

**FORMULACIÓN DE POLÍTICAS DISTRITALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
CALIDAD DEL AIRE EN BOGOTÁ**

SANDRA MILENA BRAVO CÓRDOBA

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.**

2008

**FORMULACIÓN DE POLÍTICAS DISTRITALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
CALIDAD DEL AIRE EN BOGOTÁ**

SANDRA MILENA BRAVO CÓRDOBA

Proyecto de grado presentado a la Universidad de los Andes como requisito para optar al
título de Maestría en Ingeniería Ambiental

ASESOR

Eduardo Behrentz Valencia

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.**

2008

TABLA DE CONTENIDO
RESUMEN

1. Introducción	1
2. Generalidades e institucionalidad ambiental del distrito capital	3
2.1 Generalidades Bogotá	3
2.1.1 Ubicación y aspectos geográficos	3
2.1.2 Aspectos sociales y económicos	4
2.2 Institucionalidad ambiental	6
2.2.1 Autoridad ambiental en el distrito capital	6
2.2.2 Estructura y funciones de la Secretaría Distrital de Ambiente	7
2.2.3 Gestión ambiental en el distrito capital	10
3. Contaminación del aire en el distrito capital	13
3.1 Fuentes generadoras de contaminación	13
3.2 Calidad del aire en el distrito capital	15
4. Descripción de las medidas implementadas para prevenir y controlar la contaminación del aire	18
4.1 Medidas encaminadas a controlar la contaminación proveniente de las fuentes fijas de emisión	20
4.1.1. Producción más limpia	20
4.1.2 Control y seguimiento	23
4.1.3 Otras acciones	26
4.2 Medidas encaminadas a controlar la contaminación proveniente de las fuentes móviles de emisión	27

4.2.1	Programa de certificación de emisiones vehiculares	27
4.2.2	Acercar transporte	31
4.2.3	Operativos en vía y operación de unidades móviles de monitoreo	32
4.2.4	Programa de autorregulación ambiental	34
4.2.5	Pico y placa ambiental	37
5.	Plan de manejo de la calidad del aire	38
5.1	Ciclo de manejo de la calidad del aire	39
5.1.1	Fase uno: reconocimiento	39
5.1.2	Fase dos: formulación	40
5.1.3	Fase tres: implementación	41
5.1.4	Fase cuatro: evaluación del programa	42
5.2	Componentes del plan	44
5.3	Planes para el mejoramiento de la calidad del aire en el mundo	45
5.3.1	Londres	45
5.3.2	Costa Sur de California, los Ángeles	49
5.3.3	Ciudad de México	54
6.	Lineamientos técnicos para el mejoramiento de la calidad del aire en Bogotá	58
6.1	Fuentes móviles	59
6.1.1	Vehículos de servicio particular operados con gasolina	60
6.1.2	Fuentes móviles operadas con diésel	62
6.1.3	Otras fuentes móviles	64
6.2	Fuente fijas	65
6.3	Institucionalidad	70

6.4 Otras acciones	72
7. Referencias bibliográficas	74
Anexo Uno	78

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Población conciliada 1973 – 2005	4
Figura 2. Autoridades que concurren al distrito capital	7
Figura 3. Gestión Ambiental en el distrito capital	11
Figura 4. Lineamientos Proaire 2002 – 2010	57

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores económicos para Bogotá 2000 – 2006	6
Tabla 2. Indicadores Acercar	22
Tabla 3. Indicadores Pread	22
Tabla 4. Indicadores control y seguimiento	24
Tabla 5. Indicadores programa de certificación de emisiones vehiculares	29
Tabla 6. Indicadores auditorías a centros de diagnóstico reconocidos	31
Tabla 7. Indicadores acercar transporte	32
Tabla 8. Indicadores operativos en vía	34
Tabla 9. Indicadores programa de autorregulación ambiental	36
Tabla 10. Indicadores pico y placa ambiental	37

RESUMEN

Bogotá, con una población de 6,778,691¹ habitantes y con una tasa anual de crecimiento del 2.08%, se caracteriza por ser el más importante centro urbano de Colombia y una de las más grandes ciudades de América Latina, adicionalmente, por tener la mayor tasa de deterioro ambiental del país.

Según información de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire (RMCAB), el material particulado inferior a 10 micras (PM₁₀) reporta niveles persistentemente altos, frecuentemente excediendo los niveles sugeridos por las normas de calidad del aire, principalmente en ciertas zonas de la ciudad con altos niveles de actividad industrial y vehicular, convirtiéndose en el principal contribuyente al problema de contaminación del aire en la ciudad.

Según lo demuestra la experiencia mundial el mejoramiento de la calidad del aire es producto de una planeación adecuada de acciones integrales a implementarse en plazos concretos y enfocadas a resolver problemas específicos de calidad del aire, este proceso de planeación se traduce en un plan de mejoramiento de la calidad del aire.

Un plan de mejoramiento de la calidad del aire es un programa integral que contiene los elementos necesarios para establecer o fortalecer medidas de vigilancia, medidas orientadas a mejorar la calidad del aire y prevenir su deterioro y medidas destinadas a disminuir el impacto de la contaminación del aire sobre la salud durante estados de alerta.

¹ Datos obtenidos del DANE, disponibles en: <http://www.dane.gov.co/>

Previo a la formulación programas y medidas encaminadas a la reducción de los niveles de contaminación, es necesario contar con los antecedentes suficientes para comprender las distintas causas del problema de contaminación atmosférica y el marco general en el cual deberán desarrollarse los esfuerzos de descontaminación de una determinada zona o ciudad.

Con el fin de formular lineamientos y recomendaciones de políticas para el mejoramiento de la calidad del aire, se desarrolla en el presente trabajo una contextualización de la actual situación del distrito capital en cuanto dos temas: Manejo del recurso aire, que incluye aspectos sobre institucionalidad y medidas implementadas, y calidad del aire, que pretende caracterizar el actual problema de contaminación.

Con base en esta contextualización inicial se pretende construir el panorama actual de la ciudad frente al tema de calidad del aire, proporcionando las bases técnicas necesarias para fundamentar todas aquellas recomendaciones formuladas para el mejoramiento de la calidad del aire en la ciudad de Bogotá.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA). En especial a cada uno de los miembros del grupo de Calidad del Aire que aportaron para el desarrollo del presente trabajo.

A la Secretaria Distrital de Ambiente. Por su colaboración para la recopilación de la información al interior de la entidad.

Al director de este proyecto: Dr. Eduardo Behrentz, por todo su apoyo y colaboración.

A mis padres y hermanos por su cariño y apoyo incondicional.

1. INTRODUCCIÓN

En todo centro urbano con importante concentración de población, las presiones ejercidas por sus habitantes y actividades relacionadas han generado la degradación del recurso aire. Sin embargo, en los últimos años, la creciente preocupación pública y avances en los aspectos técnicos y científicos relacionados con el manejo de la calidad del aire, han generado la movilización de esfuerzos y recursos hacia su mejoramiento.

En varios países del mundo se ha demostrado que el mejor enfoque para solucionar los problemas generados por la contaminación del aire consiste en el establecimiento de un conjunto de opciones estratégicas integrales (Molina et al 2004). En Latinoamérica, durante las dos últimas décadas, varios países (México, Chile y Brasil) han empezado a tratar más seriamente con problemas de calidad del aire (Cifuentes et al 2005; Molina et al 2004; O’Ryan et al 2000) mediante la implementación de planes y programas.

Según lo demuestra la experiencia de otros países del mundo con importante trayectoria en el tema del manejo de la calidad del aire, gracias al desarrollo e implementación de planes y programas integrales, se han podido alcanzar reducciones substanciales en las concentraciones de contaminantes criterio (Molina et al 2002; Vandenberg 2005; O’Ryan et al 2000; Simpson 1999).

Diferentes países han desarrollado e implementado diferentes enfoques para manejar problemas de contaminación del aire, mediante estrategias construidas sobre la base del análisis y entendimiento de las múltiples fuentes, múltiples contaminantes y múltiples impactos involucrados (Croes et al 2006; Molina et al 2002). Es entonces necesaria

información sobre las diferentes fuentes que contribuyen a la contaminación del aire, determinando el tipo y severidad del problema, reconociendo los principales contribuyentes de la contaminación, las características de la contaminación y los contaminantes, áreas de interés y el impacto de la contaminación del aire en la sociedad (Molina et al 2004; Beattie et al 2000).

El presente estudio tiene como objetivo principal aportar desde el punto de vista técnico y científico a la gestión de la calidad del aire en Bogotá mediante el planteamiento de lineamientos y recomendaciones de políticas para el mejoramiento de la calidad del aire, basados en el análisis de aspectos relacionados con el manejo del recurso aire por parte del distrito, así como temas relacionados con la actual calidad del aire.

2. GENERALIDADES E INSTITUCIONALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO CAPITAL

2.1 Generalidades Bogotá

2.1.1 *Ubicación y aspectos geográficos*

Bogotá se encuentra ubicada en una meseta de la cordillera oriental a 2,630 m.s.n.m., su territorio está incluido en el departamento de Cundinamarca, entre los 3° 41´ 24" y 4° 49´ 54" de latitud norte y 75° 59´ 13" de longitud oeste.

Cuenta con una clasificación geográfica interna conformada por 20 localidades, (Antonio Nariño, Barrios Unidos, Bosa, Candelaria, Chapinero, Ciudad Bolívar, Engativá, Fontibón, Kennedy, Mártires, Puente Aranda, Rafael Uribe, San Cristóbal, Santa Fe, Suba, Sumapaz, Teusaquillo, Tunjuelito, Usaquén y Usme), las cuales hacen parten de una división política, administrativa y territorial.

El territorio del distrito capital tiene una superficie aproximada de 1,750 Km², distinguiéndose dos áreas bien definidas, una al norte, plana, que corresponde a la Sabana de Bogotá y donde se encuentra la capital de la República, y otra, hacia el sur, montañosa que se extiende desde la terminación de la Sabana, en el páramo de Sumapaz.

El clima de la ciudad presenta temperaturas promedio de 4°C a 14°C, la precipitación promedio anual oscila entre los 500 mm a 2,500 mm, el índice de humedad de 35.4, el piso térmico predominante es frío y el piso bioclimático páramo.

Bogotá cuenta con un régimen de precipitación bimodal con periodos de alta precipitación en marzo abril y octubre noviembre. La velocidad y dirección del viento varían durante el día, en horas de la mañana (entre 6:00 a.m. y 11:00 a.m.) los vientos predominantes van hacia el occidente mientras que en las horas de la tarde (12:00 y 18:00) se desplazan hacia el norte (Cancino 2006). En el mes de agosto se registran las más altas velocidades del viento. La regularidad de estas condiciones se ve afectada por los fenómenos de El Niño y La Niña.

2.1.2 Aspectos sociales y económicos

Según los datos del último censo poblacional (DANE 2005), Bogotá concentra el 16% de la población de Colombia, con una tasa de crecimiento aproximada del 2.3% entre 1993 y 2005. En la figura 1 se muestra la población conciliada entre el año 1973 y el 2005, reportada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

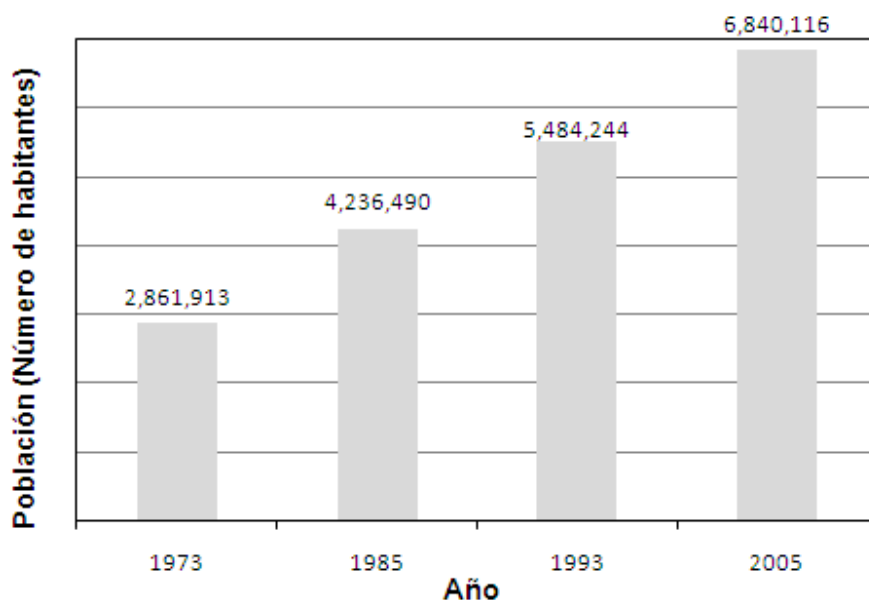


Figura 1. Población conciliada 1973 – 2005.

En el Distrito Capital se halla el más importante centro industrial del país, las grandes industrias se encuentran ubicadas principalmente al sur y occidente de la ciudad. En términos generales, la economía distrital ha consolidado un perfil netamente urbano, donde se destaca la amplia participación de actividades pertenecientes al sector de los servicios y en menor proporción la industria manufacturera.

En las zonas rurales tienen importancia la agricultura, ganadería y explotación de piedra y arena. El Distrito Capital es la región que más contribuye al PIB de Colombia (27%). Los sectores industrial, de gobierno y financiero desarrollan algo más de la mitad de la actividad económica urbana y actividades clasificadas como de gran valor agregado, por el volumen de empleo que generan, participan con el 77% de la producción interna.

Bogotá, registra las menores cantidades de población con necesidades básicas insatisfechas con el 17.3%. En los últimos años Bogotá ha aumentado su importancia como principal centro manufacturero del país, basándose en la producción de bienes intermedios y de consumo. En la tabla 1 se presentan algunos indicadores económicos reportados por el DANE.

El PIB histórico para la ciudad de Bogotá ha presentado un comportamiento variable en la última década. Entre los años 1991 y 1994 el PIB mostró un crecimiento importante, después de 1994 un considerable descenso, alcanzando valores negativos de crecimiento entre mediados del año 1998 y 2000. Posterior al año 2000, el PIB muestra una recuperación importante que se ha venido manteniendo en los últimos años. En 2006 alcanzó el mayor crecimiento de los últimos 12 años.

Tabla No. 1. Indicadores económicos para Bogotá 2000 – 2006.

Indicador	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Participación porcentual al PIB nacional en precios corrientes	21.6%	21.9%	22.3%	22.1%	22.4%	22.5%	N.A.
Porcentaje crecimiento del PIB	3.4	2.3	2.7	4.7	4.8	5.4	6.9
Tasa de ocupación	52.4*	53.2	54	55.7	55.4	56.9	56.9
Tasa de desempleo	20.3*	18.7	18.2	16.7	14.8	13.1	11.5
Tasa subempleo	N.A.	28.9	34.4	33	31.4	33.8	32.7
Número de establecimientos industriales	2,259	2,184	2,120	2,418	2,487	2,806	N.A.

* Valores reportados en el mes de septiembre, no se consolidó valor anual.
N.A. No aparece

2.2 Institucionalidad Ambiental

2.2.1 *Autoridad ambiental en el distrito capital*

En el distrito capital concurren diferentes autoridades como se muestra en la figura 2. En el ámbito nacional el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) en lo que tiene que ver con obras de gran impacto y áreas nacionales protegidas (parques naturales), en el ámbito regional la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) sobre zonas rurales, áreas protegidas regionales y la reserva forestal protectora de Bogotá y en el ámbito distrital la titularidad esta a la cabeza del Alcalde Mayor y Concejo Municipal, como máxima autoridad en la zona urbana y entregándole a la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA) funciones de rector y ejecutor en temas ambientales.

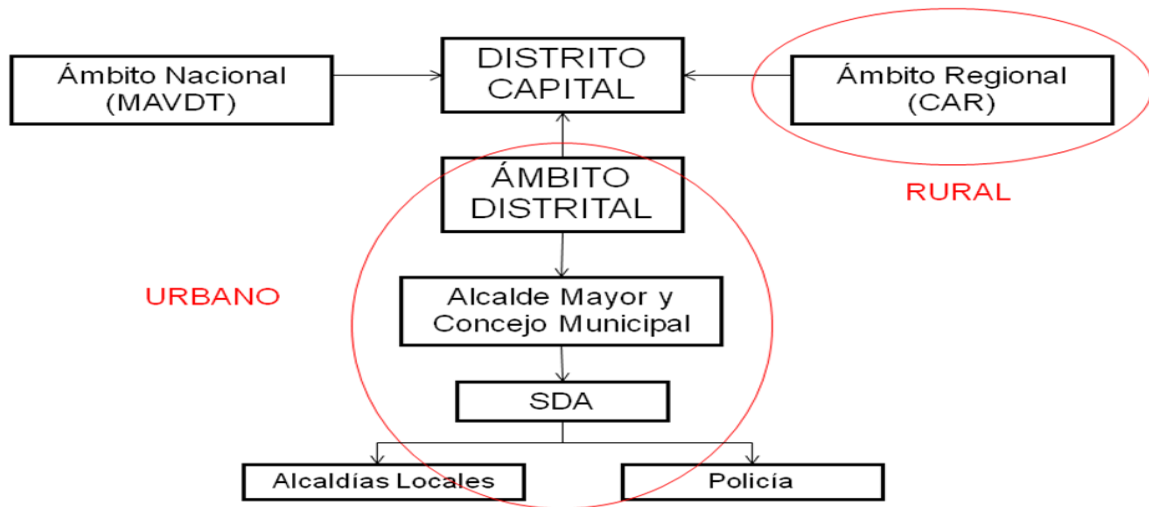


Figura 2. Autoridades que concurren al distrito capital.

2.2.2 Estructura y funciones de la Secretaria Distrital de Ambiente

En 1990, mediante el Acuerdo 9 del Concejo de Bogotá, nace el Departamento Administrativo del Medio Ambiente, DAMA, funcionando inicialmente como oficina anexa a la Alcaldía Mayor, similar a un centro de investigación y encargado de desarrollar y vigilar la aplicación de la gestión ambiental en el Distrito.

Con la Ley 99 de 1993 se estructura el marco de políticas ambientales para el país, asignando al Ministerio de Ambiente responsabilidades relacionadas con la aprobación de regulaciones y políticas para el control de la contaminación del aire y creando formalmente autoridades ambientales para ciudades cuyas poblaciones exceden un millón de habitantes.

Después de una reestructuración de la entidad existente (en 1995 mediante Decreto 673 del Alcalde Mayor de Bogotá) fueron asignadas al DAMA responsabilidades en las áreas

de control de la contaminación del aire, regulación y políticas en Bogotá. Posteriormente, en los años 2001 y 2003, mediante la expedición de los decretos 308 y 330 del Alcalde Mayor de Bogotá se modificó la estructura del DAMA y se asignaron funciones a sus dependencias.

La entidad tal y como se la conoce hoy en día es resultado de la reforma administrativa del Distrito Capital. Mediante Acuerdo 257 de 2006 del Concejo de Bogotá, se creó la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), otorgándole las mismas funciones del antiguo DAMA con nuevas herramientas y estructura. En el Decreto 561 de 2006 del Alcalde Mayor de Bogotá, se consigna la estructura organizacional de la entidad, y se determinan las funciones de sus dependencias.

Según el Acuerdo 257 de 2006 del Concejo de Bogotá, la entidad a la cabeza del sector ambiente en el distrito es la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), encargada de garantizar el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos mediante el fomento del desarrollo económico y social enmarcado en principios universales y desarrollo sostenible para la recuperación, protección y conservación del ambiente.

Le corresponde a la SDA, la orientación y liderazgo en la formulación de políticas ambientales, planes, programas y proyectos tendientes a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos agua, aire, suelo, y biodiversidad. Así mismo, definir los lineamientos ambientales que regirán las acciones de la administración pública distrital, liderar y coordinar el Sistema Ambiental del Distrito Capital, formular, ajustar y revisar periódicamente un Plan de Gestión Ambiental y coordinar su ejecución, implantar y operar el sistema de información ambiental del Distrito Capital, y trazar

lineamientos para integrar el componente ambiental en el plan de desarrollo, y el plan de ordenamiento territorial.

La estructura específica actual de la SDA y las funciones de sus dependencias se establecen mediante el Decreto 561 de 2006 de la Alcaldía Mayor.

La SDA, está formada por una parte por el despacho y las oficinas vinculadas de planeación corporativa, control interno y participación comunitaria, educación ambiental y comunicaciones, y por la otra por la subsecretaria general.

La subsecretaria general, es la encargada directamente del manejo de los recursos agua, aire, suelo y biodiversidad, mediante las oficinas de control de calidad y uso del agua, control de emisiones y calidad del aire, control ambiental a la gestión de residuos, y control de fauna y flora.

A la oficina de control de emisiones y calidad del aire le corresponde llevar a cabo las acciones necesarias para mejorar y proteger el aire que respiran los habitantes de la ciudad. Entre las funciones de esta oficina se destacan:

- a. Elaborar conceptos técnicos de evaluación, control, seguimiento y monitoreo de fuentes de emisión.
- b. Evaluación técnica, seguimiento, monitoreo y manejo de los efectos ambientales de las emisiones de fuentes fijas y móviles.
- c. Evaluación técnica de licencias ambientales y demás instrumentos de control y manejo ambiental en lo relacionado con las emisiones atmosféricas de fuentes fijas.

- d. Monitorear la calidad del aire dentro del perímetro urbano y evaluar sus resultados.
- e. Operar y realizar el mantenimiento y calibración de la red de calidad del aire del Distrito Capital, así como el análisis y manejo de la información.

2.2.3 Gestión ambiental en el distrito capital

Los programas emprendidos por la autoridad ambiental se enmarcan en un esquema de gestión ambiental, que formula los principios, estrategias y políticas que lideraran el manejo ambiental en el distrito. Los mecanismos para alcanzar estos objetivos son delineados en un Plan de Gestión Ambiental (PGA), que es el centro de la gestión ambiental en el distrito.

El PGA fue adoptado en marzo de 2003 mediante el decreto 61 del Alcalde Mayor de Bogotá, con una proyección a 10 años y cuya aplicación está condicionada a distintos instrumentos de política de orden nacional y regional, superposición de entidades de los diferentes órdenes y a la coexistencia de políticas de otros sectores distritales (suelo, vivienda, transporte y movilidad), es el encargado de guiar la política ambiental en la ciudad.

La gestión ambiental del Distrito Capital se organiza en escenarios parciales, cada uno de los cuales se enfoca sobre uno de los procesos principales (funciones de transformación del espacio u generación de bienes y servicios) del ecosistema ciudad-región y en los que se reúne a los actores que tienen injerencia en cada escenario. Según el Decreto 61 de 2003 de la Alcaldía Mayor de Bogotá, la gestión y concertación en cada escenario se orientan según los principios generales y la política específica definidos por el PGA.

En cada escenario, los objetivos del PGA más relacionados con las actividades, responsabilidades e intereses de los actores, se traducen a indicadores y metas concertados y las acciones e instrumentos requeridos para el logro y control de las metas establecidas.

En la figura 3 se muestra un esquema donde se resume la gestión ambiental en el Distrito Capital.

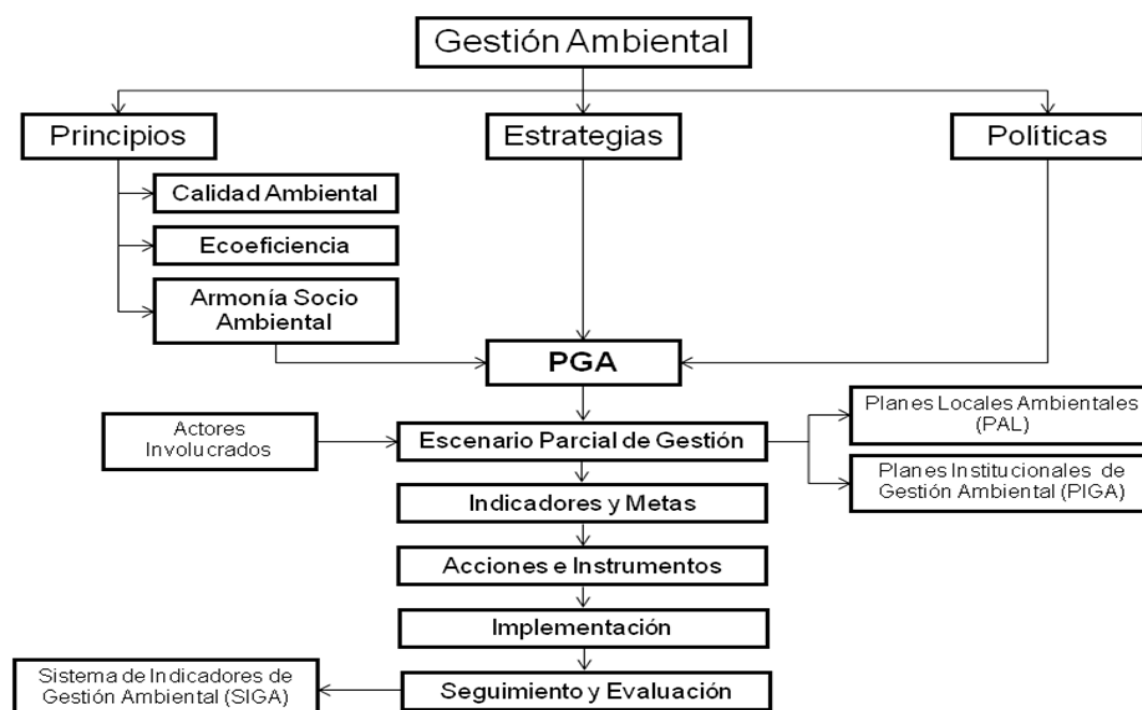


Figura 3. Gestión Ambiental en el distrito capital.

Las entidades encargadas de ejecutar el PGA, son aquellas que integran el Sistema Ambiental del Distrito Capital, SIAC, así como las involucradas en los programas y subprogramas del Plan de Gestión Ambiental. Los compromisos concertados con cada entidad se recogerán en los Planes Institucionales de Gestión Ambiental, PIGA, dentro de los cuales las instituciones, según su tema o misión particular, establecerán las directrices

para el armado y evolución de los escenarios en los cuales participan como actores institucionales.

Las entidades que hacen parte del SIAC, mostradas en el esquema anterior, son de tres tipos:

1. Entidades encargadas de dirigir, planificar, normatizar o controlar, la gestión ambiental del Distrito Capital: Secretaría de Gobierno, Planeación Distrital, Salud, CAR, Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos, y Secretaría de Movilidad.
2. Entidades con responsabilidad de cuidar la cobertura vegetal de la ciudad y de educar, promover, divulgar, capacitar y organizar a la comunidad: CAR, Secretaría Distrital de Cultura Recreación y Deporte, de Educación, Jardín Botánico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Instituto Distrital de Participación y Acción Comunal, Empresa de Acueducto y Alcantarillado, Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos, y Metrovivienda.
3. Entidades que adelantan proyectos de desarrollo: Empresa de Acueducto y Alcantarillado, Empresa de Energía, Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos, Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, Metrovivienda, y Secretaría de Movilidad.

3. CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL DISTRITO CAPITAL

3.1 Fuentes Generadoras de Contaminación

Los niveles de contaminación atmosférica de la ciudad obedecen a la conjunción de varios factores, entre los que se encuentra:

Actividad industrial: Con cerca de 40,000 industrias manufactureras (Cámara de Comercio de Bogotá, 2008) y con 7,000 que potencialmente pueden generar emisiones, produce elevados niveles de contaminantes atmosféricos en torno a los procesos de combustión usados por las industrias y a deficiencias tecnológicas. El Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental de la Universidad de los Andes realizó en 2008 la actualización del inventario de fuentes de emisión, se encuestaron 2,687 industrias manufactureras en diferentes localidades de la ciudad, distribuidas en los sectores alimentos y bebidas, químico, fabricación de productos elaborados en metal, fabricación de maquinaria y equipo, fabricación de productos de cauchos y ensamble de vehículos y fabricación de autopartes. De este estudio se pudo determinar que el 38% de las industrias cuentan con fuentes de emisión por combustión (hornos o calderas) y que el principal combustible es el gas natural, utilizado por el 68% de la industria. Combustibles como el diésel, carbón mineral, GLP, Carbón coque y crudo son utilizados en menor proporción (11%, 9%, 6%, 4%, 1% de las industrias encuestadas respectivamente). El panorama antes mencionado sugiere que en un pequeño porcentaje de industrias se concentra el aporte contaminante de este sector. La ubicación de industrias en áreas residenciales, la ilegalidad de una buena parte del sector industrial de la ciudad y el deficiente control por parte de la entidad

ambiental del distrito hace del sector industrial de la ciudad un importante contribuyente al deterioro de la calidad del aire ambiente.

Población: El crecimiento y la concentración de población en el distrito, ha generado un volumen cada vez más creciente de personas expuesta a los altos índices de contaminación. Así mismo, la expansión de la ciudad hacia la periferia ha provocado una extremada segregación social, espacial y funcional que obliga a la población a desplazarse importantes cantidades de kilómetros al día. Esto, en conjunto con problemas estructurales de la ciudad y grandes volúmenes vehiculares, genera problemas como la congestión vehicular que, a su vez, contribuye a aumentar los índices de contaminación atmosférica.

Transporte urbano: El transporte sigue siendo el sector más contaminante de la capital, actualmente circulan entre 950000 y 1100000 vehículos. Los principales problemas del transporte lo constituyen la cantidad de vehículos, el estado de mantenimiento y la edad de muchos automotores de servicio público, la concentración horaria y espacial de los viajes y la cantidad creciente de automóviles particulares. La ubicación de la ciudad en una depresión montañosa a 2,630 m.s.n.m. y las condiciones meteorológicas contribuyen a empeorar las condiciones de contaminación atmosférica causada por fuentes móviles (Cárdenas 1999).

El problema de contaminación del aire, adicionalmente, tiene origen y comportamiento cambiante según la localidad a la que se haga referencia, esto básicamente debido a las características propias (ubicación y aspectos socio económicos) y aspectos meteorológicos (e.g. precipitación y dirección de vientos), que pueden incrementar o

disminuir la concentración de contaminantes en una u otra localidad. En localidades como Barrios Unidos, Chapinero, La Candelaria, Rafael Uribe Uribe, Suba, Teusaquillo, y Usaquén, la generación de emisiones se produce principalmente por fuentes móviles a lo largo de los principales ejes viales. Las fuentes fijas de emisión y fuentes de área se constituyen en los principales generadores de contaminación atmosférica en Ciudad Bolívar, Engativá, Tunjuelito, y Usme. En otras localidades, como Antonio Nariño, Bosa, Fontibón, Kennedy, Los Mártires, Puente Aranda, San Cristóbal, y Santa Fe, las emisiones tienen un origen mixto (fuentes móviles y fijas).

3.2 Calidad del Aire en el Distrito Capital

El análisis de los datos provenientes de la red de calidad del aire permiten describir el comportamiento de los contaminantes criterio y algunas variables meteorológicas durante un período de tiempo (para el caso de Bogotá se cuenta con datos desde 1997). Adicionalmente es posible mediante análisis estadísticos establecer tendencias para los distintos contaminantes y las posibles causas del problema de contaminación.

Varios estudios han tomado la información producida por la red de calidad del aire para diagnosticar el problema de contaminación de la ciudad. En el año 2006 se desarrollo un riguroso análisis de los registros contenidos en la Red de Calidad del Aire de Bogotá producidos en todas las estaciones de monitoreo, durante el período 1997 – 2006, haciendo uso de herramientas estadísticas formales (Gaitán 2007).

Con base en el estudio antes citado, se establece que los contaminantes Monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno, muestran en el periodo de monitoreo, concentraciones

bajas, con mínima ocurrencia de excedencias a la norma de calidad del aire (Resolución 601 de 2006, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial), no supera el 5%. El dióxido de azufre, presenta porcentajes de excedencia desde el año 1997 hasta el año 2006 muy variables, sin embargo este valor no excede el 11% para el periodo analizado, presentando en los últimos tres años los valores más bajos de concentración.

Del análisis realizado, los contaminantes que mayor interés presentan por su comportamiento en el período analizado, son el ozono y el material particulado con diámetro menor a diez micras. El ozono, es uno de los contaminantes de interés, ya que históricamente ha presentado un porcentaje de excedencia aunque no muy elevado (no supera el 10%), sostenido durante el período comprendido entre 1998 a 2001. Sin embargo en los últimos años ha mostrado una importante disminución del número de datos que exceden la norma (2003, 2004, y 2006 no superan el 1% de excedencia).

Consecuente con todos los estudios realizados para analizar la calidad del aire de la ciudad, se encontró que el material particulado es el principal causante del problema de contaminación en la ciudad. Según los datos de la Red de Calidad del Aire, las concentraciones diarias superan constantemente la norma, principalmente en las estaciones Puente Aranda, Fontibón y Corpas (ubicada en la localidad de Suba). El análisis de los porcentajes de excedencia anuales en el período comprendido entre 1997 y 2006 muestra que el 40% de los días se violó la norma anual, adicionalmente se observa una tendencia sostenida en cuanto al porcentaje de días que exceden la norma por año, mostrando un incremento desde el año 2001. En el año 2005 se registro el porcentaje más alto de excedencia de la norma de los últimos años, 50% de los días se excedió la norma. En el año 2006 aunque se redujo el porcentaje de excedencia en

comparación con el 2005, en el sur occidente de la ciudad la concentración anual llegó a ser 1.5 veces más alta que lo especificado por la norma.

El caso más crítico de violación a la norma se presenta en la localidad de Puente Aranda, donde para el periodo analizado el 81% de los días se superó la norma de calidad del aire. El análisis de las concentraciones en esta localidad durante los últimos 3 años muestran que en los meses de junio, julio y agosto se registran las concentraciones promedio más bajas, mientras que en el período entre noviembre y marzo se presentan las más altas del año. En el año 2006, se encontraron los valores de concentración medios diarios que superan $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La contaminación atmosférica es generada principalmente por las emisiones provenientes de grandes, medianas y pequeñas industrias que tienen su sede en la localidad, así como fuentes móviles, dado el alto tráfico automotor que caracteriza las vías de la localidad.

4. DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS IMPLEMENTADAS PARA PREVENIR Y CONTROLAR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

De forma previa al año 1990 no son muchas las medidas implementadas en el tema de la calidad del aire. Hacia el inicio de la década de los noventa, el control de la contaminación del aire se centraba en la eliminación del plomo en la gasolina, así como en la realización de diversos estudios² en caminados a entender la gravedad del problema.

En el período entre 1993 y 1995, se impulsó un plan de acción ambiental donde la segunda prioridad era el tema de la contaminación atmosférica y acústica, identificando como proyectos prioritarios la Red de monitoreo de Calidad del Aire, la caracterización de emisiones, un programa de masificación del uso de gas licuado de petróleo GLP, la renovación del parque automotor y la promoción de combustibles limpios.

Entre 1995 y 1998, el plan de gestión ambiental del DAMA, presentó el tema de la calidad del aire como primera prioridad del plan, incluyendo un análisis de la problemática, así como la definición de las fuentes fijas y móviles como las principales causas del problema. En este mismo documento se enuncian algunos desarrollos normativos e institucionales y se definen objetivos y estrategias para orientar las acciones encaminadas al control de la contaminación del aire en la ciudad.

² Entre 1990 – 1992, un estudio contratado por la Secretaría de Salud Distrital y elaborado por el JICA, fue el primer trabajo que integro la calidad del aire, emisiones, y condiciones meteorológicas, las fuentes de contaminación, las condiciones socio-económicas y las medidas de control de la polución en la ciudad. Posteriormente, el departamento nacional de planeación, en el proyecto desarrollado con el auspicio del PNUD, hizo una síntesis de los antecedentes sobre los estudios de contaminación atmosférica, el trabajo presento el panorama de emisiones en 1992 a nivel nacional.

Desde el año 2001, las acciones se enfocaron en el mejoramiento de instrumentos de comando y control, seguimiento a actividades contaminantes, mejoramiento del desempeño ambiental de la industria y la implementación de políticas específicas para los sectores industriales y de transporte.

A continuación se analizan las medidas generadas e implementadas por la SDA únicamente, es de notar que existen otras iniciativas adelantadas por otras entidades distritales y nacionales, que no se mencionan aquí. Para analizar las medidas implementadas, con base en la recopilación de información al interior de la SDA, se trató de construir algún tipo de indicador con el que se pudiera hacer un seguimiento histórico de las actividades que se han desarrollado en cada una de las medidas.

Sin embargo, una de las principales dificultades encontradas en el desarrollo de esta actividad, fue la carencia de información producto de cada una de los programas e iniciativas estudiadas, ya sea por inexistencia de información o por extremada dispersión de esta. Con base en el análisis de la información recopilada, no es posible establecer con claridad si las medidas introducidas en los últimos años han logrado cumplir con los objetivos propuestos en formulación de cada intervención y su conveniencia.

Cabe destacar, que aunque varias deficiencias se pudieron detectar en la SDA con respecto a temas de planeación de actividades desarrolladas en cada programa o iniciativa, falta de capacidad técnica y operativa de la entidad, así como la notable deficiencia en temas de manejo y organización de la información, sin la introducción de los programas e iniciativas planteados, muy seguramente el aire en la ciudad sería irrespirable. Si bien las medidas implementadas hasta el momento no han sido producto

de un ejercicio de planeación integral, sino más bien de la necesidad de responder de forma inmediata a problemas de calidad del aire, lo hecho hasta el momento ha permitido generar una mayor conciencia social con respecto a temas de calidad del aire e introducir esquemas de control que se han mostrado bastante efectivos en otros países del mundo.

A continuación se describen cada una de las medidas analizadas y sus indicadores asociados. Es de anotar que es posible que exista más información que la aquí suministrada, sin embargo lo que se presenta corresponde a un importante esfuerzo de recopilación al interior de la entidad, así como información suministrada por sus funcionarios.

4.1 Medidas Encaminadas a Controlar la Contaminación Proveniente de las Fuentes Fijas de Emisión

4.1.1. Producción más limpia

La Política Nacional de Producción Más Limpia, adoptada en 1996, contempla dentro de sus estrategias la promoción, autorregulación y autogestión, a partir de la puesta en marcha de convenios de concertación para la Producción Más Limpia, de carácter sectorial y regional. Con los convenios de Producción Más Limpia se busca un uso racional de materias primas y recursos naturales en las actividades productivas, mediante acciones preventivas y de control.

El esquema de producción más limpia incluye dos iniciativas: *Acercar* y *el Premio a la Excelencia Ambiental Pread*. La primera consiste principalmente una herramienta para la

generación de conciencia de autogestión y autorregulación en las industrias de la ciudad y la segunda es un reconocimiento que se hace a las empresas del distrito capital que realizan autogestión y autorregulación ambiental.

La principal ventaja del programa Acercar, tiene que ver con la concientización a las empresas sobre el tema ambiental. Los empresarios que han sido parte de este programa perciben positivamente la intervención, asesoría y colaboración para mejorar el desempeño ambiental. Sin embargo, la discontinuidad de operación de la ventanilla es un factor que ha incidido negativamente en su eficacia, debido a los periodos de suspensión de actividad del programa.

En cuanto a las posibles reducciones de contaminantes emitidos a la atmósfera como producto de esta intervención, estas no se han cuantificado, solo se hace referencia a las reducciones en el consumo de combustibles utilizados en las calderas como lo muestra la tabla dos.

Establecer si esta intervención ha sido efectiva o no es bastante complicado, debido a la falta de información, registros e indicadores que permitan estimar de manera confiable el efecto ambiental de las medidas adoptadas para cada fase. Según lo anterior, sería recomendable hacer énfasis en la realización de un seguimiento más adecuado que vincule las actividades de control y seguimiento y generar así un indicador sólido que demuestre si la introducción de esquemas de producción más limpia genera beneficios cuantificables en las emisiones producidas por las industrias vinculadas al programa.

Tabla 2. Indicadores Acercar

Indicador	Fase					
	Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV	Fase V	Fase VI
No. Asistencias Técnicas	140	653	852	281	177	317
No. Visitas Técnicas	N.D.	163	799	330	498	N.D.
No. Jornadas de Capacitación	N.D.	N.D.	20	48	25	30
No. Consultas	N.D.	957	6,481	2,596	3,285	359
No. Manuales	N.D.	N.D.	6	3	2	1

N.D.: No Disponible

El Pread está enfocado principalmente a la gran industria, un pequeño porcentaje de la industria capitalina, por lo que no se podría adjudicar beneficios directos a este programa en cuanto a mejoramiento de la calidad del aire. Como se observa en la tabla 3 la información obtenida es escasa y en cuanto a consumos energéticos, únicamente se presentar valores de ahorro en el consumo de energía eléctrica.

Tabla 3. Indicadores Pread

Indicador	Año					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
No. Empresas participantes	15	17	29	28	37	36
No. Mipymes participantes	0	1	5	8	9	9
Ahorro acumulado en el consumo total de energía (Gj/año)	100,000	158,000	170,000	300,000	343,703	N.D.

N.R.: No Disponible

En el anexo 1 se muestra la normativa que reglamenta la producción más limpia y sus iniciativas complementarias.

4.1.2 Control y seguimiento

El programa de control y seguimiento incluye actividades de inspección, vigilancia y control a fuentes fijas de emisión, mediante: Seguimiento sectorial a expedientes, realización de auditorías a los muestreos isocinéticos, realización de auditorías a los equipos y empresas que prestan sus servicios para el muestreo de las fuentes fijas de emisión.

Así mismo el control y seguimiento de las fuentes fijas, incluye el acompañamiento a operativos de cierre y suspensión, ubicación, control y seguimiento a industrias contaminantes por localidades, y solicitud de estudios de impacto ambiental para cada nueva obra.

Con el fin de hacer un seguimiento a las actividades relacionadas con esta intervención se trato de recopilar la información existe en la entidad, y se realizaron entrevistas con el personal encargado del control y seguimiento a fuentes fijas de emisión al interior de la misma. Sin embargo, solo fue posible encontrar algunas bases de datos, con información incompleta y escasa, como se muestra en la tabla 4.

Como se aprecia en la tabla 4, no hay información consolidada y clara sobre las actividades de seguimiento y control. Lo anterior se hace notorio en el caso de la información suministrada para el porcentaje de fuentes fijas monitoreadas al total, valores del 35 o el 44% de cubrimiento son imposibles de lograr en un año.

Tabla 4. Indicadores Control y Seguimiento

Indicador	Año					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
No. empresas registradas en base de datos SDA	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	257	758
No. empresas que requieren permiso de emisión	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	20	45
No. de auditorías a equipos	N.D.	3	N.D.	40	14	116
No. de auditorías a muestreos isocinéticos	N.D.	56	23		43	
No. de actuaciones técnicas (memorandos, comunicados, conceptos técnicos, informes y otros)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	386	1,603
No. Estudios de emisiones	N.D.	24	5	N.D.	N.D.	N.D.
Porcentaje de fuentes fijas monitoreadas al total	5.84	35	44	N.D.	N.D.	N.D.
No. Visitas	N.D.	3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
No. Medidas preventivas	N.D.	N.D.	N.D.	1	24	29
No. Medidas de suspensión	N.D.	N.D.	N.D.	3	28	N.D.
No. Cierre definitivo	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1	N.D.

N.D.: No Disponible

Es de notar que la consolidación de un grupo para el desarrollo de las actividades concernientes con el control y seguimiento a las fuentes fijas de emisión, se realizó solo hasta el segundo semestre del 2006. Para el período comprendido entre 2004 e inicio de 2005, no se pudo establecer si alguna actividad, relacionada con las fuentes fijas de emisión, se desarrolló, únicamente se establece que no había personal asignado a dichas actividades.

Una clara deficiencia, producto del análisis de la información relacionada con los conceptos técnicos, es la carencia de estimadores que determinen el porcentaje de cumplimiento normativo (límites de emisión, altura del ducto, dispersión de gases y olores, etc.).

Para el año 2007, de 758 empresas evaluadas, 407 de ellas pertenecientes a áreas críticas de contaminación, solamente 52 cumplían totalmente la Resolución 1908 de 2006 con respecto a la concentración de emisiones generadas por combustión externa y por proceso, altura de chimenea, método de muestreo, auditorias y límite máximo de emisión. Lo anterior demuestra que el control debería enfocarse en lograr el cumplimiento normativo de estas que ya se han identificado como contaminantes y hacerles un mayor seguimiento.

El principal hallazgo de la revisión de la información sobre este programa, tiene que ver con la falta de memoria histórica en la institución. El seguimiento de los expedientes producto de las actividades de seguimiento y control a las fuentes fijas de emisión, debe reposar en una base de datos solida de la institución y no estar dispersas. Estas actividades son muy importantes y la organización de la información consignada allí proporcionará información valiosa sobre el desempeño ambiental de la industria capitalina.

En cuanto a los conceptos de las industrias recién establecidas, no hay un apoyo claro entre la SDA y planeación, por lo que la segunda entrega licencias pero no se conoce si esta genera impactos ambientales o si su ubicación cumple los requerimientos del Plan de Ordenamiento Territorial.

En el anexo 1 se presenta la normativa que aplica a este programa.

4.1.3 Otras acciones

Es de destacar varias acciones que han hecho parte de la gestión en fuentes fijas de emisión para las cuales no se cuenta con indicadores, pero que hacen parte de la gestión realizada por la SDA para el control este tipo de fuentes.

Entre las acciones más destacadas se incluye: la evaluación de la utilización de aceite usado o reusado como combustible en calderas, la evaluación de alternativas de acción respecto al tema de calidad del aire en la localidad de Puente Aranda, seguimiento a la problemática generada por ladrilleras ubicadas en la localidad de Usme, carboneras ubicadas en las localidades de Kennedy, Fontibón, Ciudad Bolívar, y Usme y seguimiento y evaluación del cumplimiento normativo de las tintorerías ubicadas en el barrio Carvajal.

Adicionalmente, en el año 2006 la Alcaldía Mayor de Bogotá expidió los decretos 174 y 417 que contienen algunas medidas para la reducción de la contaminación en áreas críticas. Por medio de estos decretos, se declaró para áreas de contaminación clase I³, la suspensión del funcionamiento de calderas que usen combustibles sólidos y crudos pesados (carbón mineral, carbón vegetal, madera, plástico, residuos sólidos, petróleo crudo), exceptuando aquellas industrias que cuenten con sistemas de control de emisiones de material particulado.

³ Como lo establece el decreto 174, un área de contaminación alta (Clase I), corresponde a aquella en la cual la concentración de contaminantes, dadas las condiciones naturales o de fondo y las de ventilación o dispersión, excede con una frecuencia igual o superior al setenta y cinco por ciento (75%) de los casos de la norma de calidad anual.

Así mismo, se estableció exigir a las empresas o actividades que generen descargas de contaminantes al aire la infraestructura física que garantice la accesibilidad inmediata y permanente de la autoridad ambiental las fuentes de emisión, prohibir la utilización de aceites usados o sus mezclas como combustible en calderas y hornos, así como en la fabricación de aceites lubricantes.

4.2 Medidas Encaminadas a Controlar la Contaminación Proveniente de las Fuentes Móviles de Emisión

4.2.1 Programa de certificación de emisiones vehiculares

En el año 2000, la autoridad ambiental diseña un programa de certificación de emisiones para vehículos en Centros de Diagnóstico Reconocidos (CDR), exigiendo la revisión anual de emisión de gases en el transporte público y privado. Los CDR eran manejados por terceros, pero debían ser sujeto de auditorías realizadas por la entidad tanto a equipos como a las pruebas realizadas.

Posteriormente, con la entrada en vigencia de las resoluciones 3500 de 2005 y 5975 de 2006 del Ministerio de Transporte y Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, los vehículos de transporte público y privado solicitarían un Certificado Unificado de Revisión Técnico Mecánica y Gases, desapareciendo así el programa de certificación de emisiones vehiculares planteado por el distrito en el año 2000.

Esta revisión se realiza en Centros de Diagnóstico Automotor (CDA), avalados por el Ministerio de Transporte y la vigencia del certificado de la revisión unificada técnico

mecánica y de gases para los vehículos particulares es de dos años, mientras que para los vehículos de servicio público es de un año.

Con la entrada en vigencia de esta norma, los CDR continuaron funcionando hasta la aprobación de los nuevos CDA. Para abril del año 2007 se contaba con 86 CDR, posteriormente, con la entrada en funcionamiento de los CDA aprobados para la revisión de vehículos livianos este número se redujo a 14. En noviembre del mismo año el Ministerio de Transporte autorizó el funcionamiento de un CDA con capacidad para inspeccionar vehículos livianos, pesados y motocicletas, por lo que finalmente los CDR pierden su vigencia, dando por terminada la entrega de Certificados Únicos de Análisis de Gases por parte de los CDR.

Los requerimientos para equipos de opacidad (opacímetros) y revisión del procedimiento están dados por la Norma Técnica Colombiana NTC 4231, para analizadores de vehículos a gasolina y revisión del procedimiento por la NTC 4983, y para analizadores de motocicletas a gasolina y revisión del procedimiento por la NTC 5365. Es de notar que actualmente la Secretaría de Ambiente adelanta un proyecto para la revisión de estas normas. En el anexo 1 se presenta la normativa que rige el programa de certificación de emisiones.

A partir del mes de enero de 2008 se hace obligatoria la revisión técnico mecánica y de gases para la motocicletas de acuerdo a la reglamentación expedida por el Ministerio de Transportes y deberá realizarse en los Centros de Diagnóstico Automotor.

Pese a la transformación del programa por reglamentación nacional y como el objetivo de esta parte es dar a conocer las medidas introducidas por la entidad ambiental de la ciudad de Bogotá durante la última década, se muestran en la tabla 5 algunos indicadores de manera que se pueda hacer seguimiento a este programa durante el período 2002 – 2006. La construcción de los indicadores se hizo con base en la información que los Centros de diagnóstico Reconocidos (CDR) enviaban a la SDA sobre las pruebas realizadas a cada uno de los vehículos durante un año calendario (se tiene información anual entre 2002 a 2006) y que es compilada en bases de datos manejadas por el grupo de fuentes móviles de la entidad.

Tabla 5. Indicadores Programa de Certificación de Emisiones Vehiculares

Indicador	Año				
	2002	2003	2004	2005	2006
No. De pruebas realizadas	261,866	259,146	443,555	337,913	260,318
No. De pruebas aprobadas	219,968	220,184	382,940	297,772	206,083
No. De pruebas rechazadas	41,898	38,962	60,615	40,141	54,235
No. Vehículos aprobados (diésel)	61	24,105	6,363	13,284	38,194
No. Vehículos aprobados (gasolina)	1,568	5,554	22,831	20,051	25,588
No. Vehículos aprobados (gas)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	77
No. Total vehículos aprobados	1,629	29,659	29,194	33,335	63,859
No. Vehículos reprobados (diésel)	16	3,530	5,819	13,673	23,204
No. Vehículos reprobados (gasolina)	1,285	14,877	11,772	10,028	7,397
No. Vehículos reprobados (gas)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	8
No. Vehículos Reprobados	1,301	18,407	17,591	23,701	30,609

N.D.: No Disponible

Como se observa en la tabla 5, el número de pruebas realizadas muestra un valor creciente de 2002 a 2004, año después del cual empieza a disminuir. Es de notar, que a un mismo vehículo se le puede hacer más de una prueba, esto sucede en el caso de un

vehículo que sobrepasa los porcentajes de concentración de contaminantes permitido y deba ser verificado nuevamente después de su reparación. Para el número de vehículos aprobados, se observa que los vehículos operados a gasolina presentan un incremento a través de los años, sin embargo para los vehículos operados con combustible diésel el comportamiento es variable.

Aún con la introducción de la prueba conjunta técnico mecánica y de gases, es responsabilidad de los CDA enviar la información resultado de las pruebas de gases a la SDA y aún están sujetos a seguimiento por parte de la entidad.

Como estrategia de evaluación y seguimiento a esta actividad desarrollada por terceros, la autoridad ambiental introduce un programa para la auditoría de los CDR, con el objetivo de verificar el cumplimiento de las normas, procedimientos y especificaciones de los equipos con que estos cuentan.

En la tabla 6 se muestran algunos indicadores que muestran las actividades que se incluyen en el proceso de auditoría en el período 2002 – 2007, estando aún autorizados para funcionar los CDR.

Con la nueva normatividad vigente, la SDA debe realizar auditorías sobre los CDA, únicamente sobre los equipos y procedimientos para verificar las emisiones gaseosas.

Tabla 6. Indicadores Auditorías a Centros de Diagnóstico Reconocidos

Indicador	Año					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
No. De visitas técnicas a CDR	365	562	713	363	466	262
No. De CDR que cumplen especificaciones técnicas	93	287	569	274	322	164
No. De CDR que incumplen especificaciones técnicas	193	254	138	50	69	98
No. De CDR que no tienen equipo	57	2	6	0	0	0

4.2.2 *Acercar transporte*

Se creó en el año 2003, como un programa ambiental de prevención que apoya la reducción de la contaminación originada por el sector transporte (con énfasis en el servicio público), mejorando la competitividad del sector a través de la operación sostenible y autocontrol.

El programa realiza actividades que incluyen: capacitación, diagnóstico ambiental de las empresas, asistencia técnica, orientación jurídica, apoyo a las empresas firmantes de convenios de autogestión y conformación de mesas de trabajo para intercambio de experiencias.

Para el transportador los beneficios que reporta el programa incluye: la optimización en utilización de recursos y materias primas, mejoramiento de la imagen corporativa, valorización de los residuos generados, competitividad y posicionamiento en el mercado.

La operación de este programa, mediante convenio 007 suscrito entre la SDA (para ese momento DAMA) y la Cámara de Comercio de Bogotá, le corresponde a esta última, por lo que para la consecución de información que permita establecer las actividades realizadas, desarrollo y evolución del programa que se desarrolla en fases, se hizo inicialmente contacto con las personas encargadas en la Cámara de Comercio.

Al no obtener ningún tipo de información por esta fuente, se hizo uso de algunos informes con que cuenta la SDA, sin embargo, esta información no esta completa y solo se encuentran algunos datos de las fases I y II. En la tabla 7 se muestra la información que se pudo recopilar en forma de indicadores.

Tabla 7. Indicadores Acercar Transporte

Indicador	Fase		
	Fase I	Fase II	2007
No. Sensibilizaciones	20	N.D.	N.D.
No. Capacitaciones (eventos)	14	7	21
No. Diagnósticos a empresas	97	N.D.	70
No. Asistencias técnicas	37	13	60
No. Guías ambientales	4	N.D.	N.D.
No. Consultas legales	2,010	N.D.	N.D.
No. Proyectos piloto	5	N.D.	N.D.
No Empresas vinculadas	215	N.D.	N.D.

N.D.: No Disponible

4.2.3 Operativos en vía y operación de unidades móviles de monitoreo

El operativo consiste en la revisión de vehículos, de servicio público y privado, con el fin de verificar su cumplimiento normativo en cuanto a emisiones contaminantes, se enfoca principalmente a los vehículos con mayor potencial contaminante (vehículos viejos o visiblemente contaminantes).

Los vehículos en vía son detenidos, se solicitan los documentos del vehículo y procede a realizar la prueba, la cual consiste en la revisión de las condiciones del motor, verificación de posibles desfuegos, verificación del estado del escape, y medición de gases de escape.

Para vehículos diésel la prueba se realiza con un medidor de opacidad, en vehículos a gasolina se emplea una sonda que determina la concentración de monóxido de carbono e hidrocarburos en los gases de escape. En el anexo 1 se presenta la normativa que reglamenta el programa.

En la tabla 8 se presentan los indicadores para esta programa, contruidos con base en información suministra por la SDA, resultado de los operativos desarrollados entre los años 2002 a 2006, y los datos proporcionados por la Policía Metropolitana de Tránsito para el año 2007.

Se aprecia en la tabla 8 el notable incremento en el número de vehículos revisados del año 2002 al 2003, que aumenta de casi 3,000 a 48,000, así mismo del año 2005 a 2006, donde el número de vehículos revisados llego a duplicarse.

Se hace una anotación sobre las cifras mostradas para los años 2006 y 2007, para estos años se presenta en el número de vehículos revisados valores altos que generan cierta incertidumbre, por lo que se recomienda manejar estas cifras con precaución, especialmente teniendo en cuenta que si para el año 2003, se habían realizado 1,400 operativos y revisado 48,066 vehículos, como es posible que para el año 2007 se realizaron 300 más y se alcanzo a revisar 134,603 vehículos, aún más teniendo en cuenta

que en el año anterior se habían tenido que realiza 2,751 operativos para revisar 134,876.

Si las cifras son correctas se evidenciaría una operatividad excelente, aunque difícil de alcanzar en términos reales.

Si las cifras son correctas, un aspecto positivo que hay que resaltar de la verificación de las emisiones vehiculares es que del año 2002 al 2007 se paso del 56% de vehículos que cumplen la norma de emisiones a 89%.

Tabla 8. Indicadores Operativos en Vía

Indicador	Año					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
No. de operativos de control de emisiones vehiculares	N.D.	1,400	300	285	2,751	1,700
No. de vehículos revisados	2,930	48,066	46,785	57,036	134,876	134,603
No. de vehículos aprobados	1,629	29,659	29,194	33,335	105,155	120,878
No. de vehículos rechazados	1,301	18,407	17,591	23,701	29,721	13,632
No. de vehículos inmovilizados	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	9,604	5,391
Porcentaje de vehículos que cumplen norma de emisiones	56	62	62	58	68	89

N.D.: No Disponible

Según lo establecido en conversaciones con funcionarios de la SDA, una de las principales debilidades de los operativos en vía es la captura de información, esta se hace en forma manual, lo que puede llevar a la alteración de valores muy fácilmente.

4.2.4 Programa de autorregulación ambiental

Para reducir la contaminación generada por el transporte público colectivo y los vehículos de carga, se creó este mecanismo encaminado hacia la introducción de acciones tales

como mantenimiento preventivo y correctivo, revisión técnica con análisis de gases, control de emisiones y conversión a combustibles limpios en el sector transportador.

Las empresas transportadoras autorreguladas entran en un proceso progresivo de mejoramiento, adoptando como objetivos ambientales la reducción de la contaminación emitida un 15% en los próximos 5 años, iniciar el proceso de homologación tecnológica con respecto a países desarrollados y emprender el mejoramiento de la calidad de los combustibles en Colombia.

El programa de autorregulación ofrece a las empresas beneficios tales como el acompañamiento por parte de la autoridad ambiental a las empresas y la no aplicación de la medida de pico y placa ambiental.

Con base en la información suministrada por la SDA se presentan en la tabla 9 los indicadores para este programa.

Uno de los logros más importantes que el programa ha alcanzado es que de las 66 empresas de transporte público colectivo legalmente constituidas en la ciudad, 55 se han inscrito en el programa y de estas 20 se han autorregulado. En cuanto a las empresas de transporte de carga, no existe un número exacto de empresas legalmente constituidas, aunque se han inscrito 247 y 11 se autorregularon.

Según lo establecido por funcionarios de la SDA, uno de los problemas que afronta este programa, se relaciona con la dificultad de controlar los vehículos de las empresas autorreguladas, una vez estas han finalizado el proceso evaluación para su ingreso al

programa. Ya se han identificado casos en los que las empresas autorreguladas modifican los vehículos después de auditados, generando niveles importantes de contaminación.

Tabla 9. Indicadores Programa de Autorregulación Ambiental

Indicador		Año	
Descripción	Tipo de empresa por servicio	2006 (desde septiembre)	2007
No. Empresas inscritas	Pasajeros	56	55
	Masivo	13	13
	Carga	258	244
No. Empresas evaluadas	Pasajeros	40	N.D.
	Masivo	4	N.D.
	Carga	20	N.D.
No. Vehículos revisados	Pasajeros	8,890	N.D.
	Masivo	250	N.D.
	Carga	537	N.D.
No. Empresas autorreguladas	Pasajeros	2	20
	Masivo	0	13
	Carga	6	11
No. Vehículos autorregulados	Pasajeros	74	6,244
	Masivo	0	1,466
	Carga	285	394

N.D.: No Disponible

En la tabla 9, no se reporta el número de empresas que continúan autorreguladas, estos datos no fueron suministrados por la SDA, sin embargo sería interesante contar con esta información, debido a que el programa exige la renovación anual. Solo se conoce que 3 empresas de carga se retiraron por no solicitud de la renovación.

En el anexo 1 se presenta la normativa que reglamenta el programa.

4.2.5 Pico y placa ambiental

Desde el primero de septiembre de 2006, empezó a regir una restricción adicional (al pico y placa) para transporte público colectivo, entre las 6:00 a.m. y las 10:00 a.m., de lunes a sábado, de acuerdo con el último dígito de la placa y para transporte público de carga de más de cinco toneladas, de lunes a viernes entre las 6:00 a.m. y las 10:00 a.m. En el anexo 1 se presenta la normativa que reglamenta el programa.

El control de la medida del pico y placa ambiental está a cargo de la Policía de Tránsito de Bogotá, la autoridad ambiental y la Secretaria de Movilidad. La restricción de pico y placa ambiental no aplica a los vehículos particulares, ni al transporte público colectivo y de carga, que cumpla el programa de autorregulación.

En la tabla 10 se presenta la información que se recopiló al interior de SDA sobre las actividades relacionadas con el pico y placa ambiental. Los valores muestran, el notable incremento del número de comparendos a vehículos en el año 2007. Es importante tener en cuenta que el valor reportado para el año 2006 cubre los últimos 4 meses del año, mientras que para el año 2007 se tenía la información completa de los 12 meses del año.

Tabla 10. Indicadores Pico y Placa Ambiental

Indicador	Año	
	2006 (desde septiembre)	2007
No. de comparendos a vehículos de transporte público colectivo	11	1,242
No. de comparendos vehículos transporte de carga	226	
No. vehículos de transporte de carga inmovilizados	103	N.D.

N.D.: No Disponible

5. PLAN DE MANEJO DE LA CALIDAD DEL AIRE

Antes de proponer los lineamientos técnicos para el mejoramiento de la calidad del aire en la ciudad, se introduce el concepto de Plan de Manejo de la Calidad del Aire, teniendo en cuenta que las bases técnicas aquí formuladas son un insumo (el principal) para la construcción de un conjunto de programas y estrategias específicas encaminadas a la reducción de los niveles de contaminación y que hacen parte de un proceso que incluye varias etapas.

Un plan de manejo de calidad del aire es un programa integral que contiene los elementos necesarios para establecer o fortalecer medidas de vigilancia, medidas orientadas a mejorar la calidad del aire y prevenir su deterioro y medidas destinadas a disminuir el impacto de la contaminación del aire sobre la salud. Debe ser un documento que se evalúe y actualice periódicamente.

El plan de manejo debe presentar los antecedentes necesarios para comprender las distintas causas del problema de contaminación atmosférica y un marco general en el cual deberán desarrollarse los esfuerzos de descontaminación de la ciudad. Incluye además un estimado de las reducciones de emisiones necesarias para alcanzar cada uno de los estándares, basado en resultados del monitoreo de las concentraciones en el ambiente, datos sobre fuentes de emisión y modelación de la calidad del aire, cuando sea posible.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los objetivos de un plan de manejo de la calidad del aire son: prevenir la contaminación y controlar las fuentes de emisión para alcanzar niveles aceptables de calidad del aire, promover un ambiente limpio y saludable

para todos los ciudadanos y minimizar los impactos negativos de la contaminación del aire sobre la salud y el ambiente.

5.1 Ciclo de Manejo de la Calidad del Aire

El proceso de elaboración de un plan de manejo incluye varias fases necesarias para: la focalización del problema de calidad del aire propio de la zona de estudio, formulación de programas y medidas, análisis de la factibilidad de las medidas planteadas y finalmente su implementación y evaluación. Estas fases se juntan y se convierten en un proceso cíclico, que va ajustando sus metas y objetivos con las cambiantes condiciones de contaminación de la zona en consideración.

5.1.1 *Fase uno: reconocimiento*

Durante esta fase se establecen las causas de la contaminación del aire y el impacto en la sociedad. Esta parte incluye la caracterización de las emisiones contaminantes, mediante la elaboración de inventarios de emisión y estudios de identificación de fuentes mediante modelos receptores.

Esta fase sirve para evaluar la extensión a la cual varias acciones de control podrían reducir las exposiciones ambientales, ayudar a priorizar controles en diferentes emisiones primarias y sugerir cuanto se deben reducir las emisiones para alcanzar los estándares de calidad del aire. Culminada esta fase inicial, se reconocerán los principales contribuyentes de la contaminación, las características de la contaminación y los contaminantes y áreas

de interés, así mismo, se podrá identificar un modelo conceptual de la calidad del aire y el impacto de la contaminación del aire en la sociedad.

5.1.2 Fase dos: formulación

Una vez que se ha determinado el tipo y severidad del problema, es posible establecer los objetivos y metas del plan e identificar las opciones para el programa de vigilancia de la calidad del aire y la salud, así mismo, identificar las medidas para mejorar la calidad del aire y prevenir su deterioro y las medidas que se deberán aplicar durante los estados de alerta de acuerdo con los problemas identificados en el diagnóstico producto de la fase uno.

Los aspectos técnicos se constituyen en la primera aproximación y la más importante para enfrentar el proceso de manejo de la calidad del aire de una ciudad. Sin embargo, en esta fase se debe considerar que la mejor manera de solucionar los problemas de calidad del aire de una ciudad es mediante un enfoque holístico que vincule a expertos en ciencia, ingeniería, economía y otras ciencias sociales y políticas, de manera que se puedan evaluar integralmente los aspectos que aportan al deterioro de la calidad del aire y proponer estrategias concertadas entre todos los actores relevantes, es de notar que las soluciones más costo efectivas al complejo problema de la contaminación solamente puede ser desarrollada a través de una construcción concertada (Molina 2004).

Finalmente, necesario priorizar y focalizar las medidas del plan, mediante la utilización de los siguientes varios criterios, como: el nivel de reducción de emisiones que es posible alcanzar, los beneficios a la salud asociados con cada estrategia, los costos y factibilidad

económica de las estrategias, la factibilidad técnica, la factibilidad política, consideraciones ecológicas y aceptación social.

5.1.3 Fase tres: implementación

En el siguiente paso, las estrategias para la reducción de emisiones son publicadas y aplicadas. La base para la exitosa implementación de un plan de manejo de la calidad del aire es su integración a la política de gobierno. Sin un marco de política apropiado y sin una legislación adecuada, es difícil mantener un programa activo y exitoso de gestión de la calidad del aire.

El marco de políticas abarca varias áreas, como el transporte, la energía, la planificación, el desarrollo y el ambiente. Según lo establece la OMS, los objetivos de calidad del aire se pueden lograr más fácilmente cuando tales políticas están interconectadas y son compatibles y cuando los diferentes sectores del gobierno disponen de mecanismos para coordinar las respuestas a los problemas.

Como parte de la fase de implementación, es importante preparar un inventario de los instrumentos de políticas ambientales y legislativas y el marco institucional actualmente en uso, esto con el fin de diseñar un paquete efectivo, eficiente y factible de instrumentos que permitan la puesta en marcha de las estrategias adoptadas e identificar las acciones legislativas, institucionales y financieras necesarias para implementar las estrategias exitosamente (Naciones Unidas 1999).

5.1.4 Fase cuatro: evaluación del programa

Cuando se diseña una estrategia para el mejoramiento de la calidad del aire, su implementación tiene que ser monitoreada. Así mismo, los cambios en las emisiones, dadas por las transformaciones económicas y sociales propias de cada ciudad, hacen que sea necesario evaluar el plan e introducir las correcciones que sean necesarias.

Este proceso permite identificar lo adecuado de la estrategia formulada y las herramientas para su aplicación, los vacíos o problemas en la coordinación de la estrategia, cambios en las concentraciones de los contaminantes (que generan un cambio en las prioridades establecidas), si los objetivos desarrollados durante la planeación han sido alcanzados dentro de los plazos establecidos, y si no, la razón del no cumplimiento de estos.

Para que el plan pueda ser efectivamente evaluado y el progreso de las actividades monitoreado, es importante presentar claramente las diferentes fases de la implementación de una estrategia a través de mapas que muestren las diferentes etapas de implementación, documentación de actividades y reportes de progreso.

La efectividad del programa de manejo de la calidad del aire puede ser evaluado bajo diferentes enfoques (Sustainable Cities Programme 1999), incluyendo:

1. La implementación específica de estrategias y planes de acción: se refiere a la medición del grado de implementación exitoso de las diferentes intervenciones, mediante el monitoreo de los objetivos o indicadores que fueron construidos en la estrategia particular implementada.

2. Producción y liberación de contaminantes: consiste en la evaluación de las emisiones de las actividades contaminantes. Un indicador clave del éxito de la estrategia de manejo de la calidad del aire es la reducción de las emisiones de varios contaminantes alcanzada por fuentes (Utilizando inventarios de emisiones, lo cual implica que estos se deben actualizar tanto como sea posible).

3. Concentraciones resultantes de contaminantes en el aire: El monitoreo de la calidad del aire ambiente es el modo más directo, sistemático y regular de medir el estado del aire respirable y mostrar los cambios en las condiciones de calidad del aire, indicando si se han producido o no reducciones de contaminantes particulares desde todas las fuentes.

Adicionalmente se pueden utilizar para la evaluación cuatro indicadores globales de desempeño en cuanto al manejo de calidad del aire por parte de las entidades encargadas (Schwela 2002):

1. Índice de capacidad de medición de la calidad del aire: evalúa el monitoreo de la calidad del aire y la exactitud, precisión, validación y representatividad de los datos obtenidos, así como procedimientos de calibración y establecimiento de guías para el monitoreo.
2. Índice de evaluación y disponibilidad de datos: evalúa como los datos son procesados para valorar y proporcionar información en un formato relevante para la toma de decisiones, adicionalmente, evalúa la extensión a la cual hay acceso a la información sobre calidad del aire y datos a través de distintos medios.
3. Índice de estimados de emisiones: evalúa los inventarios de emisión realizados para determinar el estado y disponibilidad de la información sobre fuentes de contaminación.

4. Índice de capacidad de manejo: evalúa el marco administrativo y legislativo mediante el cual las estrategias de control de emisiones son introducidas para el manejo de la calidad del aire.

Cada uno de estos índices evalúa una parte de la gestión de la entidad en cuanto a elementos fundamentales para la correcta puesta en marcha de los programas y estrategias para el mejoramiento de la calidad del aire y su evaluación.

5.2 Componentes del Plan

Un plan de manejo de la calidad del aire debe incluir una serie de capítulos que ilustren sobre la región sobre la que se implementara, los aspectos que contribuyen a las condiciones actuales de calidad del aire y las actividades que generan presiones sobre esta, así mismo debe incluir una descripción de los objetivos y metas de calidad del aire y la forma en que estos se alcanzaran. Finalmente debe indicar la forma en que el plan articulara diferentes sectores del gobierno que tengan injerencia en el tema de calidad del aire.

A continuación se enumeran los temas que deben ser incluidos en un plan de manejo de la calidad del aire.

1. Descripción de la zona (clima, ubicación, aspectos geográficos, etc.) y descripción de las actividades urbanas más importantes que conllevan a la generación de contaminantes atmosféricos (población, transporte, uso de energía, etc.).
2. Calidad del aire y efectos en la salud.

3. Inventario de emisiones y pronóstico hacia futuras emisiones (en algunos planes se incorpora una caracterización de emisiones de contaminantes al interior de viviendas).
4. Objetivos y metas específicas para mejorar la calidad del aire.
5. Definición de estrategias y medidas, describiendo los pasos para implementar las medidas orientadas a mejorar la calidad del aire y prevenir su deterioro, justificación, los objetivos y metas, los resultados esperados, la programación de actividades que se han planificado para alcanzar estos objetivos.
6. Medidas de contingencia.
7. Implementación y criterios para la evaluación periódica del plan.
8. Costos (en algunos planes se incorpora además los beneficios sociales y económicos del plan).

5.3 Planes para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en el Mundo

5.3.1 Londres

El manejo de la Calidad del aire en Londres se enmarca en el modelo empleado para toda Gran Bretaña, es un proceso basado en efectos, diseñado para proporcionar una solución dinámica a los problemas de salud pública asociados con las concentraciones elevadas de contaminantes criterio (plomo, monóxido de carbono, 1,3 butadieno, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, benceno y material particulado) (Longhurst et al 2006).

Las autoridades locales deben revisar y evaluar las concentraciones de los contaminantes criterio contra los estándares de calidad del aire establecidos, junto con la mejor información epidemiológica y de salud pública disponible, para identificar aquellas áreas

en las cuales los objetivos de calidad del aire serán excedidos en una fecha establecida y declararlas como áreas de manejo de calidad del aire (AQMA, por sus siglas en inglés).

La definición de áreas depende de si hay exposición pública relevante, en tales zonas la autoridad local debe desarrollar un plan de acción detallando las medidas que deben implementarse en plazos definidos.

Entre las medidas propuestas en los sucesivos planes implementados, aquellas para disminuir las emisiones provenientes de fuentes móviles incluyen: prueba de emisiones en vía, reducción gradual del contenido de azufre en el combustible hasta llegar a la utilización de combustibles de ultra bajo contenido de azufre, introducción de estándares de emisión y combustibles más estrictos, nuevos aditivos y tecnologías, investigación sobre aditivos y dispositivos encaminados a la reducción de NO_x, PM₁₀, y CO₂, que según que la agencia ambiental para el Reino Unido – DEFRA, se destacan como una de las principales estrategias para la reducción de emisiones generadas por este tipo de fuentes.

El desestimulo al uso del vehículo privado, se considera como un aspecto prioritario, por tanto, se contempla como herramientas para lograr este objetivo: el mejoramiento del transporte público, especialmente al servicio de bus, reducir los tiempos de viaje, aumento de frecuencias y creación de nuevos servicios, mejoramiento en la información de viajes, desarrollo de viajes solamente en lugares con altos niveles de accesibilidad y capacidad de transporte público y mejores condiciones para peatones y ciclistas.

Se incluyen también en el plan de manejo medidas dirigidas a tipos particulares de vehículos, por ejemplo para el caso de los buses de servicio público: reemplazo de la flota

a gran escala, introducción de trampas de partículas en buses, uso de diésel de contenido de azufre de 50 ppm, ampliar el uso de la emulsión agua – diésel, pruebas de buses de cero emisiones y de buses híbridos diésel – eléctricos y trabajar junto las compañías de buses para capacitar a conductores y alentar a un estilo de manejo adecuado.

Para el transporte de carga, reducciones de la distancia viajada, generación de garantías e incentivos tributarios para la adquisición de vehículos más limpios o mejoramiento de los que están en uso, evaluar el uso de líneas prioritarias para vehículos de carga y sus implicaciones para otros usuarios de vías, principalmente ciclistas.

En general para los vehículos diésel se propone la introducción de tecnologías para la reducción de emisiones: trampas de partículas, catalizadores de oxidación, repotenciación, recirculación de gas de escape, reducción catalítica selectiva.

En los últimos años se ha investigado también la factibilidad de introducir zonas de bajas emisiones, en las cuales se prohíbe la circulación de los vehículos más contaminantes. Producto de estas investigaciones se introdujo en Londres la controvertida medida de cargo a la congestión en la zona central, que consiste en el cobro a vehículos que ingresen a la zona central de la ciudad, esto con el fin de disminuir las elevadas concentraciones de hidrocarburos y monóxido de carbono. Aunque se considera como una de las estrategias bandera del gobierno londinense para la reducción de emisiones vehiculares, su eficiencia aún no se ha establecido claramente.

El control de las fuentes fijas de emisión, tiene entre sus principales objetivos alcanzar reducciones progresivas en las emisiones nacionales anuales de SO₂, NO_x, COV, y NH₃.

Para alcanzar las reducciones de emisiones necesarias, integran el plan medidas de comando y control, económicas y de fomento al mejoramiento en tecnología e introducción de procesos más limpios.

Las fuentes fijas de emisión se controlan a través de un sistema de control ambiental (permisos) , regímenes IPC (Integrated Pollution Control) y LAPC (Local Air Pollution Control), los cuales operan efectivamente un sistema de dos niveles de control sobre los procesos industriales, el primero sobre los procesos mayores y el segundo sobre procesos pequeños.

Adicionalmente, el plan entrega a los sectores que generan contaminación, la responsabilidad específica de monitorear las emisiones y suministrar a la agencia ambiental los datos requeridos para verificar su cumplimiento normativo. Sin embargo, la agencia ambiental tiene que llevar a cabo un monitoreo independiente e inspecciones de las instalaciones para verificar el cumplimiento con estos los límites de emisión establecidos.

Parte importante de la estrategia de reducción de emisiones en fuentes fijas la constituye la conversión de grandes calderas que usan combustibles pesados, y el fomento del uso de calderas de condensación de gas y quemadores de bajo NO_x en calderas, evaluar proyectos de energía y calefacción combinados (CHP).

5.3.2 Costa Sur de California, los Ángeles

En 1970, la Environmental Protection Agency (EPA) planteó los primeros estándares de calidad del aire para contaminantes criterio y le confirió a los estados la responsabilidad por el cumplimiento del Acto de Control de la Contaminación del Aire (que define los lineamientos para el manejo de la calidad del aire en los Estados Unidos), bajo este marco, los estados tendrían que elaborar planes (State Implementation Plan, SIP) para alcanzar las normas o estándares de calidad del aire.

Por 30 años Los Ángeles fue considerada como la ciudad más contaminada de los Estados Unidos, sin embargo, en la actualidad gracias a la estrategia integrada de manejo de calidad del aire, desarrollada en el SIP y sus actualizaciones posteriores, las concentraciones pico de O₃ han disminuido de 500 ppb en 1980 a menos de 200 ppb en 2000, y el número de días sobre el estándar ha disminuido desde 1975, aún cuando la población ha incrementado tres veces y el número de vehículos ha incrementado cuatro veces (Committee on Air Quality Management in the United States 2004).

El éxito del esquema de manejo de la calidad del aire en los Ángeles está estrechamente ligado al hecho de que las entidades encargadas de la aplicación de las medidas enunciadas en el plan, son poderosas agencias, efectivas, con una fuente independiente de ingresos y fuerte poder político (Molina, et al 2002).

La estrategia en la región incluye: control de la contaminación de vehículos automotores, control de combustibles, combustibles y vehículos limpios, control a productos de

consumo y equipos fuera de vía, incentivos de mercado y fomento de tecnologías avanzadas.

Las más significativas reducciones en las emisiones contaminantes se han producido de mejoras tecnológicas en el sector automotriz, principalmente debido a la presión regulatoria (Molina et al 2002). Adicionalmente, el éxito en el esquema, está ligado al uso de combustibles y motores más limpios, a través de cada vez más estrictos estándares de emisión para fuentes móviles dentro y fuera de vía y para los combustibles.

El control de la contaminación de vehículos automotores en la región se remonta a 1959, cuando se estableció la oficina de control de la contaminación por fuentes móviles, para evaluar las emisiones y certificar los dispositivos de control de emisiones.

En 1966 se formuló las primeras regulaciones para emisiones de escape de hidrocarburos y monóxido de carbono para automóviles y la patrulla de caminos comenzó a realizar inspecciones en vía de los dispositivos de control vehiculares. En 1975, los primeros convertidores catalíticos de dos vías se empezaron a utilizar como parte del programa de control de emisiones vehiculares y en 1977 fue introducido el convertidor catalítico de tres vías para el control de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono.

A finales de 1970, los Ángeles y después el estado completo fue requerido para realizar inspecciones vehiculares con el fin de asegurar que el equipo para el control de la contaminación opere apropiadamente, este programa evolucionó en el “smogcheck program” en 1984, administrado por el State Bureau of Automotive Repair (BAR), el

programa identifica los vehículos en necesidad de mantenimiento y asegura la efectividad de sus sistemas de control de emisiones cada dos años.

En 1988, la California Air Resources Board (CARB) adoptó regulaciones efectivas en los vehículos modelo 1994, requiriendo que ellos sean equipados con un sistema de diagnóstico a bordo (OBD) para monitorear el comportamiento de las emisiones y alertar a los propietarios cuando hay un problema. Todos los vehículos de modelos 1996 y superiores de menos de 14,000 libras son equipados con sistemas OBD II, este nuevo sistema monitorea virtualmente cada componente que puede afectar el desempeño de las emisiones del vehículo para asegurar que este permanece limpio a lo largo de su vida y asistir a los mecánicos en el diagnóstico y reparación problemas con controles computarizados del motor.

En 1990, la CARB aprobó estándares para combustibles más limpios y vehículos de bajas emisiones y de cero emisiones. En 1999, se adoptó regulaciones para vehículos de bajas emisiones, conocido como LEVII, este establece más exigentes estándares de emisión para la mayoría de mini van, pickups, y SUV (Sport Utility Vehicle) sobre 8,500 libras, de manera que se reduzca sus emisiones al nivel de emisiones de vehículos de pasajeros para 2007.

Adicionalmente en 1998, la CARB identificó a las partículas generadas por la combustión del diésel, como un contaminante tóxico del aire, esto condujo al desarrollo del Plan de Reducción del Riesgo Diésel en 2000 para reducir las emisiones diésel de vehículos nuevos y en uso. Uno de los elementos claves de este plan es la adecuación (retrofit) de los motores diésel existentes en California para reducir las emisiones a un nivel cercano a

cero en el menor tiempo posible. El programa se enfoca en varias opciones de control tales como diésel de bajo contenido de azufre junto con la utilización de filtros de partículas diésel basados en catalizadores o trampas y otras tecnologías.

El SIP vigente, incluye además de las medidas ya comentadas, otras dirigidas a vehículos livianos, con programas para el reemplazo de partes, actualización de los motores existentes. Para vehículos pesados estándares exigentes y pruebas en modo carga.

Como medidas enfocadas al sector transporte, se tiene la introducción de tecnologías de transporte avanzadas, mejoras en el transporte con acciones basadas en capital y sus alternativas de valorización, líneas de vehículos de alta ocupación (HOV Lanes), mejoramientos del flujo de tráfico, dotación de parqueaderos en la periferia de zonas específicas, para que los usuarios tomen un transporte público hasta llegar a su destino final y así evitar congestionamientos e incremento en las concentraciones de contaminantes en estas zonas, instalaciones intermodales e instalaciones peatonales.

Se propone también en el plan, un enfoque alternativo para el control de las emisiones provenientes por fuentes fijas de emisión, principalmente centrado en la implementación de las mejores tecnologías de control disponibles, mejoramiento de los procesos y de eficiencia energética e introducción de incentivos económicos para el mejoramiento del desempeño ambiental del sector industrial.

La principal medida de carácter económico es la de mercado de emisiones, en 1993, el South Coast Air Quality Management District (SCAQMD) adoptó el Programa Regional de Iniciativas de Aire Limpio en el Mercado (RECLAIM), el cual impone un límite de emisiones totales de NO_x y SO_x , que disminuye cada año, sobre cada una de las más

grandes industrias. Estas son libres de reducir las emisiones en cualquier forma que deseen, dándoles la flexibilidad de escoger el método más costo efectivo. Si una instalación reduce sus emisiones debajo de estos límites en un año dado, este gana créditos de operaciones RECLAIM que pueden ser usados para ser vendidos a una instalación incapaz o que no quiere alcanzar el objetivo en el año propuesto.

El fomento de la eficiencia y conservación de energía se traduce también en el plan en términos económicos mediante el otorgamiento de créditos de área fuente. El propósito de esta medida es estimular reducciones de emisiones y avances tecnológicos en fuentes no reguladas en la legislación, proporcionando incentivos para acelerar el cambio de equipo antiguo y altamente contaminante y generar créditos de emisiones de NO_x y SO_x de bajo costo. Los créditos de emisiones creados bajo este programa pueden ser usados como medios alternativos de cumplimiento de las regulaciones específicas, de manera que se reduzca el costo de alcanzar el cumplimiento de los estándares de calidad del aire nacionales y estatales.

Aún cuando el esquema de manejo de las fuentes fijas de emisión recae principalmente en las medidas anteriormente mencionadas, es de notar que actividades de seguimiento y control juegan un papel importante en la reducción de las concentraciones de contaminantes provenientes de este tipo de fuente y se encuentran integradas al plan, en forma de permisos de emisión, inspecciones y seguimiento por parte de la autoridad ambiental, adopción de estándares para limitar las emisiones de este tipo de fuentes, límites de emisión para nuevas fuentes “New Source Review program” y un programa de cumplimiento en uso para equipos de control de la contaminación del aire.

Adicionalmente, en el plan se incluyen programas de arborización y revegetación de áreas de superficie alterada, planeación del uso del suelo, un programa de inversión en calidad del aire y programas de educación.

5.3.3 Ciudad de México

Dado el crítico problema de contaminación en esta ciudad, especialmente para los contaminantes PM_{10} y O_3 , un gran esfuerzo técnico y científico se ha invertido para mejorar la calidad del aire en esta ciudad. Lo interesante de este caso es precisamente los estudios que se han realizado por prestigiosos centros de investigación y universidades reunidos por lo crítico del problema de esta ciudad.

El más destacable mejoramiento de la calidad del aire en la ciudad ha resultado de la remoción del plomo de la gasolina, las concentraciones de SO_2 han disminuido después de la reducción del contenido de azufre en el diésel y crudo pesado, las concentraciones de CO pudieron ser reducidas debido a la introducción de convertidores catalíticos en vehículos nuevos, la inspección y mantenimiento de los automóviles ha tenido un efecto positivo, aunque difícil de documentar (Molina et al 2004).

Los esfuerzos para mejorar la calidad del aire comenzaron en 1971 con la formulación de la Ley Federal para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

Posteriormente en 1982 se emitió una segunda ley federal para la protección ambiental, esta ley fue reformada en 1984 para incluir un sistema de monitoreo de la calidad del aire.

En 1979, se elaboro el primer programa de manejo de la calidad del aire, el Programa Coordinado para Mejorar la calidad del Aire en el Valle de México, el cual estaba encaminado a la reducción de las emisiones vehiculares e industriales y que no tuvo una aplicación exitosa. En el año 1988, se empezaron a desarrollar instrumentos basados en esquemas regulatorios alternativos, tales como el principio del que contamina paga, y otros mecanismos de mercado, así como la inclusión de análisis costo beneficio.

Durante este período las estrategias incluían la conversión de buses estatales utilizando motores de bajas emisiones y dispositivos de control de emisiones, extensión de transporte eléctrico urbano, restricciones a vehículos particulares (Hoy no circula), programa de verificación vehicular, desarrollo y aplicación del primer plan de contingencia el cual incluye la reducción en actividades industriales en días de alta contaminación, reducción del plomo en la gasolina, reconversión a gas natural de la industria, construcción de parques industriales y reubicación de industrias.

En 1990, se implemento el Programa Integral contra la Contaminación del Aire PICCA, los principales objetivos de este incluían la reducción de las emisiones de plomo, SO₂, partículas, hidrocarburos y NO_x. Sin el beneficio de inventarios de emisiones precisos o capacidades de modelación, la mayoría de las estrategias fueron basadas en modernización tecnológica, enfocándose en medidas robustas exitosamente implementadas en otras partes del mundo (Molina et al 2002).

Algunos de los logros más relevantes del programa fueron la introducción de convertidores catalíticos de dos vías en los vehículos nuevos a partir del modelo 1991 junto con la introducción de gasolina sin plomo, restricción del contenido de compuestos

reactivos y tóxicos en la gasolina, comercialización de un diésel de bajo azufre (0.05 % en peso) y normas vehiculares que propiciaron la introducción de convertidores catalíticos de tres vías en los nuevos vehículos a gasolina e incremento del uso de gas natural en la industria y generación de energía.

En 1996, el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México, PROAIRE, se introdujo para reemplazar el PICCA y posteriormente el PROAIRE de 2002. Los objetivos de estos planes incluyen la reducción de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y emisiones de partículas, así como la modificación de las distribuciones totales de las concentraciones de ozono, la reducción de picos de ozono y número promedio de días de cumplimiento.

El plan del año 2002, fue el primer programa que introdujo estudios epidemiológicos y la relación entre el material particulado y la mortalidad, en la figura 4 se muestran los lineamientos estratégicos de la última actualización al plan de mejoramiento de la calidad del aire implementado en México.

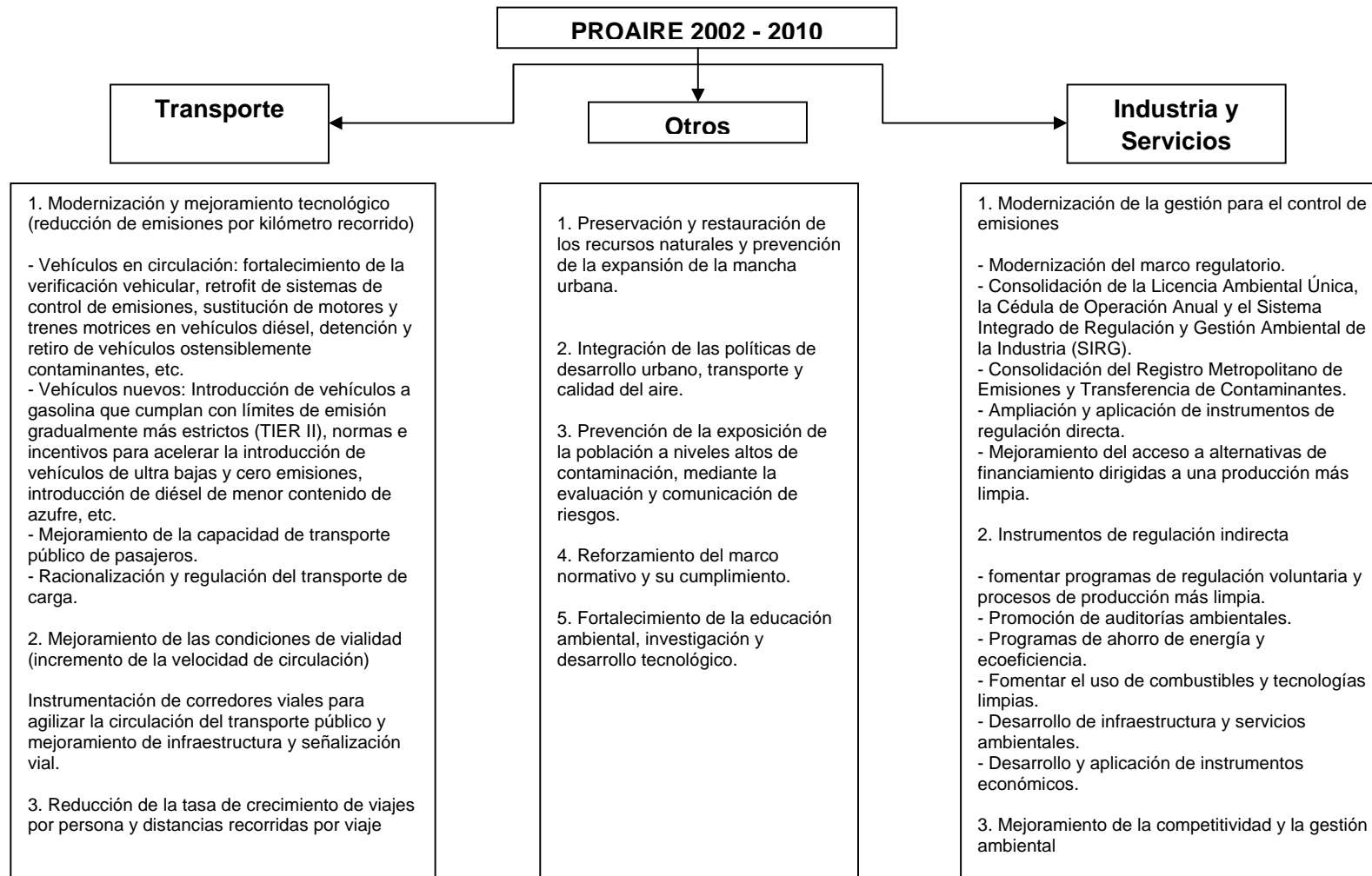


Figura 4. Lineamientos Proaire 2002 - 2010

6. LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN BOGOTÁ

Según lo visto en el capítulo tres del presente documento, el problema de contaminación en la ciudad no es igual en todas las localidades y según lo descrito tiene que ver principalmente con las elevadas concentraciones de material particulado de tamaño inferior a 10 micras (PM_{10}) y en menor proporción con el ozono troposférico, ya que aun sin exceder la norma, las características propias de este contaminante (altamente oxidante e irritante) representan un riesgo para la salud humana.

Para el planteamiento de los lineamientos técnicos para el mejoramiento de la calidad del aire, fue necesario entonces, entender las causas del problema de contaminación de la ciudad, así como los responsables de las elevadas concentraciones de contaminantes. La construcción de los lineamientos aquí planteados, por lo tanto, se hizo con base en los hallazgos del presente trabajo y adicionalmente tres proyectos paralelos adelantados por el Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA).

Dichos proyectos incluyen: la actualización del inventario de emisiones para fuentes fijas y móviles y la caracterización de material particulado con la posterior aplicación de un modelo receptor, para identificar la contribución de las diferentes fuentes de emisión a las concentraciones de material particulado.

6.1 Fuentes Móviles

Para la actualización del inventario de emisiones provenientes de fuentes móviles, se monitoreo las emisiones de 114 vehículos de uso particular, se realizaron 80 pruebas en vehículos operados a gasolina y 25 pruebas en vehículos operados con gas natural, adicionalmente se hicieron 11 pruebas en un mismo vehículo utilizando primero gas natural y luego gasolina.

Se utilizo la metodología conocida como “medición en ruta”, pruebas que son representativas de la ciudad, ya que tiene en cuenta las condiciones propias de la ciudad, ubicación, infraestructura vial, tráfico y patrones de manejo. Este tipo de monitoreo permite determinar factores de emisión vehiculares representativos de la flota vehicular de la ciudad.

Adicionalmente se realizaron pruebas sobre vehículos de servicio público y de carga, con la medición en ruta a 41 vehículos operados con diésel, incluyendo buses, busetas, colectivos, buses articulados y camiones. Se realizaron 66 pruebas, 42 con el diésel distribuido en mayo de 2008 (1200 ppm), 17 con diésel de menos de 500 ppm, 6 pruebas introduciendo aditivos y una utilizando filtros de partículas.

Los resultados de las pruebas antes mencionadas, permitió identificar las siguientes medidas como aquellas que generarían reducciones en las emisiones para este tipo de fuentes.

6.1.1 Vehículos de servicio particular operados con gasolina

1. Renovación de la flota vehicular: Según lo encontrado, los vehículos antiguos generan emisiones más elevadas que los vehículos nuevos, incluso de forma independiente a su patrón de mantenimiento. Se propone la renovación de la flota vehicular, mediante la generación de mecanismos e incentivos reducir la edad promedio de la flota vehicular de la ciudad y acelerar la disposición de vehículos viejos e ineficientes.
2. Uso de instrumentos económicos: Introducir instrumentos económicos y tributarios para promover o desincentivar ciertas prácticas ejercidas por los diferentes agentes generadores de contaminación. Específicamente, se plantea realizar variaciones al impuesto de rodaje de los vehículos particulares, de manera que se modifique el algoritmo utilizado para determinar este impuesto, beneficiando a vehículos con tecnologías más avanzadas y por lo tanto menos contaminantes, este podría seguir siendo función del costo del vehículo, pero considerando también la edad del mismo, así como la presencia de tecnologías de control de emisiones tales como el convertidor catalítico.
3. Programas de equipamiento de convertidores catalíticos: Según los hallazgos del estudio antes mencionado, para el caso de un vehículo de gasolina en Bogotá, la presencia de estos dispositivos se encuentra asociada con reducciones de emisiones que pueden ser superiores al 80%, por lo que es necesario establecer un programa de equipamiento y reemplazo de este tipo de tecnologías para los vehículos de gasolina, sobre todo teniendo en cuenta que el tiempo medio de uso de los vehículos particulares

en Bogotá es mayor a 10 años y la vida útil de un convertidor catalítico es inferior a este valor.

4. Promoción de buenas prácticas de conducción: La promoción de patrones menos agresivos genera un impacto muy significativo, ya que al igual que el tipo de tecnología del vehículo y la presencia de sistemas de control de emisiones influye considerablemente en las emisiones contaminantes producidas por el vehículo. Un patrón de conducción más agresivo con aceleraciones y detenciones frecuentes genera mayores emisiones de gases contaminantes, incrementa el consumo de combustible y genera un mayor desgaste en los diferentes componentes de motor.

5. Medición de emisiones vehiculares: Incluye básicamente dos aspectos, primero el mejoramiento de la metodologías de medición, de manera que permitan determinar los factores de emisión de los contaminantes, en lugar de pruebas de tipo estático y sin someter al vehículo a una carga real, que tan sólo producen información acerca de las concentraciones de contaminantes en los gases de escape. El segundo tiene que ver con la creación de un centro de medición de emisiones, que permita verificar los certificados de emisiones de los vehículos que ingresan al país, esto se constituye en un punto clave para la prevención del ingreso de vehículos que no cumplen con las normas de emisión al operar en las condiciones locales.

6. Centros de diagnóstico: Fortalecer los mecanismos para garantizar la calidad de los procedimientos y de la información de emisiones que es generada en los centros de diagnóstico. Este tema cobra importancia con la normatividad vigente, que reglamenta que los procesos de revisión técnico mecánica y de certificación de gases se hace de

manera conjunta, haciendo que la importancia de la prueba de emisiones se diluya en un proceso largo de revisión donde se verifican gran número de parámetros, utilizando diversos procedimientos. Por tanto, se recomienda mantener un número pequeño de Centros de Diagnóstico, de manera que se pueda exigir a estos centros mayores estándares de calidad y operaciones.

6.1.2 Fuentes móviles operadas con diésel

1. Mejoramiento de la calidad del diésel: Una de las más prioritarias y efectivas medidas encaminadas al control de la contaminación por material particulado es el mejoramiento de la calidad de los combustibles diésel. Según los estudios realizados por la Universidad de los Andes, una reducción en los niveles de azufre de 1200 ppm a 350 ppm se vería reflejada en una reducción inmediata hasta del 30% en las emisiones de PM₁₀. Actualmente, está en curso un programa de mejoramiento de la calidad del diésel, a partir del 1 de julio de 2008, Ecopetrol suministra a Bogotá diésel con una calidad de máximo 500 ppm de contenido de azufre y a partir de diciembre de 2009 suministrara diésel de 50 ppm. Se propone entonces, vigilar atentamente y presionar el cumplimiento de los compromisos adquiridos por parte de Ecopetrol de manera que se garantice la introducción de un diésel de bajo contenido de azufre en los plazos establecidos.

2. Uso de tecnologías de control de emisiones: Dado que las emisiones de los vehículos que utilizan combustible diésel son función de la presencia de tecnologías de control de emisiones, se plantea la introducción de dispositivos tales como los filtros regenerativos de partículas, como opción para la reducción eficiente y efectiva de las emisiones de

contaminantes. En este punto es importante aclarar que las tecnologías de control de emisiones para vehículos diésel vienen acompañadas de requerimientos de combustibles bajos en azufre.

3. Mejoramiento del sistema de transporte público y chatarrización: Se plantea la reducción de la sobreoferta de transporte público colectivo, ya que es esta categoría vehicular la que más aporta a las emisiones de material particulado al interior de la flota diésel que circula por la ciudad. Adicionalmente se plantea la ampliación del cubrimiento del sistema de transporte masivo y la puesta en marcha de planes de chatarrización efectivos que saquen de funcionamiento tecnologías obsoletas, eliminando los vehículos con motores de más de quince años a través de chatarrización.

4. Racionalización del transporte público colectivo: Tiene que ver con la promoción de la operación de la flota de transporte colectivo de manera ordenada y eficiente, introduciendo un sistema integrado y centralizado de transporte que opere los buses, busetas y colectivos y que ajuste su oferta a la demanda de pasajeros en las vías de la ciudad, movilizándolo con un menor número de buses y haciendo que éstos se detengan sólo en lugares establecidos y operando con recaudo centralizado de tal forma que se elimine la práctica conocida como “guerra del centavo”.

5. Mejoramiento de la norma de emisiones vehiculares: Se propone reemplazar la medida de material particulado en términos de nivel de opacidad en el corto plazo, teniendo en cuenta que esta es una medida indirecta para la estimación de las emisiones de material particulado y según se ha evidenciado por diferentes autoridades ambientales

esta norma es insuficiente y de múltiples complicaciones en su aplicación, razón por la cual es necesario utilizar medidas reales de las emisiones de material particulado.

6.1.3 Otras fuentes móviles

1. Gas natural vehicular: Según los resultados de las pruebas desarrolladas por el CIIA, el uso de vehículos de gasolina que han sido sometidos al proceso de conversión que les permite operar como vehículos híbridos (gasolina o GNV) no es una medida que conlleve a beneficios de tipo ambiental. Por el contrario, según lo encontrado en el estudio, la llamada reconversión a gas natural puede ser contraproducente en el desempeño ambiental de los vehículos, especialmente si se trata de vehículos de modelos recientes. Del mismo modo, mientras más sofisticado y menos contaminante sea el vehículo de gasolina en su configuración original, mayor es el detrimento logrado en la reconversión a GNV. Se propone en este punto, aumentar la oferta comercial de vehículos diseñados para funcionar con GNV, iniciando con la ampliación de la oferta de GNV fuera de perímetro urbano de Bogotá y otros centros urbanos, de tal forma que dichos vehículos cuenten con la posibilidad de movilizarse a lo largo del territorio nacional. Adicionalmente, según lo encontrado, la exención de control de emisiones de gases contaminantes de vehículos reconvertidos a gas natural debería ser desmontada.
2. Interacción con diversas entidades del distrito para la integración de sistemas de transporte: Para la reducción de emisiones del sector transporte es necesario que la entidad participe activamente de la planeación del transporte, este es un proceso integral y debe considerar los aspectos ambientales entre los prioritarios a tratar, dado

el impacto negativo sobre la población expuesta de forma más directa a emisiones provenientes de fuentes vehiculares.

3. Pavimentación de las calles: Si bien la entidad ambiental no es la directa responsable de esta actividad, debe ser la encargada de comprometer a todas las entidades que tengan competencia en el tema, con metas y plazos establecidos. Esta medida es un componente fundamental ya que además de reducir las emisiones de partículas de polvo suspendidas, promueve un mejor flujo de los vehículos con el fin de aumentar la velocidad media y disminuir la frecuencia de las aceleraciones y detenciones. Especialmente es importante esta medida en zonas industriales donde el flujo vehicular es considerable y hay una presencia importante de vehículos de carga pesada.
4. Introducción de mecanismos económicos: Se propone la inclusión de esquemas alternativos, que exploren mecanismos económicos, tales como: impuestos diferenciales favoreciendo las tecnologías de reducción, impuestos de vehículos escalados por niveles de emisión, incentivos y desincentivos, incentivos fiscales para el retiro de vehículos viejos.
5. Estándares de emisión cada vez más estrictos para emisiones convencionales (CO, HC, NO_x, PM) y tecnologías de control de emisiones relacionadas.

6.2 Fuente Fijas

Para la actualización del inventario de emisiones por fuentes fijas de emisión se realizó un trabajo de campo con dos frentes de trabajo. El primero para la medición de las

concentraciones de monóxido de carbono, material particulado (MP), dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, mediante la realización de muestreos isocinéticos en chimenea de diferentes industrias de la ciudad con el fin de obtener factores de emisión para los sectores industriales más representativos de la ciudad y para las condiciones de operación local. Se realizaron en total muestreos sobre 23 industrias, sobre 32 fuentes (según categorización construida para el estudio en cuestión, se considera como fuente únicamente a hornos y calderas, dispositivos que generan emisiones producto de combustión).

El segundo frente de trabajo, se centro en la recopilación de información sobre las fuentes fijas de la ciudad, con de la aplicación de una encuesta para recopilar información básica del establecimiento e información sobre sus fuentes de emisión. Se recopilo información de 2,735 establecimientos, incluyendo 2,687 industrias, 43 hospitales y clínicas y 5 salas de cremación, seleccionadas de bases de datos de la Secretaría Distrital de Ambiente y la Cámara de Comercio de Bogotá.

1. Programa de seguimiento y control a las industrias: Se plantea el fortalecimiento y mejoramiento del programa, esto incluye un fortalecimiento de la capacidad técnica y operativa de la entidad en cuanto al manejo de las fuentes fijas de emisión. Es de notar, que aún cuando la autoridad ambiental local cuenta con una importante experiencia en este tema, se ha evidenciado que los controles y auditorias que hacen parte de este proceso no se están llevando a cabo de manera adecuada.
2. Reforma al proceso de auditoría a las consultoras que hacen mediciones: Según lo evidenciado, existe una limitada capacidad técnica y carencia de controles de calidad

por parte de algunas de las firmas consultoras que han estado a cargo de las mediciones de emisiones en chimeneas industriales en Bogotá. Es necesario entregar la auditoria a los muestreos a personas de altas capacidades técnicas y realizar una revisión integral de todos los protocolos y procedimientos que hacen parte de este proceso.

3. Generación de manuales para las auditorias y las visitas a empresas: Se propone el mejoramiento de los procesos de control y seguimiento a las fuentes fijas de emisión, a través de ayudas y manuales para los diferentes actores involucrados. Para quienes auditan a los consultores que se encargan de las mediciones, guías para los consultores y normas específicas de cómo documentar sus procedimientos, así como guías para los industriales de manera que sepan cual es la infraestructura y métodos disponibles para que cumplan con el requisito de muestreo.

4. Auditorias rigurosas a todo el proceso: El proceso de auditoría a muestreos debe incluir además de la verificación de la operación de los equipos, los demás componentes del proceso, esto incluye la certificación de las instalaciones en las que se realizan las mediciones, la forma como se adelantan las mediciones, los procedimientos utilizados en los laboratorios e incluso la forma en la que se analizan y reportan los resultados. Igualmente es necesario considerar el establecimiento de sanciones o vetos para aquellas consultoras para las cuales sea posible identificar que no están desarrollando las pruebas de manera apropiada.

5. Automatización de los reportes de información: Para garantizar la calidad de los procesos de seguimiento y control es necesario establecer una herramienta automática

de reporte y almacenamiento de la información de las emisiones en las industrias, es necesario contar con formatos pre-establecidos y estandarizados para ser utilizados para el reporte de la información recolectada en campo, así como una serie de rutinas computacionales que usen dichos reportes para la generación de archivos que sean automáticamente cargados en una base de datos única en la que se almacene toda la información de fuentes fijas, esta base de datos debe ser protegida para evitar cambios manuales o para evitar el ingreso de información que sea inapropiada.

6. Racionalización de los procesos de auditoría y control: Las acciones de control y auditoría deberían limitarse a una pequeña fracción de potenciales violadores de las normas a los que se les aplicaría todo el rigor de las sanciones de acuerdo a los procesos legales disponibles. Esta estrategia estaría encaminada a enviar un mensaje claro y concreto a aquellos que deliberadamente deciden no acatar las normas y es además la única forma de hacer un control efectivo.
7. Certificación para operarios de equipos de combustión: La operación de los equipos de combustión es un factor determinante de las emisiones de estos equipos, razón por la cual, en una medida de control de emisiones se traduce el aseguramiento del buen entrenamiento y capacitación de las personas encargadas del manejo de estos dispositivos. Se propone la exigir a las personas encargadas de la operación de hornos y calderas que se encuentren certificados para esta labor.
8. Regulación que controle otro tipo de emisiones: Según lo establecido en el trabajo de campo, el criterio de altura de la chimenea no es suficiente, es necesario contar con una regulación que controle las emisiones a baja altura asociadas con fugas en los

ductos de las chimeneas debido a agujeros, uniones o puertos de muestreo incorrectamente instalados.

9. Gas Natural en Industrias: El uso del gas natural en el sector industrial conlleva a muy importantes beneficios de tipo ambiental para la ciudad. Según lo evidenciado en el trabajo de campo, un importante porcentaje de las industrias de la ciudad utilizan gas natural como combustible, sin embargo es necesario ampliar aún más el uso de este combustible, especialmente en la mediana y pequeña industria. Se propone la introducción de incentivos y subsidios económicos para que las industrias hagan la inversión para sustituir los combustibles más contaminantes.

10. Promoción y generación de incentivos para la utilización de tecnologías apropiadas en el sector industrial: Uno de los hallazgos producto de la recopilación de información a través de encuestas, es que un buen número de industrias en la ciudad funcionan de manera ilegal, con tecnologías artesanales, especialmente a nivel de hornos industriales, altamente ineficientes y generadoras de importantes concentraciones de contaminantes.

11. Mejorar la capacidad de control al cumplimiento del plan de ordenamiento territorial: Fallas en el cumplimiento de este han generado la ubicación de industrias en barrios residenciales, así como la construcción de viviendas en zonas originalmente destinadas a la producción industrial, generando alto riesgo a la salud de las personas que habitan en estas zonas. En este punto se propone una integración entre las entidades del distrito que tiene competencia en el tema, de manera que haga más estricto el control a la ubicación de las industrias en la ciudad y que genere los mecanismos necesarios

para reubicar a aquellas que estén generando un importante impacto ambiental en su zona de influencia.

12. Incentivar la participación de la población en la vigilancia de actividades generadoras de emisiones: Se plantea involucrar a la población, por medio de la introducción de esquemas de recompensas de tipo económico u otro tipo de reconocimiento. Este tipo de programas permitirían identificar, principalmente, establecimientos que funcionan de manera ilegal, ya que como se determino en campo existe una parte del sector industrial que funciona de ilegalmente.

6.3 Institucionalidad

Para las recomendaciones enunciadas en este numeral se acudió a expertos en temas ambientales y que han hecho parte de instituciones públicas y privadas, quienes desde su experiencia dieron sus puntos de vista sobre el tema de la institucionalidad. Este dialogo sostenido con expertos, complementa los hallazgos encontrados en la fase de recopilación de información al interior de la SDA.

1. Mejoramiento institucional: Según conversaciones con expertos, para mejorar la capacidad técnica y operativa de la entidad es necesaria una reestructuración de la entidad existente, cambiando el esquema actual, de manera que gane en capacidad operativa y efectividad en las acciones emprendidas para el mejoramiento del ambiente capitalino. Así mismo, Se plantea aumentar el perfil del funcionario promedio de la SDA, mejorando la capacidad técnica de la entidad.

2. Introducción de esquemas eficientes de coordinación y articulación de las autoridades y políticas en el nivel nacional, regional y local, así como el fortalecimiento de la institucionalidad ambiental del Distrito Capital: Se plantea la integración y articulación de la política ambiental con políticas económicas y sociales.

3. Organización y manejo de la información: Tiene que ver básicamente con la contratación de una consultora experta en temas de recursos humanos para diseñar una estrategia de mejoramiento de su planta y para revisar los manuales de funciones de los diferentes cargos y la manera como éstos se articulan con las demás entidades del distrito. Así mismo es necesario levantar información respecto al clima organizacional de la SDA y llevar a cabo un diagnóstico de las competencias de los cargos existentes. La preservación de la información de carácter institucional así como la protección de la memoria institucional de la SDA debe ser una prioridad.

4. Mejoramiento de los sistemas de información, archivo, alimentación de bases de datos y construcción de sistemas de indicadores que permitan dar seguimiento a las acciones adelantadas por la SDA: Uno de los principales hallazgos del presente trabajo, es la carencia de memoria histórica en la entidad, hecho que obstaculiza el análisis de la forma en que se han desarrollado los distintos programas y medidas que se han introducido en los últimos años y por lo tanto no es posible evaluar si estas medidas han logrado cumplir con los objetivos propuestos su formulación y su conveniencia o no.

5. Agilización de las acciones jurídicas adelantadas por la entidad: Se propone la generación de los mecanismos necesarios para descongestionar los procesos jurídicos al interior de la entidad, así como la disminución del tiempo de espera entre los actos administrativos y jurídicos. Según lo establecido, una de las principales dificultades en el proceso de sanción a los infractores, es la demora en las acciones judiciales y los mecanismos de respuesta de los empresarios frente a los cierres de sus instalaciones (tutelas, desobediencia a sanciones impuestas y rompimiento de sellamientos) que alargan los procesos sancionatorios.

6.4 Otras Acciones

1. Educación Ambiental: La experiencia mundial ha demostrado que la combinación de una legislación coherente y bien estructurada con programas de seguimiento y control ejercidos de manera apropiada por una autoridad ambiental fuerte y con respaldo político, si bien son esenciales al mismo tiempo no son suficientes. Se propone la introducción de programas ambiciosos de educación ambiental que lleven el conocimiento técnico y científico no sólo a los principales generadores de la contaminación del aire sino a todos los habitantes de la ciudad, de manera que se cree una conciencia ambiental por parte de los actores involucrados y se fomente al mismo tiempo la participación ciudadana.

2. Fortalecimiento de la red de monitoreo de la calidad del aire: Se propone continuar con el proceso de fortalecimiento y consolidación, creación de protocolos de almacenamiento y control de calidad de la información, así como procedimientos estándar para el análisis y reporte de los resultados al público. Evitar la reubicación de

estaciones a no ser que haya un total consenso de que existen muy buenas razones técnicas y científicas que justifiquen dicha decisión, incluir la medición de $PM_{2.5}$ en el mayor número de estaciones de la red que sea posible, la prioridad en la inversión debe ser mejorar la red existente, optimizando y ampliando la capacidad analítica de las estaciones existentes con la modernización de equipos y complementación de parámetros, ya que el actual cubrimiento es apropiado.

3. Investigación: La inversión en investigación es necesaria, ya que garantiza que todas las decisiones a nivel de política tienen un contundente fundamento científico y técnico antes de su aplicación.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía Mayor de Bogotá, 2003. Decreto 61: Plan de Gestión Ambiental del Distrito Capital.

Alcaldía Mayor de Bogotá, 2006. Decreto 561: estructura organizacional de la Secretaría Distrital de Ambiente.

Alcaldía Mayor de Bogotá, 2005. Equidad de las tarifas de los servicios públicos, impacto en la capacidad de pago de los hogares de Bogotá D.C. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, CID.

Beattie, C. I., Longhurst, J. W. S. and Woodfield, N. K., 2000. Air quality management: evolution of policy and practice in the UK as exemplified by the experience of English local government. *Atmospheric environment* 35, 1479 – 1490.

Cámara de Comercio de Bogotá (CCB), 2008. Base de datos industria manufacturera Bogotá. Bogotá, Colombia.

Cancino Duarte, J., 2006. Validación y análisis de la información de la red de calidad del aire de Bogotá. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Cardenas Rojas, G. A., 1999. Modelación de la dispersión de contaminantes originados por fuentes móviles en un sector de la ciudad de Santafé de Bogotá. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Cifuentes, L.A., Krupnick, A. J., O’Ryan, R. and Toman, M. A., 2005. Urban air quality and human health in Latin America and the Caribbean. Disponible en línea:

<http://www.iadb.org/sds/env>.

Committee on Air Quality Management in the United States. Air quality management in the United States. Washington D.C.: National Research Council, 2004, 426 p.

Concejo de Bogotá, 2006. Acuerdo 257: estructura, organización y funcionamiento de los organismos y de las entidades de Bogotá, Distrito Capital.

Croes, B., Schneider, J. and Hedley, A., 2006. Chapter 4: Air quality management approaches and evidence of effectiveness. Disponible en línea: http://www.irr-neram.ca/Guidance%20Documents/GD_Chapt_4.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2005. Censo general 2005. Disponible en línea: <http://www.dane.gov.co/censo/>

Gaitán Varon, M., 2007. Evaluación de la calidad del aire de Bogotá con base en la información de la red de monitoreo de la ciudad. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Longhurst, J. W. S., Beattie, C. I., Chatterton, T. J., Hayes, E. T., Leksmono, N. S. and Woodfield, N. K., 2006. Local air quality management as a risk management process: assessing, managing and remediating the risk of exceeding an air quality objective in Great Britain. *Environment International* 32, 934 – 947.

Molina, M. J. and Molina L. T., 2004. Megacities and atmospheric pollution. *Journal of the Air & Waste Management Association* 54, 644 – 680.

Molina, L. T., and Molina M. J. *Air quality in the Mexico megacity: an integrated assessment*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002. 384 p.

Naciones Unidas, 1999. Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente y programa de las Naciones Unidas para asentamientos humanos. *Urban air quality management - toolbook*. Disponible en línea:
http://new.unep.org/urban_environment/PDFs/handbook.pdf

Organización Mundial de la Salud (OMS), 2004. Programa de salud ocupacional y ambiental, Ginebra. Guías para la calidad del aire.

O’Ryan, R. and Larraguibel, L., 2000. Contaminación del aire en Santiago: ¿qué es, qué se ha hecho, qué falta?. *Revista Perspectivas* 4 (1), Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile, 153 – 191.

Simpson, A. E., 1999. Tackling multi pollutant multi effect problems – an iterative approach. *The science of the total environment* 234, 43 – 58.

Schwela, D., 2002. Air pollution and human health in developing countries. *Journal of the human environment system* 6 (1), 1 – 7.

Sustainable Cities Programme, 1999. Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente y programa de las Naciones Unidas para asentamientos humanos. Urban air quality.

Disponible en línea:

<http://ww2.unhabitat.org/programmes/agenda21/documents/aqbook.pdf>

Uribe Botero, E., 2004. Air pollution management in two Colombian cities: case study.

Desarrollo y sociedad 54. Universidad de los Andes.

Vandenberg, J. J., 2005. The role of air quality management programs in improving public health: a brief synopsis. *Journal of allergy clinical immunology* 115 (2), 334 – 336.

ANEXO UNO: NORMATIVA

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

- Decreto 482/03 del Alcalde Mayor, por el cual se adopta la Política de Producción Sostenible para Bogotá, D.C.
- Resolución 2006/03 del DAMA, por la cual se adopta el documento marco para la Elaboración e Implementación de Convenios de Concertación para una Producción Más Limpia en el Distrito Capital.

PREAD

- Resolución 311/01 del DAMA, por la cual se crea el programa y se establecen las condiciones para su funcionamiento.
- Resolución 1837/06 del DAMA, por la cual se renueva y se establecen las condiciones para su funcionamiento.

CONTROL Y SEGUIMIENTO

- Decreto 2 de 1982 del Presidente de la República, reglamentan parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.
- Resolución 16922/85 del Ministerio de Salud, por la cual se adopta un procedimiento para el análisis de la calidad del aire.

- Decreto 948/95 del Ministerio del Medio Ambiente, por el cual se reglamenta la protección y control de la calidad del aire.
- Resolución 1351/95, por la cual se adopta la declaración denominada Informe de Estado de Emisiones (IE-1).
- Decreto 2107/95 del Presidente de la República, por el cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.
- Resolución 619/97 del Ministerio del Medio Ambiente, por la cual se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.
- Resolución 125/95 y 623/98, por la cual se regula los criterios ambientales de calidad de combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial.
- Resolución 775/00 del DAMA, por la cual se adopta el sistema de clasificación empresarial por el impacto sobre el componente atmosférico, denominado “Unidades de Contaminación Atmosférica, UCA.
- Resolución 1208/03 del DAMA, por la cual se dictan normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire.
- Decreto 174/06 del Alcalde Mayor de Bogotá, por la cual se adoptan medidas para reducir la contaminación y mejorar la calidad del Aire en el Distrito Capital.
- Decreto 417/06 del Alcalde Mayor de Bogotá, por la cual se adoptan medidas para reducir la contaminación y mejorar la calidad del aire en el Distrito Capital.

- Resolución 1908/06 del DAMA, por la cual se fijan los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por las fuentes fijas de las áreas fuente de contaminación alta Clase I.
- Decreto 979/06 del Presidente de la República, por el cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.
- Resolución 909/08 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, establece las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas.

PROGRAMA DE REVISIÓN TECNICO MECANICA Y DE GASES

- Resolución 556/03 conjunta del DAMA y Secretaría de Tránsito y Transporte, por la cual se expiden normas para el control de las emisiones en fuentes móviles.
- Resolución 1859/05 del DAMA, por la cual se adopta el procedimiento aplicable al reconocimiento de los centros de diagnóstico de emisiones vehiculares en el perímetro urbano del Distrito Capital.
- Resolución 3500/05 y 2200/06 de los Ministros de Transporte y Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por la cual se establecen las condiciones mínimas que deben cumplir los Centros de Diagnóstico Automotor para realizar las revisiones técnico-mecánica y de gases de los vehículos automotores que transiten por el territorio nacional.

- Decreto 344/06 del Alcalde Mayor de Bogotá, por el cual se precisa la clasificación de los Centros de Diagnóstico Automotor.
- Resolución 5975/06, 0015/07, 4062/07 y 5880/07 de los Ministros de Transporte y Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por la cual se modifica parcialmente Resoluciones 3500/05 y 2200/06.
- Resolución 2380/07 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las motocicletas, motociclos y mototriciclos.
- Resolución 910 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.

OPERATIVOS EN VIA Y OPERACIÓN DE UNIDADES MOVILES DE MONITOREO

- Resolución 005 de 1996 conjunta del Ministerio del Medio Ambiente y Transporte, por la cual se reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres a gasolina o diesel, se definen los equipos y procedimientos de medición de dichas.
- Resolución 909 de 1996 conjunta del Ministerio de Medio Ambiente y Transporte, por la cual se modifica parcialmente la Resolución 005 de 1996.

- Resolución 556 de 2003 conjunta del DAMA y Secretaría de Tránsito y Transporte, por la cual se expiden normas para el control de las emisiones en fuentes móviles.
- Resolución 1015 de 2005 del DAMA, por la cual se fijan los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por las fuentes móviles con motor a gasolina y diesel, dentro del perímetro urbano del Distrito Capital y se toman otras determinaciones.

PROGRAMA DE AUTORREGULACION AMBIENTAL

- Decreto 174 de 2006 de la Alcaldía Mayor de Bogotá, por el cual se adoptan medidas para reducir la contaminación y mejorar la calidad del Aire en el Distrito Capital.
- Resolución 1869 de 2006 del DAMA, por la cual se adoptan los términos de referencia del Programa de Autorregulación Ambiental aplicable dentro del perímetro urbano del Distrito Capital.
- Resolución 2823 de 2006 del DAMA, por la cual se modifica la Resolución 1869 de 2006.
- Resolución 1807 de 2006 del DAMA, por la cual se adopta el cronograma de cumplimiento del Decreto Distrital 174 de 2006.

PICO Y PLACA AMBIENTAL

- Decreto 174 de 2006 del Alcalde Mayor de Bogotá, por el cual se adoptan medidas para reducir la contaminación y mejorar la calidad del Aire en el Distrito Capital.

- Decreto 325 de 2006 del Alcaldía Mayor de Bogotá, por el cual se corrige un error en el Decreto 174 de 2006.