Esmaltes y Colores Cerámicos)



producidas principalmente por procesos mecánicos: almacenamiento, molienda y alimentación al horno de las mismas. El tipo de contaminante generado es partículas, las cuales presentan las mismas características químicas que las materias primas utilizadas.

En el horno de fusión, debido a las altas temperaturas alcanzadas, se producen emisiones que contienen gran cantidad de productos volátiles y partículas sólidas (Mallol et ál., 1998). La naturaleza de los contaminantes depende de la composición de la frita que se esté fabricando. Las emisiones características de esa etapa se pueden dividir en tres grupos principales: 1) partículas sólidas de tamaño inferior a 10 µm, 2) elementos volátiles que condensan en formas sólidas: boro, flúor, arsénico, sodio, potasio..., y 3) gases característicos de la combustión de gas natural (NOx, SOx, CO₂, NH₄) (Gómez, et ál.,2006).

Fabricación de pavimento y revestimiento cerámico

El proceso de fabricación de pavimento y revestimiento cerámico se puede resumir en el esquema de la **figura 3**, donde se muestran las etapas más importantes que lo conforman.

La industria de baldosas cerámicas origina un volumen importante de emisiones a la atmósfera, tanto por la manipulación de materiales pulverulentos (acopio en eras y transporte de materias primas), como por disponer de operaciones que requieren de un proceso de combustión (secado y cocción) (Sanfeliu et ál., 2002b). Así pues, las emisiones atmosféricas en la industria cerámica se pueden agrupar en tres categorías:

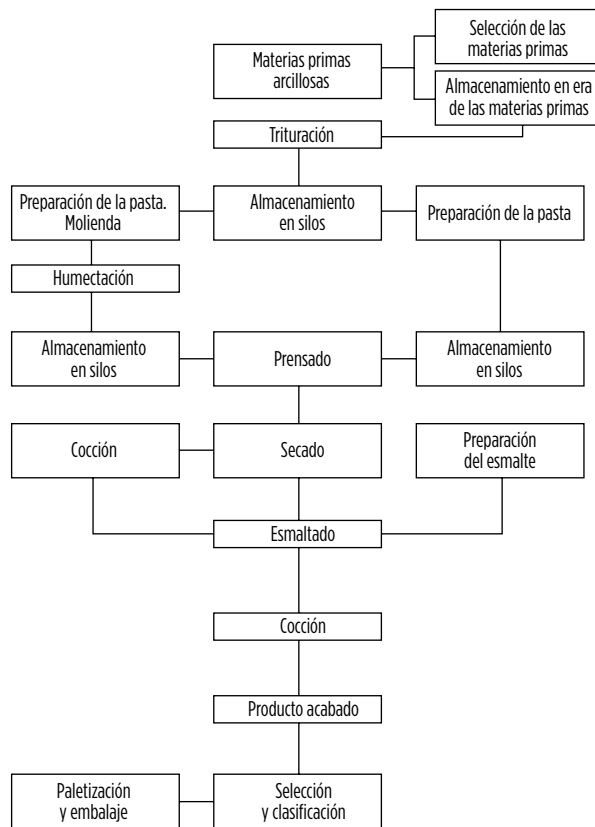
- Emisiones difusas o dispersas (no canalizadas). Generadas en las operaciones de transporte, almacenamiento y manipulación (carga y descarga) de materias primas, son partículas.
- Emisiones canalizadas frías o a temperatura ambiente. Generadas como consecuencia de los múltiples puntos y/o tomas de aspiración existentes a lo largo del proceso de fabricación, para minimizar la presencia de polvo en el ambiente interno de las plantas de producción.
- Emisiones canalizadas o de gases de combustión. Generadas en los procesos de combustión (secado por atomización, secado y cocción).

EMISIONES

Las emisiones declaradas del sector cerámico se pueden consultar en el EPER (European Pollutant Emission Register, www.eper.es). Este Inventario Europeo de Emisiones Contaminantes fue establecido por la Unión Europea mediante la Decisión de la Comisión 2000/479/CE, de 17 de julio de 2000, relativa a la realización de un inventario europeo de emisiones contaminantes

Figura 3
diagrama del proceso de fabricación de baldosas cerámicas

Fuente: Manual de prevención de impactos ambientales en la industria cerámica (Ed. Generalitat Valenciana)



(EPER: European Pollutant Emission Register), que desarrolla el artículo 15 de la Directiva 96/61/CE, relativa a la prevención y control integrados de la contaminación. El apartado 3 de dicho artículo exige a los Estados miembros inventariar y suministrar los datos sobre las principales emisiones contaminantes y las fuentes responsables a la Comisión Europea, con el fin de que ésta los haga públicos. Este precepto legal se transpone a la legislación estatal mediante el artículo 8 de la Ley 16/2002, por la que se incorpora al ordenamiento jurídico español la citada directiva.

La última comunicación EPER es la del año 2005. A partir de 2008 se invita a los Estados miembros de la Unión Europea a emitir un informe en diciembre del año referido al inventario del año anterior, es decir, en diciembre de 2008 se presentará el informe de 2007. Así pues, los datos disponibles son lo que se presentan en la **tabla 2**.

Tabla 2 Emisiones declaradas EPER-2005 en el sector cerámico de Castellón (toneladas/año)

ACTIVIDAD	PM10	Pb	Cd	SOx (SO ₂)	NOx (NO ₂)	CO ₂	CO	NH ₃
Baldosas	4.433,8	1,321	0,015	526	6.209	338.000	-	0,122
Atomizado	1.385,9	-	-	-	1.830	-	-	-
Fritas	-	-	-	-	6.954	-	503	-
TOTAL	5.819,7	1,321	0,015	526	14.993	338.000	503	0,122

Tabla 3 Datos de inmisión municipios cluster cerámico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Localidad	PM10	SO ₂ *	NO ₂ *	CO*	O ₃ *
Castellón	57,4	8,4	49,7	0,5	37,8
Benicasim	26,1	4,9	48,1	0,3	-
Almazora	46,2	5,7	38,5	0,4	-
Alcora	54,0	7,0	33,7	0,2	59,5
Onda	27,4	5,4	15,7	-	62,4
Vila-real	52,3	-	-	-	-
Burriana	36,5	4,6	24,9	-	49,3

*Fuente: Generalitat Valenciana

Tabla 4 Valoración de la calidad del aire contaminante PM10

Localidad	Nº superaciones PM10 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Periodo diario	Nº superaciones PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Periodo anual
Castellón	20	57,4
Benicasim	10	26,1
Almazora	16	46,2
Alcora	54	54,0
Onda	9	27,4
Vila-real	94	52,3
Burriana	49	36,5
Límite	35 ocasiones	40

Tabla 5 Valoración de la calidad del aire contaminante SO₂

Localidad	Nº superaciones horarias SO ₂ de 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nº superaciones diarias SO ₂ de 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Castellón	0	0
Benicasim	0	0
Almazora	0	0
Alcora	0	0
Onda	0	0
Vila-real	-	-
Burriana	0	0
Límite	24 ocasiones	3

No obstante, no todas las empresas son grandes generadoras de contaminantes y no están obligadas a declarar sus emisiones, por lo tanto las emisiones globales de sector cerámico son más altas que las que se presentan en la **tabla 2**.

NIVELES DE INMISIÓN

Todas las emisiones descritas anteriormente repercuten de forma directa sobre la calidad del aire en la comarca, pudiéndose detectar valores de algunos contaminantes en concentración más alta de los límites establecidos por la legislación vigente.

En la **tabla 3** se presentan los niveles de concentración detectados en aire ambiente de los contaminantes atmosféricos recogidos en la legislación vigente en los municipios de la provincia de Castellón enmarcados en el clúster cerámico en 2005.

Valoración de la calidad del aire

La valoración de la calidad del aire se realiza en función de la legislación vigente, Real Decreto 1073/2002. En las siguientes tablas se presentan los valores obtenidos de cada contaminante junto con los valores límites establecidos por dicha normativa.

En la **tabla 4** se observa que se supera los valores límites de PM10 para el caso de los municipios de Castellón, Almazora, Alcora y Vila-real.

En el caso de los contaminantes SO₂ (**tabla 5**), NO₂ (**tabla 6**) y CO (**tabla 7**) no se superan los límites establecidos por el Real Decreto 1073/2002. Sin embargo, sí que se observan superaciones en el caso del contaminante O₃ (**tabla 8**).

PLAN DE SANEAMIENTO ATMOSFÉRICO

Dado la problemática observada en el sector cerámico, es necesaria la implantación de un Plan de Saneamiento Atmosférico con el fin de poder minimizar los efectos negativos que puedan generar los contaminantes emitidos a la atmósfera sobre la población, los animales, la vegetación y los bienes materiales. Se propone a continuación un plan de saneamiento en el sector industrial cerámico.

Una vez declarada un área como zona atmosférica potencialmente contaminada, se debe elaborar un plan de actuación que empieza por el nombramiento de una "comisión coordinadora" de carácter ejecutivo, compuesta por representantes de todos los ámbitos (políticos, administrativos, ciudadanos, industriales, servicios, etc.) del área de estudio. Esta comisión tiene como misión realizar un diagnóstico de la situación, promover cada fase del plan diseñado y responsabilizarse de la correcta ejecución del mismo. También debe realizar un seguimiento del plan, y en caso necesario formular propuestas de modificaciones sobre el mismo que estime oportunas. Esta comisión ha de contar con un "responsable máximo" con capacidad ejecutiva suficiente para que el plan de actuación pueda desarrollarse según lo acordado, y con atribuciones para establecer las relaciones externas necesarias.

Para garantizar la eficacia del Plan de Saneamiento, éste debe estar diseñado de tal forma que cumpla los siguientes requisitos básicos:

- Debe presentar una coordinación y capacidad ejecutiva adecuada interna y externamente de los departamentos y organismos implicados en el Plan.
- Deber permitirse un fácil acceso y transmisión de la información específica necesaria para su establecimiento y desarrollo.
- Ser capaz de implicar la máxima participación conciudadana.
- Presentar unos objetivos claros y accesibles.

Un Plan de estas características descritas tiene sólo sentido en la medida que la capacidad de respuesta sea suficientemente ágil y flexible para acomodarse a la evolución de los acontecimientos, y que las medidas adoptadas resulten siempre adecuadas a los objetivos propuestos.

Las fases en que consta un plan de saneamiento, recogidas en la guía metodológica de implantación para el desarrollo de planes y programas de mejora de la calidad del aire, presentada por el grupo de trabajo en esta materia promovido por el Ministerio de Medio Ambiente, en el VI Seminario sobre la calidad del aire en España (Santander, octubre 2006), son:

- Recopilación de información:
 - Conocimiento exhaustivo del área de control atmosférico. Localización, topografía y demografía de esta área. Evaluación de los factores socioeconómicos.
 - Caracterización de las situaciones meteorológicas desfavorables, siendo éstas las que reduzcan la capacidad de dispersión de los contaminantes en la atmósfera y favorezcan con ello una elevación de los niveles de inmisión de los contaminantes vertidos por los emisores de la zona.
 - Estudio de los focos emisores potencialmente contaminantes en el área de control, con el fin de poder realizar actuaciones de tipo corrector sobre los mismos.
 - Inventario de las emisiones que realizan estos focos identificados. Ya sean por medidas reales o por factores de emisión si no se dispone de éstas, y cuyo objeto es determinar las principales fuentes responsables de la calidad del aire.
 - Estudio de la contribución transfronteriza, teniendo en cuenta las posibles intrusiones de masas de aire cargadas de partículas procedentes del Norte de África.
 - Estudio de la contribución de áreas cercanas.
 - Evaluación de la calidad del aire ambiente utilizándose tanto mediciones en estaciones fijas como móviles a partir de los niveles de inmisión de los diferentes contaminantes atmosféricos.
- Establecimiento de los objetivos de calidad.
- Aplicación de las medidas correctoras a tomar en cada sector potencialmente contaminante del área de estudio para que se cumplan los objetivos de calidad.
- Elaboración de un plan de vigilancia tanto de las emisiones como de la calidad del aire.

Tabla 6 Valoración de la calidad del aire contaminante NO₂

Localidad	Nº superaciones horarias NO ₂ de 250 µg/m ³	Nº superaciones diarias NO ₂ de 200 µg/m ³	Valor promedio anual NO ₂ µg/m ³
Castellón	0	0	27
Benicasim	0	0	26
Almazora	0	0	38
Alcora	0	0	34
Onda	0	0	16
Vila-real	-	-	-
Burriana	0	0	25
Límite	18 ocasiones	18 ocasiones	40

Tabla 7 Valoración de la calidad del aire contaminante CO

Localidad	Máximo octohorario CO 10 µg/m ³
Castellón	1,1
Benicasim	0,7
Almazora	1,0
Alcora	0,7
Onda	-
Vila-real	-
Burriana	0,8
Límite	10

Una vez recogida la información previa sobre el sector estudiado, que marca el plan de saneamiento, y establecidos los objetivos de calidad, los cuales vienen marcados por la legislación vigente, se establecen las medidas correctoras adecuadas y el plan de vigilancia de la calidad del aire. Se presentan a continuación la propuesta de estas medidas correctoras y del plan de vigilancia a implantar en el sector cerámico.

Medidas correctoras

Las medidas correctoras propuestas en este punto son de dos tipos, unas de carácter general a todo el sector industrial cerámico y otras de carácter específico a cada subsector del mismo.

De carácter general:

- Limitación en la utilización de ciertos combustibles, eliminación de combustibles más contaminantes.
- Promover las energías renovables.

Tabla 8 Valoración de la calidad del aire contaminante O₃

LOCALIDAD	Nº superaciones octohorarias O ₃ de 120 µg/m ³	Nº superaciones horarias O ₃ de 180 µg/m ³ Umbral de información	Nº superaciones horarias O ₃ de 240 µg/m ³ Umbral de alerta	Valor objetivo de protección a la vegetación para 2010
Castellón	1	0	0	20.596
Benicasim	-	-	-	-
Almazora	-	-	-	-
Alcora	35	0	0	22.327
Onda	25	0	0	18.773
Vila-real	-	-	-	-
Burriana	9	0	0	14.907
Límite	25 ocasiones	-	-	18.000 µg/m ³ h

- Modificación de la actividad de ciertos procesos de producción buscando la viabilidad de aquellos que deriven en procesos más limpios.
- Adaptación de horarios y actividad laboral en función de los procesos de producción potencialmente más contaminantes.
- Informar sobre la situación atmosférica y medidas correctoras a tomar que afecten a cada sector.
- Establecer protocolos y convenios con los sectores industriales con focos potencialmente contaminantes, para que adopten las medidas correctoras pertinentes en cada caso.
- Apoyo o beneficios fiscales que incentiven las mejoras en instalaciones industriales, con el fin de reducir las emisiones.
- Introducción de instrumentos fiscales que graven tanto la contaminación producida por las empresas como el uso intensivo de la energía, con un sistema que revierta en la mejora de la eficacia ambiental y energética.
- Regular la concentración territorial de actividades potencialmente contaminantes, teniendo en cuenta la capacidad de acogida de polígonos industriales. Favorecer el crecimiento de las zonas industriales en dirección contraria al crecimiento del área urbana.

De carácter específico:

- Medidas correctoras en relación con la extracción, transporte, carga, descarga y almacenamiento de materias primas minerales no metálicas.

Se ha considerado agrupar en este apartado las actividades descritas en el encabezado dado que todas ellas se caracterizan por ser operaciones desarrolladas en exteriores y producir emisiones difusas de polvo a temperatura ambiente. Las medidas propuestas son:

- Limitación, modificación y/o alternancia de horarios de carga y descarga en toda el área.
- Limitaciones, modificación y/o alternancia de horarios en el reparto y transporte de mercancías.
- Riego de las materias primas arcillosas en los camiones cuba

donde son transportadas, o de cualquier material granular (materiales de construcción, gravas, arenas, otras materias primas arcillosas).

- Limpiar ruedas y bajos de los camiones una vez han finalizado las operaciones de carga y descarga de las materias primas.
- A fin de evitar emisiones de polvo o partículas a la atmósfera a partir de pérdidas durante el transporte, realizar controles e inspecciones de un estado adecuado de las sacas de transporte de materias primas o cualquier material granular y de las cubas de los camiones, incluidos los toldos o cualquier superficie encargada de cubrir los materiales transportados.
- Riego de las eras de las arcillas almacenadas al aire libre, tanto de las atomizadoras como de las empresas de pavimento y revestimiento, sobre todo durante las horas de radiación diurna, de 8:00 a 19:00 de la tarde, cuando se producen los vientos de mayor intensidad.
- Humectar las zonas de tránsito de los acopios de material al aire libre.
- Limitar la altura de los acopios con el fin de poder controlar de una manera más fácil las emisiones de polvo.
- Almacenar las materias primas pulverulentas (mayoritariamente arcillas) en espacios cerrados o semicerrados (graneros).
- Creación de vallas de vegetación arbórea al aire libre en los lugares de trasiego de materias primas (eras de las atomizadoras como ejemplo), con la orientación adecuada en función de las direcciones de viento predominantes de la localidad.
- Asfaltar caminos rurales o de acceso a cualquier tipo de industria, entradas de las empresas, aparcamientos en los polígonos industriales, o cualquier zona donde se produce un alto trasiego de vehículos, en especial de transporte pesado tanto de materias primas cerámicas como de productos ya elaborados.
- Favorecer y promover cualquier tipo de traslado y transporte de material en sistemas cerrados (p.ej., sistemas de transporte neumático en las empresas de fritas y esmaltes cerámicos).

- Medidas correctoras en los procesos de fabricación de pavimento y revestimiento cerámico, y de fritas, esmaltes y colores cerámicos

Estas medidas correctoras son las que se deben aplicar a aquellos procesos industriales característicos del área, llevados a cabo en interiores y que suponen un proceso de tratamiento o transformación de los materiales originales. Los contaminantes vertidos a la atmósfera generalmente se emiten por chimenea –emisiones de contaminantes a alta temperatura–. Entrarían a formar parte del grupo las emisiones producidas durante

UNA VEZ IMPLANTADAS LAS MEDIDAS CORRECTORAS SE DEBE ESTABLECER UN PLAN DE VIGILANCIA ÉSTAS.

los procesos de preparación de materias primas (molienda y atomización), de conformado de la pieza, de secado, de preparación y aplicación de esmaltes, de cocción de pavimento y revestimiento, y la fusión de fritas y esmaltes cerámicos. Las medidas propuestas son:

- Selección de materias primas más respetuosas con el medio ambiente.
- Utilización de sistemas neumáticos para el transporte de las materias primas en los diferentes procesos que lo requieran.
- Instalación de tomas de aspiración en aquellos puntos de los diferentes procesos donde se puedan generar emisiones de polvo al ambiente.
- Mantener limpio el suelo de la planta para evitar el levantamiento de polvo ambiental.
- Asegurar, en la etapa de secado de la pieza, un buen cepillado de la misma con el fin de evitar el arrastre y posterior emisión de partículas por chimenea.
- Asegurar una buena aspiración de las piezas a la entrada del horno con el fin de reducir las partículas vertidas por chimenea.
- Depuración de los gases a la salida de chimenea.
- Revisión de los sistemas de depuración de gases a la salida de cada chimenea. Y en caso necesario actualizarlos aplicando la mejor técnica disponible en cada caso a fin del cumplimiento de los límites establecidos por la legislación en materia de emisiones.
- Medidas en continuo de los niveles de emisión de los diferentes contaminantes vertidos a la atmósfera en cada foco.
- Favorecer y fomentar el uso de combustibles limpios y materias primas exentas de compuestos tóxicos.
- Promover la implantación de Sistemas de Gestión Medioambiental destinados a la mejora de la calidad del aire por medio de subvenciones específicas en este ámbito.

Plan de vigilancia atmosférico

Una vez implantadas las medidas correctoras se debe establecer un plan de vigilancia de todas estas medidas adoptadas con el fin de cumplir los objetivos de calidad ambiental marcados. Las acciones generales adoptadas más importantes de las numerosas concretas posibles son:

- Realización de mediciones continuadas de los niveles de inmisión con el objeto de detectar los episodios, de tipo periódico o puntual, de contaminación que no cumplen los índices de calidad establecidos por la legislación vigente en esta materia para la protección de la salud públicas y de los ecosistemas naturales.
- Mediciones de los niveles de concentración de los diferentes contaminantes en estaciones de fondo con el fin de discernir el origen de la contaminación, si se ha debido el aumento a causas naturales, como es el caso de las intrusiones del norte de África, o a procesos antropogénicos del área de control.
- Realizar un seguimiento del estado de ejecución de medidas

correctoras impuestas en cada sector potencialmente contaminante.

- Realizar inspecciones en las empresas a fin de constatar cuáles de ellas mantienen un seguimiento de las emisiones en continuo en cumplimiento de la legislación vigente asociada a cada sector industrial.
- Controlar de manera concreta los posibles focos industriales conflictivos mediante campañas específicas de medición en ellos.
- Elaboración periódica de información sobre calidad del aire

y divulgación de la misma en diferentes canales, (manifiestos institucionales, paneles informativos en las calles de municipio, prensa, radio, Internet, etc.) con el fin de prevenir y concienciar a la población de la calidad del aire en el municipio.

- Realizar proyectos adicionales con el fin de disponer de modelos de calidad del aire que nos den información a priori del posible episodio de contaminación alta que pueda ocurrir y así avisar a la población con suficiente antelación. En el capítulo 7 se ha descrito la predicción de los contaminantes objeto de estudio en el presente trabajo de investigación; en este punto se debería fomentar más proyectos en esta vía. ®

CONCLUSIONES

El sector cerámico es uno de los motores de la economía de la Comunidad Valencia, en especial en la provincia de Castellón, que supone el 56% de la inversión industrial.

El elevado desarrollo alcanzado por este sector ha llevado a que se introduzcan en el medio atmosférico una serie de sustancias químicas que producen una contaminación. Esta contaminación provoca en algunos casos que se superen los valores establecido por la legislación vigente en materia de calidad del aire ambiente en los municipios del clúster cerámico.

Este hecho lleva a que se busque un desarrollo sostenible que garantice un futuro con unos parámetros de calidad ambiental dentro de los límites normativos, y que asegure el bienestar de la población y preserve los ecosistemas naturales y los bienes materiales. Para ello se ha propuesto un Plan de Saneamiento Atmosférico con una serie de medidas correctoras a aplicar y un plan de vigilancia a seguir del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, C.; Jordán, M.M.; Mateu, J. y Sanfeliu, T. "Contaminación atmosférica: Modelización estadística y caracterización mineralógica del área industrial de Castellón" Col·lecció Universitària: Ciències. Ed. Servei de Publicació de la Diputació de Castelló (2004).
2. García-Talegón, J.; Ovejero, M.; Salameo, M.; De la Fuente, C. y Sanfeliu, T. 'Localización y caracterización de arcillas cerámicas permotriásicas en Castellón' En: "La investigación de arcillas en geología, agricultura, medio ambiente y ciencia de materiales" Ed. Universidad Miguel Hernández (2002) pp 81-84.
3. Gómez, E.T.; Sanfeliu, T. y Rius, J. "Metodología del estudio de contaminantes atmosféricos: Aplicación de métodos cristalográficos y geoquímicos al estudio de contaminantes atmosféricos particulados" Col·lecció universitària de Ciències. Ed. Servei de Publicacions de la diputació de Castelló (2006).
4. Irún, M.; Gascón, V.; Vilanova, M.; Celades, I.; Monfort, E.; Vidal, Y. y Saura, A. 'Estudio, diseño, implantación

y rendimiento de sistemas de depuración de emisiones atmosféricas en el proceso de fabricación de fritas cerámicas' *Cerámica Información* (2004) 310.

5. Jordán, M.M. "Impacto ambiental en explotaciones de arcillas cerámicas" Colección de ciencia y tecnología, edita: Direcom Agencia de Comunicación de Castellón (1997).
6. Jordán, M.M.; Álvarez, C.; Gómez, E.T. y Sanfeliu, T. 'Caracterización del material particulado atmosférico sedientable: delimitación de subambientes' *Retema* (1999) año XII, 68.
7. Jordán, M.M.; Álvarez, C. y Sanfeliu, T. 'Spherical particles as tracers of atmospheric ceramic industry' *Environmental Geology* (2006) 51, pp 447-453.
8. Mallol, G.; Monfort, E.; Busani, G. y Lezaun, F.J. "Depuración de gases de combustión en la industria cerámica" Ed. Instituto de tecnología cerámica - AICE (1998).
9. Monrós, G.; Forés, A.; Gargoli, G.; Tena, M.A. y Badenes, A. 'Informe EPER 2004 y la industria cerámica' *Técnica Cerámica* (2007) 352, pp 356-636.
10. Sanfeliu, T. "Mineralogía de arcillas terciarias de Castellón" Ed. Servicio de Publicaciones de la Diputación de Castellón (1999).
11. Sanfeliu, T.; Álvarez, C.; Gómez, E.T.; Hernández, D.; Jordán, M.M. y Boix, A. "Contaminación atmosférica de un área industrial: Particulado Sedimentable" Ed. Fundación Dávalos-Flecher. (2002a).
12. Sanfeliu, T.; Jordán, M.M.; Gómez, E.T.; Álvarez, C. y Montero, M.A. 'Contribution of the atmospheric emissions of Spanish ceramics industries' *Environmental Geology* (2002b) 41, pp 601-607.
13. Vicente, A.B.; Pallarés, S.; Gómez, E.T.; Soriano, A. y Sanfeliu, T. 'Particulado sedimentable en el clúster cerámico de Castellón' IX Congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico, Tomo III pos 19-22 (2006).
14. Vicente, A.B.; Jordán, M.M.; Pallarés, S. y Sanfeliu, T. 'PM10 and Pb evolution in an industrial area of the Mediterranean basin' *Environmental Geology* (2007) 51, pp 1413-1424.