

PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD DEL
AIRE DE LA AGLOMERACIÓN BAHÍA DE
CÁDIZ



RESUMEN EJECUTIVO

0. Resumen ejecutivo

La contaminación atmosférica es uno de los principales problemas medioambientales a los que es necesario hacer frente debido a su incidencia directa en la salud humana. Las afecciones que causa están asociadas, principalmente, a los sistemas respiratorio y cardiovascular. Los grupos de población más afectados son las personas de avanzada edad, las mujeres embarazadas, los niños y las personas con enfermedades respiratorias o cardiovasculares crónicas.

Las Administraciones responsables han desarrollado normativa tanto para lograr la reducción de las emisiones como para disminuir los niveles de contaminantes permitidos en el aire ambiente. En este sentido, las Administraciones competentes deben adoptar planes y programas para la mejora de la calidad del aire y el cumplimiento de los objetivos de calidad del aire en su ámbito territorial, así como para minimizar o evitar los impactos negativos de la contaminación atmosférica, en los casos en que se registren superaciones de los niveles máximos permitidos de determinados contaminantes atmosféricos.

En Andalucía, los datos registrados de partículas menores de 10 micras (PM_{10}) durante el periodo 2003-2010 en las estaciones de medida de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio (RVCCAA), ponen de manifiesto niveles superiores de los valores límite incrementados por el margen de tolerancia para los años 2003 y 2004, mientras que durante el periodo 2005-2010, en varias zonas se han incumplido los valores límite tanto diario como anual, cuya fecha inicial de cumplimiento era el año 2005.

Entre las zonas en las que se ha dividido Andalucía y donde se han superado los valores legales de PM_{10} , se encuentra la zona Bahía de Cádiz. En este capítulo, se realiza un resumen del Plan de mejora de la calidad del aire propuesto para esta zona, que se encuentra ampliamente desarrollado en los capítulos posteriores. El objetivo, por tanto, es contextualizar el problema a resolver, identificando las causas que lo generan, cuantificar los objetivos de reducción a alcanzar y comprobar si con las medidas existentes, dichos objetivos se alcanzan.

0.1 Marco legislativo aplicable

El marco jurídico inicial en el que se desarrolla el presente Plan de Mejora de la Calidad del Aire viene establecido por la Directiva 96/62/CE, del Consejo, de 27 de septiembre de 1996, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente (Directiva Marco), mediante la que se instituyen las bases de una estrategia común en el ámbito de la Unión Europea. Entre los fines principales de la Directiva 96/62/CE, figuran definir y establecer objetivos de calidad del aire ambiente para los distintos contaminantes, introduciendo métodos y criterios comunes de evaluación. Asimismo, recoge la obligación, por parte de los organismos competentes, de delimitar sus territorios en diferentes zonas homogéneas en cuanto a la calidad del aire y de realizar una valoración preliminar en cada una de ellas. Igualmente, establece la necesidad de disponer de información adecuada y de procurar que dicha información se encuentre a disposición de la ciudadanía.



En relación con el control de la calidad del aire, la Directiva Marco prevé la elaboración y aplicación de planes o programas de actuación. Así, el artículo 8.3 establece que en las zonas y aglomeraciones en que los niveles de uno o más contaminantes rebasen el valor límite incrementado por el margen de exceso tolerado, los Estados Miembros tomarán medidas para garantizar la elaboración o la aplicación de un plan o programa que permita regresar al valor límite dentro del plazo fijado.

La Directiva Marco se desarrolla mediante normas específicas, denominadas Directivas Hijas, referentes a determinados contaminantes. Así, la Directiva 1999/30/CE del Consejo, de 22 de abril de 1999, es la relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente.

En el ámbito de la normativa comunitaria, también es necesario hacer mención a la nueva Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. Ésta supone la revisión, a la luz de los últimos avances científicos y sanitarios, y de la experiencia de los Estados Miembros, de la normativa europea mencionada, incorporando Directivas anteriores, con el fin de ofrecer mayor simplificación y eficacia normativa para el cumplimiento de los objetivos de mejora de la calidad del aire ambiente.

La nueva Directiva 2008/50/CE se transpone al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

A partir de lo anterior, los valores límite aplicables para la concentración de PM₁₀ en el aire ambiente se muestran en la tabla siguiente, siendo la superación de los mismos el origen de la elaboración del presente Plan de Mejora de la Calidad del Aire.

Tabla 0.1. Valores límite con respecto a las partículas PM₁₀ (µg/m³) en condiciones ambientales

| VALORES LIMITE CON RESPECTO A LAS PARTICULAS PM ₁₀ (µg/m ³) EN CONDICIONES AMBIENTALES | | | |
|---|---------------------|--|--|
| | Período de promedio | Valor límite | Fecha de cumplimiento del valor límite |
| Valor límite diario para la protección de la salud humana | 24 horas | 50 µg/m ³ de PM ₁₀ que no podrán superarse en más de treinta y cinco ocasiones por año | 1 de Enero de 2005 |
| Valor límite anual para la protección de la salud humana | Un año civil | 40 µg/m ³ de PM ₁₀ | 1 de Enero de 2005 |

0.2 Descripción de la Zona Bahía de Cádiz

El Plan de Mejora de la Calidad del Aire de la Aglomeración Bahía de Cádiz afecta a los siguientes municipios:

Tabla 0.2. Zona Bahía de Cádiz

| CÓDIGO ZONA | DENOMINACIÓN | MUNICIPIOS |
|-------------|----------------|---|
| ES0117 | Bahía de Cádiz | Cádiz, El Puerto de Santa María, Puerto Real y San Fernando |



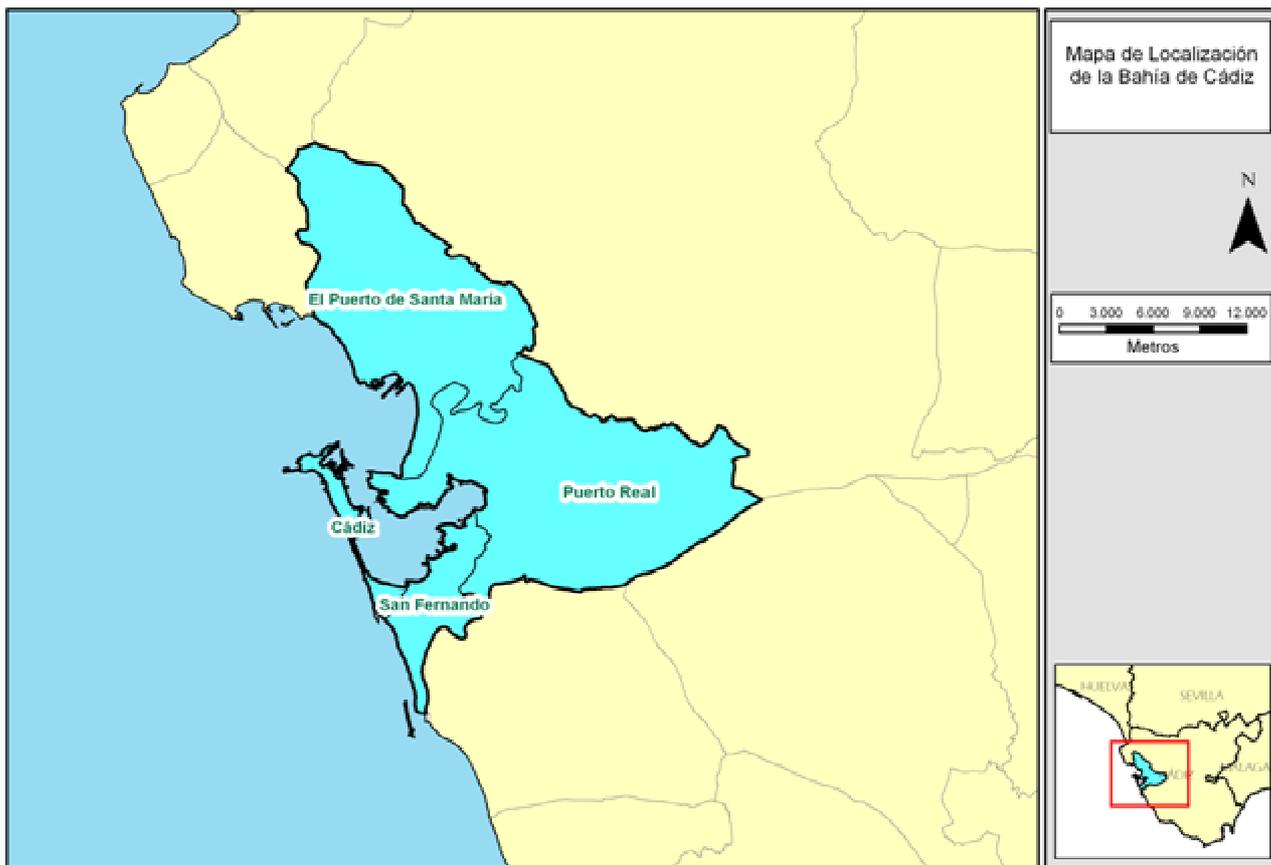


Figura 0.1. Municipios que componen la zona de evaluación Bahía de Cádiz.

Los datos de superficie y población se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 0.3. Superficie y población de Bahía de Cádiz.

| SUPERFICIE (km ²) IEA, 2003 | POBLACIÓN (PADRÓN IEA, 2008) |
|---|------------------------------|
| 399,5 | 349.291 |

0.3 Evaluación de la calidad del aire en la Zona Bahía de Cádiz

0.3.1 Descripción de los sistemas de medida empleados

Los distintos métodos de evaluación de la calidad del aire ambiente que establece la normativa vigente son las mediciones fijas, mediciones indicativas, modelización y estimaciones objetivas.

En la zona de estudio, se han empleado principalmente las mediciones fijas, aunque se ha complementado con mediciones indicativas mediante muestreos con captadores difusivos y campañas de medidas de la Unidad Móvil de Calidad del Aire.

Como mediciones fijas, se entiende todas aquellas medidas realizadas en emplazamientos fijos, bien de forma continuada, bien mediante un muestreo aleatorio, con el propósito de determinar los niveles de conformidad con los objetivos de calidad de los datos.

La Comunidad Autónoma andaluza cuenta con una red de estaciones fijas que permite realizar un seguimiento de los niveles de los más importantes contaminantes atmosféricos en las principales áreas urbanas e industriales, extendiéndose dicho control a la totalidad del territorio andaluz.

En la tabla siguiente, se muestra la Red de Estaciones para el periodo de evaluación considerado (2003-2008) y para la zona que abarca el ámbito de aplicación del Plan Bahía de Cádiz.

Tabla 0.4. Estaciones de la RVCCAA

| ESTACIONES DE LA RVCCAA | | | | | | |
|-------------------------|-----------|--------------|-------------|-----------|-------------|---------|
| ESTACIÓN | PROVINCIA | MUNICIPIO | TIPO FUENTE | TIPO ZONA | COORDENADAS | |
| | | | | | UTMX | UTMY |
| Avda. Marconi | Cádiz | Cádiz | Urbana | Tráfico | 207371 | 4045250 |
| Río San Pedro | Cádiz | Puerto Real | Urbana | Fondo | 211322 | 4046984 |
| San Fernando | Cádiz | San Fernando | Suburbana | Fondo | 213072 | 4040012 |

En la figura siguiente, se muestra la ubicación de las estaciones anteriores utilizadas en la evaluación de la zona en el periodo de estudio.

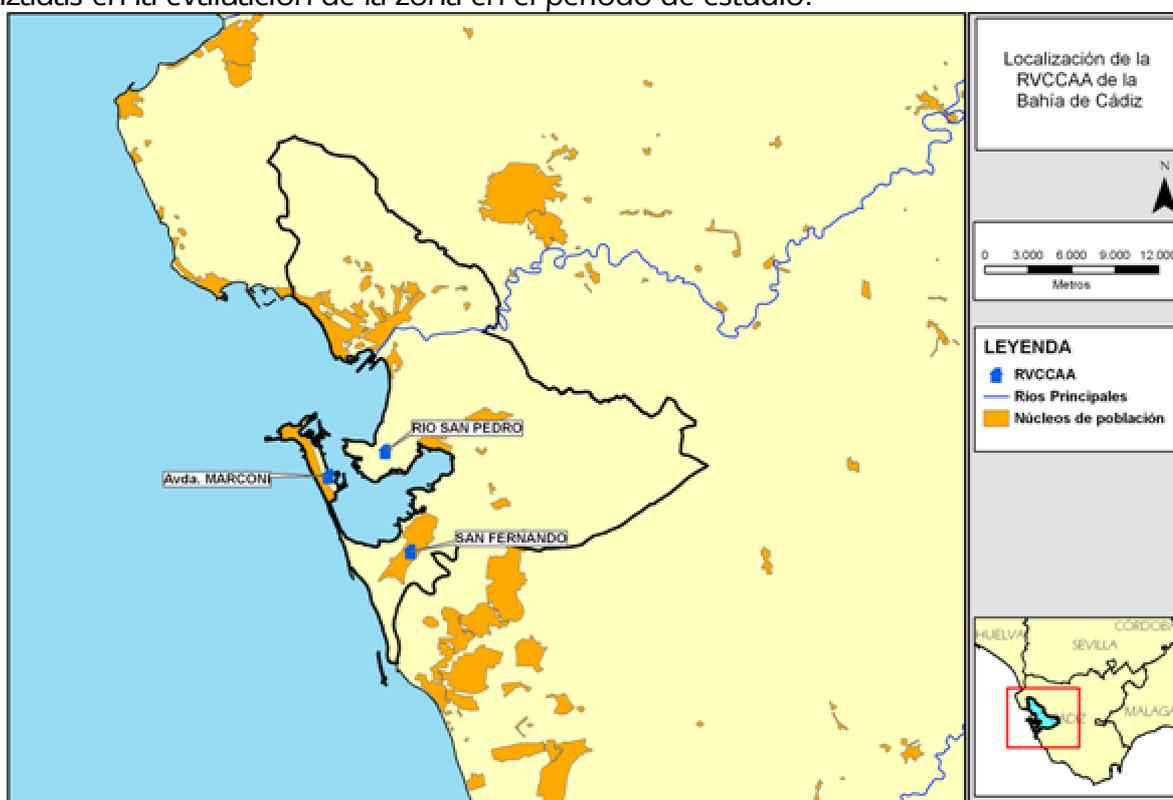


Figura 0.2. Estaciones de la RVCCAA ubicadas en la zona de Bahía de Cádiz

Con objeto de reforzar la vigilancia y el control de las partículas, tanto de las PM_{10} , como de las $PM_{2.5}$, desde el 2006 hay instalados una serie de captadores gravimétricos en determinadas estaciones de la RVCCAA. El uso de estos equipos permite:

- Obtener factores de corrección entre el método de referencia, por el de gravimetría y el de medición por radiación beta
- Medición y evaluación con el método de referencia
- Determinación química de los metales para los que la normativa establece valores límite y objetivo, además de otros muchos
- Determinación de otras especies químicas como aniones, cationes solubles y elementos mayores que permiten identificar las principales fuentes de emisión responsables o el origen de la contaminación

- Determinación de los principales Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos y de los precursores del ozono

En concreto, en la zona de Bahía de Cádiz dichos captadores gravimétricos se encuentran ubicados en la estación de San Fernando.

0.3.2 Concentraciones observadas

En este apartado se realiza una valoración para el periodo evaluado (2003-2010) de los datos registrados por las diferentes técnicas de medidas para el contaminante PM_{10} , objeto del presente Plan de mejora de la calidad del aire.

Los valores límite de la legislación vigente se refieren a mediciones realizadas por el método gravimétrico. En los casos que se utilice otro método, como es el caso de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de Andalucía (las mediciones de PM_{10} se realizan por el método automático de atenuación de la radiación beta) los resultados deberán corregirse por un factor para producir resultados equivalentes a los que se habrían obtenido con el método de referencia, los cuáles se obtienen después de diversos estudios a lo largo del año.

Por otro lado, en la Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de mayo de 2008, se define *aportaciones procedentes de fuentes naturales* como “aquellas emisiones de agentes contaminantes no causadas directa ni indirectamente por actividades humanas, lo que incluye los fenómenos naturales tales como las erupciones volcánicas, actividades sísmicas, actividades geotérmicas, o los incendios de zonas silvestres, los fuertes vientos, aerosoles marinos o la resuspensión atmosférica, o el transporte de partículas naturales procedentes de regiones áridas”.

Asimismo, se indica que cuando las contribuciones naturales a los contaminantes del aire ambiente puedan determinarse con la certeza suficiente, y cuando las superaciones sean debidas en todo o en parte a esas contribuciones naturales se podrán sustraer, al evaluar el cumplimiento de los valores límites de calidad del aire.

A partir de la información disponible, es posible la sustracción de la aportación natural de polvo sahariano a los valores registrados en las estaciones de la Red de Vigilancia, cuantificándose la reducción de niveles de PM_{10} en Andalucía entre 2 - 4 $\mu g / m^3$.

Los valores siguientes muestran ya los valores corregidos al método gravimétrico y con el descuento de la aportación natural de partículas debido a las intrusiones saharianas.

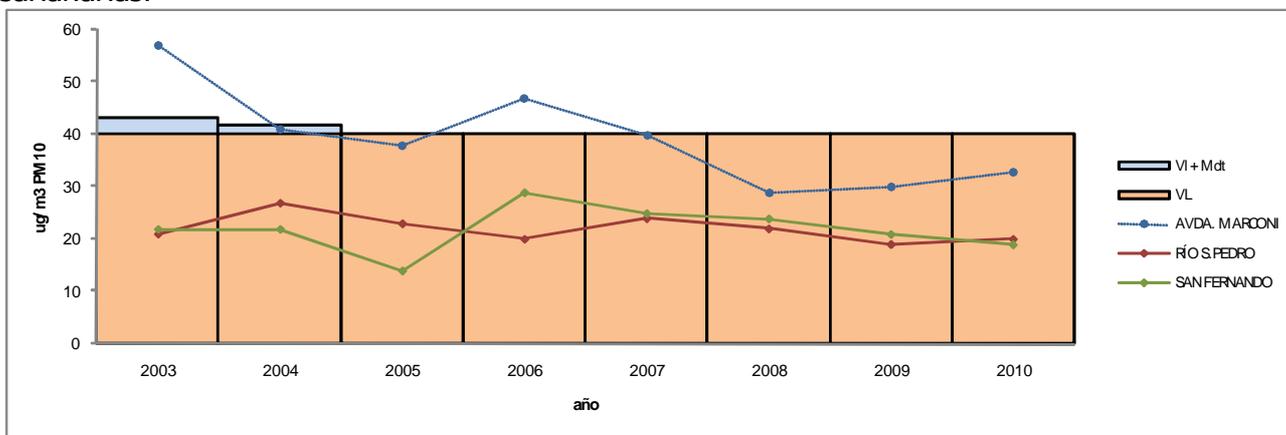
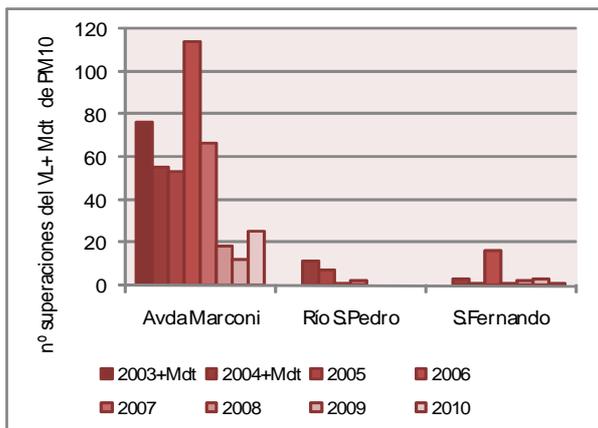


Figura 0.3. Evolución media anual de PM_{10} para el periodo 2003-2010 en la zona Bahía de Cádiz

Número de superaciones diarias del valor límite por estación y año



Número máximo de superaciones del valor límite diario registrado por año

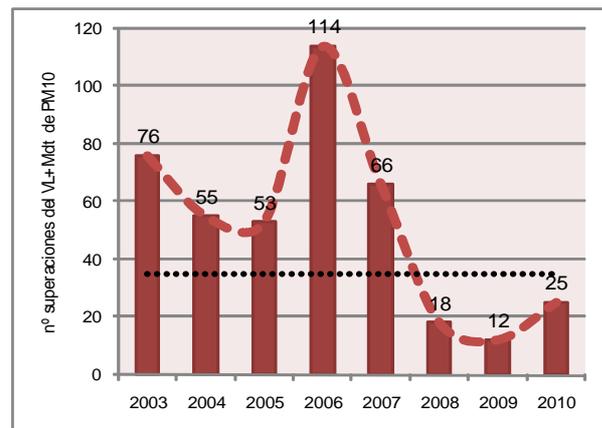


Figura 0.4. Evolución del número de superaciones (2003-2008) del valor límite diario de PM₁₀.

Los datos registrados mediante los sensores ubicados en las diferentes estaciones pertenecientes a la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire (RVCCA) en Bahía de Cádiz, ponen de manifiesto los elevados niveles de partículas menores de diez micras (PM₁₀) alcanzados.

En concreto, y tal como se muestra en la figura anterior, la media anual de PM₁₀ (40 µg/m³) se ha superado en la estación de Avda. Marconi en los años 2003, 2004 y 2006, siendo el 2003 el año donde se registra el valor medio anual más alto para esta estación con 57 µg/m³.

Con respecto a la evolución del valor límite diario para la protección de la salud humana, 50 µg/m³ que no podrá superarse más de 35 ocasiones por año, se observan superaciones desde el 2003 hasta el 2007 en la estación de Avda. Marconi, siendo el 2006 donde se registraron el mayor número de superaciones (114). Desde el año 2008 se observa un descenso considerable en las superaciones registradas en la zona.

Con respecto al ozono, se han registrado superaciones del umbral de información a la población (180 µg/m³ como valor horario) en las estaciones de Avda. Marconi, San Fernando y Río San Pedro. La estación de San Fernando ha registrado el mayor número de superaciones, concretamente en el 2006, con un total de 4 superaciones. Durante el periodo evaluado, no ha habido ninguna superación del umbral de alerta (valores horarios por encima de 240 µg/m³) en la Bahía de Cádiz. Ningún otro contaminante ha registrado superación de los valores límite establecidos.

0.4 Procedencia de los niveles de partículas: inventario de emisiones y análisis factorial de la contribución de fuentes

En los siguientes apartados, se muestran los resultados realizados para la determinación de los sectores de actividad responsables de los niveles de partículas en la zona de estudio.

Por un lado, se presenta el Inventario de Emisiones a la Atmósfera en Andalucía, centrado en la zona Bahía de Cádiz. Este inventario tiene como objetivo recopilar todas las emisiones que se producen en la zona, diferenciando los sectores de actividad que generan dichas emisiones.



La repercusión sobre los niveles de inmisión que tienen las emisiones inventariadas es variable según la fuente y su tipología. Por un lado, en la atmósfera tienen lugar diferentes procesos de transporte, dispersión y reacción química, incentivados en diferente cuantía en función de la "altura efectiva de chimenea" de los diferentes sectores de actividad analizados. En este sentido, determinadas emisiones industriales se producen a través de chimeneas de hasta 200 metros de altura, mientras que las emisiones del tráfico rodado se producen a unos 20 cm de altura a través de los tubos de escape de los vehículos. Esto implica que la contribución de cada sector a las partículas que finalmente son respiradas sea diferente, independientemente de la magnitud de la emisión.

Por otro lado, determinados sectores de actividad no han sido inventariados debido a la dificultad que entraña esta estimación, como por ejemplo, la resuspensión del polvo debido a fenómenos climatológicos. Esto varía la contribución que determinados sectores presentan en el análisis de fuentes.

Es por ello por lo que tras el inventario de emisiones se presenta el análisis de contribución de fuentes, mediante un estudio de modelo de receptor, en el que se analiza la procedencia de las partículas a partir del análisis químico de los filtros gravimétricos. Este análisis suministra información de los sectores de actividad responsables finales de las partículas registradas.

En las tablas adjuntas, extraídas del inventario, se muestran las emisiones totales por sector de PM_{10} , junto con sus porcentajes correspondientes respecto al total.



Tabla 0.5. Emisión total de PM₁₀ en toneladas/año y % por sector de actividad

| EMISIONES TOTALES (t/a) Y PORCENTAJES DE PM₁₀ POR SECTOR | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| SECTOR | 2003 | | 2004 | | 2005 | | 2006 | | 2007 | |
| | PM₁₀ (t/a) | PM₁₀ (%) |
| Tráfico rodado | 183 | 43,4 | 193 | 41,6 | 205 | 42,3 | 193 | 40,5 | 199 | 38,8 |
| Sector doméstico, comercial e Institucional | 128 | 30,5 | 127 | 27,3 | 128 | 26,3 | 127 | 26,5 | 125 | 24,3 |
| Tráfico marítimo | 67,8 | 16,1 | 102 | 22,1 | 103 | 21,3 | 113 | 23,6 | 106 | 20,6 |
| Industria del metal | 0,458 | 0,109 | 0,472 | 0,102 | 0,228 | 0,047 | 1,52 | 0,319 | 31,7 | 6,16 |
| Maquinaria agrícola | 19,2 | 4,58 | 19,5 | 4,21 | 19,7 | 4,05 | 20,2 | 4,23 | 20,2 | 3,94 |
| Otros modos de transporte y maquinaria móvil | 12,7 | 3,02 | 13,1 | 2,82 | 13,3 | 2,74 | 14,0 | 2,92 | 14,5 | 2,82 |
| Industria alimentaria | | | | | 7,15 | 1,47 | 0,007 | 0,002 | 7,56 | 1,47 |
| Otras actividades | 9,36 | 2,23 | 9,14 | 1,97 | 9,34 | 1,92 | 9,58 | 2,01 | 9,55 | 1,86 |
| TOTAL | 420 | 100 | 464 | 100 | 486 | 100 | 478 | 100 | 514 | 100 |

Según los datos anteriores, se concluye que en la Bahía de Cádiz las mayores emisiones de partículas, un 38,8% en 2007, se deben al tráfico rodado, seguido del sector doméstico, comercial e institucional con un 24,3% para el mismo año. En lo que respecta a las actividades industriales las emisiones más importantes se producen en el sector de la industria del metal, con un 6,16% de las emisiones totales en 2007.

En el siguiente mapa puede verse la localización tanto de los núcleos urbanos como de las principales industrias.

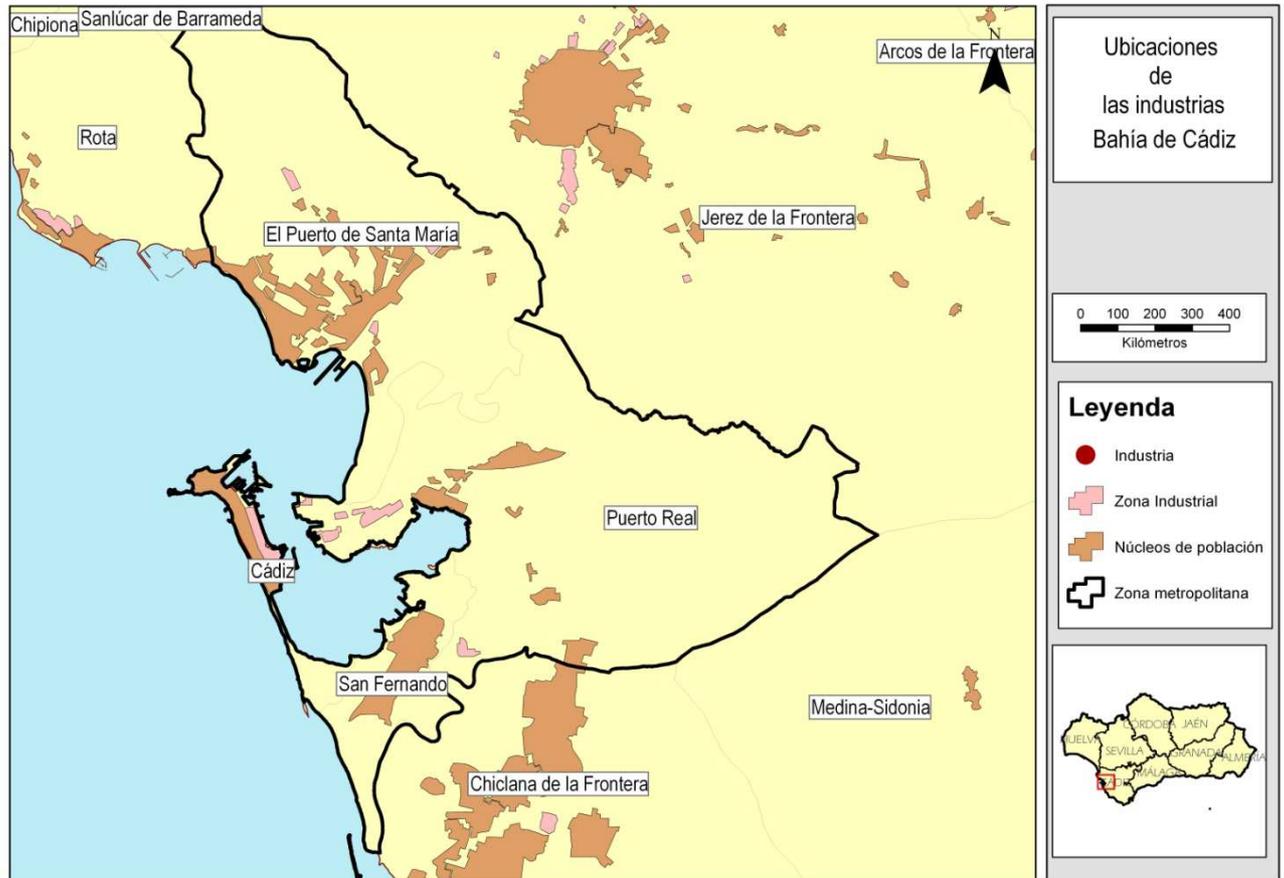


Figura 0.5. Localización de los núcleos urbanos y de las principales industrias

Con la finalidad de asignar las concentraciones de partículas medidas a potenciales fuentes emisoras de partículas se ha aplicado el modelo matemático de receptor siguiendo la metodología descrita por Thurston y Spengler (1985). Esta metodología utiliza como datos de entrada las concentraciones de partículas y de sus componentes químicos de las muestras diarias analizadas, y su objetivo es obtener la contribución de cada fuente para cada componente químico y el perfil químico de masa de cada fuente. Se emplea análisis factorial para la identificación de las fuentes y regresión multilíneal para la cuantificación de las contribuciones de masa y de los perfiles químicos.

El análisis de contribución de fuentes mediante modelo de receptor llevado a cabo por el Departamento de Geología de la Universidad de Huelva ha partido de los datos de caracterización de 61 componentes químicos sobre 79 muestras en la estación de San Fernando.

En la Tabla 0.6 y 0 se resumen los resultados del análisis de contribución de fuentes a los niveles de PM_{10} , expresados respectivamente en porcentaje de contribución y en carga másica. En dichas tablas se presenta adicionalmente el resultado de estudios de caracterización de fuentes realizados por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas en emplazamientos distribuidos a lo largo de la geografía española.



Tabla 0.6. Análisis factorial de contribución porcentual a los niveles de PM₁₀ en Bahía de Cádiz y otros emplazamientos nacionales

| ANÁLISIS FACTORIAL DE CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL A LOS NIVELES DE PM ₁₀ | | | | | | |
|---|--------------------|----------|-------------------|--------|----------------|---------------|
| ESTACIÓN | % PM ₁₀ | | | | | |
| | CRUSTAL | REGIONAL | TRÁFICO | MARINO | INDUSTRIAL | INDETERMINADO |
| San Fernando | 47 | 25 | 22 ^(*) | 1 | ^(*) | 5 |
| Fondo regional | 12 - 26 | 24 - 58 | < 1 - 25 | 5 - 14 | < 1 - 17 | 8 - 30 |
| Fondo suburbano | 16 - 24 | 20 - 26 | 10 - 31 | 3 - 16 | 15 - 23 | 2 - 14 |
| Fondo urbano | 31 - 33 | 10 - 22 | 5 - 34 | 4 - 35 | 6 - 10 | 1 - 14 |
| Fondo urbano-industrial | 25 - 36 | < 1 - 19 | < 1 - 33 | 3 - 17 | 5 - 44 | 1 - 31 |
| Tráfico | 24 - 26 | < 1 - 18 | 35 - 48 | 3 - 4 | < 1 - 24 | 5 - 13 |

(*) Aportación conjunta de Industrial + Tráfico

Tabla 0.7. Análisis factorial de contribución másica a los niveles de PM₁₀ en Bahía de Cádiz y otros emplazamientos nacionales

| ANÁLISIS FACTORIAL DE CONTRIBUCIÓN MÁSICA A LOS NIVELES DE PM ₁₀ | | | | | | |
|---|---------------------------------------|-------------|--------------------|------------|----------------|---------------|
| ESTACIÓN | µg/m ³ EN PM ₁₀ | | | | | |
| | CRUSTAL | REGIONAL | TRÁFICO | MARINO | INDUSTRIAL | INDETERMINADO |
| San Fernando | 14,2 | 7,4 | 6,6 ^(*) | 0,2 | ^(*) | 1,4 |
| Fondo regional | 2,3 - 5,5 | 5,5 - 11 | < 0,2 - 4,8 | 1,1 - 2,7 | 0,2 - 3,2 | 1,5 - 6,3 |
| Fondo suburbano | 4,5 - 7 | 5,6 - 7,5 | 2,9 - 8,7 | 0,9 - 4,5 | 4,2 - 6,7 | 0,6 - 4,1 |
| Fondo urbano | 9,9 - 14,5 | 4,4 - 7 | 2,2 - 10,9 | 1,9 - 15,4 | 1,9 - 4,4 | 0,3 - 4,5 |
| Fondo urbano-industrial | 7,6 - 15,5 | < 0,3 - 8 | < 0,5 - 14,7 | 1,4 - 6,5 | 2,4 - 18,9 | 0,3 - 14,6 |
| Tráfico | 12 - 12,5 | < 0,5 - 8,6 | 17,5 - 23 | 1,4 - 2 | < 0,5 - 12 | 2,4 - 6,5 |

(*) Aportación conjunta de Industrial + Tráfico

Analizando los datos obtenidos, es posible concluir:

- En la estación de San Fernando, la materia mineral es la principal contribución a la media anual, con aportes elevados a la media diaria en un elevado número de muestras (contribución superior a 14,1 µg/m³ en el 10% de las muestras analizadas). No obstante, hay que destacar que la componente mineral en San Fernando es sensiblemente inferior a la medida en otros emplazamientos de Andalucía
- El transporte regional (caracterizado por compuestos inorgánicos secundarios y elementos de origen antrópico con un amplio tiempo de residencia en la atmósfera) supone la segunda contribución a los niveles de PM₁₀. El análisis de contribución de fuentes por modelo de receptor asigna al transporte regional una contribución mayor que otros estudios similares en estaciones de fondo urbano
- La contribución del tráfico a los niveles de inmisión es poco significativa en la estación de San Fernando, con niveles de materia orgánica por debajo incluso del extremo inferior del rango de las estaciones de fondo urbano y suburbano

Se identifican como fuentes locales el aporte de materia mineral y el tráfico, distinguiéndose contribuciones antrópicas de origen no claramente identificado, aunque previsiblemente relacionadas con combustiones en el sector residencial/comercial/institucional, el tráfico marítimo y las emisiones de los polígonos industriales de Huelva y/o de Bahía de Algeciras.

Adicionalmente, destacar que los niveles de PM₁₀ en San Fernando y Río San Pedro son significativamente inferiores a los medidos en la estación de Avda. Marconi, siendo previsible niveles similares de aerosol marino y de compuestos inorgánicos secundarios en las tres estaciones, por lo que probablemente los mayores niveles



en Avda. Marconi sean debidos principalmente a mayores aportes de materia mineral y de materia orgánica.

0.5 Objetivos de reducción considerados

El objetivo de este apartado es el establecimiento de unos niveles de reducción de emisiones que impliquen una mejora en los niveles de calidad del aire, de forma que queden por debajo de los valores límites establecidos.

La determinación de este porcentaje es una labor extremadamente compleja. Los niveles de calidad del aire obtenidos en una determinada zona no sólo dependen de las emisiones a las que se encuentra sometida, sino también de su orografía y, sobre todo, de la meteorología reinante, con frecuentes variaciones entre los diferentes años estudiados.

Por tanto, los niveles de calidad del aire finales obtenidos pueden variar al alza o la baja, independientemente de lo que lo hagan las emisiones, en función de la meteorología.

Sin perjuicio del análisis realizado en el apartado de análisis estadístico de contribución de fuentes mediante modelo de receptor, donde se ponía de manifiesto la relación entre emisión e inmisión en función del sector de actividad analizado, se realiza un cálculo estimativo de la correspondencia entre ambos factores, asumiendo, en primera instancia, una relación lineal. Así, descontando el valor de fondo existente, se estima el porcentaje de exceso de los niveles de calidad del aire con respecto a los valores que se desea alcanzar. Se considera que ese porcentaje es el mismo en el que los niveles de emisión deben reducirse. Este planteamiento se muestra gráficamente en la siguiente figura.

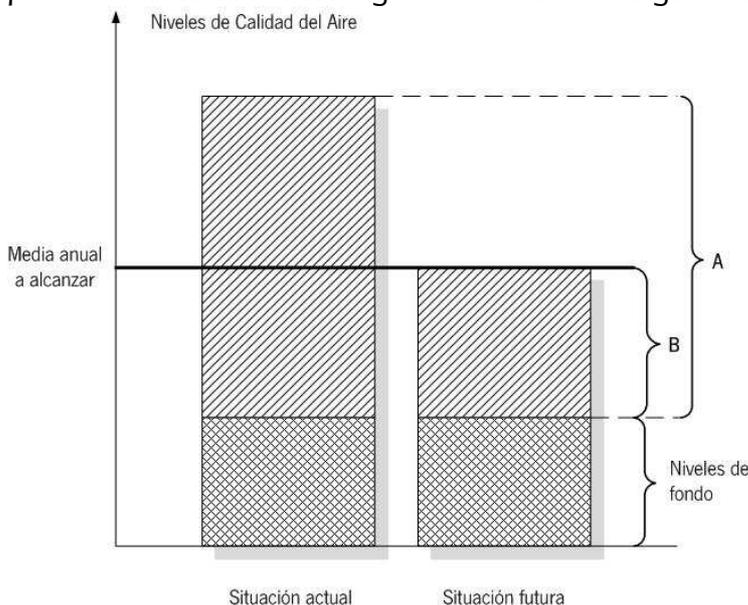


Figura 0.6. Esquema de la reducción de los niveles de calidad del aire

Del total registrado en cada ubicación, un determinado porcentaje pertenece a la concentración de niveles de fondo. Este valor puede obtenerse de las estaciones de fondo rural o de las pertenecientes a la red EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme).

El resto de los valores obtenidos se debe a la contribución antropogénica. Es esta parte la que puede reducirse de forma directa mediante una disminución de las emisiones (que a largo plazo conseguirían también una reducción de la parte de



fondo). El porcentaje de reducción se calcula de forma que la fracción de la concentración de contaminantes por encima de los niveles de fondo (marcada con A en la figura) pase a un valor tal en una situación futura (marcada con B en la figura) que la contribución total quede por debajo de las referencias legales. Por tanto, el cálculo a realizar es:

$$r (\% \text{ de reducción}) = \frac{A - B}{A} \cdot 100$$

Se realiza el cálculo a partir de los valores medios anuales, estimándose que otros estadísticos de menor tiempo de integración (horarios o diarios) reflejarían la misma reducción.

Es frecuente comprobar cómo la mayoría de las estaciones sobrepasan con más facilidad el valor límite diario que el valor límite anual. Establecer objetivos de reducción sobre el valor límite diario es más complejo si cabe que sobre el valor medio anual, ya que se trata de un cómputo del número de días en los que ha habido una superación. No obstante, es posible obtener una relación entre el número de superaciones diarias y el valor medio anual para cada estación y año, y trabajar siempre con los valores medios anuales tras realizar la conversión.

En este sentido, se establecería una media anual por debajo del valor límite de 40 µg/m³ que garantizara, al nivel de confianza que establezca la regresión hallada, que el número de superaciones diarias no superara el valor límite. Se muestra en la figura siguiente el esquema planteado.

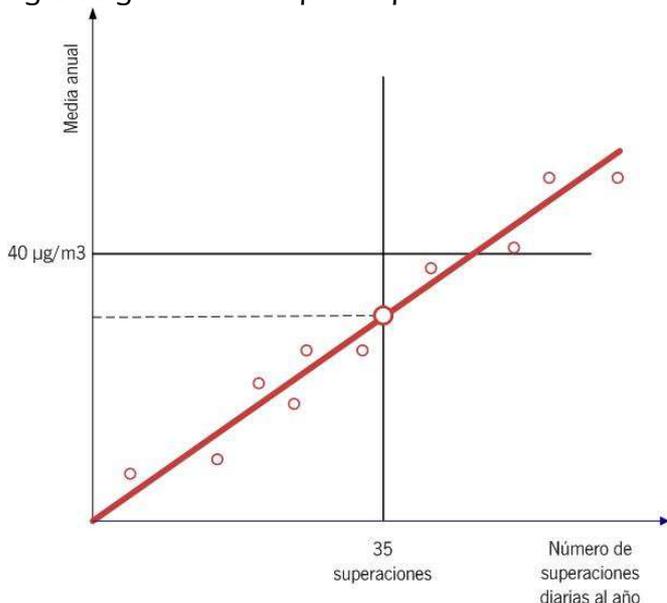


Figura 0.7. Relación entre el número de superaciones diarias y la media anual de PM₁₀.

A partir de los análisis de regresión realizados con las estaciones de la Red de Vigilancia en Andalucía, en función del tipo de estación, el valor medio anual considerado de seguridad para evitar superaciones diarias se sitúa en 32 µg/m³, por lo que el objetivo de reducción se fija en esa cantidad, y no en los 40 µg/m³ que establece la legislación.

Pero el punto de máxima concentración de contaminantes no tiene por qué coincidir con el punto en el que se sitúa la estación de la Red de Vigilancia. Para determinarlo, se realiza el siguiente planteamiento. Se considera que la contribución de todos los factores, a excepción del tráfico, es similar en los todos los puntos de los entornos urbanos analizados, por lo que se considera incluida en



los valores registrados en la estación de la Red de Vigilancia. Esta hipótesis es razonable al analizar la distancia relativa a las fuentes de emisión industriales y, con más motivo, la contribución regional que pudiera existir en cada zona. La posición relativa de cada punto con respecto al tráfico, sí determina unos niveles de inmisión diferentes, que pueden evaluarse a partir del modelo de dispersión realizado para el estudio de este sector en cada zona.

Las estaciones de la Red de Vigilancia sí son representativas de los niveles de fondo (urbano y suburbano) de la zona en las que se ubican. Por tanto, la cuantificación de la máxima concentración de contaminantes se realiza para dos escenarios: en el valor registrado en la estación de la Red de Vigilancia (representativo del fondo de la zona de estudio), y en el punto de máxima concentración de tráfico (hot spot).

El valor del hot spot se calcula sumando al valor de la estación el diferencial existente entre dicha estación y el punto de máxima concentración obtenido en el modelo de tráfico que se ha realizado específicamente para la zona de estudio. En el modelo desarrollado, se obtiene exclusivamente la contribución del tráfico a los niveles de PM_{10} , por lo que permite determinar la influencia que la posición relativa de cada punto del espacio tiene al analizar los niveles de PM_{10} registrados debido al tráfico.

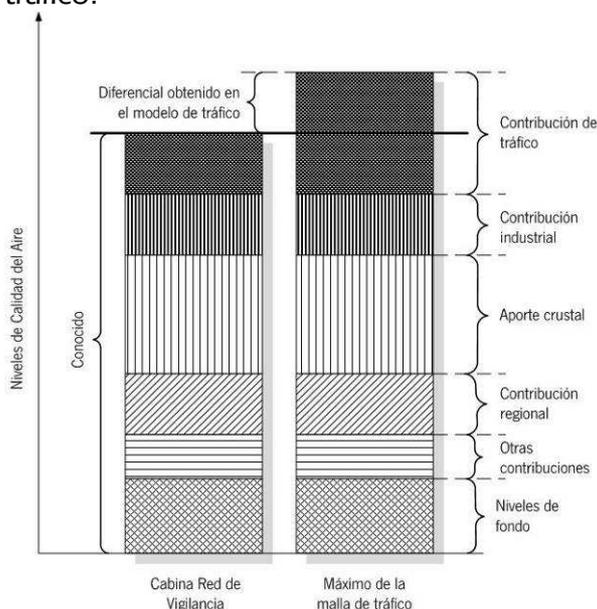


Figura 0.8. Selección del máximo valor de concentración alcanzado.

A la hora de seleccionar la estación de la Red de Vigilancia que se utilizará como referencia, se considera la estación que haya registrado los valores más elevados en el año 2009, ya que las medidas de mejora de la calidad del aire realizadas con anterioridad, ya se encuentran contabilizadas en los niveles obtenidos en ese año y no serán tenidas en cuenta de nuevo al contabilizar la mejora a conseguir.

Para el caso de la zona Bahía de Cádiz, el cálculo del porcentaje de reducción de las emisiones de PM_{10} se detalla a continuación.

Tabla 0.8. Porcentaje de reducción de las emisiones de PM₁₀ en la zona Bahía de Cádiz.

| PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE PM ₁₀ | | |
|---|---------------|-------------|
| Escenario | Fondo | Hot Spot |
| Punto | Avda. Marconi | Zona Franca |
| Valor medio anual (µg/m ³) | 30 | 33 |
| Valor máximo a alcanzar (µg/m ³) | 32 | 32 |
| Estación de fondo utilizada | Barcarrota | Barcarrota |
| Valor de la concentración de fondo (µg/m ³) | 14 | 14 |
| Valor atribuible al aporte antropogénico en la situación actual (A) | | 19 |
| Valor atribuible al aporte antropogénico en la situación futura (B) | | 18 |
| Objetivo de reducción (r) | | 5,3% |
| Objetivo de reducción (µg/m ³) | | 1 |

En determinadas circunstancias, la reducción de emisiones de NOx puede suponer un aumento de los niveles de ozono, en lo que se conoce como “efecto fin de semana”. Se ha realizado estudio para determinar la situación en la que se encuentra esta zona, obteniéndose como resultado que una reducción de las emisiones del tráfico se traduce en una reducción efectiva de los niveles de todos los contaminantes primarios, sin que ello suponga un aumento significativo de los niveles de ozono. Este aumento sólo tiene lugar en estaciones de tráfico, donde los niveles de partida de ozono son bajos y suficientemente alejados de los valores legales aplicables.

0.6 Medidas planteadas para la reducción de los niveles de partículas

Las medidas del Plan de Actuación se estructuran en dos grupos. El primer grupo, Grupo 1, cuyas medidas se denominan con las siglas iniciales BC (Bahía de Cádiz), está integrado por aquellas actuaciones que ya están definidas en normas o planes existentes o bien han sido propuestas por algún Organismo específicamente para la elaboración del presente Plan. El segundo grupo, Grupo 2, cuyas medidas se denominan con las siglas iniciales PCA (Plan Calidad Aire), recoge las directrices de las nuevas medidas que han de ponerse en marcha como resultado de la elaboración del presente Plan, correspondiendo su definición al organismo/administración competente según el ámbito de aplicación de las mismas.

Se presenta a continuación una tabla resumen con la relación de las principales líneas de acción dentro del Plan de Actuación, ordenadas por sector y finalidad.

Tabla 0.9. Tabla resumen con la relación de las principales líneas de acción del Plan de Actuación en Bahía de Cádiz.

| MEDIDAS DEL PLAN DE ACTUACIÓN EN BAHÍA DE CÁDIZ | | |
|---|---------------------------------------|--|
| TRÁFICO | | |
| REDUCCIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO | | |
| Fomento del transporte público y compartido | Fomento del transporte no motorizado | Medidas disuasorias al uso del vehículo particular |
| Tranvías | Carril bici y fomento de la movilidad | Aparcamientos regulados, bolsas de |



| MEDIDAS DEL PLAN DE ACTUACIÓN EN BAHÍA DE CÁDIZ | | |
|--|--|--|
| Reserva de suelo para plataformas para transporte público | ciclista | aparcamientos |
| Conexiones ferroviarias | Peatonalización y fomento de los desplazamientos a pie | |
| Mejora del transporte público urbano | | |
| Mejora del transporte público interurbano | Programa ciudad sostenible. Estrategia Andaluza de Sostenibilidad Urbana | Calmado de tráfico |
| Elaboración de planes municipales de movilidad urbana sostenible | | |
| Fomento de la elaboración de planes de movilidad en empresas | | |
| REDUCCIÓN DE EMISIONES DE LOS VEHÍCULOS | | |
| Combustibles alternativos | Combustibles convencionales | Resuspensión del material pulverulento |
| Renovación de vehículos destinados a recogida de residuos sólidos urbanos y limpieza viaria para aumentar el empleo de gas natural | Aplicación de la normativa EURO relativa a la homologación de vehículos | Limpieza de las vías de circulación para limitar la resuspensión de polvo por efecto del tráfico |
| | Renovación de la flota de autobuses urbanos | Elaboración de un Plan de mejora de caminos |
| MEJORA DE INFRAESTRUCTURAS VIARIAS | | |
| Carreteras: variantes, vías principales y otras actuaciones | | |
| Nuevos accesos a Cádiz | | |
| Variante de El Puerto de Santa María | | |
| REDUCCIÓN DE EMISIONES EN EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS | | |
| Regulación de actividades de carga/descarga de mercancías | | |
| ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN | | |
| Aprobación de ordenanzas municipales de gestión ambiental en obras de construcción y demolición | | |
| Planificación de obras | | |
| Actividades en construcción y demolición | | |
| Transporte de materiales | | |
| Vigilancia ambiental en obras de infraestructuras | | |
| SECTOR RESIDENCIAL/COMERCIAL/INSTITUCIONAL | | |
| Aplicación del Código Técnico de la Edificación en nueva construcción y rehabilitación de edificios | | |
| Aplicación del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en nueva construcción y rehabilitación de edificios | | |
| Plan Renove de viviendas | | |
| TRÁFICO MARÍTIMO | | |
| Contenido máximo de azufre en combustible para uso marítimo | | |
| Suministro eléctrico a barcos atracados en puertos | | |
| SECTOR INDUSTRIAL | | |
| Paso a gas natural de instalación industrial que consume fueloil | | |
| Inspección de emisiones difusas en actividades extractivas | | |
| Inspección de emisiones canalizadas y fugitivas en instalaciones industriales | | |
| Medidas correctoras en actividades extractivas próximas a núcleos de población | | |
| Medidas para la reducción de emisiones en las industrias que manejan sólidos pulverulentos | | |
| PREVENCIÓN | | |
| Fomento de inversiones en proyectos o actuaciones cuya finalidad sea conseguir un ahorro de energía o el aprovechamiento de energía procedente de fuentes renovables, para la mejora del nivel de protección ambiental | | |
| Control de partículas sedimentables | | |
| Grupos técnicos de trabajo sobre movilidad urbana sostenible | | |
| Medidas para la reducción de la incidencia sobre los niveles de inmisión de PM ₁₀ de la resuspensión de polvo en zonas no pavimentadas | | |
| SENSIBILIZACIÓN | | |
| Concienciación ciudadana. Campañas de información a la población | | |
| GESTIÓN | | |
| Sistema de medida de la calidad del aire | | |
| Desarrollo de una metodología para descontar la contribución de aerosol marino | | |

0.7 Reducciones conseguidas con las medidas planteadas

La tabla siguiente muestra un resumen en relación a los objetivos de reducción de los niveles de PM₁₀. En ella, se muestra la reducción de los niveles de PM₁₀ que se consigue con el conjunto de medidas de tráfico recopiladas en este Plan de mejora



de la calidad del aire. Estas medidas se encuentran recopiladas como medidas del Grupo 1 en el Capítulo 9.1.3.

Asimismo, se incluyen los objetivos de reducción que deberían alcanzarse con el conjunto de medidas incluidas en las directrices propuestas por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio para desarrollo de medidas adicionales. Estas directrices se desarrollan en el Capítulo 9.1.4, como medidas del Grupo 2. Para realizar el cálculo de la reducción, se ha considerado el rango que cada medida introduciría según se detalla en dicho capítulo.

Tabla 0.10. Resumen en relación a los objetivos de reducción de los niveles de PM₁₀.

| Medidas | | Reducción (µg/m ³) | |
|---------|---|--------------------------------|----------------------|
| Grupo | Clasificación | Fondo | Hot spot |
| Grupo 1 | Tráfico | 0,8 | 1,4 |
| | Medidas en las industrias | 0,1 | 0,1 |
| | Total Grupo 1 | 0,9 | 1,5 |
| Grupo 2 | Objetivo para medidas orientadas a limitar la contribución de materia mineral | de 3,0 a 10,0 | de 3,0 a 10,0 |
| | Objetivo para medidas orientadas a limitar la contribución de materia carbonosa y compuestos inorgánicos secundarios | de 0,3 a 0,5 | de 0,3 a 0,5 |
| | Objetivo para medida orientada a descontar la contribución de aerosol marino | de 4,0 a 4,5 | de 4,0 a 4,5 |
| | Total Grupo 2 | de 7,3 a 15,0 | de 7,3 a 15,0 |
| | Objetivo a cumplir | - | 1 |
| | Objetivo a cumplir tras aplicar Grupo 1 | - | - |
| | Necesidad de aplicar Grupo 2 | No | No |
| | Objetivo a cumplir tras aplicar Grupo 2 | - | - |
| | Reducción adicional necesaria (medidas complementarias al Grupo 2) | No | No |

0.8 Consideraciones finales con respecto a los objetivos de reducción a conseguir

Como se ha puesto de manifiesto en el análisis anterior, las medidas propuestas consiguen rebajar los niveles de fondo por debajo de los valores legales establecidos.

El análisis de los puntos de máxima concentración debida al tráfico se ha realizado para el punto máximo de la zona de estudio, aunque puede considerarse como una referencia en el conjunto de hot spot que pudieran existir en la zona. Se observa que las medidas propuestas sí llegan a completar el objetivo de reducción que es necesario establecer para conseguir la ausencia de superaciones diarias y anuales en los puntos de máxima concentración de tráfico.

0.9 Plan de Vigilancia y Seguimiento

El Plan de Vigilancia de la Calidad del Aire tiene como objetivo principal determinar la evolución de los valores de PM₁₀ y PM_{2,5} que se van a registrar en Bahía de Cádiz. Se convierte así en una herramienta imprescindible para determinar la



evolución de las concentraciones de estos contaminantes, comprobándose la efectividad de las medidas tomadas para conseguir su reducción.

El Plan de Vigilancia debe contar con las medidas ya disponibles mediante la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire en la zona de estudio. Adicionalmente, si no se considerara suficiente el número de medidas a partir del conjunto de estaciones fijas disponibles, debe planificarse un conjunto de campañas mediante unidades móviles o captadores gravimétricos de partículas.

Asimismo, para realizar el seguimiento de otros contaminantes diferentes a las partículas, se debe utilizar el conjunto de estaciones fijas, campañas de las unidades móviles de medida de la calidad del aire, campañas de captadores difusivos y técnicas de modelización.

A partir del análisis de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire en la zona de estudio, se observa cómo el número de puntos de muestreo mediante estaciones fijas es superior al indicado por la legislación para todos los contaminantes. Por tanto, no se considera necesario establecer una mayor cantidad de puntos de muestreo fijos.

Como complemento a la Red de estaciones fijas, debe evaluarse al menos una vez cada cuatro años los niveles de concentración de contaminantes en puntos no cubiertos por la red, mediante una campaña de la Unidad Móvil. Esta campaña debe componerse de dos periodos de al menos 4 semanas de duración cada uno de ellos, uno en época estival y otro en época invernal.

Por otro lado, la realización de campañas de captadores difusivos supone la obtención de una información de gran valor, al determinar cómo se distribuyen los contaminantes a nivel espacial. En este sentido, el Plan de Vigilancia debe incluir al menos una vez cada cinco años la realización de una campaña de medida de la calidad del aire mediante captadores difusivos. De forma orientativa, a partir de las campañas realizadas históricamente, el muestreo se compondrá de al menos 8 periodos quincenales, repartidos entre el periodo estival e invernal, incluyendo un número de puntos de muestreo en el entorno de 25. Fundamentalmente, deben incluirse los contaminantes NO₂ y O₃, siendo deseable la inclusión de otros contaminantes, como SO₂ y BTEX, aunque sea en una menor cantidad de puntos.

Debe contemplarse además la ejecución de modelos de dispersión de contaminantes a alto nivel de detalle, por ejemplo, sobre celdas de entre 1 y 2 km de tamaño en la totalidad de la zona de estudio, de forma que puedan pronosticarse con anterioridad los niveles esperados de partículas y otros contaminantes.

Los análisis de contribución de fuentes han puesto de manifiesto la importancia que el tráfico rodado tiene en las emisiones de partículas en Bahía de Cádiz. En este sentido, se debe realizar un estudio particularizado de las emisiones del sector tráfico en la zona de estudio, al menos una vez cada dos años. Los resultados permitirán validar las medidas puestas en marcha o indicarán la necesidad de abordar nuevas iniciativas encaminadas a la reducción de emisiones de este sector.

Otros sectores importantes son el sector doméstico, comercial e institucional y el tráfico marítimo. Tanto éstos como el resto de sectores, son analizados en el Inventario de Emisiones que anualmente elabora la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Esta herramienta permite caracterizar cada sector, por lo que podrá evaluarse la evolución con respecto al tiempo. Se indicará, si procede, la necesidad de tomar medidas regulatorias en los diferentes sectores, siempre que la efectividad coste-beneficio sea interesante.



Las fuentes puntuales que producen emisiones en la zona de Bahía de Cádiz quedan descritas en el Apartado 7.2.3. Modelización de las actividades industriales. Adicionalmente, deben ejecutarse las inspecciones que se establecen en las Autorizaciones Ambientales Integradas concedidas en la zona de estudio.

Por otro lado, debe establecerse un sistema de indicadores que refleje la evolución de la ejecución de las medidas planteadas en el Plan de Actuación. De esta forma, será posible determinar el grado de avance de las propuestas realizadas y comprobar la eficacia de la reducción conseguida con la implantación progresiva de dichas medidas.

