



Contaminación atmosférica

en las grandes ciudades

D. Lucio PITA RAMUDO

Director del Departamento del Medio Ambiente. Ayuntamiento de Madrid



LA evolución de las actividades generales en las ciudades ha provocado que el gran aumento de emisiones, tanto las correspondientes a los servicios, como las debidas a la automoción, creen problemas de contaminación atmosférica en los grandes núcleos urbanos que, originariamente, no han sido concebidos para esta carga de servicios.

EMISION, DIFUSION E INMISION

Aunque de una forma muy general y al tratar de la contaminación en los núcleos urbanos, es imprescindible establecer los tres conceptos que, relacionados entre sí, dan lugar a los problemas de contaminación.

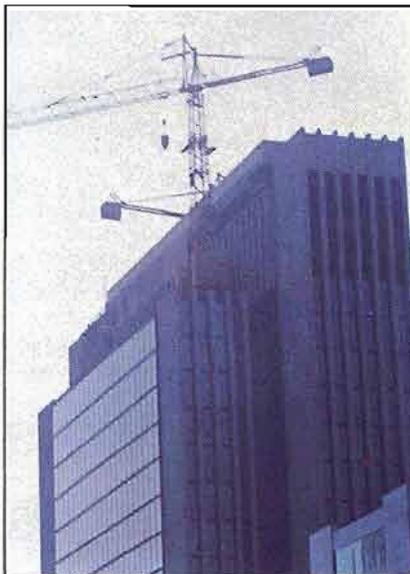
Emisión

La emisión consistente en el volumen de vertidos de contaminantes a la atmósfera es imprescindible conocerla y evaluarla en las grandes ciudades mediante el oportuno inventario de los focos de emisión, que debe realizarse exhaustivamente por la determinación real de las emisiones de los grandes focos concentrados y de una forma aproximada, utilizando elementos indicadores, por ejemplo, el combustible consumido, tanto en los focos móviles (vehículos), como en las pequeñas instalaciones domésticas, determinando, en estos casos, las emisiones totales por parcelas de la ciudad.

Difusión

La difusión o dispersión de los contaminantes en una zona es el factor principal que nos permite admitir determinados volúmenes de emisión, aitos cuando la difusión es buena, sin que se nos planteen problemas en la ciudad.

Son diversos los factores que intervienen en la difusión, como pueden ser, en relación con el punto de emisión, la altura de la chimenea, la velocidad y temperatura de la salida de gases..., pero en el sinnúmero de pequeños focos de emisión de las ciudades poco podemos actuar sobre estos factores corregibles y dependemos, fundamentalmente, de



Quando se producen situaciones de alta estabilidad con ausencia total de vientos, es cuando se plantean los mayores problemas de contaminación atmosférica.

los factores meteorológicos que modifican, de una forma importante, las condiciones de difusión.

La difusión viene, fundamentalmente, favorecida por los vientos (difusión horizontal) y por las corrientes de ascendencia (difusión vertical). Cuando se producen situaciones de alta estabilidad que dan lugar a inversiones térmicas prolongadas a lo largo del día y repetidas varios días consecutivos, con una ausencia total de vientos, es cuando se plantean los mayores problemas de contaminación atmosférica.

Si estas situaciones son frecuentes y periódicas es indudable que las emisiones tienen que estar limitadas para controlar las inmisiones en estas condiciones de difusión.

Inmisión

Este es el problema que, generalmente, preocupa más, tanto a la Administración como a los administrados, puesto que sus consecuencias son las que directamente soportan las ciudades, y la realidad es que no se ha planteado seriamente el problema de la contaminación atmosférica en el mundo hasta que empezaron a aparecer graves problemas de inmisión que provocaron los diversos episodios de contaminación, de todos conocidos.

La inmisión tiene en España unos límites claramente determinados y precisamente fijados por las autoridades sanitarias. Estos límites, que

define el 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, no deben ser, en ningún caso, superados dentro de las condiciones allí determinadas, pues crearía unos problemas en la salud de ciertos núcleos de población sensibles al contaminante de que se trate.

Quando los niveles de la inmisión para uno o varios contaminantes superen los marcados por las autoridades sanitarias se hace urgente, como primera medida, exigir el estricto cumplimiento de las limitaciones de emisión, y si esta medida no es suficiente, es necesario que, de una forma ordenada y programada, teniendo en cuenta al máximo las circunstancias económicas, se tomen las medidas adecuadas para llegar a unos niveles de inmisión correctos, pues en ningún momento podemos olvidar que éstos están previstos para proteger a todos los núcleos de población afectados.

No está previsto en la Ley 38/1972, de Protección del Ambiente Atmosférico, el cierre de determinadas industrias obsoletas, cuya emisión de un contaminante específico es muy elevada, proporcionalmente a su producción.

Sin embargo, este cierre, justificado por una indebida y excesiva ocupación parcial del medio ambiente, debería de producirse cuando sus emisiones específicas fuesen causa de que ese contaminante superase los niveles de inmi-



sión o cuando existiese la necesidad de, en una atmósfera ya saturada, instalar una industria moderna de gran producción que emitiese este mismo contaminante y cuya relación «emisión-producción» fuese mucho más baja.

Indudablemente, estos cierres deberían estar regulados, y consideradas las necesarias indemnizaciones para efectuarlos.

Es interesante resaltar que los criterios de calidad que figuran en el Decreto 833 son, a nuestro juicio, excesivamente permisivos y tendrán que ser prontamente modificados para adecuarse a los criterios de la CEE, puesto que, realmente, ciertos núcleos de población no pueden considerarse adecuadamente protegidos.

La mayor parte de los contaminantes derivados de la actividad urbana tienen que ver con la combustión de motores.

CONTAMINANTES EMITIDOS

En las ciudades deben de considerarse separadamente los contaminantes emitidos por las industrias y aquellos derivados específicamente de la actividad urbana.

Contaminantes emitidos por las industrias

Cada industria emite unos contaminantes específicos, en función de su proceso productivo, por lo que este tipo de contaminación tiene que ser evaluado específicamente para cada ciudad, elaborando el correspondiente inventario de emisiones industriales.



Contaminantes derivados de la actividad urbana

Dentro de las múltiples actividades urbanas se emiten, fundamentalmente, los siguientes contaminantes:

Monóxido de carbono (CO). Fundamentalmente producido por vehículos accionados con motor de explosión.

Dióxido de azufre (SO₂). Producto de las combustiones cuyos combustibles contienen azufre.

Oxidos de nitrógeno. Producidos como combinación del nitrógeno y oxígeno del aire a las altas temperaturas de los procesos de combustión.

Las partículas en suspensión. Productos carbonosos como inquemados en los procesos de combustión.

Hidrocarburos. Como resultado de combustiones incompletas o evaporaciones de los depósitos de combustibles.

El plomo (Pb). Que en las ciudades es aportado, fundamentalmente, por los vehículos accionados por motor de gasolina.

Fuentes de emisión de los contaminantes descritos

Los vehículos accionados por motor de explosión, según el combustible empleado, contribuyen fundamentalmente a la emisión de los siguientes contaminantes:

— *Cuando el combustible es gasolina* son los mayores responsables de la contaminación por CO, contribuyen muy importantemente a la contaminación por hidrocarburos y óxidos de nitrógeno y son casi los únicos responsables de la contaminación por plomo. Su contribución a la contaminación, por humos y anhídrido sulfuroso, es prácticamente despreciable.

— *Cuando el combustible es GLP* producen una contaminación mucho menor que en el caso anterior de CO, aunque sigue siendo de cierta importancia. La contaminación en óxidos de nitrógeno es, aproximadamente, igual al caso anterior y nula la contaminación por plomo, siendo, como en el caso de los accionados por gasolina, y aun



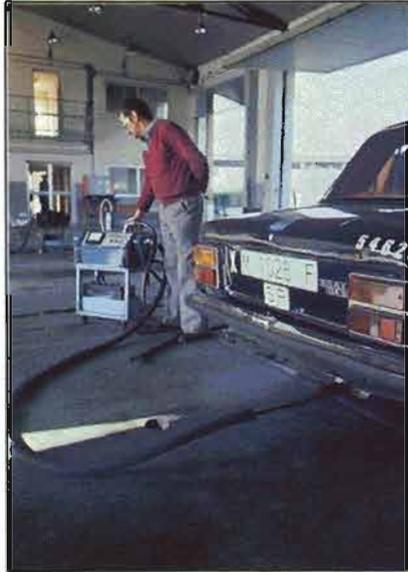
Vista parcial de la Estación Central de la Red de Control de la Contaminación.

Lo primero que debe hacerse en un plan ordenado de lucha contra la contaminación en una ciudad es obtener un inventario lo más completo posible de los focos de emisión.

menos que en éstos, de escasa o casi nula importancia la producida por SO₂ y humos. — Los vehículos accionados por motor Diesel se caracterizan, en muchas situaciones de su funcionamiento, por una elevada contaminación de humos, teniendo también en este caso cierta importancia la contaminación de SO₂, a causa de una mayor proporción de azufre en el combustible. La contaminación por CO e hidrocarburos es muy inferior a la producida por motores de explosión, siendo nula la contaminación de plomo. Los generadores de calor son, fundamentalmente, responsables de una gran parte de la contaminación de SO₂, debido al más alto



*Vista
de un Centro
de Control.*



problemas de inmisión, con objeto de mantener permanentemente, en estos casos, un control periódico y continuar con el estudio de los mismos para poder tomar las medidas más adecuadas, encaminadas a resolver los problemas planteados.

Identificación de los focos de emisión responsables de los problemas de inmisión

Una vez determinados, por el control establecido, los contaminantes que plantean problemas de inmisión, se hace necesario considerar los focos que emiten estos contaminantes y determinar la proporción de su participación, con objeto de encaminar las medidas adoptadas a la corrección de aquellos contaminantes que plantean mayores problemas en la inmisión.

ACTUACION DEL AYUNTAMIENTO DE MADRID

En junio de 1968 se crea, en el Ayuntamiento de Madrid, el Departamento de Lucha contra la Contaminación Atmosférica, destinado únicamente a este fin, siendo el primero que funciona en España.

Al ser el primer servicio de este tipo tiene que vencer una serie de dificultades, entre las que hay que destacar, por un lado, la falta de personal especializado y las dificultades de información dentro de la nación, y por el otro, la carencia absoluta de normativa legal.

contenido de azufre en los combustibles empleados. La contaminación por CO y humos no es importante, puesto que no presentan problemas para efectuar las combustiones con el exceso de aire suficiente. La contaminación por hidrocarburos es muy baja, y nula la de plomo, teniendo cierta importancia su producción de óxidos de nitrógeno.

PLAN DE ACTUACION EN EL CONTROL DE LA CONTAMINACION EN UNA GRAN CIUDAD

De lo anteriormente expuesto se puede deducir fácilmente cuál es el plan lógico para actuar en el control de la contaminación de una ciudad, aun cuando en algunos casos sea muy difícil reducirla a los límites deseables.

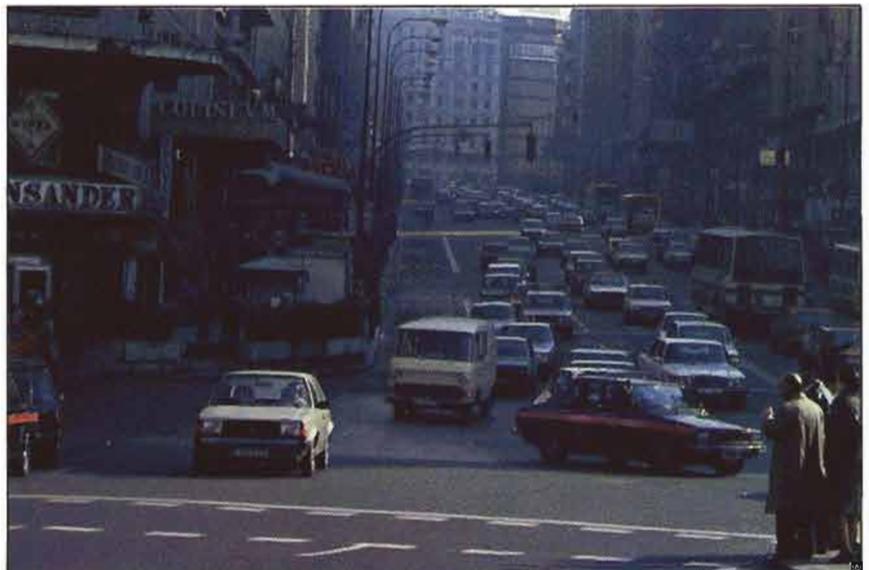
Inventario de los focos de emisión

Lo primero que debe de hacerse en un plan ordenado de lucha contra la contaminación en una ciudad es obtener un inventario lo más completo posible de los focos de emisión, en el que tienen que constar contaminantes emitidos y volumen de emisión de los mismos; esto, aunque represente una tarea incómoda, debe siempre ser el punto de partida.

Control de la inmisión

Conocidos los contaminantes emitidos, se hace necesario establecer el control sistemático de los mismos para ver en cuáles de ellos se plantean o pueden plantearse

*En los motores Diesel
la contaminación por CO e
hidrocarburos es muy inferior
a la producida por motores
de explosión, siendo nula la
contaminación de plomo.*



Como primer objetivo se inicia la formación del personal contratado para poner en marcha el Departamento, visitando una serie de instalaciones y servicios extranjeros dedicados a este fin, para posteriormente establecer su comparación con los de Norteamérica, fundamentalmente, Nueva York y California.

La carencia de normativa se resuelve, inicialmente, con la publicación de la primera Ordenanza Reguladora de la Actuación Municipal para combatir en Madrid la contaminación atmosférica, la que, por no estar apoyada sobre una base legal adecuada, hizo necesaria la aparición del Decreto de agosto de 1968, que facultaba a los alcaldes de las ciudades con altos niveles de contaminación y de ruido para que dictasen las normativas adecuadas.

En enero de 1969 se inició, sistemáticamente, el control, mediante captadores de veinticuatro horas y posterior análisis en laboratorio de los principales contaminantes urbanos, llegándose, en los primeros años de funcionamiento, a la conclusión de que los que producían

problemas importantes en la inmisión eran el dióxido de azufre y las partículas en suspensión.

Una serie de estudios realizados por el Departamento, como «Operación Cibetes», «Operación Sur», «Estudio sobre la influencia del taxi en los niveles de contaminación», «Estudio de la zona Carmen-Preciados y su entorno», nos llevaron a la conclusión de que los principales responsables de la contaminación por SO₂ eran los generadores de calor domésticos, correspondiendo, por otro lado, la responsabilidad más importante de la contaminación por partículas en suspensión, a los vehículos accionados por motor Diesel, dirigiendo, por tanto, en estas dos líneas específicas las actuaciones del departamento.

Actuaciones sobre los focos de emisión

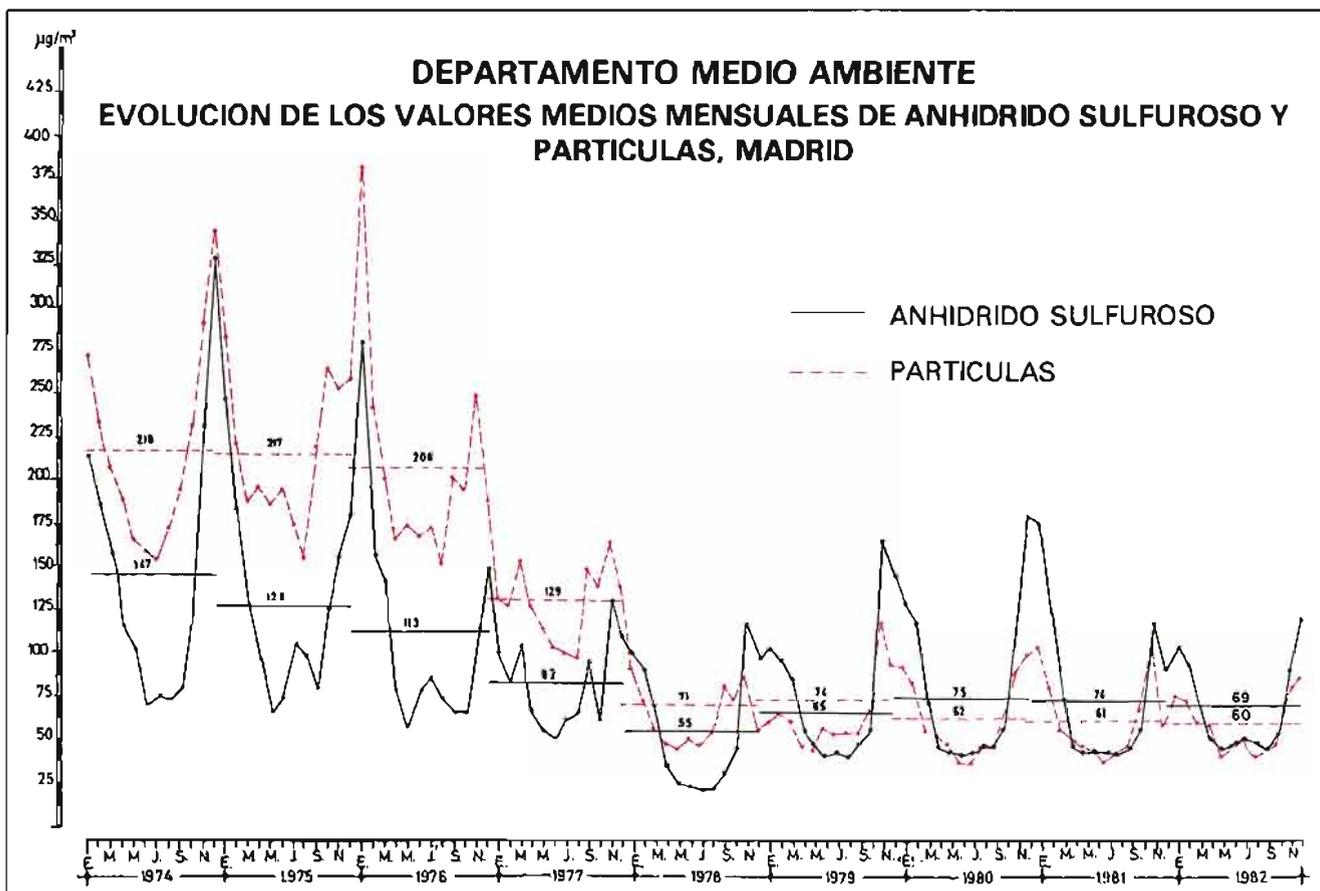
Como se ha dicho anteriormente, se han dirigido las actuaciones para disminuir el SO₂ a los combustibles de los generadores de calor domésticos, iniciándose con la preparación de un fuel-oil ligero, con

un contenido en azufre inferior al 2 por 100, y pasando a la obligación de utilización de gasóleo en el año 1976, con un contenido en azufre menor del 0,9 por 100, estando en la actualidad este gasóleo con un contenido en azufre menor del 0,6 por 100.

En el año 1981 se procedió a una toma de muestras generalizada de los carbones para realizar los correspondientes análisis, exigiendo la utilización de estos combustibles con menos de un 1 por 100 de contenido en azufre, realizándose en los años 1981 y 1982 unos 5.000 análisis e imponiéndose en la presente campaña (1982-83) sanciones de 25.000 y 50.000 ptas. a los que no cumplieran con esta condición.

En relación con las actuaciones sobre los vehículos, hay que destacar la puesta en servicio de dos Centros de Control en carga, con un total de 12 chasis dinamométricos, y la creación de una unidad especial de la Policía Municipal, para la denuncia de los vehículos en que se aprecia una emisión superior a la permitida.

Con estos medios y la mecaniza-





Vista parcial del laboratorio de un Centro de Control.

ción de las sanciones por ordenador, incluyendo su seguimiento hasta la corrección o precintado del vehículo, se ha conseguido mejorar notablemente la situación en Madrid.

Evolución de la contaminación en Madrid entre los años 1974 y 1982

En el gráfico adjunto se presenta la evolución de la contaminación atmosférica en el período comprendido entre 1974 y 1982.

Esta evolución, íntimamente ligada a las condiciones meteorológicas, lo está también a los valores de emisión y, como fácilmente se desprende del gráfico, las variaciones de las mismas responden a actuaciones específicas y concretas del Ayuntamiento de Madrid, a través del Departamento de Contaminación Atmosférica.

En enero de 1975, después de la situación extrema presentada en los meses de diciembre de 1974 y enero de 1975, se produjo el Bando de Alcaldía-Presidencia, de 31 de enero de 1975, en el que, entre otras cosas, preveía el cambio de los combustibles líquidos antes del 1 de octubre de 1975. Este cambio, debido a que tardó en salir el nuevo combustible, no pudo realizarse en la fecha prevista y sólo se consiguió efectuarlo parcialmente en el año 1975, quedando concluido a lo largo de 1976.

Considerando este cambio y analizando los valores medios de los años 1974 y 1975, nos encontramos con que, manteniéndose prácticamente iguales los valores de humos

(218 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para 1974, y 217 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para 1975), disminuyen notablemente los valores de SO_2 (147 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para 1974, y 128 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para 1975).

Al ser prácticamente iguales los valores de humos, sobre cuyas emisiones ya se había iniciado una fuerte situación, se puede considerar que las circunstancias meteorológicas, en relación con la difusión de la contaminación, fueron más adversas en 1976 que en 1975, y que la disminución obtenida en el SO_2 fue, exclusivamente, debida a la acción municipal que logró la iniciación del cambio de combustibles.

Si consideramos el año 1976, esta acción (completado ya el cambio de combustibles) queda claramente manifestada en los valores obtenidos, y así vemos que continuando un elevado valor medio de humos (208 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) el de SO_2 disminuye a 113 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En julio de 1976, puesto ya en servicio el segundo Centro de Control de Vehículos, se crea la Patrulla de Protección Ecológica que, con los dos Centros de Control existentes, permite reforzar extraordinariamente la acción contra los humos emitidos por los vehículos Diesel.

El año 1977 ha sido de circunstancias meteorológicas claramente favorables a la difusión de contaminantes, quedando reflejado en el gráfico adjunto, puesto que, sin ninguna nueva acción específica sobre el SO_2 , la concentración media de este contaminante bajó de

113 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en 1976, a 82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en 1977, descenso, en este caso, únicamente imputable a la mejora de la situación meteorológica.

Sin embargo, si consideramos, comparativamente con las de SO_2 , las concentraciones de humos en los años 76 y 77, vemos que el año 1976 las de humos superan en un 70 por 100, aproximadamente, las de SO_2 , mientras que en el año 1977 sólo las superan en un 50 por 100, quedando así claramente definida la eficaz actuación municipal en un problema de la contaminación por humos.

En el año 1978 vemos que en los meses de enero y febrero las concentraciones medias mensuales de partículas en suspensión son inferiores a las mismas medias mensuales de dióxido de azufre, circunstancia esta que se da por primera vez en Madrid, debido a la eficaz acción de control sobre los vehículos Diesel.

El año 1979 es de características similares al 78, aunque aumenta el número de meses en que la concentración de partículas en suspensión es inferior a la de dióxido de azufre, y los valores medios anuales de los dos contaminantes tienden a aproximarse, siendo a finales de 1979 cuando se pone en marcha la mecanización de sanciones y precintado de vehículos, lo que nos lleva a que en 1980, por primera vez, se produzca que la media anual de partículas en suspensión sea inferior a la de dióxido de azufre, manteniéndose esta tónica a lo largo de los años 1981 y 1982. ■