

## ANEXO: Plan de Mejora de la Calidad del Aire en el Municipio de Bailén

### ÍNDICE

1. Introducción .....	2	6. Medidas de Mejora .....	27
1.1. El Plan de Mejora de la Calidad del Aire de Bailén .....	2	6.1. Detalles de las medidas o mejoras que existían antes de la entrada en vigor de la Directiva .....	27
2. Fundamentos Jurídicos.....	2	6.2. Medidas o proyectos adoptados para reducir la contaminación tras la entrada en vigor de la Directiva .....	27
2.1. Legislación Europea .....	2	6.2.1. Alternativas para la reducción de las emisiones fugitivas de partículas.....	28
2.2. Legislación Estatal .....	3	6.2.2. Alternativas para la reducción de las emisiones de los procesos de cocción en instalaciones de cerámica industrial .....	33
2.3. Legislación Autonómica.....	6	6.2.3. Alternativas para la reducción de las emisiones de los procesos de cocción en instalaciones de cerámica artística .....	36
3. Zona Afectada .....	6	6.3. Evaluación económica de las opciones de mejora ambiental propuestas .....	38
3.1. Información General Y Análisis Socioeconómico.....	6	6.3.1. Análisis económico de las alternativas propuestas para la reducción de las emisiones fugitivas de partículas.....	38
3.2. Estimación de la superficie afectada y la población expuesta .....	8	6.3.2. Análisis económico de las alternativas propuestas para instalaciones de cerámica industrial .....	41
3.3. Datos topográficos relevantes.....	9	6.3.3. Análisis económico de las alternativas propuestas para instalaciones de cerámica artística .....	45
3.4. Datos climáticos útiles .....	9	6.4. Resumen costes de inversión .....	47
4. Inventario de emisiones .....	11	6.4.1. Medidas externas .....	47
4.1. Lista de principales fuentes de emisión responsables de la contaminación.....	11	6.4.2. Medidas internas.....	48
4.2. Metodología empleada para la elaboración del inventario .....	11	6.5. Estimación de la mejora de la calidad del aire que se espera conseguir y del plazo previsto para alcanzar estos objetivos.....	48
4.3. Cantidad total de emisiones procedentes de estas fuentes .....	12	7. Fuentes de Financiación .....	48
4.4. Información sobre la contaminación procedente de otras regiones .....	13	7.1. Ayudas a favor del medio ambiente .....	48
5. Calidad del aire ambiente .....	16	7.2. Ayudas a la inversión en eficiencia energética.....	50
5.1. Técnicas de evaluación utilizadas .....	16	8. Plan de Vigilancia del término municipal de Bailén .....	50
5.1.1. Métodos para la evaluación mediante mediciones fijas .....	16	8.1. Control de los niveles de inmisión.....	50
5.1.2. Métodos para la evaluación mediante técnicas suplementarias.....	17	8.2. Control de los niveles de emisión.....	51
5.2. Calidad del aire ambiente en Bailén .....	18	9. Bibliografía .....	51
5.2.1. Concentraciones observadas antes de la aplicación de las mejoras.....	18		
5.2.2. Comparación de los niveles de inmisión registrados en la estación de Bailén respecto a otras estaciones.....	20		
5.3. Análisis de la situación.....	22		
5.3.1. Estudios complementarios realizados.....	22		

## 1. Introducción

La contaminación atmosférica se define como la presencia en la atmósfera exterior de uno o más contaminantes o sus combinaciones en tal concentración, duración y frecuencia de ocurrencia que puedan afectar a la vida humana, de los animales, de las plantas, o a las propiedades, o que interfiera el goce de la vida, o el ejercicio de las actividades.

Sin embargo, la problemática de la calidad del aire está integrada por tal variedad de elementos, que la elaboración de cualquier plan encaminado a su mejora exige la integración de distintos campos de estudio y actuación. Sólo mediante un análisis global de las causas y mecanismos de contaminación, así como de sus consecuencias, se podrán determinar las medidas aplicables, particularizando iniciativas y soluciones concretas.

En Andalucía, el Decreto 74/1996, de 20 de Febrero, por el que se aprueba el Reglamento de la Calidad del Aire (BOJA núm. 30, de 7 de marzo de 1996), recoge en sus artículos 6 a 9, las bases para la elaboración de los Planes de Prevención y Corrección de la Contaminación Atmosférica.

Estos Planes se desarrollan en dos fases consecutivas. En la primera, se procede a la recopilación de la información necesaria, para lo que se ha solicitado un informe de las repercusiones sobre la salud humana emitido por la Consejería de Salud. En segundo término, se realiza el estudio de las distintas alternativas de gestión y se determina la solución óptima, tanto a corto como a largo plazo.

Los titulares de la explotación de instalaciones potencialmente contaminantes radicadas en las zonas afectadas, están obligados a facilitar toda la información necesaria, dentro del respeto al secreto industrial y comercial, especialmente, cuando se investiguen casos de denuncias o incidentes, en orden a establecer medidas preventivas para que esta situación no vuelva a repetirse, así como para dar cumplimiento a las exigencias previstas en la legislación.

### 1.1. El Plan de Mejora de la Calidad del Aire de Bailén

Cuando se comparan los valores medidos por la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire en el municipio de Bailén con los valores límite establecidos en el Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono (BOE de 30 de octubre de 2002), se observa que, para dicha zona, se supera de manera sistemática el valor límite incrementado en el margen de tolerancia para las partículas, por lo que según el artículo 6 de la citada norma, las Administraciones competentes habrán de adoptar los convenientes planes de actuación que permitan alcanzar los valores límite en los plazos fijados.

Por todo ello y, de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de la Calidad del Aire, se acuerda la formulación de un Plan de Mejora de la Calidad del Aire para el municipio de Bailén, cuya elaboración, aprobada mediante la Orden de 27 de Enero de 2003, corresponde a la Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente.

El Plan de Mejora de la Calidad del Aire del municipio de Bailén es un plan de acción territorial cuyo objeto es prevenir y reducir la contaminación atmosférica de la zona. Para ello, las Administraciones competentes y los agentes económicos implicados, tomarán coordinadamente las medidas necesarias, con el fin de proteger el medio ambiente contra los efectos adversos de las actividades humanas, así como mantener niveles admisibles de calidad del aire para salvaguardar las condiciones de salubridad y, cuando sea posible, recuperar aquellas zonas que se hayan visto afectadas negativamente.

## 2. Fundamentos Jurídicos

### 2.1. Legislación Europea

La política medioambiental constituye, hoy en día, uno de los desafíos sociales más importantes para los poderes públicos y los agentes económicos y es, asimismo, un tema ante el que está muy sensibilizada la población, puesto que afecta directamente a su bienestar y a su salud.

En la Unión Europea (UE), la importancia de la política sobre protección del medio ambiente y los recursos naturales, ha ido aumentando sin cesar durante las últimas décadas. La razón se debe a que las amenazas de daños y deterioro que pesan sobre el medio ambiente distan mucho de estar controladas. Por fortuna, cada vez son más las personas que, conscientes de los peligros latentes, exigen medidas de protección mayores tanto a escala nacional como europea. A consecuencia de ello, se ha ampliado considerablemente el abanico de medidas de aplicación de la política de medio ambiente, que comprenden desde legislación hasta instrumentos financieros.

El objetivo último de la UE en materia medioambiental es el desarrollo sostenible, es decir, un desarrollo que responda a las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras de responder a las suyas. En particular, el Tratado de Ámsterdam ha situado el principio de desarrollo sostenible y el objetivo de un nivel elevado de protección del medio ambiente, entre las máximas prioridades.

Algunos temas interesan especialmente a los ciudadanos europeos, entre ellos, la calidad del aire. En ese terreno, además, Europa ha actuado de una forma especialmente decidida en los últimos años. La Comisión Europea se propuso elaborar una estrategia global al respecto. Los Estados miembros tienen la obligación de incorporar a su ordenamiento interno y aplicar las nuevas directivas sobre calidad del aire, que establecen, entre otros aspectos, objetivos de calidad a corto y a largo plazo.

Además, el principio de integración de las exigencias ambientales en las demás políticas y acciones comunitarias de la Unión, constituye actualmente uno de los fundamentos de la actuación comunitaria en materia de medio ambiente.

En la UE, en materia de contaminación atmosférica, destacan políticas como:

- Evaluación y Gestión de la Calidad del Aire Ambiente.
- Programa Aire Puro para Europa (CAFE).
- Límites nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos.

- Calidad del aire ambiente: intercambio de informaciones y de datos.
- Sustancias que perjudican a la capa de ozono.
- Programa Europeo de Cambio Climático.
- Comercio de Derechos de Emisión.

En relación con la evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente, la Directiva 96/62/CE del Consejo de 27 de Septiembre de 1996, constituye el marco de la legislación comunitaria. Los cuatro objetivos de esta Directiva Marco sobre la calidad del aire son:

- Definir y establecer objetivos de calidad del aire ambiente en la Comunidad para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y para el medio ambiente en su conjunto;
- Evaluar la calidad del aire ambiente en los Estados miembros basándose en métodos y criterios comunes;
- Disponer de información adecuada sobre la calidad del aire ambiente y procurar que el público tenga conocimiento de la misma, entre otras cosas mediante umbrales de alerta;
- Mantener la calidad del aire ambiente cuando sea buena y mejorarla en los demás casos.

El Anexo I de la Directiva Marco enumera los contaminantes atmosféricos que, como mínimo, deben tenerse en cuenta en la evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente. En cumplimiento de las obligaciones derivadas de dicha Directiva, se han aprobado cuatro directivas (directivas de desarrollo, conocidas como directivas hijas):

- Directiva 1999/30/CE del Consejo de 22 de Abril de 1999, relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente;
- Directiva 2000/69/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de Noviembre de 2000, sobre los valores límites para el benceno y el monóxido de carbono en el aire ambiente.
- Directiva 2002/3/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de Febrero de 2002, relativa al ozono en el aire.
- Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente.

Durante el desarrollo de la 1ª Directiva Hija, se trató muy extensamente sobre las fuentes, los niveles ambientales y los efectos que causan sobre la salud las diferentes fracciones de partículas. Por ello, se estimó que el conocimiento de los niveles ambientales de partículas en suspensión de tamaño inferior a 2,5 micras (PM<sub>2.5</sub>) y su efecto sobre la salud, hasta aquel momento, era insuficiente para justificar unos límites de este contaminante para la calidad del aire. Sin embargo, actualmente, se está revisando dicha Directiva, incluyendo unos valores límite para las PM<sub>2.5</sub>.

## 2.2. Legislación Estatal

La normativa estatal se condensaba, antes de la adhesión española a la UE, en la Ley 38/1972 de protección del ambiente atmosférico, y en el Decreto 833/1975 que la desarrolla. A partir de 1986, se ha hecho precisa la incorporación de nuevas normas al derecho interno, con objeto de adaptar nuestra normativa a la comunitaria.

A continuación se analiza la normativa legal vigente, en relación con las emisiones e inmisiones atmosféricas.

### (a) Normativa legal sobre niveles de emisión de contaminantes atmosféricos

#### (a.1) Límites de emisión aplicables al proceso cerámico

La normativa legal sobre niveles de emisión de cerámicas figura en el Anexo IV, apartado 10, del Decreto 833/1975, de 6 de Febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de Diciembre, de protección del medio ambiente atmosférico.

LÍMITES DE EMISIÓN DE POLVOS PARA LA INDUSTRIA CERÁMICA (mg/Nm³)			
Emisión de polvos	Instalaciones existentes	Instalaciones nuevas	Previsión 1980
mg/Nm³	500	250	150

Hay que resaltar que el valor actualmente en vigor es el de la previsión de 1980.

#### (a.1.1) Límites de emisión aplicables al proceso cerámico según el documento BREF

No existe en la actualidad documento de referencia sobre mejores técnicas disponibles (BREF) para ladrilleras. A título meramente informativo, puede citarse el libro "Directiva IPPC en el sector cerámico. Epígrafe 3.5", cuyos valores no tienen, lógicamente, validez legal:

EMISIONES POR BIBLIOGRAFÍA	
SO <sub>2</sub>	10-400 mg/Nm³
Cloro	10-60 mg/Nm³
Flúor	5-300 mg/Nm³
Partículas	< 20 mg/Nm³

(1) Fuente: Guía Tecnológica Sector Cerámico del MINER.

#### (a.2) Límites de emisión de referencia

A título orientativo, se describen a continuación otros límites de emisión que podrían tomarse como referencia.

#### (a.2.1) Niveles de emisión de instalaciones de combustión industrial (excepto centrales térmicas)

El apartado 2 del Anexo IV del Decreto 833/1975, para instalaciones de combustión industrial (excepto centrales térmicas) y en relación a la emisión de monóxido de carbono (CO), establece que el contenido en CO en los gases de combustión, para cualquier potencia y combustible, no será superior a 1.445 ppm, que equivale a dos gramos termia o  $4,8 \times 10^{-10}$  kg/Joule.

#### (a.2.2) Niveles de emisión de instalaciones que utilicen fuel-oil

Para aquellas instalaciones de combustión industrial (excepto centrales térmicas) que utilicen fuel-oil, el Decreto 833/1975 citado establece en el apartado 2.2 del Anexo IV:

- Opacidad

Los índices de ennegrecimiento para cualquier potencia no deberán sobrepasar los valores que se indican en la tabla

adjunta, salvo tres períodos inferiores a diez minutos cada día.

ÍNDICES DE ENNEGRECIMIENTO		
Opacidad	Escala Bacharach	Escala Ringelmann
Instalaciones de gas-oil o fuel-oil doméstico	2	1
Instalaciones de fuel-oil pesado N° 1 o BIA (bajo índice de azufre)	4	2
Instalaciones de fuel-oil pesado N° 2	5	2,5

- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

En el Real Decreto 1700/2003, de 15 de Diciembre, por el que se fijan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo, y el uso de biocombustibles; quedan recogidos los límites para el contenido en azufre de fuelóleos y gasóleos. Dichos límites aplicables establecen que:

- El contenido máximo de azufre de los gasóleos clase B y C es de 0,2% en masa. A partir del 1 de Enero de 2008, el contenido de azufre no superará el 0,10 % en masa.
- El contenido máximo de azufre aplicable al fuelóleo es de 1 % en masa, con las excepciones siguientes:
- Quedan excluidas del ámbito de aplicación del RD 1700/2003 las siguientes instalaciones, en lo que se refiere a emisiones producidas por combustión de fuelóleo:
  - Grandes plantas de combustión recogidas en el R.D. 646/1991.
  - Cualquier planta no recogida en el punto anterior, cuando sus emisiones sean iguales o inferiores a 1700 mg/Nm<sup>3</sup> corregidos al 3% de exceso de O<sub>2</sub>.
  - Refinerías de petróleo, cuando la media mensual entre todas las instalaciones de refinería, excluidas las del primer punto, sea igual o inferior a 1700 mg/Nm<sup>3</sup>.

Los límites de emisión de SO<sub>2</sub> deducidos del contenido en S de los combustibles, tomando un combustible tipo para la realización de los cálculos, con un volumen de gas de combustión de 9950 Nm<sup>3</sup> en base seca por cada tonelada de combustible, son:

NIVELES DE EMISIÓN DE SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )		
	Fuel oil	Gasóleo
Emisión de SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	1.700 <sup>(1)</sup>	344 <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Al 3% de O<sub>2</sub> en base seca.

<sup>(2)</sup> Hay que tener en cuenta que ambos números son orientativos debido a que el volumen tomado para los cálculos es un tipo, pudiendo variar en función de la composición del combustibles.

#### (a.2.3) Niveles de emisión de actividades industriales diversas no especificadas

El apartado 27 de Anexo IV del Decreto 833/1975 establece, para actividades industriales diversas no especificadas en dicho anexo, los siguientes límites:

NIVELES DE EMISIÓN DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES DIVERSAS NO ESPECIFICADAS		
Contaminantes	Niveles de emisión	Unidad de medida
SO <sub>2</sub>	4.300	mg/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	300	ppm
Flúor total	80	mg/Nm <sup>3</sup>
Cl	230	mg/Nm <sup>3</sup>
HCl	460	mg/Nm <sup>3</sup>
Opacidad (Bacharach)	≤ 2	-

#### (a.3) Niveles de emisión de instalaciones que utilizan biomasa sólida

Para aquellas instalaciones que utilicen biomasa sólida como combustible (con potencia térmica inferior a 50 MW), los límites de emisión a la atmósfera están regulados por la Orden de 12 de Febrero de 1998 (BOJA de 2 de Abril de 1998), y se describen en la tabla siguiente.

LÍMITES DE EMISIÓN DE LAS INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN QUE UTILICEN BIOMASA SÓLIDA COMO COMBUSTIBLE		
Potencia térmica (MW) = Pt	Partículas (mg/Nm <sup>3</sup> )	Monóxido de carbono (ppmv)
0 < Pt ≤ 10	400	1.445
10 < Pt ≤ 30	300	1.445
30 < Pt < 50	200	1.445

La citada Orden de 12 de Febrero de 1998, establece también que, en caso de que la aplicación de los límites especificados tuviesen como resultado la superación de los niveles máximos de inmisión aplicables, podrán proponerse niveles de emisión más rigurosos para aquellas actividades ubicadas en la zona afectada o, aunque se encuentren fuera de dicha zona, sus emisiones sean responsables o contribuyan significativamente a dichas superaciones.

Asimismo, se establece que cuando las condiciones económicas y el avance tecnológico así lo permitan, podrá proponerse que, con respecto a aquellas instalaciones que usen biomasa sólida como combustible, se establezcan límites de emisión más estrictos que los señalados.

Por último, se determina que los titulares de instalaciones que usen biomasa sólida como combustible han de mantenerlas en perfecto estado de conservación y limpieza, con objeto de minimizar las emisiones, tanto canalizadas como fugitivas, de partículas a la atmósfera.

No obstante, esta Orden no es de aplicación al sector cerámico que posee, como se ha comentado, una regulación específica en el Decreto 833/1975.

#### (b) Normativa legal sobre niveles de inmisión de contaminantes atmosféricos

La normativa aplicable sobre niveles de inmisión de contaminantes atmosféricos es:

- Decreto 833/1975, de 6 de Febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de Diciembre, de protección del ambiente atmosférico.
- Real Decreto 1613/1985, de 1 de Agosto, por el que se modifica parcialmente el Decreto 833/1975, de 6 de Febrero, y se establecen

nuevas normas de calidad del aire en lo referente a contaminación por dióxido de azufre y partículas.

- Real Decreto 717/1987, de 27 de Mayo, por el que se modifica parcialmente el Decreto 833/1975, de 6 de Febrero, y se establecen nuevas normas de calidad del aire en lo referente a contaminación por dióxido de nitrógeno y plomo.
- Real Decreto 1321/1992, de 30 de Octubre, por el que se modifica parcialmente el Real Decreto 1613/1985, de 1 de Agosto, y se establecen nuevas normas de calidad del aire en lo referente a la contaminación por SO<sub>2</sub> y partículas.
- Real Decreto 1073/2002, de 18 de Octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono.

- Real Decreto 1796/2003, de 26 Diciembre, relativo al Ozono en el aire ambiente.

Hasta las fechas de cumplimiento de los valores límite de inmisión del Real Decreto 1073/2002, los niveles de inmisión aplicables son los establecidos por el Real Decreto 1613/1985 y el Real Decreto 1321/1992 para dióxido de azufre y partículas en suspensión, por el Real Decreto 717/1987 para dióxido de nitrógeno y plomo, y por el Decreto 833/1975 para el monóxido de carbono.

Sin embargo, a continuación se presentan los valores límite para el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y partículas establecidos en el Real Decreto 1073/2002 ya que, en lo que respecta a este último contaminante, son los que han motivado la elaboración del Plan de Mejora de la Calidad del Aire del término municipal de Bailén.

En la tabla adjunta se muestran los valores límite para dióxido de azufre del Real Decreto 1073/2002.

VALORES LÍMITE DEL DIOXIDO DE AZUFRE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>(1)</sup>				
Valor Límite	Período de referencia	Valor límite	Margen de exceso tolerado	Fecha de cumplimiento del valor límite
Valor límite horario para la protección de la salud humana	Una hora	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor que no podrá superarse en más de 24 ocasiones por año civil	90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con una disminución lineal a partir del 1 de Enero de 2003 hasta alcanzar el valor límite el 1 de Enero de 2005	1 de Enero de 2005
Valor límite diario para la protección de la salud humana	24 horas	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor que no podrá superarse en más de tres ocasiones por año civil	Ninguno	1 de Enero de 2005
Valor límite para la protección de los ecosistemas	Año civil e invierno (del 1 de Octubre al 31 de Marzo)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ninguno	31 de Octubre de 2002

(1) El volumen debe ser referido a una temperatura de 293 K y a una presión de 101,3 kPa.

El umbral de alerta de SO<sub>2</sub> se sitúa en 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  registrados durante tres horas consecutivas en lugares representativos de la calidad del aire en un área de como mínimo 100 km<sup>2</sup> o en una aglomeración (zona de más de 250.000 habitantes) entera, tomando la superficie que sea menor.

En la tabla siguiente se muestran los valores límite para dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno del Real Decreto 1073/2002.

VALORES LÍMITE DEL DIOXIDO DE NITRÓGENO Y DE LOS ÓXIDOS DE NITRÓGENO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>(2)</sup>				
Valor límite	Período de referencia	Valor límite	Margen de exceso tolerado	Fecha de cumplimiento del valor límite
Valor límite horario para la protección de la salud humana	Una hora	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO <sub>2</sub> que no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año civil	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con una reducción lineal a partir del 1 de Enero de 2003 hasta alcanzar el valor límite el 1 de Enero de 2010	1 de Enero de 2010
Valor límite anual para la protección de la salud humana	Un año civil	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO <sub>2</sub>	16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con una reducción lineal a partir del 1 de Enero de 2003 hasta alcanzar el valor límite el 1 de Enero de 2010	1 de Enero de 2010
Valor límite anual para la protección de la vegetación	Un año civil	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO <sub>x</sub>	Ninguno	31 de Octubre de 2002

(2) El volumen debe ser referido a una temperatura de 293 K y a una presión de 101,3 kPa.

El umbral de alerta para dióxido de nitrógeno se sitúa en 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  registrados durante tres horas consecutivas en lugares representativos de la calidad del aire en un área de cómo mínimo 100 km<sup>2</sup> o en una zona o aglomeración entera, tomando la superficie que sea menor.

En la tabla que se muestra a continuación se recogen los límites para PM<sub>10</sub> del Real Decreto 1073/2002.

VALORES LÍMITE CON RESPECTO A LAS PARTICULAS PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) EN CONDICIONES AMBIENTALES				
Valor límite	Período de referencia	Valor límite	Margen de exceso tolerado	Fecha de cumplimiento del valor límite
<b>FASE I</b>				
Valor límite diario para la protección de la salud humana	24 horas	50 µg/m <sup>3</sup> de PM <sub>10</sub> que no podrán superarse en más de treinta y cinco ocasiones por año	15 µg/m <sup>3</sup> a la entrada en vigor del presente Real Decreto, con una reducción lineal a partir del 1 de Enero de 2003 hasta alcanzar el valor límite para el 1 de Enero de 2005	1 de Enero de 2005
Valor límite anual para la protección de la salud humana	Un año civil	40 µg/m <sup>3</sup> de PM <sub>10</sub>	4,8 µg/m <sup>3</sup> a la entrada en vigor de la presente Directiva, con una reducción lineal a partir del 1 de Enero de 2003 hasta alcanzar el valor límite para el 1 de Enero de 2005	1 de Enero de 2005
<b>FASE II <sup>(1)</sup></b>				
Valor límite diario para la protección de la salud humana	24 horas	50 µg/m <sup>3</sup> de PM <sub>10</sub> que no podrán superarse en más de siete ocasiones por año	Se derivará de los datos y será equivalente al valor límite de la fase I	1 de Enero de 2010
Valor límite anual para la protección de la salud humana	Un año civil	20 µg/m <sup>3</sup> de PM <sub>10</sub>	20 µg/m <sup>3</sup> el 1 de Enero de 2005, con una reducción lineal a partir del 1 de Enero de 2006 hasta alcanzar el valor límite para el 1 de Enero de 2010	1 de Enero de 2010

(1) Valores límites indicativos que deberán revisarse a la luz de una mayor información acerca de los efectos sobre la salud y el medio ambiente, la viabilidad técnica y la experiencia en la explicación de los valores límite de la fase I en los Estados miembros.

El Real Decreto 1073/2002 supone un gran cambio en lo que se refiere a concentración de partículas en el aire ambiente. En efecto, la legislación vigente en España hasta el mes de octubre de 2002 se refería tan sólo a partículas totales en suspensión, mientras que el Real Decreto 1073/2002 se centra en PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>.

Se definen como PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> a las partículas que pasan a través de un cabezal de tamaño selectivo para un diámetro aerodinámico de 10 y 2,5 µm respectivamente, con una eficiencia de corte del 50%.

Este cambio de concepción viene motivado por el hecho de que las partículas de menor tamaño son las de mayor riesgo para la salud de las personas, debido a que pueden penetrar con mayor facilidad en el interior del aparato respiratorio.

La normativa prevé que cuando se superen los límites de PM<sub>10</sub> debido a concentraciones en el aire ambiente producidas por fenómenos naturales, los Estados miembros informarán de ello a la Comisión, facilitando la información necesaria para demostrar el origen de dichas superaciones. Los Estados miembros tendrán obligación de ejecutar planes de actuación sólo cuando se rebasen los límites por causas que no sean tales fenómenos naturales.

El valor límite para el monóxido de carbono del Real Decreto 1073/2002 se muestra en la tabla adjunta.

VALOR LÍMITE PARA EL MONÓXIDO DE CARBONO (mg/m <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>				
	Período de promedio	Valor límite	Margen de tolerancia	Fecha de cumplimiento del valor límite
Valor límite para la protección de la salud humana	Media de ocho horas máxima en un día	10 mg/m <sup>3</sup>	6 mg/m <sup>3</sup> , a la entrada en vigor del Real Decreto, reduciendo el 1 de Enero de 2003 y posteriormente cada doce meses 2 mg/m <sup>3</sup> hasta alcanzar el valor límite el 1 de Enero de 2005	1 de Enero de 2005

(1) El volumen debe ser referido a una temperatura de 293 K y a una presión de 101,3 kPa.

### 2.3. Legislación Autonómica

El Reglamento de la Calidad del Aire, aprobado por el Decreto 74/1996, de 20 de Febrero, pretende concretar los objetivos mediante una regulación tendente a prevenir, vigilar y corregir las situaciones de contaminación del aire, para lo cual introduce el concepto de Plan de Prevención y Corrección de la Contaminación Atmosférica.

Mediante la Orden de 27 de Enero de 2003 (publicada en el BOJA de 14 de Febrero de 2003 y en vigor desde el día siguiente a su publicación), se aprueba la elaboración de un Plan de Mejora de la Calidad del Aire en el término municipal de Bailén, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 6 a 9 del citado Reglamento de la Calidad del Aire.

De esta forma se viene a dar cumplimiento, además, a los diversos planes de reducción de la contaminación y consecución de los objetivos contemplados en la legislación ambiental estatal vigente, así como a los establecidos en las Directivas de la Unión Europea 96/62/CE, 1999/30/CE, 2000/69/CE, 2002/3/CE y 2004/107/CE relativas a la calidad del aire ambiente, en relación con los niveles límite autorizados para diferentes contaminantes.

### 3. Zona Afectada

#### 3.1. Información General Y Análisis Socioeconómico

El término municipal de Bailén pertenece a la Comarca Norte de Jaén. Situado en el cuadrante noroccidental de la provincia, limita con Villanueva de la Reina, Baños de la Encina, Guarromán, Linares, Jabalquinto y Espeluy.

A 39 km de la ciudad de Jaén, su localización puede calificarse como estratégica a nivel de comunicaciones, pues constituye la "Puerta de Andalucía" a través de la autovía N-IV, que cruza su término municipal de noreste a suroeste.

Con 17.485 habitantes (Instituto de Estadística de Andalucía, IEA, 2003), Bailén ocupa el séptimo lugar en lo que a población se refiere dentro de la provincia de Jaén, y la novena posición en lo relativo a renta familiar disponible por habitante.

La distribución de población ocupada por actividades económicas (IEA, 2001) se incluye en la tabla siguiente:

DISTRIBUCIÓN DE POBLACIÓN OCUPADA POR ACTIVIDADES ECONÓMICAS			
CNAE-93	Clasificación de actividades	Nº Hab.	%
A	Agricultura, ganadería, caza y selvicultura	285	5,28
C	Industrias extractivas	21	0,39
D	Industria manufacturera	1681	31,12
E	Producción y distribución de energía eléctrica, gas y agua	33	0,61
F	Construcción	550	10,18
G	Comercio, reparación de vehículos de motor, motocicletas y ciclomotores y artículos personales y de uso doméstico	914	16,92
H	Hostelería	384	7,11
I	Transporte, almacenamiento y comunicaciones	522	9,66
J	Intermediación financiera	63	1,17
K	Actividades inmobiliarias y de alquiler, servicios empresariales	169	3,13
L	Administración pública, defensa y seguridad social obligatoria	303	5,61
M	Educación	251	4,65
N	Actividades sanitarias y veterinarias, servicio social	122	2,26
O	Otras actividades sociales y de servicios prestados a la comunidad, servicios personales	78	1,44
P	Hogares que emplean personal doméstico	26	0,48

Como se observa, la actividad predominante es la industria manufacturera y, en concreto, la fabricación de productos cerámicos, debido fundamentalmente, a las características geológicas de su lugar de ubicación. Dicha actividad copa más de las tres cuartas partes del número de personas dedicadas a la industria en Bailén, constituyéndose como uno de los principales núcleos cerámicos de Andalucía y representando alrededor del 18% del total de la producción a escala nacional. La fabricación de cerámica, en este municipio, se encuentra muy ligada a otro sector industrial, como es el sector de extracción de materias primas para la misma.

Por otro lado, en función de los datos aportados por el Excmo. Ayuntamiento de Bailén, se estima que en torno al 50% del empleo generado en el sector servicios, es empleo

indirecto del sector industrial, como son los transportes, con mucho peso en Bailén, talleres de reparación de maquinaria y vehículos dedicados al transporte de arcilla y materiales cerámicos, etc. En definitiva, en torno al 45% de la población en activo de Bailén (incluyendo puestos de trabajo directos e indirectos) se dedica al sector cerámico.

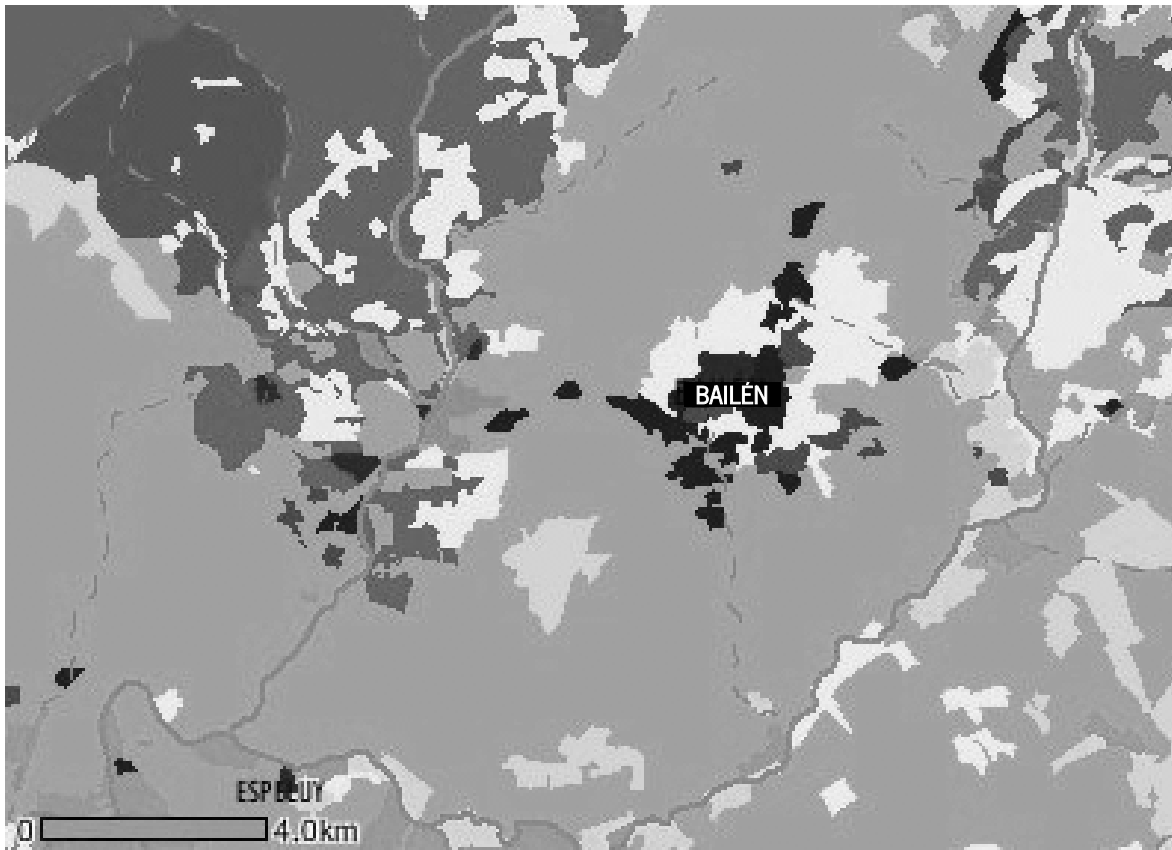
El hecho de que prácticamente toda la actividad perteneciente al sector industrial se centre casi en exclusiva en una rama de éste, la cerámica, no parece lo ideal para un municipio. El subsector de la cerámica industrial, por otra parte, es especialmente sensible y está sometido a ciclos con predominio de dientes de sierra, alternándose períodos de bonanza con otros de crisis. La solución, según se apunta desde diferentes foros, pasaría por una toma de conciencia por parte del empresariado bailenense, de que la renovación tecnológica y la unión de empresas, son los únicos argumentos que les permitirían afrontar el futuro con ciertas garantías.

En cuanto a los usos del suelo, cabe destacar que la mayor parte del territorio del término municipal de Bailén, está dedicada al cultivo de especies leñosas, en concreto el olivo, cultivo tradicional de la provincia de Jaén. En la tabla siguiente se relacionan los usos del suelo en el término municipal de Bailén:

USOS DEL SUELO DEL MUNICIPIO DE BAILÉN (1999)		ha	%
<b>Superficies construidas y alteradas</b>		<b>575,68</b>	<b>4,89</b>
Zonas edificadas, infraestructuras y equipamiento		405,43	3,44
Zonas mineras, vertederos y áreas en construcción		170,25	1,45
<b>Superficies agrícolas</b>		<b>10216,62</b>	<b>86,72</b>
Superficies en regadío		38,47	0,33
Superficies en secano		10178,15	86,39
Cultivos herbáceos		1201,01	10,19
Olivares		8955,7	76,02
Mosaico de cultivos		21,44	0,18
<b>Superficies forestales</b>		<b>980,24</b>	<b>8,32</b>
Arbolado de Quercíneas		916,94	7,78
Pastizales		63,33	0,54
<b>Zonas húmedas y superficies de agua</b>		<b>8,65</b>	<b>0,07</b>
<b>Total</b>		<b>11781,19</b>	<b>100</b>

(1) Fuente: Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía, SIMA.

En la figura adjunta puede verse la distribución de usos de suelo en Bailén. En ella se observa que tanto las zonas industriales como las canteras se concentran en torno al núcleo urbano, sobre todo al Sur y Este.



### 3.2. Estimación de la superficie afectada y la población expuesta

El contaminante que origina la elaboración del Plan de Mejora de la Calidad del Aire de Bailén es, como se ha dicho, la materia particulada de diámetro aerodinámico inferior a 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ), cuyas emisiones proceden en gran medida del ciclo completo de la actividad cerámica (extracción de arcilla, transporte y fabricación).

La superficie afectada se estima en aproximadamente 40  $\text{km}^2$ , que abarcan la ciudad de Bailén y la zona de ubicación de las actividades industriales desarrolladas alrededor de dicho núcleo de población, incluyendo las de extracción de arcillas.

El área más contaminada se corresponde, geográficamente, con el cinturón industrial de Bailén, conformado por la antigua carretera N-IV. Mientras que, en el interior del núcleo urbano, los valores son algo inferiores.



La población expuesta, incluye a los habitantes de la ciudad de Bailén, que según el IEA (2003) es de 17.485 habitantes (no incluida la población en diseminado).

### 3.3. Datos topográficos relevantes

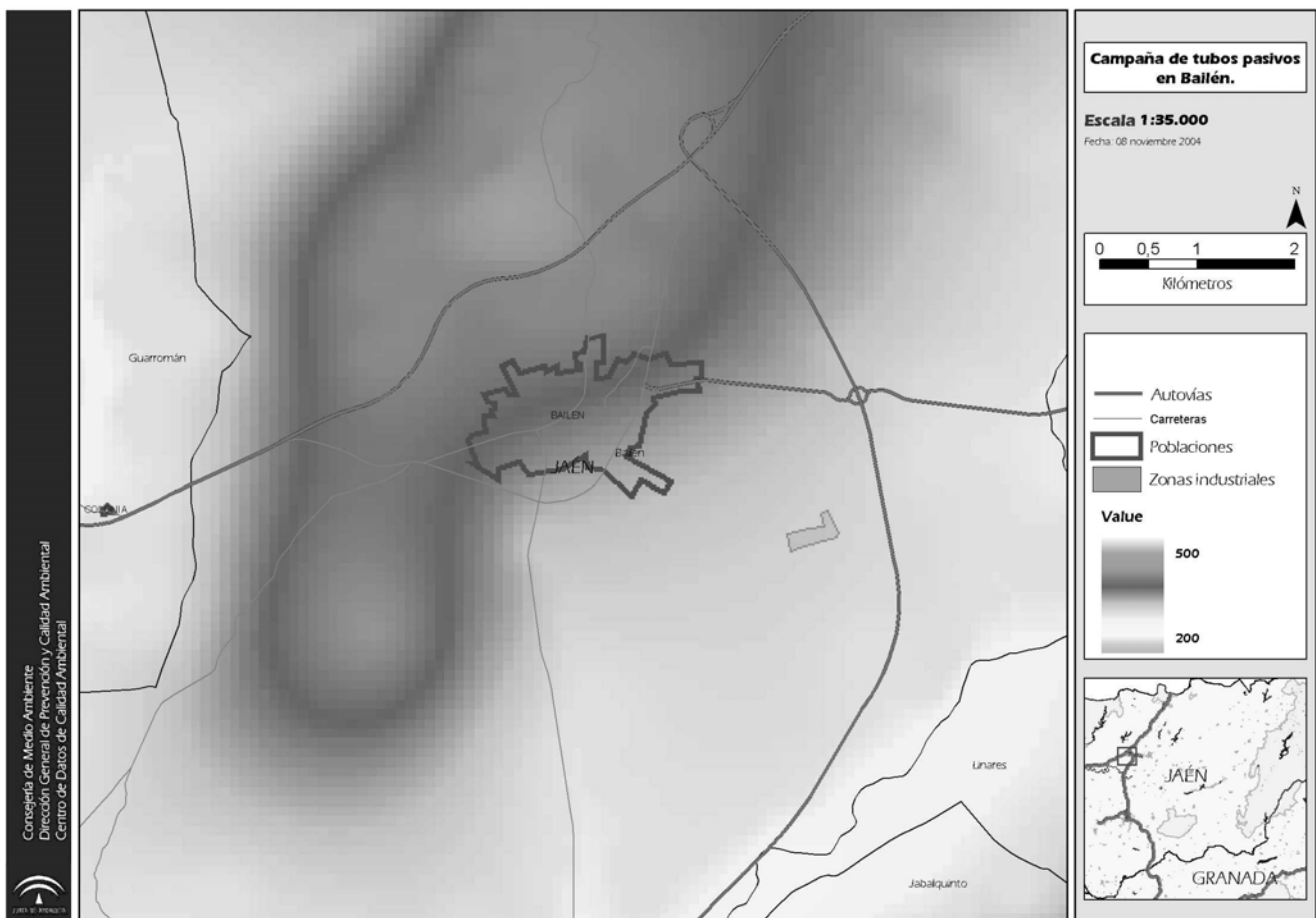
Bailén está enclavada en la cuenca del Guadalquivir, a 349 m sobre el nivel del mar. Geográficamente, se halla asentada entre suaves cerros que la circundan, destacando los de San Cristóbal (427 m) y La Muela (451,63 m) al norte. Sus límites naturales los constituyen al este el río Guadiel, y al suroeste y noroeste el río Rumbiar, quedando Sierra Morena al norte y el río Guadalquivir al sur.

El relieve del municipio de Bailén al encontrarse en la cuenca del Guadalquivir, se caracteriza por una topografía muy

suave, con pendiente predominante, en un 60 %, inferior al 3 % (el resto de pendientes se reparten, en un 33 %, entre el 3 % y el 15 % y, en un 7 %, entre el 15 % y el 30 %).

Sin embargo, el valle del Guadalquivir, en la provincia de Jaén, se encuentra entre los macizos montañosos de Alta Coloma y Sierra Mágina al Sur, Sierra Morena al Norte y las Sierras de Cazorla y Segura al Este, quedando sólo abierto por el Oeste; lo que determina cierto encajonamiento orográfico de la zona en la que se ubica Bailén.

A continuación se muestra una representación de la orografía del terreno; en un entorno de 5 km alrededor del núcleo urbano, la altitud varía entre los 270 y 450 metros.



### 3.4. Datos climáticos útiles

A grandes rasgos, se puede describir el clima del municipio de Bailén como mediterráneo semicontinental de veranos cálidos, que corresponde al área interior del valle del Guadalquivir, donde la penetración de la influencia oceánica por el oeste tiene lugar preferentemente en invierno, pero no tanto en verano.

#### (a) Temperaturas

El clima mediterráneo se caracteriza fundamentalmente por una gran irregularidad y difícil predicción. Los veranos son largos y calurosos y los inviernos cortos y muy suaves, entre

los que se intercalan las otras dos estaciones climatológicas del año, el otoño y la primavera, que a veces son meramente testimoniales.

Las temperaturas medias de Julio y Agosto superan los 28°, produciéndose, además, estos elevados valores en virtud de unas temperaturas máximas muy altas, que superan casi siempre los 35° y con una frecuencia nada desdeñable los 40°.

Los inviernos, aunque son suaves por la penetración de las influencias oceánicas, son algo más frescos que en las zonas costeras (la temperatura media anual suele descender de los 10°, aunque no suele ser inferior a 6°-7°).

De acuerdo con lo anterior, la amplitud térmica anual es de aproximadamente 18-20 °C, situándose la media anual en torno a 17-18 °C.

### (b) Insolación

Factores del clima tales como la latitud subtropical y la abundancia de situaciones anticiclónicas sobre la región, determinan la existencia en Andalucía de una insolación muy elevada. Todo el valle del Guadalquivir y los espacios costeros, con la excepción del área del estrecho de Gibraltar, supera las 2800 horas de sol al año, sobrepasándose incluso las 3000 horas en algunos enclaves del golfo de Cádiz y la costa almeriense. El resto de la región queda comprendida entre 2800 y 2600 horas de sol, escapando a esta norma sólo los lugares más elevados de los espacios serranos, en los cuales la mayor presencia de nubosidad por efecto del relieve, reduce la insolación por debajo de 2600 horas anuales.

Jaén es de las provincias españolas que posee una mayor insolación, promedio anual de más de 2800 horas, con valores máximos en Julio y mínimos en Diciembre:

NÚMERO MEDIO MENSUAL DE HORAS DE SOL EN JAÉN (1961-1983)			
Enero	162	Julio	377
Febrero	155	Agosto	337
Marzo	209	Septiembre	258
Abril	225	Octubre	215
Mayo	299	Noviembre	190
Junio	324	Diciembre	149
Total		2901	

Estos valores de insolación, asociados al elevado ángulo de incidencia de los rayos solares en estas latitudes tan bajas, determinan también valores elevados de recepción de radiación solar, que superan los 5 kWh/m<sup>2</sup> diarios. La radiación solar es más intensa en el intervalo comprendido entre Mayo y Agosto, y sobre todo de las 12 a las 17 horas.

### (c) Pluviometría

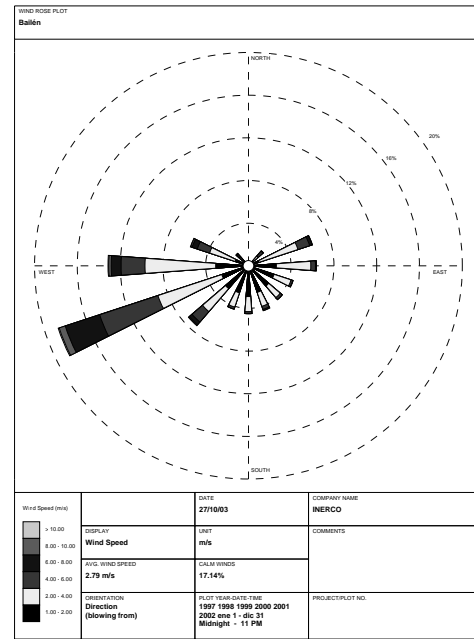
La distribución temporal de las lluvias viene dada por los frentes atlánticos que llegan desde el Oeste, cuya frecuencia depende de la potencia del anticiclón de las Azores, principal factor determinante del clima en Andalucía.

El régimen mensual de precipitaciones presenta un claro carácter estacional. El invierno es más lluvioso que la primavera y ésta más que el otoño. Los meses estivales de Julio y Agosto son los meses más secos del año, con precipitaciones muy escasas. Se registran valores de precipitación anual en torno a los 500-700 mm, con un número de 75-100 días de lluvia. Mientras que la lluvia útil anual (escorrentía superficial hasta el mar más infiltración hasta acuífero) está alrededor de los 100 mm.

Un rasgo excepcional del clima mediterráneo que lo diferencia de manera notable de todos los demás, es que el verano sea la estación con menos lluvias. De ahí se deriva también otra importante consecuencia: el acusado déficit hídrico, que hace que el agua sea siempre un bien escaso e irregularmente distribuido, debido a la intensa evapotranspiración. Con carácter general se puede establecer una duración del período seco de unos 4-5 meses (de finales de Mayo a finales de Octubre).

### (d) Vientos

Las rosas de viento de Bailén, correspondientes al período 1997-2002, se han obtenido gracias al estudio de los datos meteorológicos (dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad y radiación solar) recogidos por la estación remota situada en la calle Pablo Picasso. En la figura adjunta se muestra la rosa de viento del período acumulado.



Como puede observarse, las direcciones de viento predominante son WSW y W, con una frecuencia de ocurrencia en torno al 18 y al 13 por ciento respectivamente, y una velocidad media para todas las direcciones de 2,72 m/s; lo cual es lógico dada la disposición del valle del Guadalquivir.

El resto de las direcciones de viento se distribuyen con una frecuencia de ocurrencia en torno al 7 % en la dirección SW, al 6% en las direcciones E, ENE y WNW, con un 5% de SSW a ESE y con una frecuencia inferior al 2% en las direcciones NE y NW.

### (e) Inversión Térmica

Como ya se ha comentado, la situación del municipio de Bailén en la parte alta del valle del Guadalquivir se caracteriza por cierto encajonamiento orográfico de la zona, que dada la disposición de dicha cuenca queda sólo abierta por el Oeste.

De esta forma, la influencia atlántica encuentra para su penetración el amplio valle del Guadalquivir, en perfecta disposición para recoger y canalizar hacia el interior de la región los vientos del W y SW, que son por otra parte los predominantes durante la estación invernal, y más genéricamente en el período comprendido entre Octubre y Junio.

Sin embargo, estos vientos son débiles en los primeros metros sobre la superficie terrestre (promedio generalmente menor a los 2,72 m/s), por lo que la dispersión de los contaminantes depende no sólo del transporte convectivo horizontal (función de las velocidades y direcciones del viento), sino muy especialmente del transporte convectivo

vertical, cuyo factor determinante es la variación vertical de temperaturas en la atmósfera.

Para poder determinar la capacidad de difusión vertical de los contaminantes es necesario conocer los procesos meteorológicos y los sistemas béricos que los dominan.

Andalucía ocupa la fachada suroccidental del continente europeo o, lo que es lo mismo, la fachada occidental de la cuenca mediterránea y, como consecuencia de ello, se inscribe en el dominio de los climas subtropicales de costa occidental o mediterránea.

El clima mediterráneo se caracteriza por la irregularidad térmica y pluviométrica, dominada por dos tipos de anticiclón: el de las Azores, y el de tipo térmico en invierno, que aparece sobre la península.

Teniendo en cuenta la dinámica atmosférica general, hay que destacar como durante el invierno y gran parte del año el cinturón de altas presiones subtropicales y, concretamente, el Anticiclón de las Azores, limita el paso de las bajas presiones del frente polar. El dominio anticiclónico supone la existencia de procesos de convergencia en altura y divergencia en superficie, lo que determina en definitiva gran estabilidad atmosférica con procesos de inversión térmica (subsistencia). Este fenómeno es más acentuado en invierno que en verano, debido a que en verano, el anticiclón suele acompañarse de una intensa radiación solar que calienta la tierra durante el día. Este calentamiento provoca una ligera ascendencia del aire y, por tanto, una mejor dispersión de la contaminación.

Por otro lado, durante los meses de invierno también se genera de forma adicional una capa de inversión en superficie, producida en situación anticiclónica con cielo despejado, por la irradiación nocturna. A medida que transcurre la noche, la superficie terrestre va perdiendo calor y el aire en contacto con ella se va enfriando. Por la mañana temprano, el aire más frío está en los niveles más bajos, y se observa una inversión térmica superficial. Una vez que sale el sol, la superficie comienza a calentarse, y el aire en contacto con ella aumenta su temperatura. Este calentamiento superficial va destruyendo la inversión térmica superficial, de manera que hacia las primeras horas de la tarde se desarrolla una capa superficial, denominada capa de mezcla, en que la temperatura decrece levemente con la altura. Al final de la tarde, la superficie comienza a enfriarse nuevamente. Esta inversión térmica produce una fuerte estabilidad, limitando la dispersión de los contaminantes.

Asociado a este fenómeno se producen dos máximos en la concentración de contaminantes: uno por la mañana temprano y el otro al final de la tarde y comienzo de la noche (Estudio de las arcillas usadas en la industria ladrillera y cerámica en Bailén, Junio 2003, Universidad de Huelva e Instituto Jaime Almera). Durante el mediodía, hay una leve mejoría debido en gran parte al desarrollo de la capa de mezcla.

#### 4. Inventario de emisiones

Con objeto de determinar los principales responsables de la deficiente calidad del aire en Bailén, se ha elaborado un inventario de emisiones de Bailén.

La información necesaria para la elaboración del inventario se ha obtenido de diversas fuentes, como son:

- Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- Excmo. Ayuntamiento de Bailén.
- Central de Balances de Andalucía. Directorio económico-financiero. Editorial Ardán.
- Diferentes páginas en Internet (Consejería de Medio Ambiente, Diputaciones Provinciales, Ayuntamiento, etc.).
- Visitas de campo.
- Datos de cuestionarios.

#### 4.1. Lista de principales fuentes de emisión responsables de la contaminación

Las principales fuentes de emisiones contaminantes consideradas se clasifican en varios sectores, atendiendo a la naturaleza de su actividad:

- Actividades industriales:
  - Fabricación de ladrillos, tejas y otros elementos cerámicos de construcción (cerámica industrial).
  - Fabricación de piezas de cerámica artística.
  - Fabricación de hormigón preparado y prefabricados.
  - Almazaras de aceite de oliva.
  - Elaboración de vino.
- Actividades extractivas:
  - Extracción de arcilla.
  - Extracción de arenas y gravas.
- Otras actividades:
  - Tráfico rodado.
  - Agricultura.
  - Sector doméstico.

La relación de empresas, desglosada por sectores, según la información disponible, se muestra en la siguiente tabla:

RELACIÓN DE EMPRESAS POR SECTOR	
Plantas de Cerámica Industrial	47
Plantas de Cerámica Artística	84
Plantas de Extracción de Arcillas	10
Planta de Extracción de Áridos	2
Almazaras	5
Plantas de Hormigones y Prefabricados	3
Plantas Vinícolas	1

#### 4.2. Metodología empleada para la elaboración del inventario

Para estimar las emisiones a la atmósfera en Bailén se ha empleado una metodología distinta para las instalaciones industriales y actividades extractivas por una parte, y para el resto de actividades por otra.

- Así, las instalaciones industriales y extractivas se han considerado de manera individualizada, estimándose sus emisiones a partir de los datos suministrados por los titulares de las instalaciones, por medio de un cuestionario enviado al efecto por la CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE. La calidad de los datos de los cuestionarios respondidos no ha sido siempre la adecuada, habiéndose recibido incluso algún cuestionario en blanco. Una vez recopilada toda la información, se analizan los procesos generadores de emisiones

y, de forma individual, los distintos contaminantes emitidos por cada uno de ellos. Para la estimación de estos contaminantes, se parte de las mediciones representativas de los mismos, cuyos datos se obtienen, bien de los cuestionarios remitidos, bien a partir de los informes de inspección realizados por la CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE.

Para aquellos procesos de los que no se tienen resultados de mediciones representativas, la cuantificación de sus emisiones se ha realizado aplicando los factores de emisión recomendados en función de los productos obtenidos, las materias primas de partida o los combustibles utilizados.

Siempre que un factor de emisión esté disponible en el Atmospheric Emission Inventory Guidebook (EMEP/CORINAIR) y la incertidumbre asociada al mismo sea aceptable, se ha tomado de esta fuente.

- Las otras actividades han sido consideradas como fuentes de área, estimándose sus emisiones a partir de datos estadísticos.

#### 4.3. Cantidad total de emisiones procedentes de estas fuentes

Aunque en el inventario de emisiones a la atmósfera elaborado en Bailén se estiman todos aquellos contaminantes para los que se dispone de algún tipo de información, sólo se presentan los resultados obtenidos para partículas (PM) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

En la tabla adjunta se muestran las emisiones totales por sector de dichos contaminantes, junto con sus porcentajes correspondientes respecto al total.

PORCENTAJES DE PM Y SO <sub>2</sub> PARA CADA SECTOR				
SECTOR	PM (t/a)	PM (%)	SO <sub>2</sub> (t/a)	SO <sub>2</sub> (%)
Cerámica industrial	965,2846	61,31	4115,5296	99,61
Cerámica artística	55,85	3,55	1,7862	0,04
Almazaras	1,9742	0,13	0,0301	0,00
Empresas vinícolas	0,0014	0,00	0,0051	0,00
Hormigones	4,3763	0,28	-	-
Canteras arcilla	395,6696	25,13	-	-
Cantera áridos	13,1900	0,84	-	-
Trasiego de materias <sup>1)</sup> por viales públicos sin asfaltar	80,6170	5,12	-	-
Tráfico rodado	16,1200	1,02	10,2500	0,25
Agricultura	6,7600	0,43	0,7300	0,02
Sector doméstico y comercial	34,0100	2,16	3,1300	0,08
<b>Total</b>	<b>1574,42</b>	<b>100,00</b>	<b>4131,46</b>	<b>100,00</b>

<sup>(1)</sup> Arcilla, combustibles sólidos y piezas de cerámica de construcción.

Según los datos anteriores, se concluye que las mayores emisiones de partículas se producen en el sector de la cerámica industrial, seguido por las canteras de arcilla. Por otra parte, con relación a las emisiones de SO<sub>2</sub>, se observa que las mayores cantidades producidas corresponden al sector de la cerámica industrial, debido, principalmente, al empleo de coque como combustible.

El desglose de las emisiones de partículas, con sus correspondientes porcentajes, para las diferentes etapas del proceso de fabricación de cerámica industrial y de extracción en canteras de arcilla, se muestra en las siguientes tablas:

EMISIONES DE PARTÍCULAS PROCEDENTES DE LOS DIFERENTES PROCESOS DE CERÁMICA INDUSTRIAL				
Procesos	PM (t/a)	PM (%)	PM <sub>10</sub> (t/a)	PM <sub>10</sub> (%)
Trituración	16,54	1,71	-	-
Molienda	206,03	21,34	23,14	3,94
Secado	125,36	12,99	-	-
Cocción	604,54	62,63	563,84	96,06
Trasiego <sup>(1)</sup>	12,81	1,33	3,53	0,60
<b>Total</b>	<b>965,28</b>	<b>100,00</b>	<b>586,98</b>	<b>100,00</b>

<sup>(1)</sup> Circulación de vehículos dentro de parcelas industriales no pavimentadas/asfaltadas.

EMISIONES DE PARTÍCULAS PROCEDENTES DE LOS DIFERENTES PROCESOS DE CANTERAS DE ARCILLA		
Procesos	PM (t/a)	PM (%)
Extracción	239,54	32,70
Trituración	39,58	5,40
Trasiego <sup>(1)</sup>	453,34	61,89
<b>Total</b>	<b>732,46</b>	<b>100,00</b>

<sup>(1)</sup> Circulación de vehículos en cantera por zonas sin pavimentar/asfaltar.

A partir de estos datos se deduce, respecto a la emisión de partículas, que:

- Dentro de la cerámica industrial de Bailén, la etapa que presenta un mayor incidencia es la cocción.
- La extracción de arcillas tiene mayor peso que el proceso de trituración de la misma en cantera.

Por otro lado, se ha realizado una comparativa de las emisiones de partículas generadas en la cocción, según tipo de horno (Túnel y Hoffmann) y combustible (gas natural, coque, orujillo y fueloil) utilizado en cada una de las plantas dedicadas a la fabricación de cerámica industrial, relacionando estos datos con las toneladas de producto correspondientes a cada caso. Para realizar dicha comparación, los niveles de partículas considerados se han expresado, previamente, al mismo porcentaje de oxígeno (17,44% O<sub>2</sub>: media de los porcentajes de O<sub>2</sub> de cada una de las plantas). Asimismo, se indica entre paréntesis, al lado de cada cifra, el número de hornos de los que se tienen datos de producción.

EMISIONES DE PARTÍCULAS POR TIPO DE HORNO Y COMBUSTIBLE EMPLEADO EN LA CERÁMICA INDUSTRIAL DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE BAILÉN				
<b>Horno Túnel</b>				
Combustible utilizado	Nº de Hornos	PM (t/a)	Producción (t/a)	Total PM(kg)/Produc. (t)
Gas natural	5	19,85	272530	0,07
Gas natural+coque	3	37,52	260000	0,14
Gas natural+fueloil	1	10,10	78500	0,13
Coke	2	288,97	152407	1,90
Coke+fueloil	1	-	-	-
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>356,45</b>	<b>763437</b>	<b>0,47</b>
<b>Horno Hoffmann</b>				
Combustible utilizado	Nº de Hornos	PM (t/a)	Producción (t/a)	Total PM(kg)/Produc. (t)
Coke	10 (5)	95,24	131916	0,72
Coke+orujillo	20(18)	274,25	472662	0,58
Orujillo	5 (4)	48,32	61073	0,79
<b>Total</b>	<b>35(27)</b>	<b>417,8</b>	<b>665651</b>	<b>0,63</b>

Como resultado de la comparación se puede concluir que:

- Generalmente, las emisiones de partículas varían mucho según las condiciones de operación, tecnología disponible y combustible utilizado.
- Los hornos túnel que utilizan como combustible gas natural son los que registran menores emisiones de partículas.
- Los hornos túnel que utilizan como combustible mezclas de gas natural y coque, o gas natural y fueloil, emiten más partículas conforme aumentan las proporciones de coque y fueloil respectivamente.
- Los hornos túnel que utilizan coque no micronizado son los que emiten las mayores cantidades de partículas, siendo, por tanto, los más desfavorables en este sentido.
- Los hornos túnel que utilizan combustibles sólidos y líquidos y los hornos Hoffmann (actualmente, en Bailén todos emplean combustibles sólidos), registran niveles de partículas muy variables. A priori, no puede establecerse una regla clara en función del tipo de horno y combustible utilizado, por lo que los mayores o menores niveles de partículas emitidos por los mismos, deben depender en gran medida de las condiciones particulares de operación de cada planta.
- De acuerdo con lo anterior, se pone claramente de manifiesto la mayor contribución de las instalaciones que emplean combustibles sólidos a los niveles de emisión de partículas.

Análogamente, puede hacerse la comparación de las emisiones de SO<sub>2</sub> para las distintas cerámicas industriales, según el tipo de horno y combustible utilizados. En este caso, la estimación de las emisiones se realiza mediante balances de materia basándose en los datos de combustible empleado.

EMISIONES SO <sub>2</sub> DE POR TIPO DE HORNO Y COMBUSTIBLE EMPLEADO EN LA CERÁMICA INDUSTRIAL DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE BAILÉN				
Horno Túnel				
Combustible utilizado	Nº de Hornos	SO <sub>2</sub> (t/a)	Producción (t/a)	Total SO <sub>2</sub> (kg)/Produc. (t)
Gas natural	5	3,94	272530	0,01
Gas natural+coke	3	774,47	260000	2,98
Gas natural+fueloil	1	84,08	78500	1,07
Coke	2	786,40	152407	5,16
Coke+fueloil	1	-	-	-
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>1648,89</b>	<b>763437</b>	<b>2,16</b>
Horno Hoffmann				
Combustible utilizado	Nº de Hornos	SO <sub>2</sub> (t/a)	Producción (t/a)	Total SO <sub>2</sub> (kg)/Produc. (t)
Coke	10 (5)	723,53	131916	5,48
Coke+orujillo	20(18)	1672,25 (19)	472662	3,29
Orujillo	5 (4)	10,70	61073	0,18
<b>Total</b>	<b>35(27)</b>	<b>2406,48 (28)</b>	<b>665651</b>	<b>3,44</b>

Cabe destacar, según los resultados anteriores, que:

- Las principales fuentes de emisión de SO<sub>2</sub> son los hornos que emplean coque (tanto más cuanto mayor es el porcentaje de utilización del mismo en hornos con varios combustibles).

- Las emisiones de SO<sub>2</sub> por unidad de producción resultan algo mayores para los hornos Hoffmann que emplean coque, que para los hornos túnel que también lo emplean.
- Los datos de consumo de fueloil disponibles son de fueloil nº1, ya que, corresponden al año 2002. Sin embargo, a partir del 1 de enero 2003 se prohíbe su uso, por lo que es sustituido por fueloil BIA con un menor contenido en azufre (< 1%). Esto puede implicar que las emisiones de SO<sub>2</sub> de estas plantas sean menores que las reflejadas en la tabla correspondiente.

Sin embargo, con respecto a estos cálculos, cabe resaltar una serie de aspectos importantes:

- No se han considerado las emisiones debidas al almacenamiento de arcilla, ya que los factores de emisión disponibles son demasiado altos, dando lugar a unas emisiones teóricas mucho mayores a las que, por la experiencia acumulada, se estima que pudieran producirse en el proceso de almacenamiento.
- Sólo se han calculado las emisiones de partículas debidas a la circulación de camiones, en parcelas industriales y canteras de arcilla, por zonas sin pavimentar/asfaltar y por viales públicos sin asfaltar. Sin embargo, debe considerarse que la circulación de vehículos por caminos asfaltados puede generar emisiones significativas de partículas.
- Se ha supuesto, por simplicidad, que las emisiones de PM<sub>10</sub> imputadas al trasiego de camiones, en parcelas industriales y canteras de arcilla, por zonas sin pavimentar/asfaltar y por viales públicos sin asfaltar, son aproximadamente iguales a las partículas totales (PM).
- En el caso de la cerámica artística, ante la falta de datos y factores de emisión adecuados, se ha realizado una estimación de la masa total de partículas emitida, basándose en el consumo de biomasa y en la bibliografía especializada.

#### 4.4. Información sobre la contaminación procedente de otras regiones

La contaminación detectada en Bailén procedente de otras regiones es, en su mayor parte, de origen natural. Europa y, sobre todo, la zona mediterránea se encuentran afectadas por numerosas intrusiones de masas de aire sahariano, que influyen significativamente en los elevados niveles de partículas PM<sub>10</sub>.

El polvo del Sahara o del Sahel se compone de partículas minerales (principalmente, calcita, óxido férrico, cuarzo y minerales de la arcilla) que difieren considerablemente, en composición y tamaño de grano, de las partículas de origen antrópico.

La Comisión Europea ha desarrollado una metodología para identificar episodios altos y superaciones de los valores límite diarios de PM<sub>10</sub> (50 µg/m<sup>3</sup>), causados por eventos de transporte a larga distancia de polvo mineral, tales como intrusiones de masas de aire saharianas.

En función de la citada metodología, se han definido los días con intrusiones de aire sahariano en Andalucía. A continuación, se presentan los correspondientes a los años 2001 a 2004:

DÍAS CON INTRUSIONES DE AIRE SAHARIANO. ANDALUCÍA ORIENTAL AÑO 2001	
Mes del año	Días del mes
Enero	-
Febrero	11-12-13-14-21-22-23-24
Marzo	7-12-15-23
Abril	-
Mayo	25
Junio	2-3-4-5-7-8-19-20-22-23-24-25-26
Julio	1-21-22-23-30-31
Agosto	1-11-12-13-24-25
Septiembre	2-4-5-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25
Octubre	3-4-10-11-17-28-29-30-31
Noviembre	1-2-3-7-8-12-22-23-24
Diciembre	4-22

DÍAS CON INTRUSIONES DE AIRE SAHARIANO. JAÉN AÑO 2004	
Mes del año	Días del mes
Enero	7-8
Febrero	7-8-9-19-20
Marzo	5-6-8-9-10-16-17-18-19-20-21
Abril	15
Mayo	-
Junio	4-5-6-7-8-9-10-11-12-26-17-28-29-30
Julio	1-5-6-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31
Agosto	1-2-23-24-25-26-27-31
Septiembre	1-4-8-9-10-11-12-13-22-23-24
Octubre	4-5-6-7-8-23-24
Noviembre	29-30
Diciembre	-

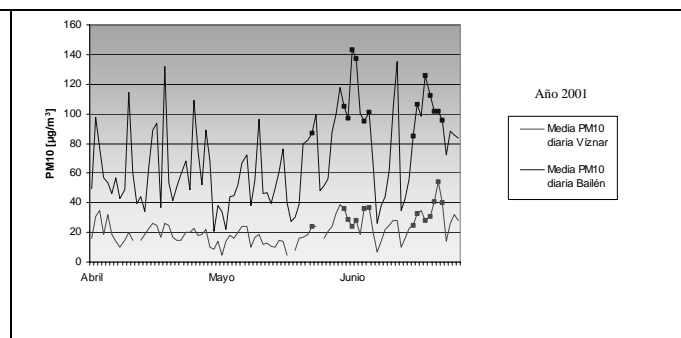
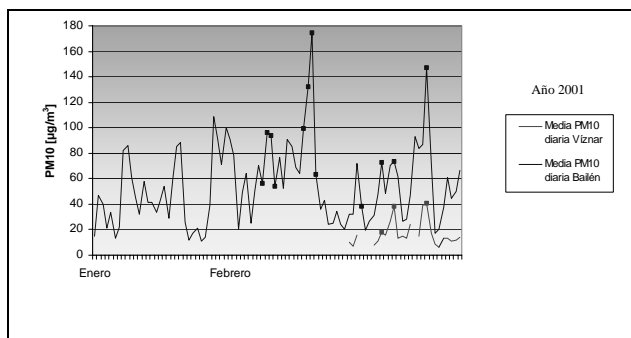
DÍAS CON INTRUSIONES DE AIRE SAHARIANO. ANDALUCÍA ORIENTAL AÑO 2002	
Mes del año	Días del mes
Enero	2-9-10-11-12-13
Febrero	3-11-12-13-14-15-16
Marzo	11-12-21-22-24-25-26-27
Abril	-
Mayo	15-16-30-31
Junio	1-2-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-23-24-25-26-27-28-30
Julio	20-29
Agosto	13-14-28-29-30
Septiembre	1-2-3
Octubre	4-5
Noviembre	-
Diciembre	17-18

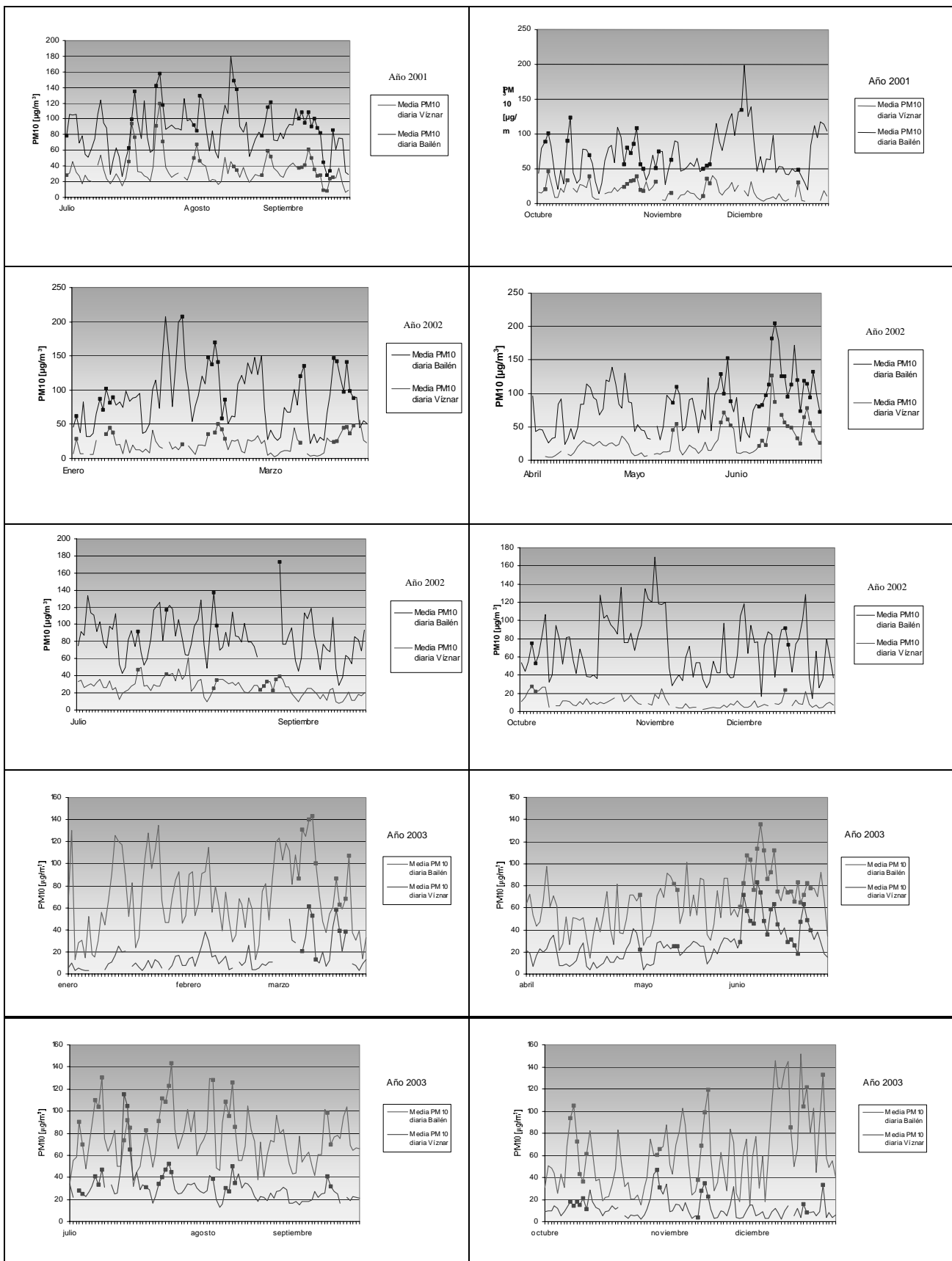
DÍAS CON INTRUSIONES DE AIRE SAHARIANO. ANDALUCÍA ORIENTAL AÑO 2003	
Mes del año	Días del mes
Enero	-
Febrero	-
Marzo	11-12-14-15-16-22-23-25-26
Abril	-
Mayo	5-15-16
Junio	4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-18-19-20-21-22-23-24-25
Julio	4-5-9-10-11-18-19-20-25-29-30-31
Agosto	1-2-15-19-20-21-22
Septiembre	20-21
Octubre	9-10-11-12-13-14
Noviembre	5-6-18-19-20-21
Diciembre	17-21-22-27

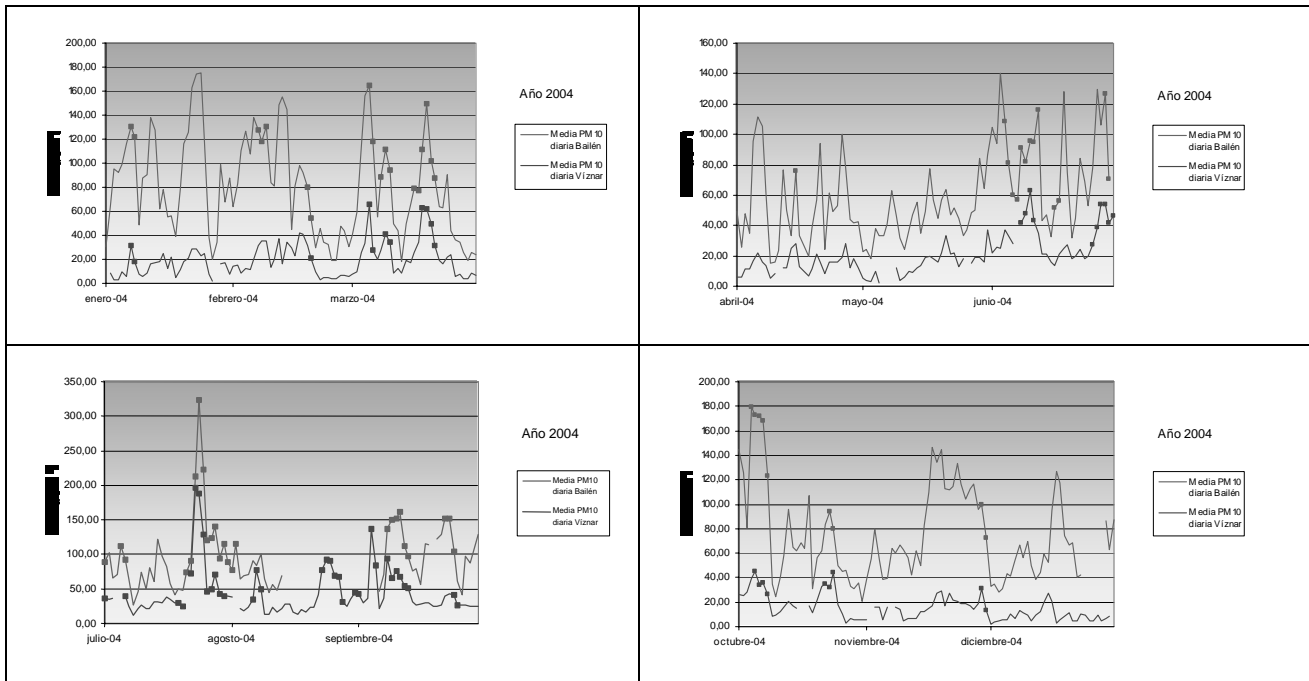
Dado que la influencia de estos eventos se deja sentir también en la zona de Bailén y, al objeto de realizar una estimación del incremento de los niveles de inmisión de  $PM_{10}$  debido a intrusiones de masas de aire saharianas, se ha elegido como estación de referencia para la comparación, la estación remota de la calidad de aire ubicada en Viznar (Granada), perteneciente a la Red EMEP. Esta estación también se sitúa en la zona Oriental de Andalucía, aproximadamente a unos 98,6 km de distancia de la Bailén, por lo que se puede esperarse que resulte afectada por las intrusiones de aire sahariano en los mismos períodos que Bailén, estando libre, sin embargo, de la influencia industrial característica de ésta.

Representando gráficamente la evolución de los niveles medios diarios de  $PM_{10}$  para Viznar y Bailén, en el transcurso de los años 2001 a 2004 (divididos en períodos trimestrales), se observa que, efectivamente, la mayor parte de los días en los que existe intrusión de masas de aire saharianas se corresponden con picos en los niveles de inmisión de partículas de  $PM_{10}$ , tanto en Bailén como en Viznar. Por tanto, podría considerarse, como aproximación, que los incrementos de niveles de  $PM_{10}$  en Viznar, debidos a las intrusiones de aire sahariano, son del mismo orden que la contribución de las citadas intrusiones a los niveles de  $PM_{10}$  en Bailén.

En las siguientes gráficas se han marcado los puntos correspondientes a los días con intrusión de masas de aire saharianas.







Se observa como el límite medio diario de 50 µg/m<sup>3</sup>, establecido por el Real Decreto 1073/2002, se supera con relativa frecuencia en la estación de Bailén. En el caso de la estación de Víznar también se producen superaciones, pero con mucha menor frecuencia y coincidiendo, mayoritariamente, con días con intrusión de masas de aire saharianas.

Por último, el análisis de las medias estacionales de PM<sub>10</sub> para Víznar y Bailén durante los años 2001 a 2004, muestra que en el periodo correspondiente a los meses de verano los niveles de PM<sub>10</sub> son superiores a los niveles alcanzados para otras épocas del año.

MEDIAS ESTACIONALES DE PARTÍCULAS PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )				
Estación del año	AÑO 2001		AÑO 2002	
	VIZNAR	BAILÉN	VIZNAR	BAILÉN
INVIERNO	13,80	51,83	18,16	86,48
PRIMAVERA	19,80	66,17	26,39	81,83
VERANO	36,30	90,97	29,77	89,89
OTOÑO	18,39	68,55	10,92	70,44

MEDIAS ESTACIONALES DE PARTÍCULAS PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )				
Estación del año	AÑO 2003		AÑO 2004	
	VIZNAR	BAILÉN	VIZNAR	BAILÉN
INVIERNO	15,41	71,19	18,51	85,34
PRIMAVERA	26,56	64,62	17,69	55,85
VERANO	30,83	75,58	43,41	93,28
OTOÑO	12,16	61,63	17,85	79,89

## 5. Calidad del aire ambiente

### 5.1. Técnicas de evaluación utilizadas

Entre los métodos de evaluación de la calidad del aire existentes, se distingue entre las mediciones fijas y el resto de técnicas de evaluación, como la modelización, las mediciones indicativas y las estimaciones objetivas, que se conocen como técnicas de evaluación suplementarias. La técnica a aplicar depende del tipo de evaluación a llevar a cabo.

Como punto de partida, se pueden emplear técnicas de evaluación suplementarias como la evaluación mediante el análisis del conjunto de factores que afecta a la calidad del aire (inventario de emisiones, tipos de usos del suelo, condiciones meteorológicas, condiciones topográficas, etc.).

#### 5.1.1. Métodos para la evaluación mediante mediciones fijas

Se denominan mediciones fijas a las mediciones de los niveles de contaminantes realizadas en un punto fijo del territorio, en continuo y mediante un método analítico de referencia o equivalente.

En la aplicación de este tipo de técnica tienen especial importancia los métodos de referencia para la medición de los distintos contaminantes y la determinación de los puntos de muestreo, ya que ambos aspectos inciden en el diseño de las actuales redes de vigilancia y de las propias estaciones de medición.

La Red de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica de Andalucía nace con la entrada en vigor de la Ley 7/94, de Protección Ambiental, y el Decreto 74/96, por el que se aprueba el Reglamento de la Calidad del Aire, aunque con anterioridad ya existían estaciones de medida en toda Andalucía.

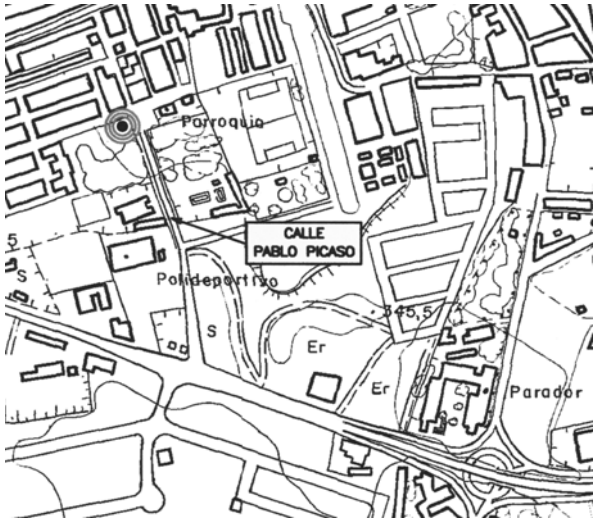
##### 5.1.1.1. Estaciones fijas empleadas en la evaluación de la Calidad del Aire de Bailén

La Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire en Andalucía cuenta con una estación, propiedad de la Junta de Andalucía, en Bailén, situada en la C/ Pablo Picasso (x:432480; y:4216781; altitud 343 m), en una zona urbano-comercial caracterizada por un tráfico ligero.

Esta estación está dotada de analizadores de SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, así como de una estación meteorológica que mide



dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad y radiación solar.



Para el estudio de la calidad del aire en Bailén se analizan no sólo los datos recogidos por dicha estación, sino también los procedentes de otras estaciones, tales como las de Linares, Torredonjimeno, Jaén, Moguer, Huelva, Sevilla, Bahía de Algeciras y Viznar. Del cotejo de los datos de estas estaciones se obtiene información de la calidad del aire en Bailén, permitiendo su comparación con:

- El resto de municipios de la provincia de Jaén.
- Otros municipios de tamaño y entorno similares a los de Bailén, aunque exentos de la influencia industrial.
- Otras zonas de Andalucía altamente industrializadas.
- Las intrusiones de aire sahariano.

Las conclusiones de estos estudios se exponen en el epígrafe 5.2.2.: *Comparación de los niveles de inmisión registrados en la estación de Bailén respecto a otras estaciones.*

### 5.1.2. Métodos para la evaluación mediante técnicas suplementarias

En la evaluación de la Calidad del Aire se emplean, en combinación con las mediciones fijas, otras técnicas de evaluación suplementarias.

En Bailén se han llevado a la práctica campañas con captadores difusivos y de recogida de filtros de captadores de bajo y alto volumen, así como de unidades móviles en distintas ubicaciones de su núcleo de población.

Hay que destacar que los métodos más interesantes, por su precisión y economía, son los captadores difusivos y los laboratorios móviles.

#### 5.1.2.1. Unidad Móvil

Una unidad móvil es un vehículo dotado de los oportunos equipos analizadores, de los sistemas auxiliares necesarios, de adquisición de datos, de comunicaciones, de alimentación eléctrica autónoma o de acondicionamiento térmico, que proporciona un servicio en las mismas condiciones que las estaciones fijas, pero en ubicaciones variables y durante períodos limitados en el tiempo.

Los equipos instalados en una unidad móvil cumplen con los requisitos de metodología de referencia y de objetivos de calidad exigibles a una estación fija.

La unidad móvil cuenta con analizadores de  $O_3$ ,  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $BTX$ ,  $PM_{10}$  y  $NO_x$ , así como con una estación meteorológica que mide dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad, presión barométrica, lluvia y radiación solar.

Para la ubicación de los puntos de muestreo en Bailén se ha tenido en cuenta, entre otros criterios, que la gran mayoría de la fábricas de cerámica industrial se sitúan entre la salida de la N-IV y la N-380 dirección Linares (entre el Noroeste y el Oeste del núcleo urbano).

A continuación, se presenta un plano con las ubicaciones de la Unidad Móvil:



5.1.2.2. Campañas Manuales

Las campañas de recogida de filtros en captadores manuales de bajo, medio o alto volumen para partículas y metales, constituyen una técnica de medición indicativa usada tanto en la evaluación preliminar como en la evaluación posterior de ciertas zonas.

En Bailén se han llevado a cabo numerosas campañas con captadores para el muestreo de PM<sub>10</sub>. Posteriormente, los filtros se han empleado para la caracterización de las partículas y el análisis de metales y fluoruros.

5.1.2.3. Captadores difusivos

Los captadores difusivos, caracterizados fundamentalmente por su flexibilidad y bajo coste, son muy adecuados para la realización de mediciones indicativas en tareas de zonificación y para obtener el relleno superficial con el que evaluar la representatividad de las ubicaciones de las estaciones de medición fijas.

Las campañas de este tipo llevadas a cabo en Bailén tienen como objeto la caracterización de la contaminación atmosférica urbana por NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>, así como la determinación de su distribución espacial. Dichas campañas se han realizado en invierno y en verano, para recoger la influencia de las condiciones meteorológicas típicas de la zona.

Para la ubicación de los captadores difusivos en la evaluación de la calidad del aire de amplias zonas geográficas, se utiliza, como aproximación metodológica, la técnica de grid (o de rejilla). Ésta consiste en definir una malla rectangular de celdas regulares, cada una de las cuales corresponde a un punto de medición, y cuyo tamaño difiere según las características que presente la subzona a estudiar. El ancho de malla empleado en el caso de Bailén ha sido de 0,5 km de longitud, obteniéndose un total de 37 puntos de medida distribuidos por toda la zona urbana de la localidad y parte de los alrededores.



A la hora de la colocación de los captadores difusivos se han tenido en cuenta aspectos relativos a la topografía del lugar, así como criterios de ubicación generales y otros criterios relativos a distancias respecto a fuentes, que son utilizados actualmente por la red EMEP (European Monitoring Evaluation Programme).

Para minimizar el efecto del viento, de la lluvia y de las altas insolaciones, los captadores se colocan protegidos con una

caperuza protectora fijada por medio de unas bridas a unos tacos de madera, que a su vez, van sujetos a postes, etc.



Caperuza protectora de los captadores difusivos

Una vez recogidos los captadores, tras un período de exposición adecuado, se procede al análisis de los mismos. Con los datos obtenidos, una vez desestimados aquellos cuyo fin sea comprobar incertidumbres o proporcionar información sobre puntos singulares no representativos, se procede a la interpolación mediante las técnicas adecuadas. La información resultante se presenta en forma de isolíneas, que permiten identificar la posición de las áreas afectadas por diferentes niveles de contaminación.

5.2. Calidad del aire ambiente en Bailén

5.2.1. Concentraciones observadas antes de la aplicación de las mejoras

Para evaluar la calidad del aire ambiente en Bailén, se comparan los valores de concentración de contaminantes registrados mediante los diferentes métodos especificados anteriormente, con los valores límite establecidos en el R.D. 1073/2002. Hay que resaltar, sin embargo, que algunos límites de dicha norma sólo son de obligado cumplimiento a partir del 1 de enero del 2005.

5.2.1.1. Estaciones de medición fija

En las siguientes tablas se presentan los niveles diarios de PM<sub>10</sub> y los niveles horarios y diarios de SO<sub>2</sub> registrados en la estación remota de Bailén durante el período 1997-2004:

NIVELES DIARIOS DE PM <sub>10</sub> (µg/m³)								
Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Media anual</b>	68,7	94,6	88,5	88,0	70,5 64,9 <sup>(a)</sup>	81,7 76,1 <sup>(a)</sup>	68,2 62,7 <sup>(a)</sup>	77,5 67,7 <sup>(a)</sup>
<b>Máx. diario</b>	156,7	267,5	227,4	222,8	199,0	207,8	151,7	324,4
<b>Mín. diario</b>	12,5	18,7	11,0	11,5	11,0	14,5	12,6	15,0
<b>Perc. 90,41 diario</b>	113,0	162,2	140,6	151,2	114,2	128,2	111,3	130,0
<b>Nº Superaciones (medias diarias)</b>								
<b>Límite (50 µg/m³)</b>								
	210	294	294	277	250 118 <sup>(a)</sup>	276 205 <sup>(a)</sup>	259 193 <sup>(a)</sup>	229 163 <sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup>Descartando días con intrusión de aire sahariano

NIVELES HORARIOS Y DIARIOS DE SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )								
Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Media anual	23,1	24,3	23,3	38,9	23,8	28,5	26,3	33,8
Máx. horario	297,0	388,5	337,5	356,5	498	271,0	317,3	313,5
Mín. horario	1	1	1	1	1	0,3	1	1
Perc. 99,73 horario	180,3	169,3	163,7	269,6	171,5	184,7	203,6	234,8
Máx. diario	74,2	94,7	73,3	112,4	95,3	122,1	112,3	115,5
Perc. 99,18 diario	60,6	74,3	67,2	104,5	71,0	79,9	84,8	94,4
N° Superaciones del valor límite medio horario (350 µm/m <sup>3</sup> )								
	0	2	0	1	2	0	0	0
N° Superaciones del valor límite medio diario (125 µm/m <sup>3</sup> )								
	0	0	0	0	0	0	0	0

Comparando los valores alcanzados por los distintos contaminantes con los valores límite especificados para cada uno de ellos en el Real Decreto 1073/2002, se llega a las siguientes conclusiones:

- Respecto a PM<sub>10</sub>, se supera tanto el valor medio anual de 40 µg/m<sup>3</sup>, como el valor medio diario de 50 µg/m<sup>3</sup> en más de las 35 ocasiones permitidas al año (percentil 90 superior a 50 µg/m<sup>3</sup>).
- En cuanto al SO<sub>2</sub>, se supera el límite horario de 350 µg/m<sup>3</sup>, aunque en menos ocasiones de las 24 ocasiones permitidas por la legislación (percentil 99,73 inferior a 350 µg/m<sup>3</sup>). En relación al límite diario de 125 µg/m<sup>3</sup> se observa que no se supera en ningún caso, si bien el valor de inmisión máximo medido se situó cercano al límite en el año 2000.

#### 5.2.1.2. Unidades Móviles y Campañas Manuales

Comparando los valores límite establecidos en el R.D. 1073/2002, con los valores medios diarios de concentración de PM<sub>10</sub> (gravimetría) obtenidos en las campañas de evaluación realizadas, se observa que, aproximadamente en el 41% de los casos se produce la superación del valor límite. Además, como se puede apreciar en la siguiente tabla, el valor máximo de las superaciones puede incluso superar el triple del valor límite incrementado en el margen de tolerancia.

PARTÍCULAS PM <sub>10</sub> GRAVIMETRÍA					
Campaña Unidad Móvil	Fecha Inicio	Fecha Fin	Número de Filtros	Valor Máximo (µg/m <sup>3</sup> )	N° de Superaciones VL+MdT <sup>Ⓢ</sup>
Ubicación 1	17/12/02	14/01/03	25	190	3
Ubicación 2	15/01/03	11/02/03	23	185	14
Ubicación 3	13/05/03	18/06/03	28	183	11
Ubicación 3	19/06/03	09/07/03	6	93	3
Ubicación 4	10/07/03	13/08/03	21	107	8
Ubicación 3	08/09/03	14/10/03	25	118	14
Ubicación 1	16/10/03	15/11/03	28	86	7
Ubicación 1	16/11/03	16/12/03	26	93	7
Ubicación 1	16/12/03	15/01/04	27	122	18

<sup>Ⓢ</sup> Valor límite + Margen de Tolerancia

Sólo en algunas de las campañas llevadas a cabo en el Colegio Público "El Castillo", los niveles registrados son menores, debido a que dicha ubicación está más apartada por encontrarse en el centro del núcleo urbano.

De forma análoga a la anterior, de la comparación de los valores medios diarios de SO<sub>2</sub> con los valores límite establecidos en el R.D. 1073/2002, se llega a la conclusión de que se alcanzan valores bastante altos, aunque de forma puntual y sin rebasarse los valores límite.

SO <sub>2</sub>					
Código Campaña	Fecha Inicio	Fecha Fin	Tipo medida	Valor Máximo (µg/m <sup>3</sup> )	N° de Superaciones VL+MdT <sup>Ⓢ</sup>
Ubicación 1	17/12/02	14/01/03	PST y PM <sub>10</sub>	32,5	0
Ubicación 2	15/01/03	11/02/03	PST y PM <sub>10</sub>	37	0
Ubicación 3	13/05/03	18/06/03	PM <sub>10</sub>	128,3	1
Ubicación 3	10/06/03	17/06/03	PST	57	0
Ubicación 4	19/06/03	09/07/03	PM <sub>10</sub>	48,5	0
Ubicación 3	10/07/03	13/08/03	PST y PM <sub>10</sub>	59,5	0
Ubicación 1	08/09/03	14/10/03	PM <sub>10</sub>	59,1	0
Ubicación 1	16/10/03	15/11/03	PM <sub>10</sub>	85,2	0
Ubicación 1	16/11/03	16/12/03	PM <sub>10</sub>	61,8	0

<sup>Ⓢ</sup> Valor límite + Margen de Tolerancia

#### 5.2.1.3. Captadores difusivos

##### (a) Resultados de la Campaña de Invierno

La campaña de invierno en Bailén, para la medida de NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> mediante captadores difusivos, se desarrolla desde el 27/10/2003 al 4/12/2003, dividiéndose en 3 periodos de muestro de 15 días aproximadamente.

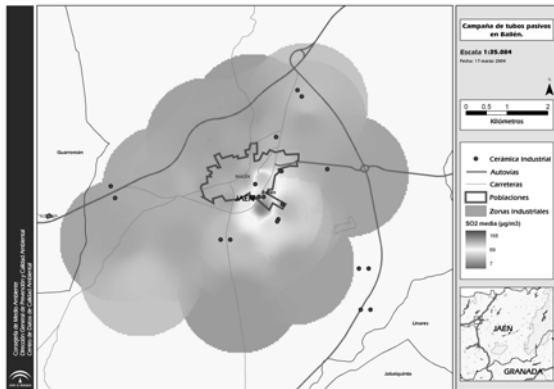
Los niveles registrados durante la campaña han sido bastante variables. Si se calcula la media a lo largo de los cuatro periodos de muestreo para cada punto de medida, se puede obtener la distribución final de la concentración en toda la campaña, quedando repartida de la siguiente forma:

INTERVALOS DE CONCENTRACIÓN	PUNTOS DE MEDIDA
0 < [SO <sub>2</sub> ] ≤ 20 µg/m <sup>3</sup>	15
30 < [SO <sub>2</sub> ] ≤ 50 µg/m <sup>3</sup>	16
50 < [SO <sub>2</sub> ] ≤ 75 µg/m <sup>3</sup>	2
[SO <sub>2</sub> ] ≥ 75 µg/m <sup>3</sup>	3
<b>Total</b>	<b>36</b>

Tal como se puede apreciar en la tabla, el 86% de los captadores expuestos han dado un valor medio por debajo del umbral de evaluación inferior (50 µg/m<sup>3</sup>) y el 5,6% entre los umbrales de evaluación inferior y superior. El resto de los captadores difusivos, registran valores por encima del umbral de evaluación superior, aunque en un porcentaje menor.

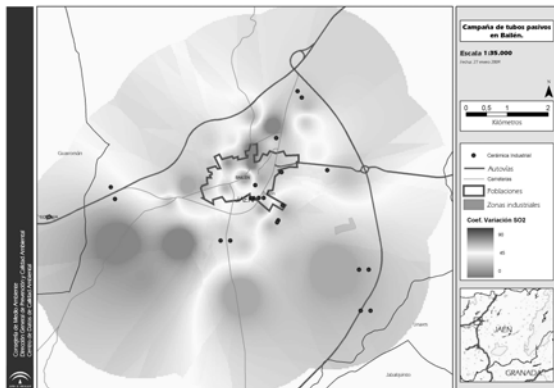
Los valores medios de SO<sub>2</sub> para cada período son 34,2 µg/m<sup>3</sup>, 51,6 µg/m<sup>3</sup> y 25,2 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente.

En el siguiente mapa se representa la concentración media de SO<sub>2</sub> durante la campaña de medida. Como puede observarse los valores más altos se registran en la parte sureste de la zona muestreada, donde se ubica un importante número de industrias ladrilleras y otras dedicadas a la cerámica decorativa.



Por otra parte, la evolución de los valores obtenidos en un mismo punto de medida, puede estudiarse con la ayuda del coeficiente de variación. Los coeficientes de variación se calculan como tanto por ciento de variación de la desviación estándar respecto de la media.

En el mapa siguiente puede verse como las zonas que registran los valores más altos del coeficiente de variación, son la suroeste y noreste del área muestreada. Esto se debe a que los vientos dominantes son del suroeste, provocando en este sentido una mayor variación en la concentración de los contaminantes.



Por último, hay que resaltar que los resultados obtenidos no pueden compararse con los valores límite especificados en el R.D. 1073/2002, ya que los promedios de medida no son los definidos en la legislación.

Sin embargo, comparando los resultados con los obtenidos en campañas realizadas en otras áreas industrializadas de Andalucía, se observa que son altos, incluso siendo Bailén una zona menos industrializada.

**(b) Resultados de la Campaña de Verano**

La campaña de verano en Bailén, para la medida de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> mediante captadores difusivos, se desarrolla desde el 04/05/2003 al 21/06/2003, dividiéndose en 3 periodos de muestro de 15 días aproximadamente.

En la siguiente tabla se muestran los valores máximo, mínimo y medio de concentración de cada periodo.

	1 ° Periodo	2° Periodo	3° Periodo	Media
<b>Valor Medio</b>	24,2	21,7	19,9	21,9
<b>Valor Máximo</b>	129,9	73,7	73,4	92,3
<b>Valor Mínimo</b>	2,7	4,3	5,3	4,1
<b>Desv Estandar</b>	26,7	16,2	17,7	20,2

Si se calcula la media a lo largo de los tres periodos de muestreo para cada estación, se puede obtener la distribución final de la concentración en toda la campaña de medida, quedando repartida de la siguiente manera:

INTERVALOS DE CONCENTRACIÓN	PUNTOS DE MEDIDA
0 < [SO <sub>2</sub> ] ≤ 20 µg/m <sup>3</sup>	26
30 < [SO <sub>2</sub> ] ≤ 50 µg/m <sup>3</sup>	6
50 < [SO <sub>2</sub> ] ≤ 75 µg/m <sup>3</sup>	3
[SO <sub>2</sub> ] ≥ 75 µg/m <sup>3</sup>	0
<b>Total</b>	<b>35</b>

Tal como se observa en la tabla anterior, prácticamente un 90% de los captadores expuestos, han dado un valor medio por debajo del umbral de evaluación inferior (50 µg/m<sup>3</sup>) y algo menor del 10%, se encuentran entre los umbrales de evaluación inferior y superior. El resto de los captadores difusivos, registran en porcentajes muy inferiores, por encima del umbral de evaluación superior.

5.2.2. Comparación de los niveles de inmisión registrados en la estación de Bailén respecto a otras estaciones

**(a) Comparación con el resto de estaciones de la provincia de Jaén**

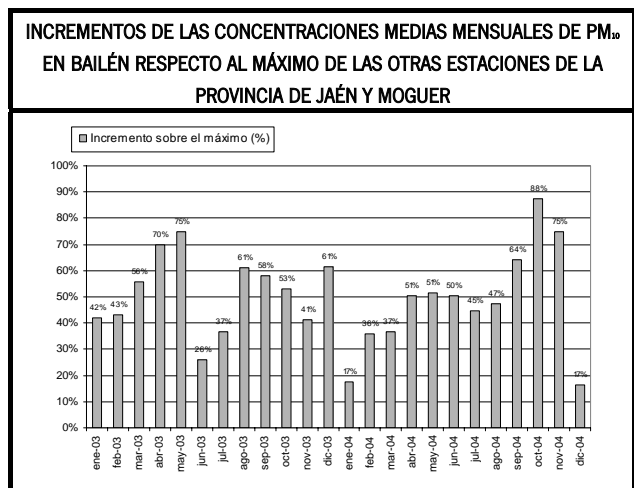
Los valores medios anuales de PM<sub>10</sub> registrados en Bailén y en el resto de estaciones de la provincia de Jaén son los siguientes:

VALORES MEDIOS ANUALES DE PM <sub>10</sub> REGISTRADOS EN BAILÉN Y EN LA PROVINCIA DE JAÉN					
Estación	2002		2003		
	Media anual (µg/m <sup>3</sup> )	Percentil 90 valores medios diarios (µg/m <sup>3</sup> )	Media anual (µg/m <sup>3</sup> )	Percentil 90 valores medios diarios (µg/m <sup>3</sup> )	
<b>Bailén</b>	81,71	126,20	68,17	109,60	
<b>Jaén</b>	<b>Avda. de Madrid</b>	43,31	67,12	41,96	75,45
	<b>Hosp. Ciudad de Jaén</b>	27,82	37,98	42,43	60,71
	<b>Ronda del Valle</b>	—	—	46,68	74,22
<b>Linares</b>	34,05	53,38	—	—	
<b>Torredonjimeno</b>	—	—	40,69	64,16	

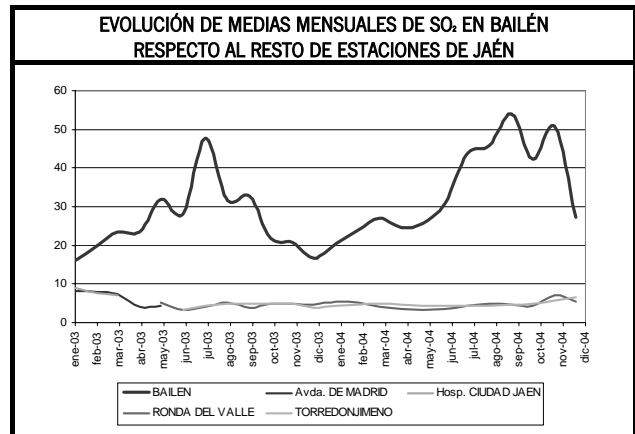
VALORES MEDIOS ANUALES DE PM <sub>10</sub> REGISTRADOS EN BAILÉN Y EN LA PROVINCIA DE JAÉN		
Estación	2004	
	Media anual (µg/m <sup>3</sup> )	Percentil 90 valores medios diarios (µg/m <sup>3</sup> )
Bailén	77,54	129,43
Jaén	Avda. de Madrid	—
	Hosp. Ciudad de Jaén	—
	Ronda del Valle	43,61
Torredonjimeno	46,79	80,01
Villanueva del Arzobispo	47,03	80,17

Como se observa, en el caso de Bailén los valores medios anuales superan ampliamente los valores legales (44,8 µg/m<sup>3</sup> en el año 2002, 43,2 µg/m<sup>3</sup> en el año 2003 y 41,6 µg/m<sup>3</sup> en 2004); al igual que el percentil 90 los valores diarios, también supera el valor legal establecido (65 µg/m<sup>3</sup> en el año 2002, 60 µg/m<sup>3</sup> en el año 2003 y 55 µg/m<sup>3</sup> en 2004). Además, los valores registrados en Bailén son muy superiores al resto de las estaciones de la provincia de Jaén.

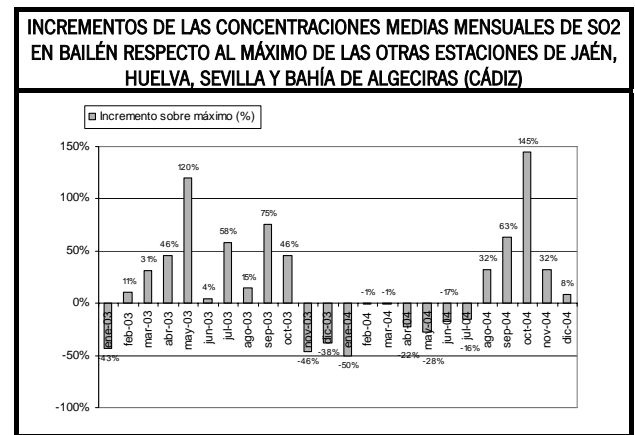
Si se representan gráficamente los incrementos de las concentraciones medias mensuales de PM<sub>10</sub> observadas en Bailén, frente al máximo de los máximos mensuales registrados, bien en las estaciones de la provincia de Jaén, bien en la estación de Moguer, se concluye que son todos superiores a 0, llegando en algunos casos incluso hasta el 100%.



Respecto al SO<sub>2</sub>, la comparación de la evolución de las concentraciones medias mensuales de SO<sub>2</sub> en Bailén con las del resto de estaciones de Jaén, muestra que dichos valores son muy superiores en el caso de Bailén, quedando muy por debajo las registradas en el resto de las estaciones de la provincia.

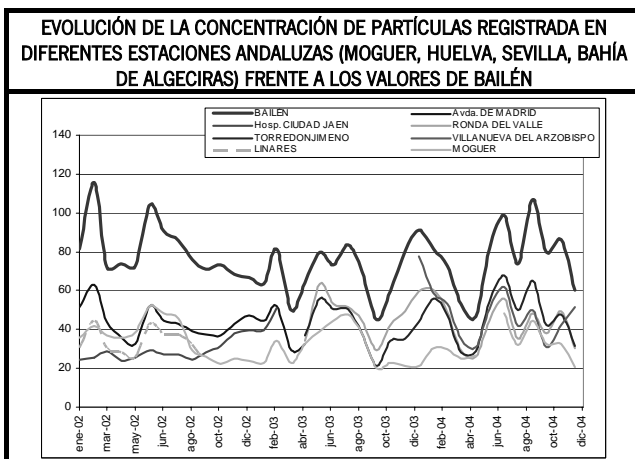


Representando gráficamente los incrementos entre las concentraciones medias mensuales de SO<sub>2</sub> en Bailén y el máximo de los máximos mensuales registrados en las estaciones de la provincia de Jaén, Huelva, Sevilla y Bahía de Algeciras (Cádiz), se tiene que éstos son mayoritariamente positivos, salvo algunas excepciones.



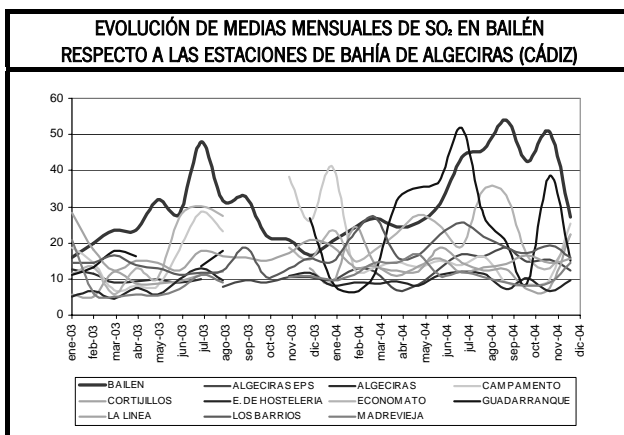
**(b) Comparación con otras estaciones de Andalucía.**

Comparando la evolución de la concentración de partículas registrada en diferentes estaciones andaluzas (Moguer, Huelva, Sevilla, Bahía de Algeciras) frente a los valores de Bailén, se aprecia que, en efecto, los niveles de partículas medidos en Bailén están continuamente muy por encima de los del resto de estaciones.



Además, se observa claramente cómo las tendencias mensuales se mantienen en líneas generales en todas las estaciones, lo que da idea de que la contribución de episodios naturales de intrusión sahariana afecta por igual a todas las mediciones. Así, los meses de Febrero y Junio de 2002, Marzo, Junio, Agosto y Diciembre de 2003, y Julio y Septiembre de 2004 presentan unas subidas significativas respecto a los meses inmediatamente anteriores y posteriores, hecho que se repite en todas las estaciones estudiadas

Por otro lado, las concentraciones medias mensuales de SO<sub>2</sub> de Bailén comparadas con las de otras estaciones andaluzas son, salvo excepciones, claramente superiores, quedando por debajo las registradas en el resto de las estaciones consideradas.



Como conclusión, cabe mencionar que el principal contaminante atmosférico en Bailén es la materia particulada de diámetro aerodinámico inferior a las 10µm, donde se registran niveles muy superiores respecto al resto de estaciones consideradas. Asimismo, con relación al SO<sub>2</sub> es de destacar que los niveles medios mensuales registrados en Bailén superan los niveles medios mensuales alcanzados en otras zonas altamente industrializadas de Andalucía.

### 5.3. Análisis de la situación

Resumiendo la información anterior, cabe concluir, a partir de los registros de datos de la estación remota de Bailén, que:

- Los niveles de PM<sub>10</sub> en la zona superan tanto el valor medio anual de 40 µg/m<sup>3</sup>, como el valor medio diario de 50 µg/m<sup>3</sup> en más de las 35 ocasiones al año permitidas.
- En referencia al SO<sub>2</sub>, se supera el límite horario de 350µg/m<sup>3</sup>, aunque en menos ocasiones de las 24 permitidas por la legislación. En relación al límite diario de 125µg/m<sup>3</sup>, no se supera en ningún caso (aunque la legislación permite 3 superaciones anuales).
- Comparando estos niveles con los alcanzados en el resto de estaciones de la provincia de Jaén, se observa que las concentraciones medias anuales de PM<sub>10</sub> en Bailén son muy superiores, aproximadamente, un 50% por encima de los niveles detectados en zonas muy contaminadas de Jaén capital y casi un 100% superiores a los existentes en Linares. Por otro lado, en los últimos años, Bailén registra unos niveles de partículas

tales que en media mensual superan en más de un 40% el resto de estaciones de la provincia.

También, con respecto al SO<sub>2</sub>, se observan valores muy superiores a los del resto de la provincia, triplicándose en la mayor parte de los casos e incluso, cuadruplicándose.

- Asimismo, si comparamos las medias mensuales de SO<sub>2</sub> de Bailén frente a las estaciones de Huelva, Sevilla y Bahía de Algeciras, vemos que son superiores, incluso tratándose de zonas más industrializadas, salvo casos puntuales en las estaciones de Guadarranque y Campamento, situadas en Bahía de Algeciras.

#### 5.3.1. Estudios complementarios realizados

El análisis de los niveles de PM<sub>10</sub> en la estación remota de Bailén, ha mostrado la superación de los distintos límites definidos por la normativa europea y española (1999/30/CE y R.D. 1073/2002) sobre el material particulado atmosférico. De acuerdo con el estudio realizado en España al respecto, los niveles de PM<sub>10</sub> de Bailén superan los niveles descritos para zonas industriales e intenso tráfico (Querol et al. 2002).

Por otro lado, y aunque la concentración de SO<sub>2</sub> es inferior a los niveles límite fijados en las normativas citadas, los registrados en la zona de Bailén son altos incluso si se comparan con zonas altamente industrializadas (por ejemplo: Huelva y El Campo de Gibraltar en Andalucía).

Por tanto, con objeto de identificar el origen de estas superaciones, se han realizado análisis sobre el material particulado en suspensión, estudios sobre las arcillas empleadas, y también varias campañas intensivas de muestreo y registro de material particulado atmosférico en los focos de emisión de las industrias cerámicas y ladrilleras de Bailén.

#### Análisis del material particulado en suspensión

A continuación se exponen brevemente las conclusiones más relevantes del estudio del material particulado en suspensión realizado en Bailén. Hay que resaltar, sin embargo, que sólo se han analizado 4 muestras de emisión y 8 de inmisión, por lo que extrapolar las concentraciones obtenidas a un período anual puede ser aventurado.

- Teniendo en cuenta los niveles ambientales de PM<sub>10</sub> y PST registrados en el área de estudio se puede concluir que en la zona existe una problemática importante relacionada con la contaminación por material particulado atmosférico.
- A partir de la caracterización química y mineralógica de PM<sub>10</sub> y PST se deduce que los altos niveles registrados tanto de PM<sub>10</sub> como PST son claramente atribuibles a la actividad industrial de la zona relacionada con la fabricación de ladrillos y otros materiales cerámicos.
- Según los niveles y la distribución granulométrica de los elementos analizados y de las fases minerales identificadas se llega a que existen dos fuentes importantes de aporte de material particulado atmosférico:
  - a. Resuspensión y/o emisión de partículas fugitivas: actividades de

- molturación, manipulación, acopio y transporte de materias primas. Estas emisiones están relacionadas con el incremento de los niveles de partículas fundamentalmente gruesas (fracción superior a 2,5  $\mu\text{m}$ ) cuya composición es la de las materias primas utilizadas en la zona (arcillas, calcita, cuarzo) que resulta en altos niveles de Al, Si, Fe, Mn, entre otros, con concentraciones superiores a la de otros elementos en la fracción > 10 $\mu\text{m}$ .
- b. Emisiones en chimenea, relacionadas con el incremento de los niveles de partículas en la fracción < 10  $\mu\text{m}$ . Su composición se caracteriza por la asociación de Cnm, K,  $\text{SO}_2$ , entre los elementos mayoritarios, y V, Ni, Cu, Zn y Cd. La emisión de estos elementos puede estar relacionada bien con el tipo de combustible utilizado o bien con las materias primas.
- Respecto a los niveles de elementos traza cabe destacar las concentraciones relativamente altas de As y Ni.
- a. La concentración media de As en  $\text{PM}_{10}$  es de 2,9  $\text{ng}/\text{m}^3$ , claramente inferior al valor de 6  $\text{ngAs}/\text{m}^3$  como media anual en  $\text{PM}_{10}$  establecido por la UE. Sin embargo, en PST la concentración media de As es de 6  $\text{ngAs}/\text{m}^3$ . Se deduce, por tanto, una distribución granulométrica gruesa del As, que indica un origen por procesos mecánicos, como resuspensión o transporte, manipulación y molturación de las materias primas. Es necesario identificar el origen concreto del As para determinar si esta relacionado con las arcillas que se extraen en la zona o con otras materias primas utilizadas en el proceso industrial tales como tudentes etc.
- b. Por el contrario la concentración media de Ni (41  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) es superior al valor propuesto por la UE (20  $\text{ngNi}/\text{m}^3$  como media anual en  $\text{PM}_{10}$ ). Además la distribución granulométrica fina de este elemento indica un mayor peso del aporte de este elemento por emisión en chimenea.
- Teniendo en cuenta estos resultados, se pueden establecer las siguientes recomendaciones par disminuir los niveles de material particulado atmosférico en la zona:
- a. Reducir las emisiones de partículas fugitivas y durante la manipulación/transporte de materias primas: para ello se pueden tomar medidas de fácil aplicación como son tapar con lonas los camiones utilizados para el transporte de la materia prima así como limpiar las ruedas de los camiones después de cargar en las canteras, colocar mamparas de protección alrededor de

las eras donde se realiza el acopio de las materias primas y regar estas con cierta frecuencia para evitar la resuspensión, etc. De este modo se podría reducir considerablemente las emisiones de las partículas gruesas.

- b. Reducir las emisiones de chimenea de  $\text{SO}_2$ , de sulfatos y otros metales como Ni en el material particulado. Para ello es necesario favorecer la utilización de gas natural y controlar las posibles emisiones de S relacionadas con las materias primas. Es necesario continuar la investigación para cuantificar la contribución relativa de la materia prima y los combustibles en las emisiones de S.

### Estudio de las arcillas usadas en la industria ladrillera y cerámica

En este trabajo se ha realizado una caracterización granulométrica, mineralógica y geoquímica de quince muestras representativas de arcillas negras, rubias, blancas y rojas usadas por la industria cerámica y ladrillera de Bailén.

Dicho estudio puso de manifiesto que las concentraciones más altas en S elemental se dan en las arcillas negras, donde puede llegar al 1%, encontrándose en forma de piritita y yeso, principalmente. Dado que la arcilla negra se usa en una proporción como máximo del 50 % con el resto de las arcillas, no se cree que ésta sea una fuente importante de  $\text{SO}_2$  en el aire de Bailén.

Sin embargo, análisis preliminares del coque de petróleo usado indican niveles de 6,8% de S y 79-80% de C. El azufre al oxidarse origina  $\text{SO}_2$ . Por ello, podría proponerse al coque de petróleo como la fuente principal de  $\text{SO}_2$  en Bailén, a falta del estudio de fuel-oil y otras arcillas con concentraciones superiores de S.

En un informe realizado paralelamente por el IJA-CSIC (2003), el análisis de componentes principales muestra una asociación típica de materiales de combustión (fuel-oil o coque) tales como V, Ni, Cr, etc. Por ello, se cree que combustibles como el fuel-oil y/o coque de petróleo, usados (además del gas natural) durante la cocción de las cerámicas y ladrillos, son los responsables de las altas concentraciones de  $\text{SO}_2$ .

Los valores encontrados del resto de los elementos están dentro de los niveles normales de sedimentos, no hallándose anomalía geoquímica relevante (Taylor y MacLennan 1985).

En la siguiente figura se han representado los valores medios obtenidos de una mezcla del 40% de arcilla negra, 20% de arcilla rubia, 20% de arcilla blanca y 20% de arcilla roja junto con los valores medios de PST- $\text{PM}_{10}$  obtenidos por IJA-CSIC (2003) en análisis de filtros de inmisión (PST y  $\text{PM}_{10}$ ). Se observa como los perfiles son paralelos entre arcillas, PST y  $\text{PM}_{10}$  para Li, Sc, Cr, Co, Rb, Sr, Zr, La, Ce, Th y U, mientras que son discordantes para S, V, Ni, Cu, Zn, As y Pb. Esto hace agrupar los elementos en dos familias, una de origen cristal y/o derivado de la cocción de las arcillas (Li, Sc, Cr, Co, Rb, Sr, Zr, La, Ce, Th y U) y otro posiblemente derivado de fuel-oil ó coque de petróleo (S, V, Ni, Cu, Zn, As y Pb).

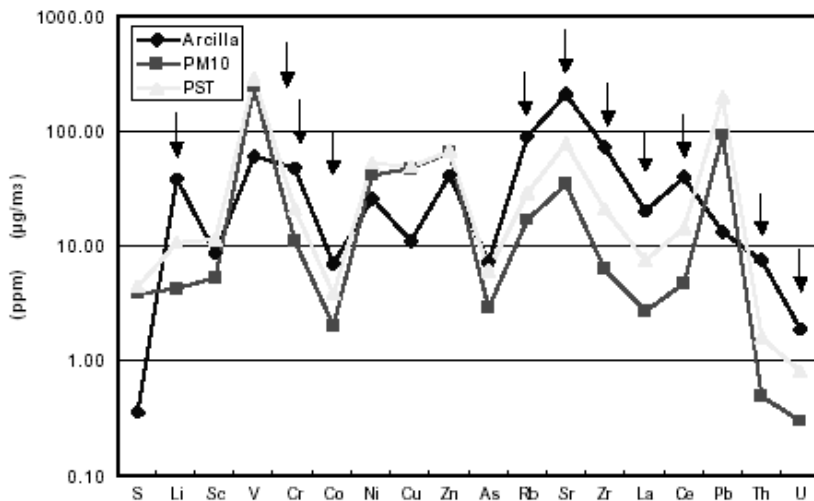
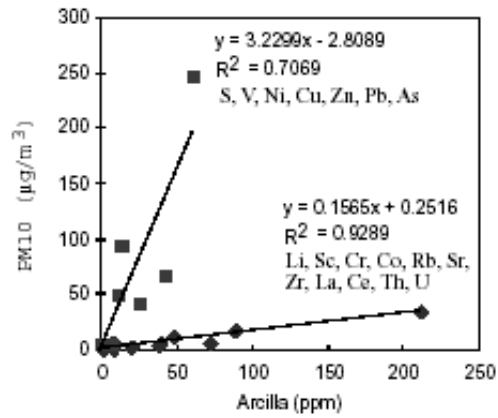
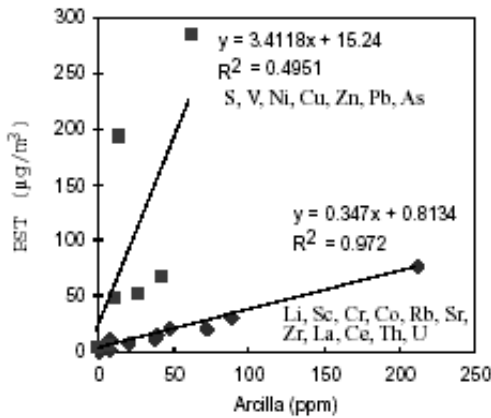


Diagrama multielemental de arcillas, PST y PM<sub>10</sub> en Baileán. Las flechas señalan los elementos correlacionados entre arcillas-PST-PM<sub>10</sub>. Los elementos sin señalar indican una posible relación con otro componente, posiblemente combustible (coque o fuel-oil)

Estas dos familias de elementos se han representado a su vez en diagramas binarios PST frente arcilla y PM<sub>10</sub> frente arcilla, observándose muy buenas correlaciones para los

elementos derivados de las arcillas y correlaciones inferiores para los derivados del combustible.



Diagramas PST vs Arcilla y PM<sub>10</sub> vs Arcilla donde se han representado las dos familias de elementos discriminadas a partir de análisis de arcillas y filtros de inmisión

**Composición química y caracterización mineralógica del material particulado atmosférico de focos industriales**

Los datos obtenidos en las campañas de muestreo intensivo de los penachos de los focos, Septiembre 2003 y Febrero y Julio 2004, han puesto de manifiesto un patrón granulométrico variado dependiente del tipo de fuente:

- Las partículas procedentes de la emisión de los hornos morunos son muy finas, el 96-100% de PM<sub>10</sub> es PM<sub>1</sub>, siendo los niveles máximos registrados dos órdenes de magnitud superiores a los standards de partículas (3954 µgPM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup>, 3867 µgPM<sub>2.5</sub>/m<sup>3</sup> y 3741 µgPM<sub>1</sub>/m<sup>3</sup> en Septiembre del 2003, de 2500 µgPM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup> en Febrero del 2004, y de 4400 µgPM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup> en Julio de 2004). El perfil químico de estas fuentes se caracteriza por elementos tales como Ti, V, Cr, Cu, Zn, Zr, REE, Ta y Pb entre otros, en

PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>. Por otro lado, los niveles de SO<sub>2</sub> son, generalmente, bajos.

Dada la escasa altura de los focos de emisión, los penachos de los hornos morunos impactan con frecuencia en el suelo, originándose nieblas de gran opacidad, con la consiguiente pérdida de visibilidad y dificultad en la respiración. No se tiene constancia directa de la quema de plásticos y neumáticos, aunque sí se sospecha de su uso en el proceso de combustión.

- A diferencia de las empresas que usan hornos morunos, las emisiones de las ladrilleras se caracterizan por un perfil granulométrico variado (del 13-68% de PM<sub>2.5</sub> en PM<sub>10</sub>). Bajo altas concentraciones de SO<sub>2</sub>, la proporción de PM<sub>2.5</sub> en PM<sub>10</sub> se ve incrementada. Así, se han muestreado partículas con una relación PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> alta



(46%), coincidiendo en este caso con altos niveles de SO<sub>2</sub> (hasta 1000 µg/m<sup>3</sup>), Ni (hasta 78 ng/m<sup>3</sup>) y V (hasta 385 ng/m<sup>3</sup>). Pero también existen penachos con bajas relaciones PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub>, con bajas concentraciones de SO<sub>2</sub>, moderadas a bajas de Ni y V (44 y 207 ng/m<sup>3</sup>, respectivamente) y altas en elementos típicamente crustales como Li, Rb, Sr, ΣREE y Th (4, 108, 11, 40 y 3 ng/m<sup>3</sup>, respectivamente).

Generalmente, las concentraciones más altas en elementos metálicos se han alcanzado en V, Ni, Zr y Pb, fundamentalmente, derivados de la combustión de coque.

La proximidad en algunos casos de estas ladrilleras a zonas habitadas hace de especial interés su control dada la irritabilidad que produce el SO<sub>2</sub> en altas concentraciones en las vías respiratorias. Como ejemplo puede citarse la medida de SO<sub>2</sub> durante una hora en el Colegio 19 de Julio en la que se obtuvieron valores próximos al límite de 350 µgSO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> fijado por la Unión Europea para el año 2005, y máximos de hasta 1006 µgSO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.

- También se ha constatado como las emisiones derivadas del transporte de camiones y maquinaria pesada son una fuente principal de partículas y de bajo a muy bajo SO<sub>2</sub>. Se trata de partículas gruesas con una relación PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> de 0,09 y valores medios de hasta 855 µg/m<sup>3</sup>. La relación PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> en Julio baja hasta 0,06, debido en parte a la falta de riego. El perfil químico de esta fuente consiste en elementos típicamente crustales: (Ti, Zr y Ba) y metales derivados de la combustión de gasoil (V, Ni, Cu, Zn, y Pb), parecido a los focos de ladrilleras sin SO<sub>2</sub>, pero con valores menores de V y Ni, y encontrándose la mayor proporción en PM<sub>10</sub>.

Las concentraciones obtenidas no se pueden considerar ni como representativas de valores de concentración en el aire ambiente ni como datos de emisión; aunque *dichos valores pueden considerarse como medidas de inmisión en las zonas habitadas colindantes con las plantas industriales, sugiriendo en estos casos, la necesidad de realizar un mayor control.*

Durante estas campañas la observación de los valores registrados en la estación de control de la calidad del aire de Bailén, ha puesto de manifiesto lo siguiente:

- Los niveles de V y Ni obtenidos en la estación hasta el 20-11-03 para estos dos elementos son excesivamente altos (V 400 ngV/m<sup>3</sup>) y Ni (99,4 ngNi/m<sup>3</sup>) en comparación con los valores medios de las estaciones remotas españolas estudiadas por Querol et al. (2002) (máximos de 27,8 ngV/m<sup>3</sup> y 20,2 ngNi/m<sup>3</sup>).
- Los niveles de V y Ni obtenidos en la estación de control de la calidad del aire de Bailén hasta el 15/05/2004 son excesivamente altos (134 ngV/m<sup>3</sup> y 25 ngNi/m<sup>3</sup>), en comparación con los valores medios del resto de estaciones españolas

estudiadas por Querol et al. (2002) (máximos de 27,8 ngV/m<sup>3</sup> y 20,2 ngNi/m<sup>3</sup>), los cuales se acompañan además con altas concentraciones de SO<sub>2</sub> y bajas relaciones PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub>, estando directamente relacionados, por tanto, con la combustión de coque.

- El factor de corrección obtenido en el monitor beta instalado en la estación ha sido 0,9 entre el 9 de Septiembre y el 15 de Mayo de 2004. Este valor es inferior al obtenido en la estación Manuel Lois de Huelva en el año 2001 y 2003 (1,13 y 1,38, respectivamente), La Línea (Campo de Gibraltar) durante los años 2003-2004 (1,05), y Campus Universitario El Carmen de Huelva (1,05).

La gran variación en los factores de corrección sugiere que es necesario seguir realizando el seguimiento de medidas en Bailén, al igual que se hace en otras zonas de la Comunidad Autónoma Andaluza. (ejemplo: Gibraltar y Huelva).

Por último, el análisis del material particulado atmosférico PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> correspondiente a los muestreos diarios realizados entre el 9 de Septiembre de 2003 y 16 de Diciembre de 2004, muestra la siguiente información respecto a la composición de elementos mayoritarios y traza:

- La concentración media de los filtros analizados ha sido 57 µgPM<sub>2,5</sub>/m<sup>3</sup> y 68 µgPM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup>. En el caso de PM<sub>10</sub>, la concentración alcanzada es muy parecida al valor medio medido con el equipo de atenuación beta de la estación de control de Bailén (66 µgPM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup>), una vez corregido por un factor de 0,9 obtenido de la intercomparación del equipo automático y Andersen. El valor de 68 µgPM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup> es superior al límite anual fijado por la Directiva europea 1999/30/CE y RD 1073/2002, incumpliendo el valor límite de 50 µgPM<sub>10</sub>/m<sup>3</sup> propuesto a partir del 1 de Enero de 2005.
- Los elementos más abundantes son carbonatos, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Ca, K, Na, Mg e Fe. También hay que destacar la presencia de altos contenidos en sulfato (8,5 µg/m<sup>3</sup>), que incluso duplica las concentraciones obtenidas en otras zonas urbanas próximas a áreas industriales (por ejemplo, Huelva) con valor medio de sulfato de origen antropogénico de 4,68 y 4,17 µg/m<sup>3</sup> en los años 2003 y 2004, respectivamente.
- Los niveles medios obtenidos de Pb, y Cd en PM<sub>10</sub> han sido 35,48 µg/m<sup>3</sup> y 0,38 µg/m<sup>3</sup> respectivamente, siendo inferiores a los límites descritos por las directivas europeas (500 ngPb/m<sup>3</sup>, 1999/30/CE para Pb y 5 ngCd/m<sup>3</sup> en PM<sub>10</sub>, 2004/107/CE para Cd).
- La concentración media y máxima de As en PM<sub>10</sub> ha sido 1,21 y 2,98 ng/m<sup>3</sup>, muy por debajo del valor objetivo fijado por la UE (6 ngAs/m<sup>3</sup> en PM<sub>10</sub>, 2004/107/CE).
- Sin embargo, el valor medio de Ni en PM<sub>10</sub> ha sido 23,07 µg/m<sup>3</sup> superando claramente el valor límite objetivo de 20 ngNi/m<sup>3</sup> fijado por 2004/107/CE, encontrándose un 70%

en la fracción inferior a  $2,5 \mu\text{m}$ . Otro elemento traza con altas concentraciones es V:  $131,77 \text{ ngPM}_{10}/\text{m}^3$  y  $85,91 \text{ ngPM}_{2,5}/\text{m}^3$  como valor medio en  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$ , respectivamente. En comparación con otras ciudades españolas, Bailén posee los niveles más altos de V y Ni en  $\text{PM}_{10}$ .

- El análisis de componentes principales y la contribución de fuentes en  $\text{PM}_{10}$ , y a falta de completar el estudio con los niveles de amonio y carbono elemental, señala la presencia de tres fuentes principales que contribuyen a la concentración media de  $\text{PM}_{10}$ : una fuente crustal y con posible origen en las ladrilleras y resuspensión en general aportaría un 28% de la masa total, una segunda fuente crustal probablemente derivada de las alfarerías con hornos morunos aportaría un 16%, y por último, una tercera fuente claramente debida a la combustión del coque implicaría un 32%. El 24% restante corresponde a un factor indeterminado debido a la no inclusión en este estudio de amonio y carbono elemental, como ya se ha mencionado con anterioridad.

#### Niveles medios registrados en la estación de control de la calidad del aire de Bailén durante los años 1996-2004

En este epígrafe se presenta un estudio estadístico básico de los niveles medios diarios, mensuales y anuales de  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{SO}_2$  registrados en la estación remota de la calidad del aire de Bailén durante los años 1996-2004. El objeto es hacer una evaluación de la calidad del aire en un periodo de nueve años, y conocer las posibles tendencias y el estado de cumplimiento de las normativas europeas sobre  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{SO}_2$ , que han entrado en vigor el 1/01/2005, y  $\text{NO}_2$  que entrará en vigor el 1/01/2010. Además, se mostrarán los resultados obtenidos en la estación de Linares entre 1996 y 2000, y se compararán con los de Bailén, para conocer también la contribución de la industria cerámica y ladrillera, tanto en los niveles de partículas como de gases.

La Directiva 1999/30/CE, primera Directiva Hija de la Directiva Marco de Calidad del Aire 1996/62/CE, requiere que los Estados Miembros implementen programas de medida del material particulado en el aire ambiente a partir del 19 de Julio de 2001, que presenten anualmente los datos obtenidos con estos programas a la Comisión, y además, que esta información sea pública. La Directiva establece las metodologías y técnicas para medir los niveles de partículas, bien utilizando la instrumentación del método de referencia o utilizando equipos que puedan demostrar su equivalencia a un instrumento de referencia. De acuerdo con la Directiva 1999/30/CE, también se mostrará la intercomparación del equipo de referencia gravimétrico (captador de alto volumen Thermo-Andersen  $\text{PM}_{10}$ ) frente al equipo automático de medida de atenuación beta con cabezal de  $\text{PM}_{10}$ , con objeto de conocer la equivalencia entre ambos métodos (y cuyo resultado para Bailén ha sido 0,90 entre el 9 de Septiembre y el 15 de Mayo de 2004).

El nivel medio de  $\text{PM}_{10}$  obtenido en la estación de control de la calidad del aire de Bailén y Linares entre los años 1996 y 2000 ha sido  $79 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$  y  $34 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ , respectivamente. Ya que Linares posee una población tres veces superior a la de Bailén y al ser poblaciones muy próximas, se puede afirmar que los altos niveles de partículas

$\text{PM}_{10}$  registrados en Bailén son derivados de las actividades industriales y en especial a la industria del ladrillo y cerámica. Una vez aplicado el factor de corrección de 0,90 obtenido tal como propone la Directiva 1999/30/CE (0,90) mediante la intercomparación de los equipos de atenuación beta y captador de alto volumen de  $\text{PM}_{10}$ , el valor disminuye hasta  $71 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ . Si ampliamos el periodo de estudio entre 1996-2003, el valor corregido disminuye ligeramente hasta  $69 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ . Este valor supera ampliamente el límite de  $40 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$  propuesto por la Directiva 199/30/CE y RD 1073/2002, y lo sitúa en un valor bastante más alto que el obtenido en otras áreas industriales de Andalucía (Huelva y Campo de Gibraltar, Sánchez de la Campa et al. 2004) cuyos niveles medios para el periodo 1996-2000 se encuentran en el intervalo  $41\text{-}50 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ .

El valor medio de días que se supera el límite de  $50 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$  según la Directiva 1999/30/CE en Bailén ha sido 258 días durante el periodo 1996-2004, muy parecido al valor de 259 días obtenido para el periodo 1996-2000. En este último intervalo, en la estación de Linares se han registrado 66 días con superación del límite  $50 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ . En ambos casos se supera el límite marcado por la directiva de 35 días al año, que se debe cumplir en el año 2005, y 7 días en el 2010. Para este periodo, si se descontaran los días con intrusión de masas de aire procedentes del norte de África con importante carga de material particulado, en el caso de Linares se cumpliría la normativa, mientras que en Bailén se alcanzarían 192 días, lo que implicaría una superación en 5,5 veces el límite de 35 días fijado para el año 2005.

En resumen, de la comparación de los niveles registrados en la estación de Bailén desde el año 1996 hasta el 2003, utilizando la normativa 1999/30/CE de  $\text{PM}_{10}$ , se incumple claramente los niveles propuestos tanto medio anuales como número de superaciones del nivel diario  $50 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ , en los años 2005 y 2010. La correlación entre el valor medio anual de  $\text{PM}_{10}$  frente al número de días con superación del límite  $50 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$  debido a causas antropogénicas es alta, lo que indica la clara relación entre el incumplimiento de la normativa y las actividades antrópicas, y en especial las derivadas de la industria cerámica y ladrillera. Las superaciones ocurren en todos los meses del año, con una ligera disminución en Abril debido probablemente a la alta pluviometría lo que impide la resuspensión de las partículas y al lavado de la atmósfera.

Los niveles medios anuales de  $\text{SO}_2$  también son superiores en Bailén ( $29 \mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$ ) en comparación con Linares ( $5 \mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$ ). Las superaciones principales del nivel  $350 \mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$  según la directiva 1999/30/CE se produjeron en Bailén en el año 1996, con 45 superaciones horarias y con 4 días con niveles superiores a  $125 \mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$ . Los máximos de  $\text{SO}_2$  tienen lugar durante todo el año, y en especial en los meses de verano, mientras que los mínimos se dan en Enero, Abril y Diciembre.

También los niveles medios anuales de  $\text{NO}_2$  son mayores en Bailén ( $29 \mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ ) que en Linares ( $21 \mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ ), siendo en ambos casos inferior al límite de  $40 \mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$  que indica la normativa 1999/30/CE como de obligado cumplimiento en el año 2010. En Linares se observa un aumento del nivel medio anual desde 1996 al año 2000, desde  $18 \mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$  a  $23 \mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ , respectivamente, lo que sugiere un aumento en el parque móvil o actividad industrial en este municipio. La distribución de  $\text{NO}_2$  a lo largo del año para ambas estaciones indica un origen derivado de los vehículos de motor, al ser los máximos en los meses de invierno. Además en Bailén se ha

observado otro máximo en Julio que puede deberse a una mayor producción durante este mes en las ladrilleras con hornos túnel al emplear gas natural.

Como conclusión general, y en relación a los niveles de gases y partículas y su comparación con los límites propuestos por la directiva 199/30/CE y RD 1073/2002, Bailén incumpliría claramente los niveles de partículas propuestos tanto para valores medio anuales como número de superaciones del nivel diario  $50 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ , en los años 2005 y 2010. También hay que resaltar los altos valores de  $\text{SO}_2$  registrados, los cuales derivan principalmente de la combustión del coque, y en segundo lugar del empleo de margas azules con pirita, tal como se mostró en los análisis del material particulado en suspensión y en el estudio de las arcillas usadas en la industria ladrillera y cerámica.

## 6. Medidas de Mejora

Cualquier medida correctora encaminada a la mejora de la Calidad del Aire en el término municipal de Bailén, afectará al sector cerámico, ya que, como puede deducirse de toda la exposición previa, es el principal responsable de los niveles de contaminación existentes en la zona.

Las actividades productivas englobadas en el sector cerámico se caracterizan, fundamentalmente, por el uso de materias primas no metálicas y la utilización de procesos térmicos a elevadas temperaturas. Así, la principal problemática ambiental proviene de la contaminación atmosférica por partículas, procedentes tanto de la preparación de la materia prima, como de la cocción de la misma, y por los gases procedentes de la etapa de cocción de la arcilla.

Desde el punto de vista medioambiental, las instalaciones de fabricación de ladrillos y tejas están afectadas por normativas diversas referidas a:

- Prevención ambiental.
- Contaminación atmosférica.
- Prevención y control integrados de la contaminación.
- Comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.

Según esto, las medidas a adoptar deberán tener en cuenta cualquier aspecto derivado de estas normativas que les pudiese ser aplicable, con el fin de evaluar la necesidad de aprobar dentro del Plan de Mejora de la Calidad del Aire de Bailén, cualquier actuación extraordinaria al respecto.

### 6.1. Detalles de las medidas o mejoras que existían antes de la entrada en vigor de la Directiva.

Antes de aprobar la elaboración de un Plan de Mejora de la Calidad del Aire específico para el término municipal de Bailén, no se había llevado a cabo en la zona ningún tipo de actuación por parte de las autoridades locales, regionales, nacionales y/o internacionales, para paliar este tipo de contaminación.

En este aspecto, sólo cabe resaltar el hecho de que unas pocas empresas, del sector cerámico principalmente, ya ponían en práctica algunas medidas para minimizar las emisiones fugitivas de polvo, como son:

- Cubrición de camiones de transporte de arcillas.

- Limpieza de ruedas antes de salir de las zonas de almacenamiento de arcilla.
- Limpieza de plantas mediante regado, máquinas barredoras u otros métodos de limpieza.
- Regado adecuado de zonas y viales con trasiego de vehículos y maquinaria.
- Asfaltado o pavimentado en planta de zonas con trasiego de vehículos y maquinaria.
- Almacenamiento bajo cubierta.
- Empleo de coque micronizado en lugar de coque sin micronizar.
- Instalación de filtros de mangas para desempolvado: trituración, molienda, trasiego de material,...
- Empleo de gas natural.

Actualmente, no se puede cuantificar la mayor o menor efectividad de cada una de ellas, dado que no se aplican de forma generalizada en todas las empresas y, en las que se aplican, no se hace de forma sistemática. Sin embargo, atendiendo a los elevados niveles de inmisión de partículas registrados en Bailén, el grado de aplicación actual de las mismas es claramente insuficiente. Por ello, habría que encontrar mecanismos adecuados para que las instalaciones industriales involucradas pongan en funcionamiento, de manera apropiada, aquellas medidas que, según su modo de operación, garanticen la reducción de los niveles de emisión.

Por otro lado, no se puede obviar el hecho de que las emisiones por chimenea suponen la principal fuente de emisión de contaminantes en la zona y que, hasta el momento, ninguna instalación ha tomado medidas para depurarlas. Por tanto, será necesario estudiar y evaluar la eficacia de las posibles alternativas a adoptar para este fin.

### 6.2. Medidas o proyectos adoptados para reducir la contaminación tras la entrada en vigor de la Directiva

Una vez aprobada la formulación del Plan de Mejora de la Calidad del Aire del término municipal de Bailén, la Consejería de Medio Ambiente puso en marcha una serie de estudios para determinar las mejores medidas correctoras a aplicar tanto desde el punto de vista técnico como económico, para mejorar la calidad del aire en la zona.

Con carácter general, las posibles actuaciones de mejora identificadas a priori, al objeto de reducir los actuales niveles de contaminación por partículas y  $\text{SO}_2$ , son:

#### (a) Reducción de las emisiones fugitivas de partículas

- Cubrición de camiones de transporte de arcilla y combustibles sólidos.
- Limpieza de ruedas de los camiones y maquinaria móvil antes de salir de las canteras y zonas de trituración y almacenamiento de arcilla.
- Limpieza de calles, carreteras y plantas asfaltadas/pavimentadas mediante regado, máquinas barredoras u otros métodos de limpieza.
- Regado adecuado de zonas sin pavimentar/asfaltar y viales sin asfaltar con trasiego de vehículos y/o maquinaria, sobre todo en canteras.
- Mejora y acondicionamiento de caminos con trasiego de vehículos y/o maquinaria y buen mantenimiento de los mismos.

- Asfaltado/pavimentado en planta de zonas con trasiego de vehículos y/o maquinaria y buen mantenimiento de las mismas.
- Apantallamiento contra viento en almacenamientos intemperie.
- Almacenamientos bajo cubierta.
- Cerramiento lateral de almacenamientos bajo cubierta.
- Instalaciones intemperie de transporte, trituración y mezclado de arcilla:
  - Instalación de sistemas de regulación de altura de forma que se reduzcan las alturas de caída de la arcilla.
  - Cubrición de las cintas transportadoras.
  - Apantallamiento contra viento.
- Instalación de filtros de mangas para desempolvado: trituración, molienda, trasiego de material,...
- Alejamiento de instalaciones y/o actividades generadoras de partículas difusas del núcleo de población de Bailén.

#### (b) Reducción de las emisiones de partículas por fuentes puntuales

- Sustitución de combustibles fósiles sólidos (coque) por gas natural
- Empleo de coque micronizado en lugar de coque sin micronizar.
- Sustitución de biomasa como combustible por gas natural.
- Instalación de sistemas de captación de partículas para los focos de combustión de cerámica industrial (hornos, principalmente) y artesanal.
- Sustitución de hornos morunos por hornos de gas o gasoil.
- Alejamiento de instalaciones con focos de combustión generadores de partículas del núcleo de población de Bailén.

#### (c) Reducción de las emisiones de SO<sub>2</sub>

- Empleo de coque y fueloil de bajo contenido en azufre.
- Sustitución de combustibles de alto contenido en azufre (coque, fueloil, ...) por gas natural o biomasa.
- Desulfuración vía seca por medio de adición de reactivos (sosa, cal, bicarbonato,...) a los gases de salida.

La elección de las alternativas viables, en lo que se refiere a emisiones procedentes de los hornos de cocción, va a depender, en primera instancia, de los valores límite de emisión de contaminantes. La normativa legal sobre niveles de emisión de contaminantes atmosféricos aplicables al proceso cerámico figura en el Anexo IV, apartado 10, del Decreto 833/1975, de 6 de Febrero, en el que sólo aparece limitada la emisión de polvos a 150 mg/Nm<sup>3</sup>. Para el SO<sub>2</sub> no aparece ningún límite, pudiendo tomarse, únicamente como referencia, el que figura en el apartado 27 del Anexo IV del citado Decreto 833/1975, que establece para actividades industriales diversas no especificadas en dicho anexo, un límite de 4300 mg de SO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup>.

Sin embargo, la mayoría de las instalaciones existentes cumplen estas limitaciones, por lo que deben proponerse otros límites más restrictivos, pero con suficiente margen

como para que sean alcanzables empleando las tecnologías disponibles.

Por este motivo, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, como primera medida encaminada a reducir de manera drástica las emisiones de sustancias contaminantes en estos focos, teniendo en cuenta que se ha de producir una mejora en las instalaciones en consonancia tanto con las tecnologías disponibles, como con lo establecido con normativas similares en vigor en la Unión Europea, ha decidido establecer los siguientes valores límite para las instalaciones de combustión de cerámica industrial:

- Emisiones de partículas: 50 mg/Nm<sup>3</sup>
- Emisiones de SO<sub>2</sub>: 400 mg/Nm<sup>3</sup>

Ambos valores estarán referidos al 18% de oxígeno (porcentaje típico en los gases de salida de los hornos cerámicos) y en condiciones exentas de humedad, a 0°C y 1 atm. Este límite para SO<sub>2</sub> se asemeja al de las grandes instalaciones de combustión existentes, de potencia inferior a 100MW y que emplean un combustible sólido, de acuerdo al Real Decreto 430/2004, de 12 de Marzo (2000 mg/Nm<sup>3</sup> al 6% de oxígeno). El límite de partículas tiene en cuenta las condiciones reales de emisión.

En lo que respecta a las instalaciones de cerámica artesanal, los límites de emisión serán algo superiores que para las industriales, aunque el de SO<sub>2</sub> no será exigible, ya que el combustible usado es biomasa, gasóleo o gas. En cualquier caso, las emisiones de este tipo de instalaciones deben estar perfectamente canalizadas y acondicionadas para el muestreo, de acuerdo con la normativa vigente.

La valoración de los datos de medición, así como la duración de la misma, se realizará teniendo en cuenta la normativa vigente y, en concreto, el Decreto 833/1975. El muestreo deberá ser representativo del ciclo completo de cocción, según los criterios que apruebe la Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental. En el caso de mediciones continuas, se considerarán los criterios establecidos en el apartado 3 del artículo 14 del RD 430/2004.

Hay que considerar que el Plan de Mejora de la Calidad del Aire de Bailén se plantea como consecuencia de un problema de elevada concentración de contaminantes en la zona, es decir, una deficiente calidad del aire ambiente, siendo difícil trasladar de forma automática los elevados niveles de inmisión detectados a una limitación en las emisiones. Por tanto, los límites anteriores estarán supeditados al cumplimiento de los valores límite de calidad del aire ambiente de aplicación.

A continuación, se presentan los resultados de los estudios técnicos y económicos, de las mejores medidas a aplicar para paliar la contaminación procedente de fuentes difusas, y para alcanzar los nuevos límites de emisión para los procesos de cocción en instalaciones de cerámica industrial y artística.

##### 6.2.1. Alternativas para la reducción de las emisiones fugitivas de partículas

Para disminuir estas emisiones, los responsables de las mismas deberán realizar actuaciones como las que a continuación se proponen, u otras que arrojen resultados equivalentes o mejores:

- Riego por aspersión en canteras, en áreas de almacenamiento de materias primas, en viales y áreas de fábricas sin asfaltar.
- Acondicionado de los caminos y viales cercanos al núcleo urbano con alta densidad de tráfico.
- Empleo de máquinas barredoras en viales y zonas pavimentadas de parcelas.
- Sistemas de captación de partículas en procesos de trituración y molienda.

#### 6.2.1.1. Riego por aspersión

En el diseño de una instalación móvil de riego por aspersión para caminos sin asfaltar en el interior de canteras, se necesita determinar en primer lugar la longitud y anchura de los caminos, y la disponibilidad de agua para el riego.

En general puede suponerse un recorrido medio en el interior de cantera de 500m a 2000m, por caminos de 9-10m de ancho con un desnivel máximo del 6%. Según esto, los aspersores, colocados sobre uno de los márgenes del camino, deben cubrir un radio de mojado de 9 a 13m, lo que permitiría un espaciado de los aparatos de riego de 9 a 18m, de acuerdo con las longitudes típicas de tuberías.

Para simplificar al máximo el número de piezas de distinto diámetro, se supone la instalación con un solo diámetro central. Además, teniendo en cuenta el medio en que va a ser instalado el sistema y las necesidades de movilidad del mismo se eligen para su construcción tuberías de aluminio con acoplamientos rápidos.

En las siguientes tablas se presentan las pérdidas totales de la instalación, considerando tuberías, piezas especiales, grupo de bombeo, desnivel geométrico, etc, para diferentes caudales de riego, separación entre aspersores y radios de mojado, cumpliendo siempre los criterios de diseño especificados para este tipo de instalaciones.

LÍNEA DE 0,5 km				
	Caudal aspersor (m³/h)			
	0,2	0,36	0,5	1
Pérdidas de carga (m.c.a.)				
Pérdida carga en tuberías	4,8952	3,5133	4,4458	4,2684
Pérdidas carga en piezas especiales (10%)	0,4895	0,3513	0,4446	0,4268
Nivel dinámico del agua	4	4	4	4
Desnivel geométrico	30	30	30	30
Altura del aspersor	0,7	0,7	0,7	0,7
Presión de trabajo del aspersor	40,43	40,83	40,83	40,83
Accesorios grupo bombeo	0,7424	0,7076	0,9077	0,6293
<b>TOTAL</b>	<b>81,66</b>	<b>80,10</b>	<b>81,33</b>	<b>80,85</b>

LÍNEA DE 1 km				
	Caudal (m³/h)			
	0,2	0,36	0,5	1
Pérdidas de carga (m.c.a.)				
Pérdida carga en tuberías	3,4858	4,9762	3,4192	4,3044
Pérdidas carga en piezas especiales (10%)	0,3486	0,4976	0,3419	0,4304
Nivel dinámico del agua	4	4	4	4
Desnivel geométrico	60	60	60	60
Altura del aspersor	0,7	0,7	0,7	0,7
Presión de trabajo del aspersor	40,83	40,83	40,83	40,83
Accesorios grupo bombeo	0,7453	0,7366	0,8932	0,464
<b>TOTAL</b>	<b>110,11</b>	<b>111,74</b>	<b>110,18</b>	<b>110,73</b>

LÍNEA DE 2 km				
	Caudal (m³/h)			
	0,2	0,36	0,5	1
Pérdidas de carga (m.c.a.)				
Pérdida carga en tuberías	7,4193	6,2538	7,7911	7,4547
Pérdidas carga en piezas especiales (10%)	0,7419	0,6254	0,7791	0,7455
Nivel dinámico del agua	4	4	4	4
Desnivel geométrico	120	120	120	120
Altura del aspersor	0,7	0,7	0,7	0,7
Presión de trabajo del aspersor	40,83	40,83	40,83	40,83
Accesorios grupo bombeo	0,8961	0,5249	0,6519	0,6525
<b>TOTAL</b>	<b>174,59</b>	<b>172,93</b>	<b>174,75</b>	<b>174,38</b>

Por tanto, para cada línea estudiada el caudal a impulsar y la altura manométrica total son:

LÍNEA DE 0,5 km				
Caudal aspersor (m³/h)	0,2	0,36	0,5	1
Caudal instalación (m³/h)	11,2	15,12	17	28
H. (m)	82	81	82	81

LÍNEA DE 1 km				
Caudal aspersor (m³/h)	0,2	0,36	0,5	1
Caudal instalación (m³/h)	22,4	30,24	33,5	56
H. (m)	111	112	111	111

LÍNEA DE 2 km <sup>(1)</sup>				
Caudal aspersor (m³/h)	0,2	0,36	0,5	1
Caudal instalación (m³/h)	44,6	60,12	67	112
H. (m)	175	173	175	175

(1) En este caso podría ser más recomendable considerar un bombeo intermedio.

Se propone la actuación en siete canteras, con una longitud estimada de riego de 11 km.

#### 6.2.1.2. Mejora y acondicionamiento de caminos

Como ya se ha comentado anteriormente, para minimizar la emisión de partículas difusas debido al trasiego de vehículos es recomendable:

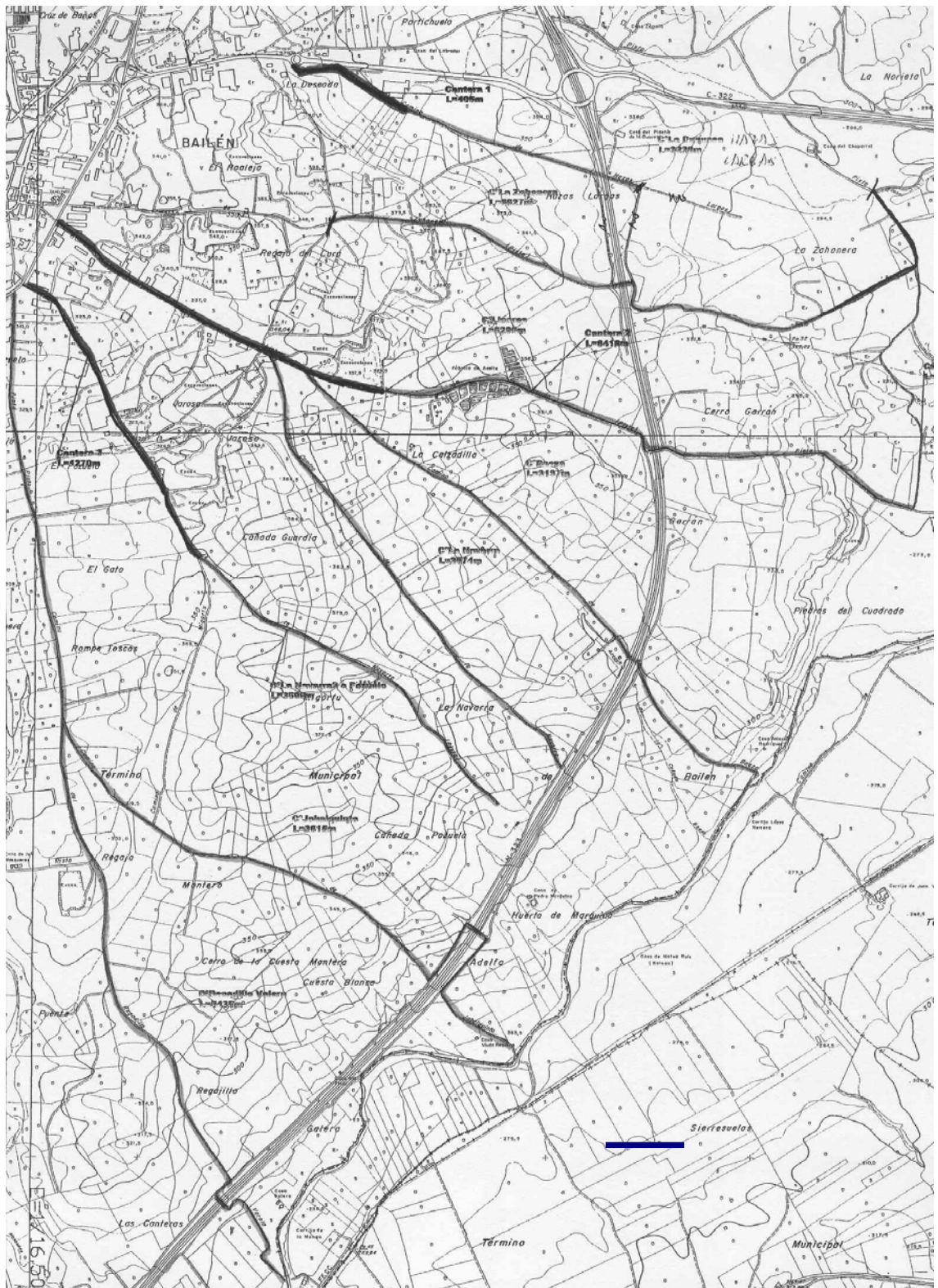
- la cubrición de los camiones,
- la limpieza de las ruedas de los camiones a la salida de las canteras, y
- la mejora y acondicionamiento de los caminos.

En relación con este último punto, se propone la mejora de los caminos con mayor intensidad de tráfico.

Teniendo en cuenta la ubicación de las canteras y la distribución espacial de las ladrilleras, se plantea la mejora de caminos en cuatro fases. En la primera y más importante, se van a acondicionar aproximadamente 29 km, de los cuales 5,5 km irán con un tratamiento especial ya que son los que soportan el mayor tránsito de camiones de arcilla y/o de ladrillos.

Es importante resaltar que las fases en las que se va a proceder al arreglo de caminos son orientativas, ya que la tendencia natural de las canteras, una vez vayan siendo agotadas las explotaciones actuales, es ir desplazándose hacia el sureste, es decir, en dirección hacia la autovía de Jaén (N-323), aumentando por tanto la longitud de los tramos de los caminos utilizados para el transporte de arcilla en esa misma dirección, por lo que durante el desarrollo del Plan podría ser necesario ampliar el número de caminos a acondicionar.





Una vez acondicionados los caminos, debe asegurarse su correcto mantenimiento y estado de limpieza, empleando por ejemplo, máquinas barredoras y evitando malas prácticas que puedan acelerar su deterioro.

### 6.2.1.3. Barredoras

Para la limpieza de caminos y viales se recomienda el empleo de máquinas barredoras. Estas máquinas son ideales para recoger arena, tierra, piedras, vidrio roto y escombros ligeros y voluminosos. Por tanto, son perfectas tanto para la limpieza de instalaciones industriales con altas cantidades de polvo fino (por ejemplo, de cemento y aluminio), como para la limpieza de municipios.

La elección de la máquina barredora más adecuada depende de una serie de aspectos tales como el tipo de residuo a recoger, las dimensiones y características de la superficie a barrer, el tiempo en que debe realizarse el trabajo y la posibilidad de descarga de los residuos recogidos.

Teniendo en cuenta que en Bailén, principalmente, sólo hay que barrer restos de arcilla y arena depositados sobre los caminos, y que el levantamiento de polvo debe ser pequeño, la máquina más adecuada es aquella en la que la recogida de residuos se produce mediante un sistema mixto de arrastre y aspiración.

El tamaño o capacidad de la barredora viene determinado fundamentalmente por la posibilidad de descarga de los residuos recogidos. En trabajos en los que sólo hay un único punto de descarga, y cuanto más alejado de la zona de trabajo, es necesario ir a máquinas de gran tamaño. Por tanto, dependiendo del caso se elegirá un tipo de máquina u otra de las siguientes:

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LAS BARREDORAS		
	Barredora 1	Barredora 2
Peso total	1425 kg	4000 kg
Ancho barrido solo con cepillo central	1200 mm	1590 mm
Ancho barrido con cepillo central + lateral derecho	1500 mm	
Ancho barrido con cepillo central + lateral dcho e izqdo	1800 mm	2100 mm
Ancho barrido con cepillo central + lateral + extensible	2250 mm	2600 mm
Capacidad contenedor	450 l	2500 l
Elevación de descarga	1500 mm	800 mm
Capacidad deposito agua	80 l	400 l
Velocidad de trabajo		0 a 25 km/h
Velocidad de traslación	0 a 12 km/h	0 a 30 km/h
Diámetro cepillo lateral	600 mm	875 mm
Diámetro cepillo central	380 mm	482 mm
Sistema filtración polvo	10 m <sup>2</sup> de poliéster lavable	19 m <sup>2</sup> de poliéster lavable
Motor Diesel	21 kw a 3000rpm 28,6 CV	46 kw a 2600rpm 62,2 CV
Freno de servicio	Hidráulico	Hidráulico
Freno de estacionamiento	Mecánico	Mecánico
Neumáticos	5.00-8"	7.00-12 (12 lonas)
Refrigeración	Por agua y aire	Por agua
Pendiente superable		22%

RENDIMIENTO DE LIMPIEZA		
	Barredora 1	Barredora 2
Rendimiento teórico	22500 m <sup>2</sup> /h (a 15 km/h)	39000 m <sup>2</sup> /h (a 15 km/h)
Rendimiento esperado	13500 m <sup>2</sup> /h	25350 m <sup>2</sup> /h
Superficie a barrer	130000 m <sup>2</sup>	130000 m <sup>2</sup>
Tiempo necesario	16 h	8 h
Limpieza	2 veces/semana (4 días de trabajo)	3 veces/semana (3 días de trabajo)

La diferencia principal entre ambos tipos de máquinas es que en la barredora tipo 1 el barrido se efectúa con unos cepillos laterales y un cepillo central que lanza los residuos sobre el contenedor situado en la parte delantera. Mientras que en la barredora tipo 2 la recogida de residuos se realiza mediante dos cepillos laterales y un cepillo central, los cuales dirigen los desechos hacia un transportador vertical de palas mecánicas y los deposita en el contenedor de recogida ubicado en la parte trasera de la máquina. En ambos casos, todo el sistema se mantiene bajo presión gracias a un equipo de aspiración y filtrado, que aspira polvo y materiales ligeros, restituyendo, por medio de la filtración, el aire limpio. Además, durante el barrido se minimiza el levantamiento de polvo gracias a la humectación de los cepillos laterales mediante unos pulverizadores o/y a la colocación de bandas protectoras sobre los cepillos.

La elección última de un tipo de máquina u otra dependerá del planteamiento del plan de limpieza, ya que si se contrata un operario dedicado exclusivamente a la limpieza de los viales que comunican fábricas y canteras, y se acondicionan varios puntos de descarga de residuos por la zona, será suficiente una barredora de tipo 1. Mientras que si el operario se dedica además a la limpieza del municipio y zonas de fábricas, teniendo solo un único punto de descarga de residuos, será indispensable una máquina de tipo 2.

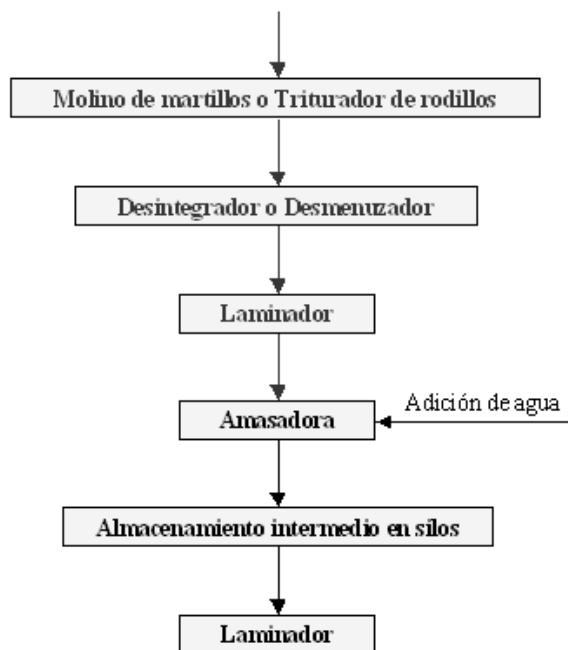
Ambos tipos de máquina disponen de cabina acristalada, luces, etc, que permiten el matriculado de la misma, posibilitando así sus desplazamientos por todos los puntos del municipio.

Para la valoración económica que se hace posteriormente, se ha supuesto que se opta por la barredora 2.

### 6.2.1.4. Sistemas de captación de partículas en molinda

De los procesos que se llevan a cabo dentro de la nave de fabricación de materiales cerámicos, la etapa en la que se producen los mayores niveles de emisiones fugitivas, es sin duda alguna la de acondicionamiento de materias primas.

De forma general, se puede decir que el proceso de preparación de la materia prima consta, básicamente, de las siguientes etapas:



Las mayores emisiones se producen en las etapas iniciales (molinos de martillos o trituradores de rodillos, en el desintegrador o desmenuzador y en el laminador), debido fundamentalmente a que en ellas tiene lugar la reducción de tamaño más agresiva y a que el contenido en humedad de la arcilla es menor. A partir de este punto las emisiones se reducen debido a que en la amasadora se añade agua hasta que la mezcla alcanza un 20% de humedad. Según esto, no será necesario más que 2 o 3 puntos de captación de polvo en una instalación de estas características.

Para el control de las emisiones fugitivas de dicho proceso, el método más adecuado y empleado consiste en un sistema de captación de polvo. Estos sistemas están integrados fundamentalmente por varios puntos de aspiración, tanto en equipos de molienda como en puntos de transferencia de material; de capotas para las cintas transportadoras y de un equipo de filtrado, así como de las canalizaciones necesarias para la conducción del aire aspirado hasta el equipo de filtración. En este caso, se ha considerado un sistema de filtrado seco (filtros de mangas), aunque también es posible la utilización de otros (lavadores húmedos, etc.).

A la hora de determinar la capacidad de un filtro de mangas se debe tener en cuenta:

- la cantidad de gas a tratar
- si se van a disponer varios equipos en paralelo (práctica de extensa aplicación por su utilidad)
- si va a haber algún equipo parado durante el proceso (en operación de limpieza, por ejemplo).

Para determinar la cantidad de gas a tratar es necesario conocer los caudales de aire adecuados para la ventilación de los silos y puntos de transferencia de material, que dependen de parámetros tales como la velocidad y el ancho de las cintas transportadoras. Puede considerarse, de modo general, que los filtros de mangas necesarios en este tipo de instalaciones, procesarán entre 1000 y 10000 m<sup>3</sup>/h,

dependiendo del número de puntos de captación de cada instalación concreta.

Por otro lado, para seleccionar el tipo de manga necesaria hay que tener en cuenta que debe cumplir una serie de condiciones como:

- ser resistente química y térmicamente al polvo y al gas
- que la torta se desprenda fácilmente
- que la manga recoja el polvo de manera eficiente
- que sea resistente a la abrasión ocasionada por el polvo
- el caudal y la velocidad del gas

La limitación más importante que se da en los filtros de mangas es la debida a la temperatura, ya que se debe tener en cuenta el material del que está constituida la tela para conocer la temperatura máxima que se puede aplicar.

Así para fibras naturales la temperatura máxima a aplicar es alrededor de 90°C. Los mayores avances dentro de este campo se han dado en el desarrollo de telas hechas a base de vidrio y fibras sintéticas, que han aumentado la temperatura máxima aplicable hasta rangos de 230 a 260 °C.

Otros factores que pueden afectar a la operación del filtro de mangas son el punto de rocío y el contenido de humedad del gas, la distribución del tamaño de las partículas y su composición química.

Los dos parámetros fundamentales a considerar en el diseño de un filtro de mangas son la velocidad del gas y la pérdida de carga.

La velocidad a la que los gases pasan por la tela debe ser baja, normalmente entre 0,005 y 0,03 m/s, para evitar una excesiva compactación de la torta de sólidos con la consiguiente elevación de la pérdida de carga, o para impedir la rotura local del lecho filtrante que permitiría el paso de partículas grandes a través del filtro. Para mantener una velocidad aproximadamente constante es evidente que se debe aumentar la presión a medida que aumenta el espesor de la torta. Para realizar esta función de aumento de la presión se dispone de un ventilador o una soplante, que se encargará de impulsar el gas.

En la siguiente tabla se muestran para cada caudal, la superficie filtrante necesaria, el número de mangas en que se reparte y la velocidad de paso del gas a través de la tela.

FILTROS DE MANGAS							
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	1000	1800	2700	3700	5500	7500	10000
Velocidad paso mangas (m/s)	0,023	0,029	0,028	0,032	0,028	0,029	0,031
Superficie filtrante (m <sup>2</sup> )	12	17	27	32	56	75	93
Nº mangas	42	2x32	2x50	2x50	252	336	420
Diámetro mangas (mm)	55	55	55	55	58	58	58
Longitud mangas (mm)	1500	1500	1500	1800	1220	1220	1220
Ventilador (cv)	3	4	4	4	5	6	8,5
Válvula (cv)	-	-	-	-	0,38	0,38	0,38
Aire comprimido (m <sup>3</sup> /h)	2	3,6	5,4	7,4	11	15	20
Compresor (cv)	0,5	0,5	0,5	1	1,5	2	2,2



6.2.2. Alternativas para la reducción de las emisiones de los procesos de cocción en instalaciones de cerámica industrial

Un aspecto primordial en la valoración tanto técnica como económica de las posibles alternativas aplicables, que incluyen no sólo el empleo de nuevos equipos de tratamiento sino también el cambio del combustible utilizado, es la cuantificación de la reducción alcanzable en los niveles de emisión.

En este sentido, los valores límites de emisión considerados para el análisis son los mencionados anteriormente:

VALORES LÍMITE DE EMISIÓN DE PARTÍCULAS Y SO <sub>2</sub>	
Contaminante	Límite emisión (mg/Nm <sup>3</sup> , contenido de O <sub>2</sub> del 18%)
Partículas	50
SO <sub>2</sub>	400

6.2.2.1. Características de los efluentes gaseosos

El análisis de las diferentes tecnologías de control medioambiental aplicables, parte de la identificación de las características (temperaturas, caudales, concentración de partículas, SO<sub>2</sub> y humedad) de los efluentes gaseosos los distintos tipos de plantas de cerámica existentes en Bailén.

Dado el carácter restringido de este análisis a la eliminación de partículas y SO<sub>2</sub>, queda claramente marcada la diferencia en los parámetros contaminantes de las instalaciones que cuentan con horno tipo túnel y usan sólo gas como combustible, frente a los hornos tipo túnel con apoyo de combustible sólido o los hornos Hoffmann, que operan siempre con combustible sólido.

Tras un primer análisis, las instalaciones objeto de estudio se han agrupado en tres categorías en función del caudal de gases de salida del horno; ya que dicho caudal determinará, en gran medida, las características y coste de los sistemas de abatimiento de contaminantes que se pueden emplear.

TIPOS DE INSTALACIONES ANALIZADAS	
Instalación	Caudal de gases (Nm <sup>3</sup> /h secos)
Tipo I	15.000
Tipo II	25.000
Tipo III	35.000

Para garantizar la coherencia de la composición de los gases de salida frente a la de los combustibles, se ha optado por caracterizar dichos efluentes mediante un balance de materia en el que se supone:

- Una composición tipo para los combustibles empleados en estas industrias.

COMPOSICIÓN TIPO DE LOS DISTINTOS COMBUSTIBLES EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA CERÁMICA DE BAILÉN							
Combustible	Composición <sup>a</sup> (%p)						Humedad (%p)
	C	H	O	S	N	Cenizas	
Coque	84,5	3,4	0	4 <sup>b</sup>	0	8,1	10,0
Orujillo	49,0	6,0	40,0	0,1	0	3,9	10,0
Gas natural	72,6	22,8	0	0	4,6	0	0

<sup>(1)</sup> Base seca.

<sup>(2)</sup> El contenido en azufre del coque se supone del 4% para cuantificar en cierta medida la posible retención que se produzca en el horno.

- Que un 95% de las cenizas presentes en el combustible se emiten con los gases en forma de partículas.
- Que el 100% del azufre se emite con los gases en forma de SO<sub>2</sub>.
- Un rendimiento químico de la combustión del 100%.

De acuerdo con esto y considerando que los porcentajes tipo de mezcla en la formulación de combustibles son 85/15 (%p/%p) coque/orujillo para hornos Hoffmann, y 90/10 (%p/%p) coque/gas natural para hornos Túnel, se obtienen las siguientes composiciones para los gases de salida:

EFLUENTES GASEOSOS DE REFERENCIA PARA HORNO HOFFMANN Y TIPO TÚNEL					
Hoffmann			Túnel		
Relación coque/orujillo (%/ % p/p)	Composición		Relación coque/gas (%/ % p/p)	Composición	
85/15	O <sub>2</sub> (% v/v) base seca	18,42	90/10	O <sub>2</sub> (% v/v) base seca	18,46
	SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	1073		SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	1010
	H <sub>2</sub> O (% v/v)	0,85		H <sub>2</sub> O (% v/v)	0,1
	Partículas (mg/Nm <sup>3</sup> )	1115		Partículas (mg/Nm <sup>3</sup> )	972

Comparando con los límites propuestos para las emisiones de partículas y SO<sub>2</sub>, se observa que las emisiones calculadas de acuerdo a los balances de materia son mucho mayores.

En este sentido, las eficacias mínimas exigibles a las diferentes alternativas y a los equipos de abatimiento de partículas y SO<sub>2</sub>, para considerarlos técnicamente viables son las que reducen estos niveles estimados hasta los máximos de emisión recomendados por la Consejería de Medio Ambiente.

6.2.2.2. Análisis de viabilidad técnica de las alternativas de mejora medioambiental para los hornos tipo Túnel

Las posibles alternativas de mejora medioambiental en hornos Túnel se resumen en la siguiente tabla:

ALTERNATIVAS DE MEJORA MEDIOAMBIENTAL EN LOS HORNO TIPO TÚNEL			
Tipo de horno	Combustible	Alternativa	Consideraciones
Túnel	Gas natural	-	Mantiene emisiones bajas de SO <sub>2</sub> y partículas.
	Orujillo, coque, y mezclas de gas natural con ambos combustibles	Cambio a gas natural	Requeriría modificaciones en los quemadores.
		Mejora de la calidad del coque (coque de bajo S)	Mejoraría sólo la problemática del SO <sub>2</sub> .
		Implantación de sistemas de abatimiento de partículas y SO <sub>2</sub> .	Se requiere la gestión de nuevos equipos, con procesos ajenos a la producción habitual, que hay que controlar y mantener.

**Alternativa 1: Sustitución de combustible. Utilización de gas natural como combustible único.**

El cambio a gas natural acabaría con el problema de las emisiones de partículas y SO<sub>2</sub> de forma sencilla desde el punto de vista técnico, dado que los niveles de emisión de partículas y SO<sub>2</sub> se pueden considerar despreciables, salvo que se empleen arcillas que desprendan niveles elevados de contaminantes.

Todos los hornos tipo túnel que usan combustibles sólidos como apoyo a la combustión, tienen gas natural como combustible principal y, normalmente, han sido diseñados para operar con este combustible. De este modo, la única actuación para implantar esta alternativa consistiría en sustituir los quemadores de alimentación de combustibles sólidos por quemadores de gas natural similares al resto de los ya existentes.

Por tanto, el cambio a gas natural es una alternativa técnicamente viable, que no requiere modificaciones sustanciales en la instalación ni en el proceso y fácil de asumir sólo con ligeros cambios operacionales, aunque con un mayor coste de combustible.

No obstante, hay que destacar que existen casos en los que un horno túnel que opera con gas natural genera emisiones de SO<sub>2</sub> algo elevadas sin que existan datos claros sobre los motivos que provocan este hecho. Se barajan diversas opciones sobre descomposición de posibles sulfuros y sulfatos de la materia prima, pero no deja de ser una hipótesis a confirmar por estudios más rigurosos, siendo preciso analizar tanto la composición de la materia prima como las temperaturas de operación de la instalación. Este hecho hay que tenerlo en cuenta para evitar realizar modificaciones que posteriormente no permitan cumplir los límites de concentración de SO<sub>2</sub> propuestos.

En la mayoría de los casos, no obstante, este cambio de combustible llevará aparejada la sustitución de los hornos Hoffmann por hornos túnel.

**Alternativa 2. Mejora de la calidad del coque (coque de bajo S)**

Mientras que los coques nacionales empleados en Bailén tienen concentraciones de azufre (S) de hasta el 7%; en el mercado internacional existen coques de bajo S con concentraciones inferiores al 4%, pudiendo incluso alcanzar el 1%.

Mediante los cálculos adecuados se comprueba que el uso de coques de mejor calidad supondría la reducción de las emisiones de SO<sub>2</sub> hasta los límites fijados, asumiendo únicamente el sobrecoste que impone la diferencia de precio entre ambas calidades.

La combinación coque/gas natural permite una reducción de las emisiones de partículas si la zona de combustión con gas se ubica tras la de

combustión de coque, ya que la zona de gas actúa como cámara de postcombustión y reduce el nivel de inquemados, limitando de esta manera la carga de sólidos a tratar por los sistemas de depuración de partículas necesarios. Además mejora el aprovechamiento energético del combustible.

Hay que destacar por último que, no se ha considerado la sustitución del coque por cualquier otro combustible pobre en azufre, como fuel oil BIA o incluso gas oil, porque actualmente los costes de éstos son muy superiores al del coque.

**Alternativa 3. Implantación de técnicas de abatimiento de partículas y desulfuración.**

La opción de utilizar únicamente sistemas de depuración de partículas, prescindiendo de equipos de abatimiento de SO<sub>2</sub> es viable si se combina con el empleo de un combustible de bajo contenido en azufre.

En la tabla adjunta se recogen los aspectos más importantes, desde el punto de vista de la instalación y la operación, de las técnicas de eliminación de partículas aplicables a este tipo de horno.

TÉCNICAS DE ABATIMIENTO DE PARTÍCULAS				
Técnica	Rendimientos previstos	Pérdida de carga (mmca)	Ventajas	Desventajas
Electrofiltro	Hasta 99,5%	10-30	Alto rendimiento Capacidad de control Baja pérdida de carga	Alto coste Gran volumen Alto consumo eléctrico
Filtro de mangas	Hasta 99,8%	100-400	Alta eficacia	Gran volumen Alta pérdida de carga Toperación < 200-250°C
Venturi Scrubber	80-95%	200-600	Bajo coste. Versatilidad en caudales de gas	Elevadas pérdidas de carga para lograr rendimientos aceptables para partículas pequeñas.

(1) El efluente líquido procedente de los lavadores húmedos no supone un problema adicional de vertido, dado que en función de los caudales de producción previstos, la totalidad de este efluente puede ser reaprovechado en el proceso, adicionándolo a la arcilla para su humectación y amasado.

Sin embargo, con el tipo de coque empleado actualmente (>4% en S) es necesario recurrir a técnicas de desulfuración junto con las de eliminación de partículas.

En la tabla siguiente se muestran los valores previstos de emisiones de partículas, rendimiento de la desulfuración y pérdida de carga de cada una de los sistemas de abatimiento conjunto de SO<sub>2</sub> y partículas viables en este caso:

TÉCNICAS CONJUNTAS DE ELIMINACIÓN DE PARTÍCULAS Y DESULFURACIÓN			
Técnica	Partículas en salida (mg/Nm³)	Rendimiento desulfuración (%)	Pérdida de carga (mmca)
Electrofiltro+ desulfuración vía seca	< 50	60-70	50
Filtro de mangas + desulfuración vía seca	< 50	60-70	100-400
Electrofiltro+ desulfuración vía semiseca	< 50	80	50
Filtro de mangas + desulfuración vía semiseca	< 50	80	100-400
Venturi scrubber + desulfuración vía húmeda	< 50	95	200-800

(1) Las concentraciones de salida indicadas responden a valores medios recogidos en la literatura técnica y en las ofertas y catálogos de fabricantes.

(2) Los reactivos utilizados comúnmente en los procesos de desulfuración considerados son:

- Desulfuración seca: hidróxido sódico ( $\eta = 60\%$ ).
- Desulfuración seca: bicarbonato sódico ( $\eta = 70\%$ ).
- Desulfuración semiseca: hidróxido cálcico.
- Desulfuración húmeda: sosa, hidróxido amónico.

Hay que destacar que los sistemas de desulfuración seca con reactivos de bajo coste (cal) no alcanzan rendimientos suficientes para llegar a los límites de emisión propuestos si se emplea un elevado porcentaje de coque y no se produce una elevada retención de azufre en la arcilla. Sin embargo, se logran emisiones cercanas a los límites fijados y existe una gran diferencia de coste entre este reactivo y el resto. Además, siempre que exista un buen diseño y operación pueden superarse los rendimientos de desulfuración estimados.

El efluente procedente de los sistemas de desulfuración podría no ser reaprovechable en el proceso debido a la carga de sulfatos que puede contener. Sería necesario, por tanto, estudiar en cada caso particular su impacto sobre el material para evitar el deterioro de las propiedades de las piezas fabricadas o la posterior aparición de eflorescencias, así como que por descomposición de los sulfatos parte del azufre captado se descompusiera en la cocción y fuese necesario captarlo de nuevo.

El residuo sólido que se obtiene en los sistemas de desulfuración seca y semiseca es no peligroso, pero hay que tener en cuenta el coste de su vertido, que se considerará en el análisis económico.

El empleo de sistemas de desulfuración tiene la ventaja de que además de eliminar SO<sub>2</sub> también reduce las emisiones de HCl y HF procedentes de la materia prima, y que en función de su origen y temperatura de cocción pueden ser significativas.

### 6.2.2.3. Análisis de viabilidad técnica de las alternativas de mejora medioambiental para los hornos Hoffmann

Las posibles alternativas para la mejora medioambiental de las instalaciones con hornos Hoffmann se resumen en la tabla adjunta:

ALTERNATIVAS PARA HORNOS HOFFMANN			
Tipo de horno	Combustible	Alternativa	Consideraciones
Hoffmann	Orujillo, coque y mezclas de ambos en diferentes proporciones.	Cambio de combustible a gas natural	Requeriría modificaciones técnicas en el horno y los quemadores
		Mejora de la calidad del coque (coque de bajo S)	Mejoraría sólo la problemática del SO <sub>2</sub>
		Implantación de sistemas de abatimiento de partículas y SO <sub>2</sub>	Se requiere la gestión de nuevos equipos, con procesos ajenos a la producción habitual, que hay que controlar y mantener.

Se consideran en la valoración las mismas premisas que las aplicadas a instalaciones con horno tipo Túnel, pero teniendo en cuenta en este caso las diferencias en las condiciones de operación del horno, la naturaleza de los combustibles sólidos utilizados y la proporción en la que habitualmente se consumen.

#### Alternativa 1: Cambio de combustible. Utilización de gas natural como combustible único.

El cambio a gas natural es una alternativa técnicamente viable aunque requiere unas modificaciones importantes en la instalación y en la operación. Dadas las características del horno Hoffmann, en el que el frente de llama debe ir moviéndose a lo largo de la cámara a medida que avanza el proceso, se haría necesaria la instalación de quemadores de gas natural que pudieran ir siendo activados de forma secuencial conforme lo requiriese la operación, para reproducir los procedimientos que actualmente se realizan de forma manual con el alimentador de combustible sólido.

A ello hay que añadir el bajo rendimiento energético asociado al empleo del horno Hoffmann y que penalizará el coste por tonelada de cerámica producida.

#### Alternativa 2. Mejora de la calidad del coque (coque de bajo S)

También en este caso el empleo de un combustible de bajo contenido en azufre haría cumplir los requerimientos de emisión de SO<sub>2</sub>, sin necesidad de técnicas de desulfuración adicionales.

### Alternativa 3. Implantación de técnicas de abatimiento de partículas y desulfuración

Tanto las técnicas de eliminación de partículas como los sistemas conjuntos de reducción de partículas y SO<sub>2</sub> aplicables a los hornos tipo Túnel, son viables también en el caso de los hornos Hoffmann.

Tan solo para los filtros de mangas y debido a que en los hornos Hoffmann no se mantiene un control de temperatura de los gases de salida, se hace necesario instalar dispositivos de enfriamiento ("quenck") para garantizar que la temperatura de entrada al filtro no supera 200°C. Los filtros de mangas que operan a temperaturas superiores a 200°C son notablemente más caros que los que operan a temperaturas inferiores.

#### 6.2.2.4. Conclusiones de la Evaluación Técnica

En resumen, los sistemas de reducción de partículas y SO<sub>2</sub> técnicamente viables, para ambos tipos de horno, son los siguientes:

ALTERNATIVAS TÉCNICAMENTE VIABLES PARA LA DEPURACIÓN DE EFLUENTES GASEOSOS EN LOS HORNOS TÚNEL Y HORNOS HOFFMANN DE CERÁMICA INDUSTRIAL DE BAILÉN			
Horno Túnel		Horno Hoffmann	
Combustible	Coque/gas natural	Combustible	Coque/orujillo
Proporción en peso	90/10	Proporción en peso	85/15
Opción de depuración			
Cambio a gas natural			
Coque de bajo azufre + electrofiltro			
Coque de bajo azufre + Filtro de mangas			
Coque de bajo azufre + Venturi scrubber			
Electrofiltro + desulfuración seca			
Filtro de mangas + desulfuración seca <sup>(1)</sup>			
Electrofiltro + desulfuración semiseca			
Filtro de mangas + desulfuración semiseca <sup>(1)</sup>			

<sup>(1)</sup>Se debe garantizar en el caso del horno Hoffmann que la temperatura de los gases es inferior a 200°C.

Por consiguiente, el análisis de viabilidad económica será el instrumento para discriminar cuál de las distintas opciones puede ser más adecuada para cada situación de estudio.

#### 6.2.3. Alternativas para la reducción de las emisiones de los procesos de cocción en instalaciones de cerámica artística

Al igual que el caso de la cerámica industrial, un aspecto primordial en la valoración tanto técnica como económica de las posibles alternativas aplicables es la cuantificación de la reducción alcanzable en los niveles de emisión.

En este sentido, los valores límites de emisión considerados para el análisis son los mencionados anteriormente:

VALORES LÍMITE DE EMISIÓN DE PARTÍCULAS	
Contaminante	Límite emisión (mg/Nm <sup>3</sup> , contenido de O <sub>2</sub> del 18%)
Partículas	100

#### 6.2.3.1. Situación de las plantas de cerámica artística en Bailén

En Bailén existen numerosas empresas cuyo objeto es la producción de cerámica artística. El tipo de horno utilizado depende en gran medida de las características de los objetos fabricados, siendo los más empleados el horno moruno y el horno de combustible fósil (gasoil, propano o gas natural).

No se tiene un registro completo de todos los hornos existentes, de la frecuencia con que se operan y de su producción y características, pero aproximadamente el parque de hornos es:

- Morunos:	60
- Horno de propano:	16
- Horno de gas natural:	14
- Horno de gasoil:	72

#### 6.2.3.2. Problemática ambiental

El tipo de horno más utilizado en Bailén en la producción de cerámica artística es el horno moruno.

Aunque no se dispone de datos directos sobre las emisiones de los hornos morunos, debido a que carecen de chimenea en la que realizar mediciones adecuadas a norma, está claro que durante la cocción se generan, de forma discontinua, penachos con una elevada opacidad. Dicha opacidad se debe a una elevada concentración de partículas, y al posible arrastre de hollín y alquitranes, como consecuencia de una combustión con defecto de oxígeno.

El Departamento de Geología de la Universidad de Huelva ha elaborado un estudio sobre el material particulado atmosférico de los focos industriales de Bailén, en el que se recogen datos sobre concentración de partículas en las inmediaciones de los focos de emisión. Sus resultados arrojan elevadas concentraciones con niveles que ocasionalmente superan los 2.000 µg/m<sup>3</sup> y porcentajes en PM<sub>10</sub> superiores al 90%.

En la bibliografía especializada sobre combustión de biomasa se indica que las emisiones de partículas son muy superiores a las generadas por el empleo de fuel o gas (al menos 10 veces superior al fuel y 20 al gas). Además las partículas generadas en dicha combustión tienen un tamaño muy pequeño, entre el 67% y el 80% es inferior a 1 µm.

La cantidad total de cenizas emitidas en un horno moruno frente al total contenido en el combustible no es fácil de cuantificar debido a sus particularidades y a la falta de estudios al respecto. Sin embargo, basándose en las emisiones que se generan en pequeñas instalaciones de combustión de biomasa, se puede suponer que entre el 50 y el 60% de las cenizas contenidas en el combustible son emitidas a la atmósfera a través de las bocas superiores.

Tampoco existen datos en referencia a las emisiones de CO, alquitranes y hollín que se pueden generar al llevarse a cabo combustiones en condiciones reductoras. Este tipo de compuestos puede contribuir de forma importante al aspecto

de los penachos de los hornos y a los olores que se detectan en sus proximidades, debido al penetrante aroma característico de los alquitranes.

En cualquier caso, las partículas son el problema fundamental que presentan estos hornos, siempre y cuando se garantice que el combustible empleado es biomasa y no se utilicen residuos no autorizados.

Para el resto de hornos que emplean combustibles como el gas natural, el propano y el gasoil, los problemas ambientales derivados están fundamentalmente motivados por un mal control de la combustión y la generación de monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles que se emitirían por chimenea. A ello hay que añadir el empleo de combustibles no renovables que aportan CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Por tanto, la principal actuación prevista con relación a las plantas de cerámica artística contempla la sustitución de los hornos morunos existentes por hornos de gas o gasoil.

Sin embargo, esta medida puede tener un impacto importante sobre este sector industrial debido al volumen de la inversión que habrían de realizar las empresas y la las modificaciones que inducirían en su forma de trabajo y en sus productos, que perderían parte de sus características diferenciales, conduciendo a la necesidad de realizar una estrategia comercial distinta a la actual.

Por ello, es necesario analizar la incidencia que sobre el sector tendrá la medida y evaluar posibles alternativas de depuración de gases aplicables a los hornos morunos.

#### 6.2.3.3. Sustitución de hornos morunos

Un horno moruno de 25 m<sup>3</sup> puede ser sustituido por uno de gas/gasoil de 18 m<sup>3</sup> sin perder producción, ya que mientras el primero opera dos veces por semana porque su inercia térmica es muy grande, el horno de gas/gasoil permite entre 3 y 5 cocciones en el mismo período en función del tipo de piezas que se produzcan. Sin embargo, el horno moruno admite mayor carga específica que el de gas/gasoil debido a que las piezas se pueden apoyar en las paredes y a que hay menos superficie externa por unidad de volumen, con el incremento de capacidad de carga asociada a esta característica.

El trabajo con condiciones reductoras es, para algunas de las cerámicas de Bailén, básico para conseguir las características diferenciales de sus productos, ya que con dichas condiciones se consigue un color claro característico, sin necesidad de acudir a formulaciones de arcilla que, aunque proporcionan dicho color, presentan peores comportamientos mecánicos a bajas temperaturas.

Con hornos de gas/gasoil es posible trabajar en condiciones reductoras, pero se generan elevados niveles de CO e inquemados (compuestos orgánicos volátiles), que se emitirían a la atmósfera. Para evitar estas emisiones es necesario el empleo de un sistema de postcombustión que garantice elevadas temperaturas, presencia de oxígeno y tiempo de residencia suficiente para lograr la completa oxidación de estos compuestos.

Los fabricantes de hornos aseguran una operación segura en condiciones reductoras. En cualquier caso, en el diseño de la instalación será necesario verificar que se cumplen todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad ante una

posible acumulación de compuestos que puedan generar explosiones.

No es necesario mantener las condiciones reductoras durante todo el proceso de cocción, sino sólo durante un período de 4-6 horas, por lo que el incremento en el consumo energético que supone, tanto trabajar en dichas condiciones, como el empleo del postcombustor, se estima, tras conversaciones con suministradores, en un 15% en referencia al que se produce cuando se trabaja en condiciones oxidantes.

#### 6.2.3.4. Instalación de un sistema de depuración de gases

La instalación de un sistema de depuración de gases en los hornos morunos presenta dificultades e incógnitas difíciles de resolver, asociadas básicamente a la inexistencia de un colector de salida, al pequeño tamaño de partícula que presentan sus emisiones y a la posible presencia de alquitranes que pueden afectar al funcionamiento de determinados sistemas de depuración.

Cualquiera de las posibles opciones de depuración requiere la instalación de campanas de aspiración sobre cada una de las bocas del horno, lo que podría afectar su funcionamiento.

En cualquier caso es posible realizar una estimación básica de las alternativas de depuración y analizar los costes asociados, aunque en ningún caso, y sin un exhaustivo análisis de los gases emitidos, es posible garantizar su funcionamiento. De hecho, las pruebas realizadas hasta el momento de aprobación del Plan han arrojado resultados insatisfactorios, por lo que puede presumirse que la única alternativa viable será la contemplada en el apartado anterior, es decir, la sustitución del horno.

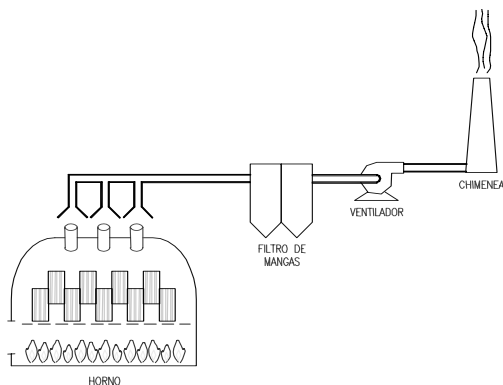
Se va a realizar la evaluación para un horno moruno con 9 bocas de 40 cm de diámetro. De acuerdo a los criterios habituales de diseño en este tipo de sistemas y a las buenas prácticas de la ingeniería, situando las campanas a 0,2 m de las bocas del horno para tratar de que afecten en la menor medida posible su operación normal, sería necesario colectar del orden de 20.000 m<sup>3</sup>/h. Con este nivel de aspiración la colección de los gases de salida del horno sería buena. Es necesario garantizar que las bocas no van a situarse en una zona muy expuesta al viento. En caso contrario, se requeriría la instalación de pantallas para evitar que la captación de los gases pierda efectividad.

Si con la separación indicada se afectase aún al funcionamiento del horno, sería necesario incrementar el espacio entre las campanas y las bocas de aspiración, pero ello obligaría a incrementar mucho el caudal de aire aspirado, y por tanto el tamaño del sistema de depuración a emplear.

#### (a) Filtro de Mangas

La primera opción técnicamente viable para la depuración de los gases aspirados es el empleo de un filtro de mangas. Su diámetro de corte es del orden de 0,5 μm, pero la inversión requerida es elevada y el consumo energético oscilará entre 0,5 y 1,5 kWh/1000 Nm<sup>3</sup>.

El esquema de la instalación sería aproximadamente el indicado en la figura:

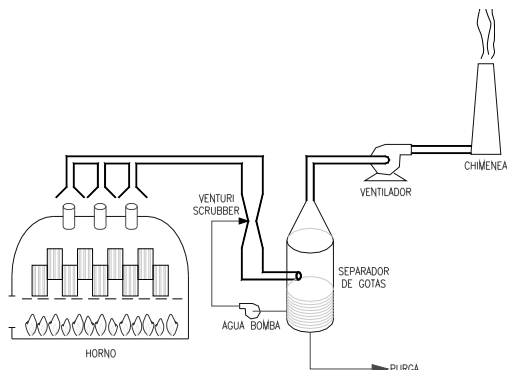


Sería necesario disponer de un análisis exhaustivo de la composición del gas para poder evaluar la incidencia que la presencia de hollín y alquitranes pudiera tener sobre la operación del filtro.

### (b) Lavador húmedo

Con el empleo de un lavador húmedo se puede llegar a depurar partículas con un diámetro de corte de  $0,5 \mu\text{m}$ , pero con un consumo energético elevado (del orden de  $6-7 \text{ kWh}/1000 \text{ Nm}^3$ ), ya que para asegurar la depuración de partículas muy finas es necesario trabajar con sistemas que aseguren una elevada pérdida de carga.

En la figura adjunta se muestra el esquema de la instalación



### (c) Conducción y tratamiento de los gases

Existe la posibilidad de emplear sistemas de depuración de gases con filtros de mangas o lavadores húmedos mucho más compactos, pero que requerirían la conducción de los gases desde el horno al sistema de depuración sin dilución con aire ambiente, mediante un conducto acoplado a las bocas del horno, y la instalación de válvulas de regulación en cada boca para mantener el tiro en los niveles deseados.

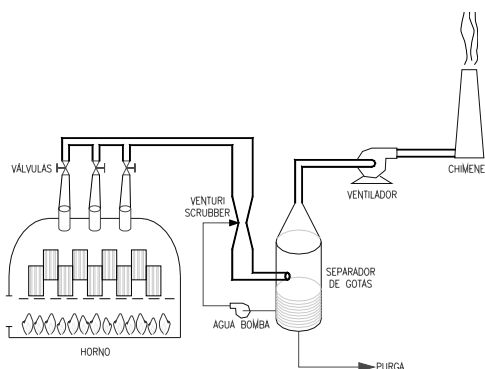
En este caso los caudales de gases a tratar serían muy inferiores a los indicados con anterioridad, por lo que tanto el coste de los equipos como el coste de operación serían mucho menores.

La eficiencia de este tipo de sistemas es difícil de determinar a priori, fundamentalmente por la falta de caracterización adecuada de las partículas a depurar. Por referencias de sistemas instalados en plantas de combustión de biomasa, se pueden esperar eficacias superiores al 99% para partículas de tamaño superior a  $1 \mu\text{m}$  y del 50% para partículas de  $0,5$

$\mu\text{m}$ , con una reducción en la concentración de partículas en los gases de salida a niveles en el entorno de los  $20-150 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ . No obstante, la propia forma de operar estos hornos, así como su ciclo de funcionamiento, puede ocasionar grandes diferencias con respecto a las emisiones teóricamente esperadas.

Para la prueba de este sistema se ha realizado un diseño preliminar, la construcción del prototipo de captación y conducción de gases, montaje en un horno, ensayos de operación del horno, confirmación de caudales estimados, diseño y construcción del lavador húmedo y ensayos de depuración.

En la figura adjunta se muestra un esquema de este sistema.



Como se ha mencionado previamente, en el momento de aprobación del Plan los resultados no han sido satisfactorios.

## 6.3. Evaluación económica de las opciones de mejora ambiental propuestas

### 6.3.1. Análisis económico de las alternativas propuestas para la reducción de las emisiones fugitivas de partículas

#### 6.3.1.1. Análisis económico de la instalación de riego

En las tablas adjuntas se presenta una estimación de la inversión necesaria en tuberías, aspersores y equipos de bombeo, para cada una de las instalaciones analizadas con anterioridad, así como los costes de operación y mantenimiento.

COSTES DE INVERSIÓN (€) PARA UNA LÍNEA DE 0,5 km			
<b>Separación entre aspersores 9 m</b>			
Tuberías de diámetro 0,07 m	Bomba	Aspersor 0,2 m <sup>3</sup> /h 4 bar; 9m	Total
2753,56	3331,67	76,12	<b>6161,35</b>
<b>Separación entre aspersores 12 m</b>			
Tuberías de diámetro 0,089 m	Bomba	Aspersor 0,36 m <sup>3</sup> /h 4 bar; 10m	Total
3992,84	3331,67	76,12	<b>7400,63</b>
<b>Separación entre aspersores 15 m</b>			
Tuberías de diámetro 0,089 m	Bomba	Aspersor 0,5 m <sup>3</sup> /h 4 bar; 11m	Total
3665,33	3331,67	209,46	<b>7206,46</b>
<b>Separación entre aspersores 18 m</b>			
Tuberías de diámetro 0,108 m	Bomba	Aspersor 1 m <sup>3</sup> /h 4 bar; 13,5m	Total
4153,68	3631,82	104,73	<b>7890,23</b>

Datos de Julio 2004

COSTES DE INVERSIÓN (€) PARA UNA LÍNEA DE 1 km			
Separación entre aspersores 9 m			
Tuberías de diámetro 0,07 m	Bomba	Aspersor 0,2 m³/h 4 bar; 9m	Total
8752,83	4180,37	152,24	13085,44
Separación entre aspersores 12 m			
Tuberías de diámetro 0,089 m	Bomba	Aspersor 0,36 m³/h 4 bar; 10m	Total
9762,24	4358,39	114,18	14234,81
Separación entre aspersores 15 m			
Tuberías de diámetro 0,089 m	Bomba	Aspersor 0,5 m³/h 4 bar; 11m	Total
11970,03	4358,39	314,19	16642,61
Separación entre aspersores 18 m			
Tuberías de diámetro 0,108 m	Bomba	Aspersor 1 m³/h 4 bar; 13,5m	Total
16408,15	6674,72	209,46	23292,33

Datos de Julio 2004

COSTES DE INVERSIÓN (€) PARA UNA LÍNEA DE 2 km			
Separación entre aspersores 9 m			
Tuberías de diámetro 0,07 m	Bomba	Aspersor 0,2 m³/h 4 bar; 9m	Total
24389,98	7797,69	304,48	32492,15
Separación entre aspersores 12 m			
Tuberías de diámetro 0,089 m	Bomba	Aspersor 0,36 m³/h 4 bar; 10m	Total
32963,97	9658,62	228,36	42850,95
Separación entre aspersores 15 m			
Tuberías de diámetro 0,089 m	Bomba	Aspersor 0,5 m³/h 4 bar; 11m	Total
30531,81	10020,87	523,65	41076,33
Separación entre aspersores 18 m			
Tuberías de diámetro 0,108 m	Bomba	Aspersor 1 m³/h 4 bar; 13,5m	Total
31023,41	11578,55	418,92	43020,88

Datos de Julio 2004

COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (€) DE UNA LÍNEA DE 0,5 km				
Aspersor (m³/h)	0,2	0,36	0,5	1
Caudal (m³/h)	11,2	15,12	17,	28
Altura (m)	82	81	82	81
Mantenimiento	321,6	346,39	339,84	373,62
Montaje/Desmontaje	306,61	360,61	360,61	360,61
Consumo eléctrico	294,38	392,57	428,22	696,70
<b>Total</b>	<b>976,60</b>	<b>1099,57</b>	<b>1128,66</b>	<b>1430,92</b>

Datos de Julio 2004

COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (€) DE UNA LÍNEA DE 1 km				
Aspersor (m³/h)	0,2	0,36	0,5	1
Caudal (m³/h)	22,4	30,24	33,5,	56
Altura (m)	111	112	111	111
Mantenimiento	509,49	543,91	588,07	862,14
Montaje/Desmontaje	721,21	721,21	721,21	721,21
Consumo eléctrico	763,79	1040,40	1092,60	1826,44
<b>Total</b>	<b>1994,49</b>	<b>2305,53</b>	<b>2401,89</b>	<b>3409,80</b>

Datos de Julio 2004

COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (€) DE UNA LÍNEA DE 2 km				
Aspersor (m³/h)	0,2	0,36	0,5	1
Caudal (m³/h)	11,2	15,12	17,	28
Altura (m)	175	173	175	175
Mantenimiento	1111,62	1431,97	1412,31	1546,75
Montaje/Desmontaje	1442,43	1442,43	1442,43	1442,43
Consumo eléctrico	2293,34	3056,05	3445,15	5759,05
<b>Total</b>	<b>4847,38</b>	<b>5930,45</b>	<b>6299,88</b>	<b>8748,24</b>

Datos de Julio 2004

### 6.3.1.2. Análisis económico para el acondicionado de caminos

A continuación se presentan los precios totales y por unidad de obra para el acondicionado de un total de 29000m de viales de 5m de ancho, donde 5500m son de un asfalto especial.

COSTES PARA ACONDICIONADO ESPECIAL DE CAMINOS (€)				
m² de calzada formada por: sùbase de piedra de 10 cm de espesor, base de piedra caliza procedente de machaqueo de 20 cm de espesor, recebo con finos del mismo material, riego de imprimación de betùn de 1,5 kg/m² y pavimento con tres capas de hormigón asfáltico en caliente con extendido mecánico de 5 cm de espesor, incluso compactado de las distintas capas con medios mecánicos; construida según PG-3-1975 del MOPU.				
Unidad	Descripción	Precio	Cantidad	Importe
m³	Arena gruesa	9,02	0,03	0,2706
m³	Piedra machaqueo diam. 40/50 cm caliza	9,19	0,5	4,5970
h	Bituminadora/Extendidora	118,70	0,01	1,1870
h	Camión basculante	22,56	0,035	0,7896
h	Motoniveladora	39,76	0,02	0,7952
h	Rulo vibratorio	20,52	0,03	0,6155
h	Peón especial	11,86	0,138	1,6366
t	Mezcla asfáltica tipo G 25	21,18	0,345	7,3064
u	Pequeño material	0,26	5	1,2943
Costes Directos:				18,4921
13,00% Costes Indirectos:				2,4040
Total €/m²:				20,90
m² de calzada especial (5500 m longitud * 5 m anchura de la vía):				27.500
<b>Precio €:</b>				<b>574.750</b>

Datos Julio 2004.

COSTES PARA ACONDICIONADO DEL RESTO DE CAMINOS (€)				
m <sup>2</sup> de firme alquitranado formado por: riego de imprimación de 1,0 kg/m <sup>2</sup> de betún y pavimento de hormigón asfáltico en caliente con extendido mecánico de 15 cm de espesor, incluso compactado de las distintas capas con medios mecánicos; construida según PG-3-1975 del MOPU.				
Unidad	Descripción	Precio	Cantidad	Importe
m <sup>3</sup>	Arena gruesa	9,08	0,01	0,0908
h	Bituminadora/Extendidora	119,46	0,01	1,1946
h	Camión basculante	22,70	0,02	0,4541
h	Rulo vibratorio	20,65	0,03	0,6194
h	Peón especial	11,94	0,115	1,3725
t	Mezcla asfáltica tipo G 25	21,31	0,345	7,3532
u	Pequeño material	0,26	5	1,3025
Costes Directos:				12,3872
13,00% Costes Indirectos:				1,6103
Total €/m <sup>2</sup> :				14,00
<b>m<sup>2</sup> resto calzada (23500 m longitud * 5 m anchura de la vía):</b>				<b>117.500</b>
<b>Precio €:</b>				<b>1.645.000</b>

Datos Julio 2004.

Por tanto, el coste total del acondicionamiento de los 29 km de la primera fase asciende a **2.219.750 €**.

### 6.3.1.3. Análisis económico de las máquinas barredoras

De acuerdo con el tipo de trabajo a realizar la máquina barredora elegida deberá constar de una serie de accesorios básicos.

A continuación se presentan los precios de las máquinas con todos los accesorios incluidos, así como los costes de operación:

PRECIOS DE LAS BARREDORAS			
Barredora 1		Barredora 2	
Cepillo lateral izquierdo		Cepillo lateral izquierdo con agua izquierdo	
Kit de agua en cepillo lateral izquierdo			
Cepillo lateral derecho		Cepillo lateral derecho	
Kit de agua en cepillo lateral derecho		Rociado cepillo lateral derecho	
3º cepillo extensibles derecho		Cepillo extensible frontal derecho con agua	
Cabina acristalada según característica y equipamiento descrito en su apartado		Cabina de dos asientos con filtro de admisión de aire	
Calefacción		Calefacción	
Aire acondicionado		Aire acondicionado	
Equipo de luces según normativas actuales del Código de Circulación		Equipo de luces según normativas actuales del Código de Circulación	
Luz de galibo giratoria		Luz de galibo giratoria	
Avisador acústico de marcha atrás accionado automáticamente		Avisador acústico de marcha atrás accionado automáticamente	
Manual de mantenimiento y libro de despiece		Manual de mantenimiento y libro de despiece	
Certificado de la C.E.E.		Certificado de la C.E.E.	
ITV		ITV	
<b>Precio total</b>	<b>49189 €</b>	<b>Precio total</b>	<b>88321 €</b>

Datos de Julio 2004

COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS BARREDORAS		
	Barredora 1	Barredora 2
<b>Limpieza</b>	2 veces/semana (4 días/semana)	3 veces/semana (3 días/semana)
<b>Operación</b>	20472 €	16265 €
<b>Mantenimiento</b>	4919 €	8832 €
<b>Coste Total</b>	<b>25391 €</b>	<b>25097 €</b>

<sup>(1)</sup>No se han considerado las amortizaciones.

Datos de Julio 2004

### 6.3.1.4. Análisis económico de los filtros de mangas

La inversión necesaria en un sistema de captación de polvo en un proceso preparación de materias primas puede desglosarse en los siguientes conceptos:

COSTES DE INVERSIÓN (€) EN INSTALACIONES DE CAPTACIÓN DE POLVO				
Puntos de Captación	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Filtro <sup>(1)</sup>	Captación <sup>(2)</sup>	Total
1	1000	8146,86	0	<b>8146,86</b>
1	1800	9287,75	0	<b>9287,75</b>
1	2700	10314,12	0	<b>10314,12</b>
2	3700	10620,92	7341,77	<b>17962,69</b>
3	5500	16474,94	8860,76	<b>25335,70</b>
4	7500	21298,67	11392,41	<b>32691,07</b>
4	10000	24689,09	11392,41	<b>36081,49</b>

<sup>(1)</sup> Los precios correspondientes a esta partida incluyen el filtro, la instalación de aire comprimido y la chimenea.

<sup>(2)</sup> Los precios correspondientes a esta partida incluyen la red de tuberías y el ventilador.

Datos de Julio 2004

En cuanto a los costes anuales de mantenimiento y operación, se tiene:



COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (€) EN INSTALACIONES DE CAPTACIÓN DE POLVO				
Puntos de Captación	Caudal (m³/h)	Mantenimiento	Consumo eléctrico	Total
1	1000	814,69	732,37	<b>1547,06</b>
1	1800	928,78	977,52	<b>1906,30</b>
1	2700	1031,41	977,52	<b>2008,93</b>
2	3700	1796,27	1072,51	<b>2868,78</b>
3	5500	2533,57	1360,56	<b>3894,13</b>
4	7500	3269,11	1743,60	<b>5012,71</b>
4	10000	3608,15	2387,11	<b>5995,26</b>

(1) Supuestas 4000 h de trabajo anuales.

Datos de Julio 2004

### 6.3.2. Análisis económico de las alternativas propuestas para instalaciones de cerámica industrial

La evaluación económica de las distintas alternativas de mejora ambiental se realizará para cada una de ellas teniendo en cuenta costes de inversión y de operación.

Se compararán para cada caudal de gases y tipología de horno las distintas alternativas en función del coste actualizado (CA) considerando un interés actual del 3%. Hay que tener en cuenta que las actuaciones propuestas suponen un gasto, por lo que la alternativa económicamente más atractiva será aquella que presente un coste actualizado menos negativo.

#### 6.3.2.1. Bases de análisis

##### (a) Costes de combustible, reactivos, auxiliares y vertido

En las tablas siguientes se presentan los costes de los combustibles más empleados en la industria cerámica de Bailén, así como de auxiliares (agua y electricidad), reactivo y vertido considerados para la estimación económica:

COSTES DE COMBUSTIBLE	
Combustible	Coste (c€/termia)
Gas natural	1,44
Coque (4% de azufre)	0,84 <sup>(1)</sup>
Coque (1% de azufre)(2)	1,92 <sup>(2)</sup>
Orujillo	0,86

(1) Incluye 0,12 c€/termia asociado a la molienda, micronización y transporte neumático del coque.

(2) Coste dado por un suministrado que podría servir en Bailén este tipo de coque.

Datos de Julio 2004

COSTES DE AUXILIARES, REACTIVOS Y VERTIDO			
Concepto		Precio	Unidad
Auxiliares	Agua	0,56	€/m³
	Electricidad	5,5	c€/kWh
Reactivo	Sosa cáustica	NaOH	105
	Solución amoniacal	NH.OH	132
	Bicarbonato sódico	NaHCO <sub>3</sub>	210
	Cal apagada	Ca(OH) <sub>2</sub>	80,5
Vertido	(Distancia máxima 20 km)	8,25	c€/t.km

Datos de Julio 2004

##### (b) Costes de inversión

Para determinar los costes de equipos y sistemas auxiliares se ha realizado un **prediseño de una instalación tipo** y se han solicitado ofertas de los equipos principales y de mayor envergadura, mientras que los restantes han sido estimados de acuerdo a la experiencia. Los precios consultados con los diferentes suministradores varían hasta un 25%, por lo que se han tomado unos precios medios.

- Obra civil y estructuras:
- Movimiento de tierras, zanjas y cajado de cimentaciones.
- Cimentaciones y bancadas de equipos.
- Reposición de solera afectada.
- Suministro y montaje eléctrico y de instrumentación:
- Iluminación de la nueva instalación, incluyendo báculos, luminarias y proyectores.
- Modificación de cuadros del centro de control de motores (CCM) y alumbrado.
- Montaje de instrumentación, incluyendo calibración y montaje de instrumentos.
- Cables de fuerza, alumbrado y señal, incluyendo el tendido y conexionado.
- Red eléctrica enterrada incluyendo zanjas, arquetas y tubos.
- Red de tierra.
- Suministro y montaje de tuberías y equipos:
- Suministro y montaje de tuberías, valvulería y accesorios, incluyendo inspecciones.
- Suministro y montaje de equipos principales.
- Suministro y montaje de ventiladores y bombas.
- Suministro y montaje de calorifugado de equipos y conductos.
- Suministro y montaje de equipos auxiliares.
- Estudios de Ingeniería y Dirección de Obras:
- Ingeniería Básica.
- Ingeniería de Detalle y Estudio de Seguridad y Salud en Obra.
- Proyecto Oficial.
- Dirección de Obras.

En los costes no se incluyen tasas, licencias y seguros. Por otro lado, no se puede olvidar que todos los costes que se presentan son para una instalación tipo, es decir, **no se han considerado las necesidades individuales de cada planta** (posibles problemas de espacio, ampliación del centro de transformación, etc.).

##### (c) Costes de operación

El análisis económico requiere determinar el flujo de caja anual asociado a la nueva instalación, para lo que es necesario conocer los costes de operación en que se incurren tras las modificaciones e incorporación de nuevos equipos. En este capítulo se desglosan dichos costes para cada opción considerada y básicamente comprenden los siguientes conceptos:

- Sobrecoste de combustible.
- Consumos de reactivo.
- Mantenimiento y operación.
- Consumo de auxiliares (electricidad, aire comprimido y agua).
- Gestión de residuos.
- Costes indirectos.

#### (d) Costes derivados de normativa ambiental

Los costes derivados de la normativa ambiental incluyen los costes asociados al sistema de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero. El análisis económico no incorpora estas cuestiones, aunque será preciso tenerlas en cuenta al menos desde un punto de vista cualitativo.

#### 6.3.2.2. Análisis económico para horno tipo Túnel

El análisis económico para cada sistema de depuración, aplicable desde el punto de vista técnico, se realiza en función del caudal de gases de salida del horno.

#### (a) Costes de Inversión

En la siguiente tabla se presentan los costes de inversión para un horno túnel:

COSTES DE INVERSIÓN PARA HORNO TÚNEL EN FUNCIÓN DEL CAUDAL DE GASES			
	15,000 Nm <sup>3</sup> /h	25.000 Nm <sup>3</sup> /h	35.000 Nm <sup>3</sup> /h
Cambio a gas	36.828	50.037	61.230
Cambio a coque + Filtro de Mangas	143.826	164.498	185.183
Cambio a coque + Electrofiltro	271.705	374.406	462.437
Cambio a coque + Venturi Scrubber	39.283	49.665	61.790
Electrofiltro + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	284.186	430.999	565.408
Electrofiltro + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	284.186	430.999	565.408
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	207.199	312.066	408.071
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	207.199	312.066	408.071
Electrofiltro + Desulfuración Semiseca	298.917	445.731	580.139
Filtro de Mangas + Desulfuración Semiseca	221.930	326.797	422.803
Desulfuración húmeda con NaOH	200.713	270.072	301.376
Desulfuración húmeda con NH <sub>4</sub> OH	200.713	270.072	301.376

Datos de Julio 2004

Como se observa en la tabla, las opciones que presentan un menor coste de inversión son el cambio a gas natural y el empleo de coque de bajo azufre más un sistema de depuración de partículas de bajo coste como un venturi scrubber. Por el contrario las opciones de mayor coste son aquellas que emplean electrofiltro como sistema de depuración de partículas y, especialmente, si lo combinan con un sistema de desulfuración seca o semiseca. Las opciones que utilizan un filtro de mangas como sistema de depuración presentan costes intermedios.

#### (b) Costes de Operación

Como costes de operación se consideran exclusivamente los sobrecostes en los que se incurre por la adopción de los diferentes sistemas.

Los costes de operación más bajos corresponden a los sistemas que emplean desulfuración seca y semiseca con cal

y un electrofiltro como sistema de captación de partículas. El empleo de un filtro de mangas en lugar de un electrofiltro también presenta costes de operación relativamente bajos.

Por el contrario, los costes más elevados se corresponden con cambios a coque con bajo contenido en azufre y con el empleo de sistemas de desulfuración que manejan reactivos con precios elevados como el hidróxido amónico. El empleo de gas natural supone unos costes de operación relativamente elevados.

COSTES DE OPERACIÓN PARA HORNO TÚNEL EN FUNCIÓN DEL CAUDAL DE GASES			
	15,000 Nm <sup>3</sup> /h	25.000 Nm <sup>3</sup> /h	35.000 Nm <sup>3</sup> /h
Cambio a gas	71.449	118.195	166.550
Cambio a coque + Filtro de Mangas	174.028	269.225	363.742
Cambio a coque + Electrofiltro	145.183	234.299	322.613
Cambio a coque + Venturi Scrubber	205.873	303.079	399.604
Electrofiltro + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	50.438	70.717	90.301
Electrofiltro + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	117.980	183.137	247.688
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	76.337	102.503	128.668
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	143.789	214.923	286.056
Electrofiltro + Desulfuración Semiseca	53.321	73.131	92.158
Filtro de Mangas + Desulfuración Semiseca	83.365	109.270	135.176
Desulfuración húmeda con NaOH	132.829	172.515	212.200
Desulfuración húmeda con NH <sub>4</sub> OH	183.139	256.365	329.589

Datos de Julio 2004

NOTA: El cambio a gas natural conlleva una operación más limpia y con menores requerimientos en mantenimiento, por lo que los costes de operación podrían ser inferiores a los reflejados en la tabla.

#### (c) Evaluación a 5 años

Para determinar cual de las opciones analizadas es la más interesante desde el punto de vista económico se va a analizar el coste por termia supuesta una amortización a 5 años. Para presentar un coste actualizado se considera un interés anual del 3%. Se supone que la instalación funciona 8.000 horas al año.

La producción de un horno de una tipología determinada se puede relacionar razonablemente con su consumo energético, por lo que disponer del coste por termia para el rango de caudales analizado permite evaluar el coste adicional que supone por cada unidad producida la implantación de estas medidas de control de emisiones.

El cambio a gas natural es la opción que presenta un menor coste por termia.

Sin embargo, cuanto mayor es el tamaño del horno, menos diferencia presenta esta alternativa con el empleo de sistemas de desulfuración seca con cal y filtro de mangas o con electrofiltro, e incluso con la opción de incluir una desulfuración semiseca, si fuese necesario incrementar el rendimiento de desulfuración.

Los costes más elevados corresponden al empleo de coque con bajo contenido en azufre y sistemas de desulfuración con reactivos de precio elevado como el hidróxido amónico.

COSTE ACTUALIZADO POR TERMIA A 5 AÑOS PARA HORNO TÚNEL EN FUNCIÓN DEL CAUDAL DE GASES			
	15.000 Nm <sup>3</sup> /h	25.000 Nm <sup>3</sup> /h	35.000 Nm <sup>3</sup> /h
Cambio a gas	-0,55	-0,54	-0,53
Cambio a coque + Filtro de Mangas	-1,42	-1,27	-1,20
Cambio a coque + Electrofiltro	-1,41	-1,31	-1,26
Cambio a coque + Venturi Scrubber	-1,48	-1,30	-1,23
Electrofiltro + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	-0,78	-0,68	-0,63
Electrofiltro + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	-1,24	-1,15	-1,10
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	-0,84	-0,71	-0,65
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	-1,31	-1,17	-1,11
Electrofiltro + Desulfuración Semiseca	-0,82	-0,71	-0,65
Filtro de Mangas + Desulfuración Semiseca	-0,91	-0,75	-0,67
Desulfuración húmeda con NaOH	-1,22	-0,96	-0,82
Desulfuración húmeda con NH <sub>4</sub> OH	-1,57	-1,31	-1,17

Datos de Julio 2004

#### (d) Evaluación a 10 años

Se va a realizar un análisis similar al anterior pero considerando una amortización a 10 años. Para considerar un coste actualizado se considera de nuevo un interés del 3%.

Para hornos de pequeño tamaño la opción más favorable a 10 años sigue siendo el cambio a gas natural. Sin embargo cuando el horno tiene un gran tamaño, hay opciones que tienen un coste de inversión elevado pero que al trabajar con bajos costes de operación presentan mejores balances a 10 años. Estas opciones son el empleo de electrofiltros y filtros de mangas asociados a desulfuraciones secas con cal.

Si fuese necesario mejorar el rendimiento de desulfuración, los costes de un sistema de desulfuración semiseca con cal y electrofiltro o filtros de mangas no presenta unos costes diferenciales muy grandes frente a las opciones indicadas anteriormente.

Por el contrario el empleo de coque de bajo contenido en azufre y de sistemas de desulfuración con reactivos de precio elevado siguen siendo opciones con costes específicos muy superiores.

COSTE ACTUALIZADO POR TERMIA A 10 AÑOS PARA HORNO TÚNEL EN FUNCIÓN DEL CAUDAL DE GASES			
	15.000 Nm <sup>3</sup> /h	25.000 Nm <sup>3</sup> /h	35.000 Nm <sup>3</sup> /h
Cambio a gas	-0,49	-0,48	-0,48
Cambio a coque + Filtro de Mangas	-1,23	-1,12	-1,06
Cambio a coque + Electrofiltro	-1,14	-1,08	-1,04
Cambio a coque + Venturi Scrubber	-1,35	-1,19	-1,12
Electrofiltro + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	-0,54	-0,47	-0,43
Electrofiltro + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	-0,97	-0,90	-0,87
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	-0,65	-0,54	-0,49

COSTE ACTUALIZADO POR TERMIA A 10 AÑOS PARA HORNO TÚNEL EN FUNCIÓN DEL CAUDAL DE GASES			
	15.000 Nm <sup>3</sup> /h	25.000 Nm <sup>3</sup> /h	35.000 Nm <sup>3</sup> /h
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	-1,08	-0,97	-0,92
Electrofiltro + Desulfuración Semiseca	-0,57	-0,48	-0,44
Filtro de Mangas + Desulfuración Semiseca	-0,70	-0,57	-0,51
Desulfuración húmeda con NaOH	-1,01	-0,79	-0,68
Desulfuración húmeda con NH <sub>4</sub> OH	-1,33	-1,11	-1,01

Datos de Julio 2004

#### 6.3.2.3. Análisis económico para horno tipo Hoffmann

##### (a) Costes de Inversión

Al igual que para los hornos Túnel, los costes de inversión se han obtenido considerando el coste medio de varias ofertas de suministradores de reconocido prestigio. Los precios pueden variar hasta un 25% entre los distintos suministradores y, además, los condicionantes de espacio y características de la planta pueden provocar cambios significativos en el coste final del sistema que se emplee.

Las opciones que presentan un menor coste de inversión son el cambio a coque de bajo azufre y un sistema de depuración de partículas de bajo coste como un venturi scrubber. Le siguen el empleo de este tipo de coque junto con un filtro de mangas. La tercera opción que requiere una inversión menor es el empleo de gas natural.

Por el contrario las opciones de mayor coste son aquellas que emplean electrofiltro como sistema de depuración de partículas y, especialmente, si lo combinan con un sistema de desulfuración seca o semiseca.

COSTE DE INVERSIÓN PARA HORNO HOFFMANN EN FUNCIÓN DEL CAUDAL DE GASES			
	15.000 Nm <sup>3</sup> /h	25.000 Nm <sup>3</sup> /h	35.000 Nm <sup>3</sup> /h
Cambio a gas	147.312	200.146	244.920
Cambio a coque + Filtro de Mangas	143.826	164.498	185.183
Cambio a coque + Electrofiltro	271.705	374.406	462.437
Cambio a coque + Venturi Scrubber	39.283	49.665	61.790
Electrofiltro + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	284.186	430.999	565.408
Electrofiltro + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	284.186	430.999	565.408
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	207.199	312.066	408.071
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	207.199	312.066	408.071
Electrofiltro + Desulfuración Semiseca	298.917	445.731	580.139
Filtro de Mangas + Desulfuración Semiseca	221.930	326.797	422.803
Desulfuración húmeda con NaOH	200.713	270.072	301.376
Desulfuración húmeda con NH <sub>4</sub> OH	200.713	270.072	301.376

Datos de Julio 2004

## (b) Costes de Operación

Como costes de operación se consideran exclusivamente los sobrecostes en los que se incurre por la adopción de los sistemas propuestos para la reducción de las emisiones.

Los costes de operación más bajos corresponden a los sistemas que emplean desulfuración seca y semiseca con cal y un electrofiltro como sistema de captación de partículas. El empleo de un filtro de mangas en lugar de un electrofiltro también presenta costes de operación relativamente bajos.

Por el contrario los costes más elevados se corresponden con cambios a coque con bajo contenido en azufre y con el empleo de sistemas de desulfuración que manejan reactivos con precios elevados como el hidróxido amónico.

El empleo de gas natural supone unos costes de operación medios.

COSTES DE OPERACIÓN PARA HORNO HOFFMANN EN FUNCIÓN DEL CAUDAL DE GASES			
	15.000 Nm <sup>3</sup> /h	25.000 Nm <sup>3</sup> /h	35.000 Nm <sup>3</sup> /h
Cambio a gas	82.199	136.997	191.796
Cambio a coque + Filtro de Mangas	181.751	281.418	381.084
Cambio a coque + Electrofiltro	152.906	246.492	339.955
Cambio a coque + Venturi Scrubber	213.596	315.272	416.946
Electrofiltro + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	51.920	73.187	93.757
Electrofiltro + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	123.561	192.590	260.922
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	77.819	104.972	132.125
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	149.460	224.375	299.290
Electrofiltro + Desulfuración Semiseca	54.704	75.437	95.383
Filtro de Mangas + Desulfuración Semiseca	84.748	111.576	138.402
Desulfuración húmeda con NaOH	135.303	176.640	217.972
Desulfuración húmeda con NH <sub>4</sub> OH	188.738	265.699	342.656

Datos de Julio 2004

NOTA: El cambio a gas natural conlleva una operación más limpia y con menores requerimientos en mantenimiento, por lo que los costes de operación podrían ser inferiores a los reflejados en la tabla.

## (c) Evaluación a 5 años

Para determinar cual de las opciones analizadas es la más interesante desde el punto de vista económico se calcula, al igual que para el horno túnel, el coste por termia supuesta una amortización a 5 años. Para presentar un coste actualizado se considera un interés anual del 3%. Se supone que la instalación funciona 8.000 horas al año.

El empleo de un sistema de desulfuración seca con cal y un electrofiltro es el sistema que presenta un menor coste por termia para hornos pequeños. El empleo de gas natural también presenta un coste reducido por termia para este tamaño de horno.

Si el tamaño de horno es mayor, el empleo de un sistema de desulfuración seca con cal y electrofiltro como sistema de captación de partículas sigue siendo la opción que presenta un coste menor, pero poco diferenciado de la desulfuración seca con cal y filtro de mangas. Si es necesario incrementar el rendimiento de desulfuración, el empleo de un sistema semiseco no incrementa los costes en exceso.

Los costes más elevados corresponden al empleo de coque con bajo contenido en azufre y sistemas de desulfuración con reactivos de precio elevado como el hidróxido amónico.

COSTE ACTUALIZADO POR TERMIA A 5 AÑOS PARA HORNO HOFFMANN EN FUNCIÓN DEL CAUDAL DE GASES			
	15.000 Nm <sup>3</sup> /h	25.000 Nm <sup>3</sup> /h	35.000 Nm <sup>3</sup> /h
Cambio a gas	-0,747	-0,708	-0,687
Cambio a coque + Filtro Mangas	-1,392	-1,243	-1,180
Cambio a coque + Electrofiltro	-1,386	-1,286	-1,234
Cambio a coque + Venturi Scrubber	-1,451	-1,278	-1,205
Electrofiltro + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	-0,740	-0,655	-0,608
Electrofiltro + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	-1,212	-1,123	-1,076
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	-0,804	-0,678	-0,619
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	-1,272	-1,146	-1,087
Electrofiltro + Desulfuración Semiseca	-0,784	-0,677	-0,622
Filtro de Mangas + Desulfuración Semiseca	-0,870	-0,717	-0,646
Desulfuración húmeda con NaOH	-1,170	-0,923	-0,794
Desulfuración húmeda con NH <sub>4</sub> OH	-1,519	-1,272	-1,143

Datos de Julio 2004

## (d) Evaluación a 10 años

Se realiza un análisis similar al anterior pero considerando una amortización a 10 años. Para considerar un coste actualizado se considera de nuevo un interés del 3%.

Para cualquier tamaño de horno la opción más favorable a 10 años es el empleo de un sistema de desulfuración seca con cal y un electrofiltro posterior para captación de partículas.

Si fuese necesario mejorar el rendimiento de desulfuración, los costes de un sistema de desulfuración semiseca con cal y electrofiltro o filtros de mangas no presenta unos costes diferenciales muy grandes frente a las opciones indicadas anteriormente.

El empleo de gas natural no presenta un balance favorable debido a que a 10 años priman aquellas opciones que aunque requieran una inversión elevada presenten bajos costes de operación.

Por el contrario el empleo de coque de bajo contenido en azufre y de sistemas de desulfuración con reactivos de precio elevado siguen siendo opciones con costes específicos muy superiores.

COSTE ACTUALIZADO POR TERMIA A 10 AÑOS PARA HORNO HOFFMANN EN FUNCIÓN DEL CAUDAL DE GASES			
	15.000 Nm <sup>3</sup> /h	25.000 Nm <sup>3</sup> /h	35.000 Nm <sup>3</sup> /h
Cambio a gas	-0,605	-0,586	-0,575
Cambio a coque + Filtro Mangas	-1,208	-1,097	-1,050
Cambio a coque + Electrofiltro	-1,124	-1,060	-1,028
Cambio a coque + Venturi Scrubber	-1,327	-1,172	-1,106
Electrofiltro + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	-0,515	-0,451	-0,417
Electrofiltro + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	-0,954	-0,887	-0,853
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con Ca(OH) <sub>2</sub>	-0,621	-0,517	-0,469
Filtro de Mangas + Desulfuración Seca con NaHCO <sub>3</sub>	-1,057	-0,952	-0,905
Electrofiltro + Desulfuración Semiseca	-0,546	-0,466	-0,426
Filtro de Mangas + Desulfuración Semiseca	-0,674	-0,547	-0,490
Desulfuración húmeda con NaOH	-0,966	-0,760	-0,660
Desulfuración húmeda con NH <sub>4</sub> OH	-1,291	-1,085	-0,985

Datos de Julio 2004

#### 6.3.2.4. Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos en los análisis técnicos y económicos realizados para las diferentes alternativas de reducción de partículas y SO<sub>2</sub> en los gases procedentes de los hornos de cocción de las instalaciones cerámicas, las opciones más favorables a 5 y 10 años son:

OPCIONES DE DEPURACIÓN MÁS FAVORABLES		
Opción de depuración	Opción mejor a 5 años	Opción mejor a 10 años
Horno túnel 15.000 Nm <sup>3</sup> /h	Cambio a gas natural	Cambio a gas natural
Horno túnel 25.000 Nm <sup>3</sup> /h	Cambio a gas natural	Electrofiltro + Desulfuración Seca
Horno túnel 35.000 Nm <sup>3</sup> /h	Cambio a gas natural	Electrofiltro + Desulfuración Seca
Horno Hoffmann 15.000 Nm <sup>3</sup> /h	Electrofiltro + Desulfuración Seca	Electrofiltro + Desulfuración Seca
Horno Hoffmann 25.000 Nm <sup>3</sup> /h	Electrofiltro + Desulfuración Seca	Electrofiltro + Desulfuración Seca
Horno Hoffmann 35.000 Nm <sup>3</sup> /h	Electrofiltro + Desulfuración Seca	Electrofiltro + Desulfuración Seca

Sin embargo, como se ha comentado con anterioridad en el análisis técnico de los sistemas de depuración de gases, los niveles de SO<sub>2</sub> alcanzados tras la desulfuración seca con Ca(OH)<sub>2</sub> rozarían los límites de emisión fijados por la CMA. Por ello, y aunque con un buen diseño y operación esta medida sería totalmente válida, deben considerarse las siguientes medidas como alternativa:

OPCIONES DE DEPURACIÓN ALTERNATIVAS		
Opción de depuración	Opción mejor a 5 años	Opción mejor a 10 años
Horno túnel 15.000 Nm <sup>3</sup> /h	Cambio a gas natural	Cambio a gas natural
Horno túnel 25.000 Nm <sup>3</sup> /h	Cambio a gas natural	Cambio a gas natural / Electrofiltro + Desulfuración Semiseca
Horno túnel 35.000 Nm <sup>3</sup> /h	Cambio a gas natural	Electrofiltro + Desulfuración Semiseca
Horno Hoffmann 15.000 Nm <sup>3</sup> /h	Cambio a gas natural	Electrofiltro + Desulfuración Semiseca
Horno Hoffmann 25.000 Nm <sup>3</sup> /h	Electrofiltro + Desulfuración Semiseca	Electrofiltro + Desulfuración Semiseca
Horno Hoffmann 35.000 Nm <sup>3</sup> /h	Electrofiltro + Desulfuración Semiseca	Electrofiltro + Desulfuración Semiseca

#### 6.3.3. Análisis económico de las alternativas propuestas para instalaciones de cerámica artística

##### 6.3.3.1. Sustitución hornos morunos

El análisis económico de la posible sustitución de un horno moruno por uno de gas natural se ha realizado tomando un horno de gas/gasoil de vagonetas debido a que es el más extendido en el sector, el más económico, y a que las restantes tipologías (campana y cámara sobre rieles) se emplean para productos concretos poco estables o con muy elevadas densidades de carga.

La base de cálculo para el análisis económico se realiza sobre los siguientes datos:

- Horno moruno de 25 m<sup>3</sup>
- Horno gas natural de 18 m<sup>3</sup>: 87.000 €
- Sistema de postcombustión: 23.000 €
- Consumo energético por cocción (oxidante): 4.000 termias
- Se ahorra una persona en operación con el horno de gas: 16.000 €/año
- Se supone una campaña de 28 semanas productivas
- El horno moruno opera 2 veces por semana
- El horno de gas opera 4 veces por semana (elevada frecuencia de uso)
- Consumo horno moruno por cocción: 2.500 kg leña
- El precio de la leña: 5,5 c€/kg
- El precio del gas natural: 1,5 c€/termia
- El mantenimiento del horno moruno: 3.000 €/año
- El mantenimiento del horno de gas: 4.500 €/año
- La operación en condiciones reductoras incrementa el consumo energético en un 15%.
- No se considera el coste de sistemas de combustibles, sistemas auxiliares, permisos, licencias, tasas, etc.

En estas condiciones, asumiendo una inversión de 87.000 € para la adquisición de un horno de gas sin postcombustión, y 110.000 € para uno con postcombustión, inversión que no incluye el coste de sistemas auxiliares, instalación, etc, se obtienen las tasas de retorno interno (TIR), en función del plazo de amortización 5, 10 y 15 años, que se recogen en la tabla siguiente. En dicha tabla se presenta también el valor actual neto de la inversión supuesto un interés del 3%.

ANÁLISIS ECONÓMICO PARA HORNOS DE ALTA FRECUENCIA DE USO					
	Postcomb.	Años			
		5	10	15	
TIR(%)	Sin	-3,77	12,13	15,83	
	Con	-12,51	5,33	10,01	
VAN (€)	Sin	-16.106	45.048	97.799	
	Con	-43.722	13.449	62.765	
CÁLCULO DE LOS FLUJOS DE CAJA (€)					
Inversión	Postcomb.	Personal	Mantenimto	Cble	Flujo caja
87.000	Sin	16000	-1500	980	15480
110.000	Con	16000	-1500	-28	14472

En la tabla también se presentan los flujos de caja empleados en el análisis económico, y que se corresponden con el ahorro en costes de operación que supone el empleo del horno de gas frente al moruno, debidos básicamente a la menor necesidad de personal y al ahorro de combustible, aunque el mantenimiento del horno de gas es algo mayor.

Basándose en este análisis, si la sustitución se realiza por un horno con o sin postcombustión y extendiendo la amortización a 10 años o 15 años, es posible plantear la sustitución de los hornos como una operación económicamente rentable. En cualquier otro caso, la inversión supone un gasto asociado a una mejora ambiental de la instalación.

La vida media de los hornos de gas se estima en 10 años, aunque es fácil que se pueda extender por encima de los 15. Sin embargo, desde el punto de vista contable, plantear amortizaciones con plazos superiores a 10 años no es razonable.

Por otra parte, dados los datos de consumo de combustible y producciones que para este tipo de hornos morunos están disponibles, no se descarta que el horno pueda operarse con una frecuencia menor, en cuyo caso, el análisis económico para una instalación que opere la mitad de veces, dos cocciones por semana, arroja resultados peores, ya que los ahorros por costes de operación son menores, mientras que se mantienen los costes de inversión.

ANÁLISIS ECONÓMICO PARA HORNOS DE BAJA FRECUENCIA DE USO					
	Postcomb.	Años			
		5	10	15	
TIR(%)	Sin	-24,31	-3,77	2,43	
	Con	-30,52	-8,61	-1,50	
VAN (€)	Sin	-54.987	-27.373	-3.553	
	Con	-80.296	-54.673	-32.570	
CÁLCULO DE LOS FLUJOS DE CAJA (€)					
Inversión	Postcomb.	Personal	Mantenimiento	Cble	Flujo caja
117500	Sin	8000	-1500	490	6990
148500	Con	8000	-1500	-14	6486

Basándose en estos datos, se puede concluir que los resultados económicos son mejores si el empleo del horno es intensivo. La sustitución de hornos morunos con baja utilización se presenta como una opción económicamente poco atractiva. Sin embargo, si el empleo del horno es intensivo, el interés se incrementa de forma notable. Por tanto, la asociación de alfareros con baja producción anual puede permitir rentabilizar la inversión.

La mayor rentabilidad de inversiones que alcanzan los alfareros de mayor producción puede, en un futuro, favorecer que se produzca una concentración del sector en aquellas fábricas que optimicen sus costes, desapareciendo aquellos que no sepan o puedan adaptarse a las nuevas exigencias que impone la legislación ambiental y el mercado.

Que la inversión suponga evaluaciones positivas sobre la base de los cálculos de índices como la Tasa Interna de Retorno o el Valor Neto Actual no presupone una capacidad de la empresa para acometerla, ya que la situación financiera de la misma puede no permitir asumir el coste inicial.

### 6.3.3.2. Instalación de un sistema de depuración de gases

#### (a) Filtro de Mangas

Se estima el coste de la instalación en, al menos, 200.000 €, con incógnitas asociadas a la posible presencia de alquitranes y hollín que puedan afectar, tanto a la duración de los elementos filtrantes, como a la eficiencia del sistema de limpieza de las mangas. Además, se requeriría una potencia en el ventilador de entre 10 y 30 kW. Con todos estos condicionantes, tanto la inversión como los costes de operación y mantenimiento son elevados y, por tanto, esta opción no es económicamente viable.

El coste anual entre operación y mantenimiento se estima entre 3.400 y 4.500 €, pero la inversión sería del mismo orden que la instalación de un horno con postcombustor, y no se obtendría el ahorro de costes de operación que se logra con el cambio de horno, sino un incremento de los mismos.

#### (b) Lavador húmedo

Un lavador húmedo, para el caudal indicado, requiere una inversión aproximada de 60.000 €, pero la potencia de sus sistemas de impulsión sería de 120 kW. Esto supone unos elevados costes de operación, de aproximadamente 6.400 € anuales si se tiene en cuenta operación y mantenimiento. A esto hay que añadir el manejo de un consumo de agua y unos efluentes de aproximadamente 0,450-0,700 m<sup>3</sup> por cocción, efluentes que, en principio, podrían emplearse en el amasado de la arcilla, en cuyo caso no existirían problemas de vertidos.

#### (c) Conducción y tratamiento de los gases

Con la conducción de los gases los caudales a tratar serían muy inferiores a los indicados en los casos anteriores, por lo que tanto el coste de los equipos como el coste de operación sería mucho menor.

En estas condiciones se estima que, para una cocción que requiera combustión durante 10 horas y considerando un consumo de 2.500 kg de leña por cocción, el caudal de gas a tratar sería menor, por lo que, si se trabajara en esta forma, se podría emplear un equipo compacto y de bajo coste, pudiéndose optar, tanto por un sistema de filtración, como por un equipo de lavado húmedo. En el caso de emplear un filtro de mangas el coste sería de aproximadamente 40.000 € y muy bajos costes de operación.

El empleo de un sistema adecuado de filtración requeriría garantizar temperaturas inferiores a 200°C, pero con los caudales indicados, es fácil garantizar dicha temperatura.

En el caso de un lavador húmedo el coste estaría entre 14.000 y 22.000 € una vez finalizada la fase de investigación y desarrollo necesaria para su diseño. El consumo de energía eléctrica para la impulsión de los gases sería despreciable, del orden de 20 € por cocción. El consumo de agua sería bajo, con unos efluentes que se pueden añadir a la arcilla en el amasado.

El empleo de este sistema, si llegase a funcionar adecuadamente, requeriría una inversión muy baja en comparación con el resto de soluciones, permitiría a los alfareros continuar su actividad con escasos cambios en su forma de operar y se mantendría el uso de un combustible como la biomasa, cuyo consumo se pretende fomentar por las ventajas ambientales que tiene asociadas, entre las que destaca el no generar emisiones de CO<sub>2</sub>.

### 6.3.3.3. Conclusiones

Las alternativas de solución del problema asociado al empleo de este tipo de hornos admiten dos actuaciones básicas: una es la sustitución de los hornos morunos por hornos de gas/gasoil y otra, de eficacia bastante más incierta, la instalación de un sistema de depuración de gases.

La sustitución de los hornos morunos por hornos de gas/gasoil tiene, a su vez, un efecto no deseado en referencia al empleo de combustibles renovables que propugna el Plan Energético de Andalucía.

La instalación de un sistema de depuración de gases mediante el empleo de campanas de captación supone gastos del mismo orden que la sustitución de los hornos, pero además, se producen incrementos significativos de los gastos de explotación, por lo que esta vía, en principio, no es económicamente interesante en comparación con la posibilidad de la sustitución del tipo de horno. El importante coste de inversión y operación se debe a que la dilución de los gases que se produce en su captación obliga al empleo de equipos de gran tamaño y a elevados consumos energéticos.

La tercera opción, que implica una modificación importante en la forma de operar los hornos, ya que se pasaría de operar con un tiro natural al empleo de un tiro inducido y regulación mediante válvulas de la operación, no se puede considerar como una alternativa viable en la actualidad, aunque se mantiene en este documento por si futuras pruebas permitiesen resolver los problemas técnicos existentes hasta el momento. El lavado húmedo asociado a esta opción se presentaría como el sistema más interesante, dado su bajo coste y la posibilidad de emplear los fangos que se generan en el amasado de la arcilla, algo en lo que los alfareros con los que se ha contactado no ven inconveniente alguno.

## 6.4. Resumen costes de inversión

### 6.4.1. Medidas externas

Son las medidas correspondientes a los titulares de las propias instalaciones industriales o las orientadas a disminuir la emisión de contaminantes.

A continuación, se presentan unas tablas con el resumen de los costes de inversión necesarios para cada una de las medidas de mejora aplicables en exteriores, cerámicas industriales y artísticas, respectivamente:

COSTES DE INVERSIÓN (€) EN MEDIDAS DE MEJORA EN EXTERIORES				
IRIEGO EN EXTERIORES				
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Separación entre aspersores (m)	0,5 km	1 km	2 km
0,2	9	6.161,35	13.085,44	32.492,15
0,36	12	7.400,63	14.24,81	42.850,95
0,5	15	7.206,46	16.642,61	41.076,33
1	18	7.890,23	23.292,33	43.020,88
ACONDICIONADO Y REPARACIÓN DE CAMINOS				
		€/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	€
Arreglo caminos especiales		20,9	27.500	574.750
Arreglo resto caminos		14	117.500	1.645.000
BARREDORAS				
Barredora 450 l			49.189	
Barredora 2500 l			88.321	

COSTES DE INVERSIÓN (€) EN MEDIDAS DE MEJORA EN INSTALACIONES DE CERÁMICA INDUSTRIAL							
MEDIDAS DE MEJORA EN PROCESOS DE PREPARACIÓN DE MATERIAS PRIMAS							
Sistemas captación de polvo	1			2	3	4	
	Punto captación			Puntos	Puntos	Puntos	
	1.000 m <sup>3</sup> /h	1.800 m <sup>3</sup> /h	2.700 m <sup>3</sup> /h	3.700 m <sup>3</sup> /h	5.500 m <sup>3</sup> /h	7.500 m <sup>3</sup> /h	10.000 m <sup>3</sup> /h
	8.147	9.288	10.314	17.963	25.336	32.691	36.0811
MEDIDAS DE MEJORA EN HORNOS							
		15.000 m <sup>3</sup> /h	25.000 Nm <sup>3</sup> /h	35.000 m <sup>3</sup> /h			
Cambio a gas natural horno tipo túnel		36.828	50.037	61.230			
Cambio a gas natural horno tipo Hoffmann		147.312	200.146	244.920			
Coque de bajo azufre	Electrofiltro	271.705	374.400	462.437			
	Filtro mangas	143.826	164.498	185.183			
	Venturi Scrubber	39.283	49.665	61.790			
Desulfuración Seca	Electrofiltro	284.186	430.999	565.408			
	Filtro mangas	207.199	312.066	408.071			
Desulfuración Semiseca	Electrofiltro	298.917	445.731	580.139			
	Filtro mangas	221.930	326.797	422.803			
Desulfuración Húmeda		200.713	270.072	301.376			

COSTES DE INVERSIÓN (€) EN MEDIDAS DE MEJORA EN INSTALACIONES DE CERÁMICA ARTÍSTICA		
Cambio a horno de gas (18 m <sup>3</sup> )	Con postcombustión	110.000
	Sin postcombustión	87.000
Campanas de aspiración	Filtro de mangas	200.000
	Lavador húmedo	60.000
Conducción	Filtro de mangas	40.000
	Lavador húmedo	22.000

De la aplicación de estos costes a la situación de Bailén, resultan los siguientes costes de inversión globales, entendiendo como tales los derivados de la aplicación a cada una de las instalaciones afectadas de la propuesta más aconsejable:

CONCEPTO	IMPORTE (€)
RIEGO POR ASPERSIÓN EN CANTERAS	242.000 <sup>1</sup>
ACONDICIONADO CAMINOS <sup>2</sup>	2.219.750
ADQUISICIÓN BARREDORA DE 2.500 litros	88.321
SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE POLVO EN CERÁMICAS <sup>3</sup>	836.000 a 1.165.410
SISTEMAS DE ABATIMIENTO DE EMISIONES EN CERÁMICA INDUSTRIAL <sup>4</sup>	12.000.000 a 15.500.000
SISTEMAS DE ABATIMIENTO DE EMISIONES EN CERÁMICA ARTESANAL <sup>5</sup>	1.408.000

No obstante, las instalaciones podrían optar por otras soluciones, como la sustitución de los hornos Hoffmann por hornos túnel. A título informativo, se ofrecen datos aproximados del coste de un horno túnel, en función de su capacidad de producción:

- Horno túnel de 80.000 t/a : 6.600.000 €
- Horno túnel de 25.000 t/a : 3.500.000 €

En lo que respecta a la cerámica artesanal y, en concreto, a los hornos morunos, el cambio de horno es una opción que se puede considerar también, con los siguientes datos económicos:

- Cambio a horno de gas de 18 m<sup>3</sup>: 87.000 a 110.000 € en función de que tengan instalación de postcombustión o no.

#### 6.4.2. Medidas internas

Son las que corresponderían a la Consejería de Medio Ambiente y que, en gran parte, se encuentran ya en ejecución. En su mayoría, tienen como objeto el diagnóstico de la situación actual, la elaboración de estudios tendentes a la propuesta de medidas de mejora y la vigilancia de la calidad del aire:

- Estudios para elaboración del Plan: 239.000 €
- Estación de medida de la calidad del aire (inversión): 120.000 €
- Estación de medida de la calidad del aire (operación/mantenimiento): 18.000 €/año
- Campañas especiales de medida (Unidades móviles y tubos pasivos): 160.430 €
- Convenios con Universidades: 90.000 €

Por otro lado, en relación con el apoyo técnico para la adaptación ambiental de la empresa, esta Consejería está desarrollando un Plan de Evaluación de las Necesidades de Adaptación Ambiental que abarca un total de 58 empresas del sector cerámico ubicadas en el municipio de Bailén. Hasta la fecha se han evaluado un total de 24 empresas. El coste total de las evaluaciones realizadas hasta la fecha asciende a 350.000 €, de un presupuesto previsto de 700.000 €.

<sup>1</sup> Suponiendo 7 canteras con un total de 11 km de longitud de riego

<sup>2</sup> Suponiendo 8,10 x 10 km<sup>2</sup> de asfaltado

<sup>3</sup> Suponiendo 46 instalaciones con dos a tres puntos de captación cada una

<sup>4</sup> Suponiendo que no optan por cambios de horno Hoffmann a Túnel, cuyos datos se exponen más tarde

<sup>5</sup> Suponiendo que no optan por cambiar de horno moruno a horno de gas/gasóleo, cuyos datos se dan a continuación

Por tanto, el coste total mínimo que el Plan tendrá para la consejería de medio Ambiente ascenderá a más de 1.000.000 €, cantidad que se verá incrementada con las partidas correspondientes a subvenciones y a los incrementos en vigilancia y control.

#### 6.5. Estimación de la mejora de la calidad del aire que se espera conseguir y del plazo previsto para alcanzar estos objetivos

El plazo previsto para la implantación de las medidas es de 12 meses desde la aprobación y entrada en vigor del Plan, tras lo cual se espera que los niveles de calidad del aire sean inferiores a los establecidos en la normativa de aplicación. En caso contrario, se procedería a elaborar una segunda fase del Plan.

Dado que una de las medidas más importantes del Plan consiste en la disminución de la emisión de partículas en hornos, se pretende con ello reducir los niveles de metales en aire ambiente, minimizando el riesgo de que se produzcan superaciones de los valores que se fijen en la futura cuarta Directiva Hija.

Información sobre las posibles medidas no realizadas y las medidas a largo plazo previstas o consideradas

En caso de no ser suficiente las medidas anteriormente previstas al objeto de la reducción de los niveles de partículas por debajo de los límites propuestos por la Consejería de Medio Ambiente, así como de SO<sub>2</sub> hasta niveles similares a otras zonas industriales de Andalucía, se procedería al análisis para la adopción de cualquier otra medida que en su momento se estime necesaria.

## 7. Fuentes de Financiación

### 7.1. Ayudas a favor del medio ambiente

La financiación del Plan de Calidad Ambiental de Bailén se lleva a cabo a través de los presupuestos de la Junta de Andalucía y el Ayuntamiento de Bailén, además de las propias aportaciones de los titulares de las instalaciones contaminantes. Alguna de las medidas previstas en el presente Plan ya se han iniciado o ejecutado con anterioridad a la aprobación del presente Decreto, aunque siguiendo las previsiones de los distintos borradores del Plan, ya que tanto las Administraciones implicadas, como los titulares de las actividades industriales de la zona, conscientes del problema medioambiental, han anticipado ciertos proyectos de mejora de la calidad del aire.

Por parte de la Junta de Andalucía intervienen las Consejerías de Medio Ambiente, Innovación, Ciencia y Empresa, y Agricultura y Pesca. Las aportaciones de estas Consejerías provienen parcialmente de fondos europeos contemplados tanto en el Programa Operativo Integrado de Andalucía 2000-2006, dentro del Marco Comunitario de Apoyo, y se refieren tanto a fondos FEDER como a FEOGA-Orientación, como en las previsiones del próximo Marco

El Decreto 23/2001, de 13 de Febrero, establece y unifica las bases que regulan todas las ayudas a favor del medio ambiente que la Administración de la Junta de Andalucía puede conceder con el objeto de fomentar la adopción por parte de las empresas de medidas destinadas, entre otras, a la protección del medio ambiente.



La Orden de la Consejería de Medio Ambiente, de 12 de Julio de 2002, constituye una norma de desarrollo de dicho Decreto 23/2001, y su objeto es desarrollar las bases reguladoras para la concesión de ayudas a las inversiones que facilitan la mejora gradual de la calidad del medio ambiente, estableciendo para ello unos cauces que motiven a las empresas a invertir para que sus instalaciones, sus equipos y procesos de producción superen las obligaciones de la normativa comunitaria en materia de protección del medio ambiente. En este sentido, en su artículo 7, dispone la publicación anual de convocatorias en las que se establecen los sectores destinatarios de las ayudas previstas, así como las medidas concretas de adaptación ambiental que para cada caso fuesen susceptibles de obtener subvención.

### *APORTACIONES DE LAS DIFERENTES CONSEJERÍAS*

La Consejería de Medio Ambiente subvenciona las instalaciones de captación y de tratamiento de partículas y SO<sub>2</sub> en los hornos e instalaciones de molienda existentes, así como el cambio de quemadores a gas en hornos y el arreglo de caminos internos de las instalaciones cerámicas, con una suma total de 4.694.000 euros, correspondientes a una inversión total de 12.168.000 euros.

La Consejería de Agricultura y Pesca podrá subvencionar al Ayuntamiento de Bailén, al amparo de la Orden de 22 de mayo de 2002, por la que se establecen las normas de desarrollo y abono de las ayudas a las infraestructuras agrarias establecidas en el Decreto 280/2001, de 26 de diciembre, el acondicionamiento y reparación de caminos rurales hasta un máximo de 888.000 euros.

La Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa apoyará el cambio de horno, tanto en cerámica industrial como artesanal, siempre que dicho cambio lleve asociado, además de una mejora medioambiental, una mejora sustancial de la eficiencia energética, de acuerdo con lo previsto en la Orden de 18 de julio de 2005, por la que se establecen las bases reguladoras de un programa de incentivos para el desarrollo energético sostenible de Andalucía y se efectúa su convocatoria para los años 2005 y 2006. Asimismo las empresas podrán acogerse a la Orden de 24 de mayo de 2005, de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, por la que se establecen las bases reguladoras de un programa de incentivos para el fomento de la innovación y el desarrollo empresarial en Andalucía y se efectúa su convocatoria para los años 2005 y 2006.

### **Consejería de Medio Ambiente**

Las aportaciones de la Consejería de Medio Ambiente se encuadran, hasta el año 2006, en el Programa Operativo Integrado de Andalucía antes mencionado, concretamente, en el apartado referente al Eje 1, "Mejora de la competitividad y desarrollo del tejido productivo", Medida 1, "Apoyo a empresas industriales, comerciales y de servicios".

Entre las actuaciones previstas dentro del citado apartado, se enmarca la destinada a "Fomento de la Adaptación Ambiental de la Empresa", donde quedan incluidas las aportaciones previstas para el Plan de Mejora de la Calidad del Aire de Bailén.

Los tipos de ayudas contemplados en dicha actuación son:

- Ayudas a las actuaciones empresariales dirigidas a reducir la contaminación por debajo de los límites legalmente requeridos.

- Apoyo técnico para la adaptación ambiental de la empresa mediante el desarrollo de planes sectoriales destinados a detectar las necesidades de adaptación ambiental y proponer las medidas necesarias para ello.

Dentro de las medidas destinadas a la reducción de la contaminación del sector cerámico y orientadas por el proceso de elaboración del Plan, la Consejería de Medio Ambiente ha publicado las siguientes órdenes de subvenciones:

- Orden 7 de noviembre de 2003, por la que se convocan ayudas a las inversiones para la instalación de sistemas de eliminación de contaminantes a la atmósfera en la industria de productos cerámicos. (BOJA nº 227 de 2003), siendo subvencionables las siguientes medidas:

- Sistemas de captación de partículas con un diámetro crítico de corte de 1µm para su instalación en salida del horno, así como, en los circuitos de transporte de material.
- Sistemas de desulfuración de gases en chimeneas.
- Asfaltado de las vías de acceso privadas asociadas a los centros de producción.
- Instalaciones de riego en las vías de acceso privadas asociadas a los centros de producción para minimizar la generación de polvo.

- Orden de 17 de mayo de 2004, por la que se convocan ayudas a las inversiones para la instalación de sistemas de eliminación de contaminantes en emisiones canalizadas a la atmósfera en la industria de productos cerámicos. (BOJA nº 105 de 2004), siendo subvencionables las siguientes medidas:

- Sistemas de captación de partículas con un diámetro crítico de corte de 1µm para su instalación en salida de hornos.
- Lavador húmedo de gases para su instalación en salida de hornos.
- Sustitución de sistemas de alimentación y quemadores de combustible para la utilización de gas natural en hornos.
- Instalación de cámara de postcombustión a gas natural para la eliminación de CO e inquemados.

Entre ambas órdenes, se concede un total de 675.000 € en concepto de subvención, para una inversión total de 1.350.000 €, teniendo en cuenta únicamente las empresas ubicadas en el municipio de Bailén.

- Orden de 27 de enero de 2005, por la que se convocan ayudas a la inversión para la reducción de emisiones de partículas y SO<sub>2</sub> a la atmósfera en industrias situadas en zonas para las que se haya acordado la formulación de planes de mejora de la calidad ambiental (BOJA nº 34, de 17 de febrero), siendo subvencionables:

- Inversiones destinadas a la reducción de emisiones de partículas y SO<sub>2</sub> a la atmósfera que supongan una mejora sobre el cumplimiento de la normativa medioambiental. En tal sentido, será subvencionable la instalación de sistemas de para su instalación en salida de hornos, así

como, la sustitución de sistemas de alimentación y quemadores de combustible para la utilización de gas natural en hornos.

- Acciones asociadas a la fase de planificación de las anteriores medidas, exclusivamente para PYMES.

Se destinará la cantidad de 4.018.000 € para ayudas a las inversiones del sector cerámico de Bailén que se acojan a esta última Orden.

Siguiendo con la línea de ayudas al sector cerámico, la Consejería de Medio Ambiente ha concedido una subvención a la Asociación Empresarial Comarcal de Bailén (ASECOB), al amparo de la Orden de 26 de noviembre de 2002, por la que se establecen las bases reguladoras para la concesión de subvenciones y ayudas públicas de la Consejería de Medio Ambiente, por un importe de 65.640 €, para el desarrollo de un sistema de lavado de gases apto para la depuración de los gases emitidos por los hornos morunos. Igualmente, se ha concedido otra subvención, esta vez de carácter excepcional, a ASECOB, para el desarrollo de un sistema de desulfuración de gases y abatimiento de partículas en cerámica industrial, por valor de 194.987 €. Actualmente, estos trabajos se encuentran en ejecución y pretenden dar una solución tecnológica a los problemas de emisiones contaminantes a la atmósfera que presentan los hornos cerámicos.

## 7.2. Ayudas a la inversión en eficiencia energética

Una de las alternativas para paliar la contaminación en la zona de Bailén es la sustitución de los hornos morunos, en cerámica artística, y de los hornos Hoffmann, en cerámica industrial, por otros tipos de hornos que emplean otros combustibles y generan emisiones menores, además de ser más eficientes desde el punto de vista energético.

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), concede ayudas, dentro de la Línea ICO-IDAE por proyectos de Energía Renovables y Eficiencia Energética, a todos los proyectos de inversión en activos fijos nuevos destinados al aprovechamiento de las fuentes en energías renovables o a la mejora de la eficiencia energética: instalaciones, equipos y gastos necesarios para su puesta en marcha (ingeniería, seguros, transporte, etc.).

También en este mismo ámbito, existe la Orden de 18 de julio de 2005, por la que se establecen las bases reguladoras de un programa de incentivos para el desarrollo energético sostenible de Andalucía y se efectúa su convocatoria para los años 2005 y 2006. Podrán acogerse a esta Orden aquellos proyectos que cumplan los requisitos de ahorro y eficiencia energética que contempla la misma.

## 8. Plan de Vigilancia del término municipal de Bailén

Tras la puesta en marcha de las medidas correctoras aprobadas en el Plan de Mejora de la Calidad del Aire del término municipal de Bailén, entrará en funcionamiento el Plan de Vigilancia. Este Plan tendrá como objetivo principal evaluar la calidad del aire en la zona, para verificar la reducción efectiva en los niveles de inmisión de partículas y SO<sub>2</sub>.

### 8.1. Control de los niveles de inmisión

Para el control de los niveles de partículas y SO<sub>2</sub> en inmisiones, se llevarán a cabo campañas similares a las realizadas hasta la fecha, tales como:

- Campañas de captadores difusivos  
Al menos serán necesarias dos campañas por año, una en invierno y otra en verano, de modo que quede registrada la posible influencia de la climatología de la zona en las medidas realizadas. La ubicación de los captadores se llevará a cabo utilizando la técnica de Grid, considerando de modo especial aquellos puntos para los que se obtuvieron mayores niveles en campañas anteriores. Los resultados obtenidos permitirán no solo localizar aquellas zonas de Bailén en la que la calidad del aire sea más deficiente, sino también evaluar la representatividad de las ubicaciones de las estaciones de medición fijas. Recogida de filtros en captadores de bajo, medio o alto volumen para partículas y metales. Lo más adecuado sería la realización de una medición por semana (50 datos mínimos), más dos campañas de 3 o 4 filtros en invierno y verano. Las campañas de recogida de filtros en captadores manuales de bajo, medio o alto volumen para partículas y metales, aportarán medidas indicativas para la evaluación de la calidad del aire en la zona.
- Unidades móviles.  
La Unidad Móvil dotada con sensores de O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>, PM<sub>10</sub> y NO<sub>2</sub>, así como con una estación meteorológica que mide dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad, presión barométrica, lluvia y radiación solar; realizará un total de 6 campañas durante el primer año posterior a la entrada en vigor de las medidas correctoras. La elección de los puntos de ubicación de la Unidad se realizará teniendo en cuenta los criterios establecidos de macro y microimplantación orientados para protección de la salud humana; prestando siempre especial atención a las zonas identificadas como más conflictivas en campañas anteriores.
- Métodos basados en la Absorción Diferencial a lo largo de un camino Óptico D.O.A.S (Differential Optical Absorption Spectrometry).  
En la actualidad ya se encuentra instalado en la zona un sistema de monitorización mediante la técnica DOAS.
- Mediciones fijas.  
La estación remota ubicada en Bailén está dotada de sensores de SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, así como de una estación meteorológica que mide dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad y radiación solar. La comparación de los datos obtenidos de las campañas anteriormente descrita, con los datos aportados por esta estación; determinará si es necesaria la reubicación de la estación o incluso la instalación de otra estación adicional.

## 8.2. Control de los niveles de emisión

Tras la aplicación de las medidas correctoras para disminuir las emisiones de los hornos de cocción, será necesario evaluar el correcto funcionamiento de las mismas así como la reducción efectiva de las emisiones hasta niveles inferiores a los propuestos. Para ello, todas las efluentes de instalaciones de combustión deberán evacuarse a través de conductos que permitan la medición de los niveles de emisión.

Para poder evaluar la efectividad de las medidas adoptadas, así como para determinar la representatividad de las mediciones realizadas durante las inspecciones, todas las actividades afectadas deberán disponer de un libro de registro, en soporte papel o informático, en el que deben anotar todos los datos relevantes de operación. El contenido de este libro será establecido por la Consejería de Medio Ambiente.

Por tanto, en lo referente al control de las emisiones, se llevarán a cabo las siguientes medidas:

- Unidades móviles de medida de emisiones de la Consejería de Medio Ambiente.  
Se pretende que, en el plazo más breve posible tras la implantación de las medidas, se puedan inspeccionar todas las instalaciones afectadas. Los resultados de la medición serán analizados y cotejados con los datos de mediciones previas a la instalación de los equipos de reducción de emisiones, determinando así la reducción alcanzada en los niveles de emisiones.
- Medidas por Entidad Colaboradora de la Consejería de Medio Ambiente y Autocontroles.  
Igualmente, se procederá a la comparación de los resultados de las mediciones por Entidad Colaboradora de la Consejería de Medio Ambiente y los Autocontroles, antes y después de la aplicación de las medidas correctoras. Los autocontroles serán fijados por la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente en Jaén, tanto en lo referente a su frecuencia como a su contenido

Se establece el siguiente calendario para medición por Entidad Colaboradora de la Consejería de Medio Ambiente:

### Cerámica industrial:

Puesta en marcha tras las modificaciones: 5 días de inspección por Entidad Colaboradora de la Consejería de Medio Ambiente.

Inspección periódica por Entidad Colaboradora de la Consejería de Medio Ambiente:

1. Combustible sólido: 2 inspecciones anuales, durante el primer año. A partir del primer año, si los resultados son aceptables, inspección anual.
2. Combustible gaseoso o líquido: una inspección cada tres años.

### Cerámica artesanal:

Inspección periódica por Entidad Colaboradora de la Consejería de Medio Ambiente:

1. Combustible sólido: 1 inspección anual por ECCMA, durante los dos primeros años. A partir del tercer año, si los resultados de los dos años anteriores son aceptables, inspección trienal.
2. Combustible gaseoso o líquido: una inspección por ECCMA cada tres años.

- Monitorización en continuo:  
Podría ser exigida por la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente en Jaén como medida de autocontrol, cuando los datos disponibles así lo aconsejen.

### Emisiones fugitivas de partículas:

Las Administraciones competentes velarán porque no se desarrollen actividades que puedan emitir partículas fugitivas al ambiente, si no se han tomado las medidas de minimización adecuadas. En particular, se prestará una especial atención a lo referente al riego de canteras, limpieza de viales y caminos, cubrición y limpieza de camiones y protección de los acopios de materiales pulverulentos

## 9. Bibliografía

- "Guía Tecnológica del Sector Cerámico". Ministerio de Industria y Energía.
- "Informe medioambiental del sector de fabricación de productos cerámicos en Andalucía". Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- "Análisis del material particulado en suspensión en Bailén". Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera" CSIC (Abril 2003).
- J. DE LA ROSA (Junio 2003), Departamento de Geología de la Universidad de Huelva e Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera" CSIC: "Estudio de las arcillas usadas en la industria ladrillera y cerámica en Bailén".
- J. DE LA ROSA (Octubre 2003), Departamento de Geología de la Universidad de Huelva: "Estudio del material particulado atmosférico de focos industriales en Bailén".
- J. DE LA ROSA (Junio 2004), Departamento de Geología de la Universidad de Huelva: "Composición química y caracterización mineralógica del material particulado atmosférico de focos industriales".
- JIMÉNEZ MILLÁN, J., y VÁZQUEZ VÍLCHEZ, M. (2002), Departamento de Geología (Universidad de Jaén): "La industria cerámica en la provincia de Jaén".
- GALÁN, E. (1998), Universidad de Sevilla: "Estimación de las emisiones de flúor, cloro y azufre producidas durante la cocción de arcillas cerámicas en la industria ladrillera de Bailén. Parámetros que influyen y posibilidades de reducción de la contaminación". Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- "Estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado en España (2001)". Instituto de Ciencias de la Tierra, CSIC. Ministerio de Medio Ambiente.
- "Metodología para la evaluación del impacto de episodios naturales en los niveles de PM<sub>10</sub>". Grupo de Trabajo de la Comisión Europea sobre partículas atmosféricas en suspensión.

- "Aporte de partículas de origen africano a los niveles registrados en la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire Ambiente". Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- "Guía Metodológica para el Desarrollo de Inventarios de Emisiones elaborada por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía de cara al IV Seminario sobre la Calidad del Aire en España".
- "Atmospheric Emission Inventory Guidebook (EMEP/CORINAIR)".
- "Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP 42-EPA)".
- "Uncontrolled Emission Factor Listig for Criteria Air Pollutants (EPA)".
- "Emission Estimation Technique Manuals (National Pollutant Inventory de Australia –NPI-)".
- "Factor Information Retrieval (FIRE) versión 6.23 (EPA)".
- Red de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica de Andalucía (Centro de Datos). Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- Inspecciones de Prevención y Control Integrado de la Contaminación.
- "Estudio de población preliminar (Agenda Local 21)". Excmo. Ayuntamiento de Bailén.
- "Directorio Económico-Financiero". Editorial Ardán.
- Control de Balances de Andalucía.
- Inventario de Emisiones de Andalucía.
- Instituto de Estadística de Andalucía.
- Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía.
- Atlas de Andalucía.
- Excmo. Ayuntamiento de Bailén.
- T. NUSSBAUMER, 2004: "Relevance of aerosol for the air quality in Switzerland".
- F. EBERT, 2004: "Particle separation for biomass combustion".
- D.J. STEVENS, 2001: "Hot gas conditioning: recent progress with larger-scale biomass gasification systems".
- "An evaluation of air pollution control technologies for small wood-fired boilers". Vermont Department of Public Service, 2001.