



**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO
JOSÉ ANTONIO ECHEVERRÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROCEDIMIENTO PARA LA GESTIÓN DE LAS MEDIDAS DE CONTROL DE
CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DE FUENTES MÓVILES Y FIJAS
EN CALI - COLOMBIA**

**La Habana
2010**



**INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO
JOSÉ ANTONIO ECHEVERRÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROCEDIMIENTO PARA LA GESTIÓN DE LAS MEDIDAS DE CONTROL DE
CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DE FUENTES MÓVILES Y FIJAS
EN CALI - COLOMBIA**

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas

Ing. Mg. Prof. LUIS FELIPE GRANADA AGUIRRE

Tutor: Ing. Ileana Pérez Vergara, Dr. C.

Tutor: I.Q. Israel Herrera Orozco, Dr.

La Habana

2010

Agradecimientos

El autor expresa sus agradecimientos a:

Aguilar Luis ULCC	Ps. Álvarez Narly UAN	Econ. Arias Juan ULCC	Esp. Arias Javier STTM
MSO. Arteaga Fernando ULCC	Aux Eliana ULCC	Mg. Baena Alejandro ULCC	Ing. Bastidas Fabián UAO
Betancourt Katherine ULCC	Ing. Betancourt Luis ACC	Esp. Bravo Margarita NOTI 5	Caicedo Vanessa ULCC
MSC. Cabrera Boris UV	Abog. Cardozo Fabio STTM	Econ. Chinchilla Paola ULCC	Ing. Colmenares Dino UV
Cortés Luz ULCC	Mg. Cuadros María SSPM	Dr. Cuesta Armando CUJAE	Sr De Lima Alejandro DAGMA
Dr. Díaz Antonio CUJAE	Dr. Fleitas Sonia CUJAE	Dr. Flórez Luz UAO	Dr. Garza Rosario CUJAE
Dr. © Gómez Floro Hermes ULCC	Ing. Gómez Luis UCEVA	Ing. González James PREVICAR	Ing. González Jesús DAGMA
Sr. González Jesús D DAGMA	Giraldo Jhoana ULCC	González Jorge ULCC	Gordon Margarita SSPM
Sr. Gutiérrez Jaime Rector ULCC	Hernández Oscar ULCC	Dr. Herrera Israel Ciemat	Mg. Rodrigo Herrera UCEVA
Dr. Isaac Cira CUJAE	Losada Luz SSPM	Laverde Paula ULCC	Mg. Manzi Verónica DAGMA
Martínez Jamer ULCC	Mg. Montoya Arturo USB	Con. Orejuela Rubén ULCC	Ing. Ordoñez Pedro CDAV
Otero Daniel ULCC	Dr. © Parra Liliana ULCC	Dr. © Parra Luis ULCC	Dr. Pérez Ileana CUJAE
Dis. Polanco Víctor ULCC	Ing. Portilla Mario UN	Mg. Ramos Alberto DAGMA	Mg. Restrepo Germán CVC
Mg. Reyes Tito SSPM-UES	Ing. Rodríguez Cristhian UCEVA	Esp. Sánchez Mónica DAGMA	Mg. Silva Jorge ULCB
Solarte Víctor ULCC	Dr. Valencia Marino ULCC	Yela Alexander UV	Ing. Zuluaga Rubiela DAGMA
Zúñiga Gonzalo ULCC			

Dedicatoria

“Sólo se tendrá un planeta sin contaminación y en paz, cuando todos los seres humanos, tengan, la misma oportunidad de abrir y cerrar las infinitas puertas y ventanas de la ignorancia”

Este es el único apartado, donde, se puede escribir con el corazón y no bajo la presión de la observación, la heurística, el método científico, la razón y las técnicas de la ingeniería industrial. El único temor, que se siente al escribir este párrafo, es no plasmar el nombre de aquella persona, que en realidad, merece estar en esta dedicatoria, pero, espero no equivocarme.

Dedico esta tesis doctoral con mucho amor, cariño y gratitud a:

A la memoria de mis padres Gustavo Granada Mora y Martha Lucia Aguirre García quienes hubiesen disfrutado con este nuevo logro.

A la memoria de Alejandro Granada Mora, Daniel Saavedra y José Joaquín Domínguez

A mi esposa Narlly Jhenelyd Álvarez Castro y a mi hijo Simón Granada Álvarez, quienes me brindaron un incondicional apoyo y tuvieron la paciencia necesaria para esperar la culminación de este arduo trabajo.

A mis hermanos Juan Manuel, Gustavo Iván y Viviana Mercedes por su apoyo

A mis suegros Juvenal Álvarez y Nancy Nelly Castro y para Jurych, Faysury, Jhacknover, Darjhive y a mi tía Ofir Granada Mora.

A todos mis profesores

RESUMEN

Las deficiencias organizacionales de las partes involucradas para cumplir con los objetivos del PIMCA (reducir el deterioro de la calidad del aire), la baja dispersión de contaminantes atmosféricos por la fisiografía de valle cerrado y meteorología, el crecimiento anual del parque automotor (6.5%), industria (4%) y emisiones de Óxidos de Nitrógeno (1%), Monóxido de Carbono (0.8%), Dióxido de Carbono (3.1%) e Hidrocarburos (1%), así como la morbilidad del 36% por enfermedades respiratorias agudas y el deterioro de la calidad del aire de moderada a insalubre por PM_{10} en la ciudad de Cali, fue el problema científico a resolver. El objetivo propuesto fue diseñar y validar un procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en Cali – Colombia. El procedimiento se soportó en la teoría de sistemas y en conceptos de gestión ambiental, gestión de la calidad, tecnologías de la información y de las comunicaciones y termodinámica.

El establecimiento y verificación de indicadores de resultado sobre el Índice de la Calidad del Aire (ICA), el factor de carga ambiental para fuentes móviles (FCA_{fm}) y fijas (FCA_{ff}) comprobaron la hipótesis propuesta “El diseño e implementación de un procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas facilitará a las partes involucradas la toma de decisiones políticas y normas para el manejo de la calidad del aire y reducir su deterioro ambiental en la Ciudad de Cali” mediante la obtención de los siguientes resultados: el factor de carga ambiental real y proyectado de fuentes fijas y móviles, el inventario de emisiones atmosféricas, la ratificación y consolidación de acciones y la modelación de las emisiones de fuentes móviles y fijas mediante el uso de tecnologías de la información y de las comunicaciones.

Las actuaciones desarrolladas en el marco del procedimiento disminuyeron las emisiones promedio en un 11% el CO y 23% el CO₂ en las fuentes móviles y en un 10% en las fuentes fijas en los años 2008 y 2009. Finalmente, el procedimiento se convirtió en un referente para adelantar una gestión orientada a minimizar los riesgos presentados en la contaminación del aire en el ambiente y la salud en la ciudad de Cali.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	13
1. MANEJO DE LA CALIDAD DEL AIRE; DESICIONES POLÍTICAS Y MEDIDAS DE CONTROL	21
1.1 Introducción	21
1.2 El ambiente; Distribución y Composición	21
1.2.1 El aire; estructura, composición, contaminantes, fuentes de emisión, transporte y dispersión de la contaminación y efectos	22
1.2.2 Transporte y dispersión de la contaminación en el aire	23
1.2.3 Efectos de la contaminación del aire	24
1.3. Evolución de la protección, preservación y mejoramiento del ambiente	25
1.4 Aproximación a una estructura para el manejo de la calidad del aire	27
1.4.1. Decisiones Políticas	31
1.4.2. Comparación del estándar de emisión e inmisión	32
1.4.3 Medidas de control	33
1.5. Manejo de los datos obtenidos en las medidas de control	39
1.5.1 Dimensión, ejecución y control de datos	40
1.5.2 Complementariedad de los sistemas de gestión de calidad y el manejo de datos	41
1.6. Situación de la calidad del aire en la ciudad de Cali	42
1.6.1 Situación del Plan Integral Para el Manejo de la Calidad del Aire (PIMCA)	44
1.7 Conclusiones	46
2. DISEÑO DE UN PROCEDIMIENTO PARA LA GESTION DE LAS MEDIDAS DE CONTROL DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DE FUENTES MÓVILES Y FIJAS	48
2.1 Introducción	48
2.2 Concepción teórica del procedimiento	48
2.2.1 Premisas para la implementación del procedimiento	51
2.2.2 Objetivo	51
2.2.3 Principios en los que se sustenta el procedimiento	51

2.2.4 Entradas	51
2.2.5 Salidas.....	52
2.3 Procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos.....	52
2.3.1 Diagnóstico	54
2.3.2 Fase planeación de las medidas de control.....	54
2.3.3 Fase recepción y análisis de datos	56
2.3.4 Fase de Control.....	67
2.4 Conclusiones.....	70
3. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LAS MEDIDAS DE CONTROL DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS.....	73
3.1 Introducción	73
3.2 Resultados fase diagnóstico	73
3.2.1 Preparación	73
3.2.2 Resultados de la fase de planeación	77
3.2.3 Resultados de la recepción y análisis	80
3.2.4 Resultados fase de Control.....	90
3.3 Conclusiones.....	95
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
4.1 CONCLUSIONES GENERALES	97
4.2 RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS	114

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Estructura, composición, meteorología, fuentes y contaminantes criterio del aire (primarios y secundarios).	23
Tabla 1.2. Fuentes de emisión, tipo de contaminante emitido y efectos observados en la salud y en el ambiente	24
Tabla 1.3. Medidas de control y resultados obtenidos del manejo de la calidad del aire en ciudades del mundo	29
Tabla 1.4. Objetivo y valores de entrada (inputs) para estimar factores de emisión de fuentes móviles y fijas	35
Tabla 1.5. Importación, salida (outputs) y limitaciones de los datos para estimar factores de emisión de fuentes móviles y fijas	36
Tabla 1.6. Autores que han utilizado el MOBILE6, COPER TIII e IVE para estimar factores de emisiones de fuentes móviles	37
Tabla 1.7. Tipo de datos tomados por medida de control	39
Tabla 1.8. Dimensión, ejecución y control de datos	40
Tabla 1.9. Funciones de los sistemas de gestión y técnicas de resolución de problemas utilizadas para el manejo de datos	41
Tabla 1.10. Aspectos físicos y socioeconómicos de la ciudad de Cali	42
Tabla 1.11. Estado actual del manejo de datos obtenidos de las medidas de control implementadas y su información en Cali – Colombia	44
Tabla 2.1. Variables y covariables que inciden en la calidad del aire urbano	49
Tabla 2.2. Verificación y comunicación de los resultados de las medidas de control.	57
Tabla 2.3. Datos críticos, dimensiones, indicadores, fuente de uso y de referencia	59
Tabla 2.4. Estadística descriptiva utilizada en la validación de los datos	60
Tabla 2.5. Tipo de dato por medida de control	61
Tabla 2.6. Tipo de gráfica por tipo de dato	61
Tabla 2.7. Estimación del $FCAf_{m_r}$ para establecer la $FCAf_{m_p}$	66
Tabla 2.8. Comunicación del resultado de la verificación de los indicadores	67
Tabla 2.9. Escenarios a seleccionar para la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos	68
Tabla 2.10. Reducción de emisiones por tipo de escenario	68
Tabla 2.11. Plan de acción a implementar en el nuevo periodo	70
Tabla 3.1. Grupo, área, estructura del área y personal con tareas asignadas en las medidas de control de las organizaciones	74

Tabla 3.2. Descripción del equipo de trabajo seleccionado por autoridad	75
Tabla 3.3. Covariables que inciden en la gestión de las medidas de control en Cali	76
Tabla 3.4. Actividades de las autoridades en al MIPECA	77
Tabla 3.5. Propósito, objetivos y alcance	78
Tabla 3.6. Plan de acción para cada medida de control en el periodo de estudio	78
Tabla 3.7. Norma Local de emisión de gases para fuentes móviles a gasolina en Cali	79
Tabla 3.8. Norma Local de emisión de gases para fuentes fijas en Cali – Colombia	79
Tabla 3.9. Norma Local de Calidad del Aire (NLc) en Cali – Colombia	80
Tabla 3.10. Ecuaciones utilizadas para el cálculo de indicadores de resultado.	80
Tabla 3.11. Comunicación y capacitación realizada a los usuarios que incumplen la medida de control.	80
Tabla 3.12. Número total de datos suministrados por las medidas de control en el periodo de estudio y línea base.	81
Tabla 3.13. Validación de datos de la ITMG realizada en un CDA de Cali – Colombia en el periodo de estudio.	82
Tabla 3.14. Validación de datos de la encuesta realizada a las fuentes fijas en Cali	82
Tabla 3.15. Validación de datos de la RMA de Cali – Colombia años 2003, 2004 y 2005	83
Tabla 3.16. Instrumento de comunicación de datos no útiles	83
Tabla 3.17. Valor Cc promedio anual en Cali	86
Tabla 3.18. Pasos para estimar el valor del FCA_{fm_r} de acuerdo al modelo y número de vehículos.	87
Tabla 3.19. Pasos para estimar el valor del FCA_{ff_r} de acuerdo con el número de industrias manufactureras.	88
Tabla 3.20. Pasos realizados para estimar el FCA_{fm_p} de CO y CO₂	89
Tabla 3.21. Valor del FCA_{ff_p} en ton/año	89
Tabla 3.22. Resultados (salidas) de la fase de recepción y análisis de datos.	90
Tabla 3.23. Valor promedio anual del ICA	90
Tabla 3.24. Valor del índice de FCA_{fm}	91
Tabla 3.25. Valor del índice de FCA_{ff}.	91
Tabla 3.26. Valor en toneladas por día a reducir de CO₂.	92
Tabla 3.27. Reducción del Factor de Carga Ambiental por acción (escenario) en fuentes móviles.	93
Tabla 3.28. Plan de acción 2008 – 2009.	93
Tabla 3.29. Valor anual del indicador FCA_{fm} después del plan de acción de los años 2008 y 2009.	93
Tabla 3.30. Resumen de los resultados alcanzados en la validación del procedimiento	94

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. División y Composición del ambiente	22
Figura 1.2. Sistema de Información Sanitario	28
Figura 1.3. Estructura para el manejo de la calidad del aire urbano	32
Figura 2.1 Procedimiento para las medidas de control de contaminantes atmosféricos.	53
Figura 2.2. Elementos considerados en la planeación.	55
Figura 2.3. Proceso de análisis	58
Figura 3.1. Validación estadística de los datos de la ITMG y RMA en el PCA 1.0.	81
Figura 3.2. Almacén de datos final de la ITMG (consulta de vehículos) y RMA (Meteorología y Contaminantes) en el PCA 1.0.	84
Figura 3.3. Menú con el almacén final de datos en el RVGA 1.0	84
Figura 3.4. Interfase del PCA 1.0 para generar los gráficos	85
Figura 3.5. Interfase del RVGA 1.0 con el listado de los gráficos de control de la NLff	85
Figura 3.6. Concentración promedio horaria de contaminantes criterio en Cali	86
Figura 3.7. Reducción de CO y CO₂ en ton/día para el año 2008 para el FCA_{esc} de la restricción del flujo vehicular.	92
Figura 3.8. Factor de Carga Ambiental reducido en Cali para una restricción de 196.800 vehículos diarios.	94

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.1. Modelo Emisor-Receptor

Anexo 1.2. Efectos de la contaminación del aire en la salud humana

Anexo 1.3. Familia ISO 14000

Anexo 1.4. Estructura de un Sistema de Gestión Ambiental

Anexo 1.5. Estructura del manejo de la calidad del aire

Anexo 1.6. Estructura de la Evaluación del Riesgo ambiental

Anexo 1.7. Ecuaciones para estimar factores de emisión de fuentes móviles

Anexo 1.7a. Modelos de pronóstico de la calidad del aire utilizados en diferentes ciudades del mundo.

Anexo 1.8. Número de Industrias Manufactureras por División CIU y número de vehículos por clase en Cali

Anexo 1.9. Mapa por comunas de la ciudad de Cali.

Anexo 1.10. Variación promedio horaria de la velocidad y dirección del viento en Cali – Colombia

Anexo 1.11. Estructura del Plan Integral para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la ciudad de Cali.

Anexo 1.12. Situación actual del manejo de la calidad del aire en Cali

Anexo 1.13. Nivel promedio de concentración anual de contaminantes criterio de la ciudad de Cali.

Anexo 2.1. Identificación del grupo, área, estructura del área y personal con tareas asignadas en las medidas de control.

Anexo 2.2. Cargo, perfil, actividades y dedicación del equipo de trabajo para implementar el procedimiento en las partes involucradas.

Anexo 2.3. Cronograma de actividades

Anexo 2.4. Entrevista para el jefe de área

Anexo 2.4a Cuestionario realizado al personal con tareas en las medidas de control de contaminantes atmosféricos

Anexo 2.5. Plan de capacitación para el grupo de trabajo

Anexo 2.6. Plan de las medidas de control

Anexo 2.7: Alcance y objetivo del procedimiento

Anexo: 2.8. Proceso en las entidades ejecutoras de las medidas de control una vez terminado el proceso de medición.

Anexo 2.9. Instrumento de comunicación de resultados de la medida de control de fuentes móviles

Anexo 2.10. Instrumento de comunicación de resultados de la medida de control. Realizada a las fuentes fijas.

Anexo 2.11. Instrumento de comunicación de resultados de la medida de control realizada a la calidad del aire y Calificación, valor y gama de colores para la

emisión de alertas sobre calidad del aire.

Anexo 2.12. Instrumentos de depuración de datos de las medidas de control

Anexo 2.13. Instrumentos de validación de datos.

Anexo 2.14. Listado de gráficas para variables y covariables de fuentes móviles y fijas

Anexo 2.15. Listado de gráficas de variables de calidad del aire y meteorológicas

Anexo 2.16. Contenido del Inventario de Emisiones Atmosféricas.

Anexo 3.1. Entrevista para el jefe de área

Anexo 3.2. Cuestionario realizado al personal con tareas en las medidas de control de contaminantes atmosféricos

Anexo 3.3. Resultados del taller de análisis y priorización de problemas en la población objeto de estudio.

Anexo 3.4. Cronograma de actividades

Anexo 3.5. Entidades que participan de la MIPECA

Anexo 3.6. Capacitación

Anexo 3.7. Instrumento con la información de la medición entregada por las entidades ejecutoras.

Anexo 3.8. Plegable capacitación infractores ITMG

Anexo 3.9. Documento de capacitación entregado a los empresarios

Anexo 3.10. Instrumentos de depuración de datos

Anexo 3.11. Instrumento de comunicación a entidades ejecutoras de la medida de control

Anexo 3.12. Inventario de Emisiones Atmosféricas

Anexo 3.12a. Gráficas con el comportamiento promedio horario de las variables meteorológicas obtenidas en el PCA 1.0

Anexo 3.12b. Gráficas de las fuentes móviles

Anexo 3.12c. Gráficas de las fuentes fijas

Anexo 3.12d. Gráficas de la calidad del aire

Anexo 3.13. Factor de Emisión (FE_{fm}), Factor de Emisión dinámico (FE_{fmd}) y Factor de Carga Ambiental real (FCA_{fm,r}) de fuentes móviles por modelo

Anexo 3.13a: Factor de Carga Ambiental real de CO y CO₂ para fuentes móviles en Ton/Día en Cali para los años 2007, 2008 y 2009 por número total de vehículos (NTV).

Anexo 3.14. Estimación manual del factor de carga ambiental real de fuentes móviles.

Anexo 3.15: Factor de Carga Ambiental anual proyectado FCA_{fm,p}

Anexo 3.16: Factor de Carga Ambiental anual reducido por escenario para un determinado número de vehículos.

INTRODUCCIÓN

Aunque el problema de la contaminación del aire se ha presentado desde el siglo XII en Inglaterra (Hunt y Johnson, 1994), este fenómeno se acrecentó en los últimos setenta años por el desarrollo económico e industrial (Asimov, 1980). Autores como Coll et. al., 2009; Hopke et. al., 2008; Westerdahl et. al., 2008; Martin, 2007; WHO, 2006; CETESB, 2006; Granada, Orejuela y Álvarez, 2006; GWilliam et. al., 2005; La Dau, 2005; WHO, 2005; Schwela, 2004; WHO, 2004; WB, 2004; WHO, 2003; WB, 2003; DAGMA, 2003; BIR&F & WB, 2002; EEA & WHO, 2002; EPA, 2002; Haq et. al., 2002; WHO, 2000, evidenciaron los efectos de la contaminación del aire en el ambiente y Granada et. al., 2007; Ramírez, et. al., 2006; WHO, 2006; WHO, 2005; Knox, 2005; Romero, 2004; WHO, 2004; WB, 2004; WHO, 2003; WB, 2003; BIR&F & WB, 2002; Conceição Lourdes et. al., 2002; EEA & WHO, 2002; EPA, 2002; Haq et. al., 2002; Conceição Gleice et. al., 2001; WHO, 2000, evidenciaron los efectos de la contaminación del aire en la salud pública.

Los límites establecidos por las normas de concentración de contaminantes en el aire urbano se superan con frecuencia y el estado de la calidad del aire presenta marcadas diferencias entre las ciudades de países industrializados, en transición y desarrollo (WHO, 2006). Las toneladas de partículas y gases emitidas por las fuentes móviles, fijas, de área y biogénicas al aire entran en contacto con las variables meteorológicas de la zona, iniciando su etapa de mezcla y dispersión, generando en horas o días contaminantes secundarios, reduciendo la calidad del aire en los ecosistemas urbanos. El autor aduce que la calidad del aire depende de las siguientes variables: i) emisión de fuentes móviles, ii) emisión de fuentes fijas, iii) la meteorología, iv) la contaminación natural de la zona y v) las organizacionales (económicas, tecnológicas, técnicas entre otras).

Identificar, describir y controlar estas variables es necesario para garantizar justicia y equidad ambiental. Disponer de procedimientos para gestionar las medidas de control de contaminantes atmosféricos, facilitará la toma de decisiones políticas para el manejo de la calidad del aire. Autores como WHO, 2006: Schwela, 2004 y Haq et. al., 2002, proponen

estructuras para el manejo de la calidad del aire urbano, que en principio, se pueden adaptar a cualquier región o ciudad del mundo, pero la brecha tecnológica existente entre los países y la ausencia de medidas de control y datos en países en desarrollo no permiten su implementación directa.

Los modelos desarrollados y propuestos para el manejo de la calidad del aire urbano, consideran que contar con la información de las condiciones de las variables de la zona de estudio, permitirán mediante un correcto manejo de los datos (Vilalta, 2008) realizar un análisis detallado y aproximado de la información obtenida para implementar medidas de control de contaminantes atmosféricos (Jayaratne et. al., 2010; Parshall et. al., 2010; Hatzopoulou y Miller, 2010; Godowitch et. al., 2010; Zhang y Batterman, 2010; Hu et. al., 2010; Zheng et. al., 2009; Moussiopoulos et. al., 2009; Chu y Meyer, 2009; Padian et. al., 2009; Ortega et. al., 2009; Fairlie et. al., 2009; Song et. al., 2008; Liu et al., 2008; Stein, 2007; Venkatram, et. al., 2007; Bai et. al 2007; Chen et. al., 2007; Nesamani et. al., 2007; Zarate et. al., 2007; Granada y Cabrera, 2007; Blulfert et. al., 2006; Tong y Mauzerall, 2006; Parrish, 2006; Kinnee et. al., 2004; DAMA, 2003; Nadim et. at., 2003; Jaramillo et. al., 2003) entre otros. Las medidas de control implementadas en el mundo son:

- ◆ Estimar la relación Dosis / Respuesta o Exposición / Daño
- ◆ Modelar la dispersión del aire y predecir su calidad
- ◆ Monitorear la calidad del aire, a través de una red de estaciones
- ◆ Controlar las emisiones de las fuentes
- ◆ Planificar acciones que mejoren la calidad del aire

La literatura revisada sobre el manejo de la calidad del aire en países en desarrollo evidencia la deficiencia e insuficiencia de datos sobre calidad del aire, ausencia y/o baja implementación de medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas y poca disponibilidad de procedimientos para su gestión, porque, éstos son diseñados e implementados en organizaciones y hacen parte de su know how. Aunque en la literatura revisada se muestra la existencia de modelos desarrollados para los países industrializados su aplicación en países en desarrollo se limita por las características físicas y socioeconómicas de los datos. Sin embargo, los protocolos existentes para la implementación de medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas se pueden adaptar a las características de las ciudades de estos países y son:

- ◆ El Inventario de Emisiones Atmosféricas (IEA)

- ◆ Normas sobre emisión e inmisión de contaminantes
- ◆ Estado actual de la emisión de contaminantes atmosféricos por tipo de fuente
- ◆ Estado actual de la calidad del aire (inmisión)
- ◆ Efectos sobre el ambiente y la salud cualificados y cuantificados
- ◆ Informar los logros alcanzados por el manejo de la calidad del aire
- ◆ Información para que el poder ejecutivo legisle sobre calidad del aire

La calidad del aire en la ciudad de Cali está siendo afectada por los aspectos físicos y socioeconómicos (Granada, Herrera y Yela, 2009), (Granada et. al., 2008), (Granada et. al., 2007), (Gómez, 2006), (Montoya, Morales y Olaya, 2005), (Botero, Tróchez y Olaya, 2004), (DAGMA, 2003), (Jaramillo et. al., 2003). La ciudad se encuentra en un valle cerrado y la velocidad del viento es baja y la contaminación no se dispersa adecuadamente y permanece más tiempo sobre ella. El aumento anual en la emisión de gases contaminantes generados por las fuentes móviles y fijas como: los Óxidos de Nitrógeno (1.6%), Dióxido de Carbono (3.1%) y Monóxido de Carbono (0.8%), contribuyen a la formación de Ozono Troposférico (5.6%) cuando estos reaccionan con la Humedad relativa (65%), Temperatura (25 °C) y la Radiación Solar (650 Kv/m²). La Presión Atmosférica facilita la concentración de contaminantes en horas de la mañana y desciende paulatinamente en horas de la tarde donde el viento tiene más velocidad y los niveles de concentración tienden a reducir. Sin embargo, en horas de la noche, debido a la estabilidad atmosférica presentada por la inversión térmica y el aumento del tráfico vehicular, la concentración de los contaminantes criterio aumenta incluido el Material Particulado.

Esta situación fisiográfica, meteorológica y el crecimiento promedio anual del parque automotor (6.5%) y de la industria manufacturera (4%), incrementaron las emisiones atmosféricas y han reducido la calidad del aire de la ciudad de Cali de moderada a insalubre, existiendo niveles de contaminación atmosférica que exceden la norma local, resultando necesario estudiar cómo podrá detenerse el efecto ambiental y sanitario de la contaminación en la ciudad donde el 36% de la población asistió a consulta médica en el periodo 2001–2006, fue por Enfermedades Respiratorias Agudas (Granada et. al., 2007).

Cali cuenta con un Plan Integral de Mejoramiento de la Calidad del Aire. Este plan fue diseñado e implementado por el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA). Su objetivo es adelantar las actividades de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en la ciudad de Cali. Otras autoridades

también tienen a su cargo actividades de medidas de control de contaminantes atmosféricos como:

- ◆ La Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal (STTM): participa en la medida de control de fuentes móviles, a través, de la Inspección Técnico Mecánica y de Gases (ITMG) realizadas en operativos vial y en los Centros de Diagnóstico Automotor (CDA) que cuentan con normas técnicas para su desempeño.
- ◆ La Secretaría de Salud Pública Municipal (SSPM), participa a través de las Unidades Ejecutoras de Salud y Ambiente (UESA) en la evaluación de los contaminantes provenientes de fuentes fijas y son clientes del inventario de emisiones atmosféricas como insumo de su sistema de vigilancia epidemiológica (SIVIGILA).

Los objetivos trazados por este plan de mejoramiento no se alcanzaron de acuerdo con las evidencias obtenidas en estudios dirigidos y realizados por el autor y son:

- ◆ Falencias en el manejo técnico y ausencia de los datos obtenidos en las medidas de control adoptadas, sólo el 30% y el 40% de los datos de fuentes móviles y fijas están disponibles.
- ◆ Ausencia de un instrumento estandarizado e informático para la colección de datos de fuentes móviles en los Centro de Diagnóstico Automotriz y sólo el 50% de los datos son útiles.
- ◆ Deterioro de la calidad del aire de moderada a insalubre en el PM_{10} .
- ◆ Ausencia de un procedimiento de gestión que permita la retroalimentación interna y entre las partes interesadas de los resultados obtenidos en las medidas de control.
- ◆ Ausencia de una toma de decisión política integral o intersectorial.
- ◆ Toma de decisiones políticas desde el punto de vista económico y no ambiental.
- ◆ Ausencia de indicadores de resultado sobre el manejo de la calidad del aire.
- ◆ No implementan software para modelar y estimar factores de emisión de fuentes móviles y fijas.
- ◆ Ausencia de un inventario de emisiones atmosféricas desde el año 2003.
- ◆ Ausencia de un plan de acción sobre el manejo de la calidad del aire.
- ◆ Ausencia de los resultados alcanzados por las acciones de reducción adoptadas en la ciudad.

Lo anterior evidencia las dificultades y falencias del Plan de Mejoramiento de la Calidad del Aire demostrando las dificultades de las partes involucradas en la gestión de las medidas de

control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas, constituyendo la ***Situación problemática***.

Considerando: la bibliografía consultada, Las deficiencias organizacionales de las partes involucradas para cumplir con los objetivos del PIMCA (reducir el deterioro de la calidad del aire), la baja dispersión de contaminantes atmosféricos por la fisiografía de valle cerrado y meteorología, el crecimiento anual del parque automotor (6.5%), industria (4%) y emisiones de Óxidos de Nitrógeno (1%), Monóxido de Carbono (0.8%), Dióxido de Carbono (3.1%) e Hidrocarburos (1%), así como la morbilidad del 36% por enfermedades respiratorias agudas y el deterioro de la calidad del aire en la ciudad de Cali, el autor considera necesario **“en la ciudad de Cali-Colombia las autoridades territoriales ambientales (ATA) no disponen de procedimientos y métodos con apoyo del análisis computacional que, de forma eficaz y eficiente, les permitan desarrollar y poner en práctica las medidas de control con acciones de minimización y prevención para las emisiones ambientales generadas por fuentes móviles y fijas siendo este el Problema científico a resolver.**

Para ello se plantea como ***Hipótesis***: **“El diseño e implementación de un procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas facilitará a las partes involucradas la toma de decisiones políticas y normas para el manejo de la calidad del aire y reducir su deterioro ambiental en la Ciudad de Cali”.**

Tomando en cuenta lo anterior, se propone como ***Objetivo general***: **“Diseñar e implementar un procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas para la ciudad de Cali”.**

Objetivos específicos

1. Establecer las bases teóricas para la investigación: Manejo de la calidad del aire, decisiones políticas y medidas de control.
2. Diseñar el procedimiento y herramientas computacionales para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en Cali - Colombia.
3. Validar el procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en Cali - Colombia.

Preguntas de investigación

1. ¿Cuáles son las implicaciones ambientales y sanitarias generadas por las emisiones de fuentes de emisión de contaminantes al aire? ¿Cuál es la estructura para el manejo de la

calidad del aire? ¿Cuáles son las medidas de control más implementadas en las ciudades del mundo? ¿Cómo es el manejo adecuado de datos? ¿Cuáles sistemas de gestión complementan la gestión organizacional y el manejo de datos? ¿Cuál es la situación actual en la ciudad de Cali?

2. ¿Qué argumentos y bases conceptuales sustenta el procedimiento? ¿Qué técnicas de gestión permiten identificar las deficiencias organizacionales en la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos? ¿Qué técnicas de gestión ambiental, permiten realizar una identificación de la situación actual de la zona de estudio? ¿Qué indicadores de resultado permiten evaluar la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas? ¿Qué procesos permiten hacer eficiente la recepción y análisis de datos? ¿Cómo controlar el cumplimiento de los indicadores de resultado? ¿Cómo realizar la modelación de factores de emisión de fuentes móviles y fijas? ¿Cómo cuantificar la reducción de las emisiones de fuentes móviles y fijas por acción? ¿Cómo obtener un inventario de emisiones atmosféricas?
3. ¿Cómo validar el procedimiento propuesto?

La población objeto de estudio de esta investigación es la autoridad de tránsito y transporte (STTM), sanitaria (SSPM) y ambiental (DAGMA).

Novedad científica

El procedimiento diseñado es novedoso por que integra las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas con las competencias jurídicas, tecnologías y organizacionales, definiendo indicadores para la estimación de carga ambiental real y proyectada y, la ecuación para calcular el factor de emisión de fuentes móviles y fijas soportado en las tecnologías de la información y de las comunicaciones, dando respuesta a la problemática ambiental existente en la ciudad de Cali – Colombia.

Significación práctica

Se obtiene un procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas, mediante, la vinculación de la gestión ambiental, la gestión de la calidad, las tecnologías de la información y de las comunicaciones y termodinámica, proponiendo un nuevo indicador de resultado “Factor de Carga Ambiental” para fuentes móviles y fijas y herramientas computacionales para su obtención.

Significación social

El empleo de este procedimiento, permitirá mejorar la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos y se convierte en un referente para adelantar una gestión orientada a minimizar los riesgos que presenta la contaminación del aire en el ambiente y la salud en Cali. El procedimiento podrá implementarse en otras ciudades en desarrollo, siempre y cuando, se cumplan con las premisas establecidas para su implementación.

Significación metodológica

Se delimitó como unidad de análisis, la autoridad de tránsito, transporte, salud pública y ambiental de la ciudad de Cali. Se adoptó un enfoque cuantitativo de tipo explicativo. El procedimiento diseñado es una guía metodológica para implementar medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas facilitando la toma de decisiones políticas para el manejo de la calidad del aire en cuatro fases que son: diagnóstico, planeación, recepción y análisis de datos y control.

Estructura del trabajo de tesis

La tesis está estructurada en introducción, tres capítulos, conclusiones y recomendaciones.

En el capítulo uno, se aborda el análisis del manejo de la calidad del aire, decisiones políticas y medidas de control.

El capítulo dos, diseño del procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas.

En el capítulo tres, la validación del procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en la autoridad de tránsito, transporte y salud pública de la ciudad de Cali.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones, bibliografía y anexos.

CAPÍTULO 1
MANEJO DE LA CALIDAD DEL AIRE: DECISIONES
POLÍTICAS Y MEDIDAS DE CONTROL

1. MANEJO DE LA CALIDAD DEL AIRE; DESICIONES POLÍTICAS Y MEDIDAS DE CONTROL

1.1 Introducción

El impacto de las actividades humanas sobre el ambiente no es un fenómeno de este tiempo. En sus comienzos los seres humanos eran cazadores, recolectores y nómadas lo que propició la extensión del hombre por todo el mundo (Hunt y Johnson, 1994). La aparición de la agricultura (10.000 A.C.) generó un cambio en el modo de vida de los seres humanos originando los primeros emplazamientos sedentarios, el crecimiento de poblados e impacto ambiental. La invención de la máquina de vapor (Asimov, 1980) (Wright, 1994) potenció: el crecimiento de la industria, la urbanización, el consumo de energía, los cambios progresivos en las condiciones naturales del ambiente y el decaimiento paulatino de la calidad ambiental del planeta (Granada, 2006). Por primera vez en la historia el hombre es capaz de alterar el equilibrio de los principales sistemas vitales y su productividad (Avellaneda, 2007).

El capítulo realiza un análisis sobre el manejo de la calidad del aire considerando: sus características, contaminantes, fuentes de emisión, efectos en su calidad y salud humana, modelos de calidad del aire, manejo y uso de sistemas de gestión de los datos obtenidos en las medidas de control y un análisis de la situación en la ciudad de Cali – Colombia.

1.2 El ambiente; Distribución y Composición

Diversas han sido las concepciones de ambiente que históricamente acompañaron los desarrollos tendientes a racionalizar las relaciones entre seres humanos y el entorno ecologista, tecnologicista y economicista (MEN, 2003). El ambiente es la atmósfera material que rodea a los seres (MEN, 2003). Factores que contribuyen a crear un entorno particular alrededor de un individuo (Terranova, 1995). La Norma ISO 14050 lo define como el entorno en el cual una organización opera, incluyendo el aire, el suelo, el agua, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones (NTC-ISO 14050, 2003). Granada (2006) lo define como el hábitat físico y biótico que nos rodea y lo constituyen el agua, suelo y aire. El ambiente está dividido en tres medios: i) el físico, ii) el biótico y iii) el social. La figura 1.1, muestra su composición.

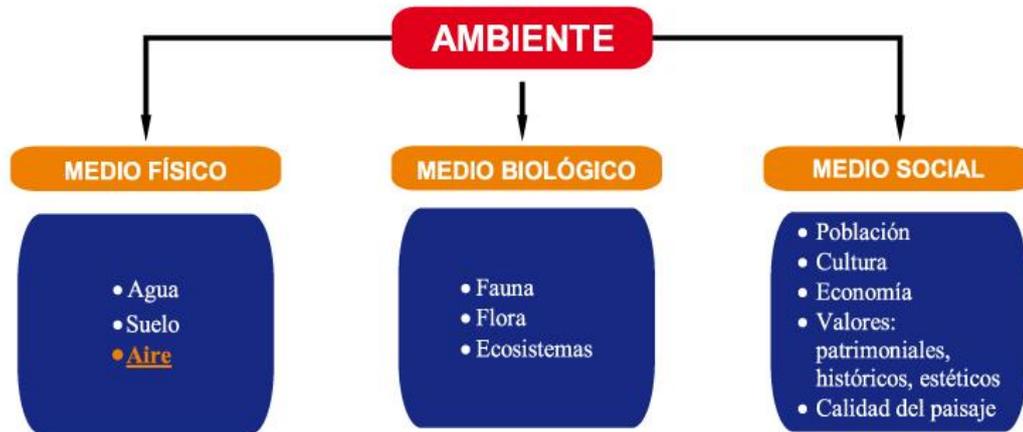


Figura 1.1. División y Composición del ambiente

Fuente: Elaboración propia

La calidad ambiental está ligada a las relaciones establecidas por los seres vivos entre ellos y el entorno. El ambiente es el hábitat físico donde sus miembros se reproducen y cumplen con la función asignada en el ecosistema o nicho ecológico (Ángel, 1997), (Terranova, 1995). Sin embargo, las actividades del ser humano están modificando las leyes ecosistémicas generando impactos ambientales irreversibles como: la agricultura cambió el ecosistema natural por uno artificial, la caza y la pesca generan la extinción de especies y la deforestación afecta las culturas (Ángel, 1997).

1.2.1 El aire; estructura, composición, contaminantes, fuentes de emisión, transporte y dispersión de la contaminación y efectos

La tabla 1.1, muestra la estructura (Terranova, 1995), composición (Wark y Warner, 2006), (Gutiérrez, et. al., 1997), (Terranova, 1995), variables meteorológicas, fuentes de emisión y contaminantes primarios y secundarios del aire definidos como contaminantes criterio (Coll et. al., 2009), (Westerdahl, 2009), (Martin, 2007), (WHO, 2006), (CETESB, 2006), (Granada, Orejuela y Álvarez, 2006), (Gwilliam et al., 2005), (La Dau, 2005), (WHO, 2005), (Schwela, 2004), (WHO, 2004), (WB, 2004), (WHO, 2003), (WB, 2003), (DAGMA, 2003), (BIR&F y WB, 2002), (Conceição Lourdes et. al., 2002), (EEA & WHO, 2002), (EPA, 2002), (Haq, et. al., 2002), (Conceição Gleice et. al., 2001), (WHO, 2000).

Tabla 1.1. Estructura, composición, meteorología, fuentes y contaminantes criterio.

Estructura		Composición		Meteorología	
Capa	Altura en Km	Elemento	(%)	Variable	Símbolo
Troposfera	20	Nitrógeno (N ₂)	78	Temperatura	°T
Estratosfera	31	Oxígeno (O ₂)	21	Radiación Solar	RS
Mesosfera	80	Dióxido de Carbono (CO ₂)	1	Humedad Relativa	Hr
Exosfera	1.500	Metano (CH ₄)		Velocidad del viento	VV
-	-	Argón (Ar)		Dirección del Viento	DV
-	-	Neón (Ne)		Presión atmosférica	P _{atm}
Fuentes de emisión		Contaminantes criterio			
Móviles		Primarios		Secundarios	
Fijas		Material Particulado (PM ₁₀)		Ozono troposférico (O ₃)	
Área		Monóxido de Carbono (CO)			
Biogénicas		Óxidos de Nitrógeno (NO _x)			
-		Dióxido de Azufre (SO ₂)			

Fuente: Elaboración Propia

1.2.2 Transporte y dispersión de la contaminación en el aire

El transporte y dispersión de los contaminantes dependen de factores físicos del área de estudio como la fisiografía, arquitectura y meteorología. Se representa en un ciclo de dispersión basado en el modelo emisor-receptor (WHO, 2006), (Gwilliam et. al., 2005), (WB, 2004), (EPA, 2002), (Hunt y Johnson, 1994) (anexo 1.1). La rosa de vientos (RV) transporta, dispersa, diluye, mezcla, concentra y deposita de forma húmeda o seca los contaminantes en el aire (inmisión). La RV depende de la estabilidad y presión atmosférica (P_{atm}); a mayor estabilidad atmosférica (E_{atm}), menor es la dilución de los contaminantes en el aire, porque la velocidad del viento será menor. Igualmente, el área (espacio) y nivel de concentración de los contaminantes varía en el tiempo (horas) de acuerdo con la Velocidad (VV) y dirección del Viento (DV). De manera simultánea durante la mezcla se inicia la formación de contaminantes secundarios.

Los contaminantes secundarios son el resultado de la reacción en horas o días de los contaminantes primarios con: i) la Radiación Solar (RS) y Temperatura (°T), que influye en los procesos fotoquímicos del aire interactuando con moléculas reactivas que funcionan como fotoaceptores producto de la fotodisociación de moléculas estables (radicales libres) por ejemplo, el Oxígeno e Hidrógeno atómico (WHO, 2006), (La Dau, 2005), (EPA, 2002), (Gutiérrez, 1997), ii) La Humedad relativa (Hr) esta implicada en las transformaciones químicas mediante procesos de reducción, oxidación y ácido-base (Gutiérrez, 1997). Estas reacciones involucran compuestos de Carbono, Nitrógeno y Azufre y están directamente relacionadas en la formación de ozono troposférico considerado un contaminante secundario (WHO, 2006), (Gómez, 2006), (Fernández, 2006), (La Dau, 2005), (EPA, 2002).

1.2.3 Efectos de la contaminación del aire

La tabla 1.2, muestra los efectos generados en el ambiente y la salud humana por la exposición en el tiempo a una dosis de contaminantes criterio.

Tabla 1.2. Fuentes de emisión, tipo de contaminante emitido y efectos observados en la salud y ambiente.

Fuente de emisión		Efecto observado	
Tipo de contaminante		Salud humana	Ambiente
Móviles	Fijas		
CO	CO	Disminución en la capacidad de realizar ejercicio y angina en pacientes con problemas del corazón. Reducción del oxígeno en la sangre, lo que puede ocasionar pérdida de conciencia, confusión, dolor de cabeza, mareo, náuseas, colapso, disminución en las capacidades auditiva, visual, sensorial, motora, de vigilancia y la muerte si la exposición es continua.	Efecto invernadero <u>Smoke</u> <u>Smog</u> Ozono troposférico
CO ₂	CO ₂	-	Efecto Invernadero
NO _x	NO _x	El óxido de nitrógeno (NO) reduce el transporte de oxígeno en la sangre. El dióxido de nitrógeno (NO ₂), produce inflamación en el tejido pulmonar, incremento en la dificultad de la respiración y bronquitis crónica, aumento de la hiperreactividad bronquial en individuos sanos y enfermos respectivamente.	Efecto invernadero Lluvia ácida Ozono troposférico
SO ₂	SO ₂	Problemas respiratorios e irritación en ojos y garganta. Hace parte de los SO _x y su carácter ácido puede presentar quemaduras en los tejidos.	Efecto invernadero Lluvia ácida <u>Smog</u> Ozono troposférico
PM ₁₀	PM ₁₀	Disminución en la capacidad respiratoria en niños y adultos mayores, puede acelerar la muerte en pacientes enfermos. Afecta todo el sistema respiratorio y su daño es en función del tamaño de la partícula.	<u>Smoke</u>

Fuente: Elaboración propia

La contaminación amenaza la fauna, la flora, la infraestructura urbana, el uso de la propiedad y el patrimonio natural e histórico de la sociedad (Lobos, 2007), (O’Ryan y Larraguibel, 2000), (Duran y Rona, 1999), (Varas, 1999), (Saurina et. al., 1999), (Gutiérrez, et. al., 1997), (Azqueta, 1994). The World Health Organization estableció en una pirámide la forma como se presenta la asociación entre los efectos a la salud humana y la exposición a la contaminación atmosférica (anexo 1.2) (WHO, 2006). Autores como Granada et. al., 2007; Ramírez, et. al., 2006; WHO, 2006; WHO, 2005; Knox, 2005; Romero, 2004; WHO, 2004; WB, 2004; WHO, 2003; WB, 2003; BIR&F & WB, 2002; Conceição Lourdes et. al., 2002; EEA & WHO, 2002; EPA, 2002; Haq et. al., 2002; Conceição Gleice et. al., 2001; WHO, 2000 realizaron estudios

específicos en cada nivel de la pirámide para identificar los efectos de la contaminación en la salud en diferentes ciudades del mundo (tabla 1.2).

1.3. Evolución de la protección, preservación y mejoramiento del ambiente

En la década de los años cuarenta, el abordaje de la problemática de la contaminación ambiental era ignorado. El bajo nivel de monitoreo de la calidad ambiental impidió la publicación de normas por ausencia de datos en Colombia (Granada, 2009) (Uribe, 2005), en los Estados Unidos (Wark y Warner, 2006) y en Europa (Hunt y Jonhson 1994).

A mediados del siglo pasado la tendencia a nivel internacional se centró en la publicación de normas enfocadas hacia la conservación y preservación de áreas de bosque y cuencas hidrográficas en Colombia Granada, 2009; Uribe, 2005; Satizábal y Satizábal, 1992, Estados Unidos (Wark y Warner, 2006) y Europa (Hunt y Jonhson, 1994). La década de los años sesenta se publican las normas de emisión e inmisión de contaminantes al aire en condiciones de referencia para Estados Unidos como La Ley del Aire Puro en 1963 y la Ley de Control de Contaminación por Vehículos a Motor en 1965 (Wark y Warner, 2006) en Europa (Hunt y Johnson, 1994) y se le da potestad a la autoridad ambiental y sanitaria para intervenir en problemas de contaminación. En 1969 the Environmental Protection Agency (EPA) adopta the National Enviromental Policy ACT (NEPA) la cual obliga a la realización de la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) para proyectos en desarrollo para reducir el impacto ambiental. La EIA establece el límite al que puede llegar una acción sin comprometer la calidad de uno de los componentes de los medios Granada, 2006; Espinoza, 2005; ISO 14050, 2003; Figueroa y Contreras, 1998).

En la década de 1970, surge el Saneamiento Básico (SB) como una solución a los problemas de contaminación ambiental y sanitaria generada por las emisiones de las actividades antropogénicas. La Declaración de Estocolmo en 1972 manifestó la preocupación por la contaminación del agua y sus repercusiones ambientales y sanitarias (SADS, 1972). En Colombia surge el Código Nacional de Recursos Naturales y de Protección del Medio Ambiente (Decreto-Ley 2811, 1974) y el Código Nacional Sanitario (Ley 9, 1979), por la cual se dictan medidas sanitarias en función del uso del agua, residuos líquidos, disposición de excretas, residuos sólidos y emisiones atmosféricas. Las funciones son asignadas al Ministerio de Salud como se hizo en la década de los años 60's en los Estados Unidos y Europa.

El saneamiento básico generó bienestar en las poblaciones desde el punto de vista sanitario (Martínez, 2003). El desarrollo de tecnologías de uso del agua (potabilización), depuración de

aguas residuales (plantas depuradoras), recolección de excretas (alcantarillado), recolección, transporte, acopio, reciclaje, disposición final de residuos sólidos y en el tratamiento de algunos gases residuales; son algunos de los aportes en la reducción del impacto ambiental. Según Granada, 2009, su éxito se ha visto limitado por dos razones: i) los costos adicionales asumidos por la operación de los sistemas de tratamiento al igual que los costos asumidos en la gestión de los residuos resultantes de las operaciones de depuración y ii) por su visión enfocada a la remediación de la contaminación, es decir, el SB depura corrientes residuales, pero no minimiza la contaminación. Se concluye, que el aporte del saneamiento básico en la reducción del impacto ambiental y sanitario en el caso de la contaminación del aire, no fue el esperado.

En la década de 1980, se estableció el reciclaje como alternativa de solución complementaria del SB para reducir el impacto ambiental y sanitario en los ecosistemas urbanos (Del Val, 1997). Se caracterizó por las manifestaciones presentadas en eventos internacionales sobre el tema del impacto ambiental y sanitario como: la Declaración de Viena (SEREX, 1985), la Carta de Ottawa (CEPIS, 1986), el Protocolo de Montreal (TAA&D, 1987) y el Tratado de Brundtland (La insignia, 1987). En el cual se evidenció que las acciones implementadas para la mitigación de los impactos ambientales hasta esa fecha no estaban generando los resultados esperados en cuanto a la reducción del impacto ambiental y sanitario por la contaminación del aire.

Desde principios de esta década (80's) surge una nueva tendencia basada en la Evaluación del Riesgo Ambiental (ERA). La cual establece a través de un factor de riesgo, a qué dosis se presentan respuestas en forma de alteración de la calidad en los medios y componentes ambientales (WHO, 2006), (La Dau, 2005), (EPA, 2002), (Azqueta, 1995). La ERA es una metodología para estimar el riesgo ambiental y sanitario que las actividades en operación causan en el ecosistema. Hasta la fecha la definición de ERA no ha sido incorporada en la ISO 14050. A juicio del autor la ausencia de la definición en la ISO 14050 enmarcó el tema de gestión ambiental en la metodología de la EIA centrada en proyectos en desarrollo y la fase de operación del mismo se le asignó al SB. Esta omisión generó un error conceptual en la definición del alcance de la EIA, debido a que está, sólo se limita a evaluar los impactos ambientales tomando como referencia el estado inicial y final del ambiente durante el desarrollo del proyecto, es decir, la EIA está diseñada para evaluar impactos ambientales y no los riesgos de la operación, que son diferentes.

En la década de los 90's surgen las filosofías de gestión ambiental: the Pollution Prevention (Granada, 2006), la Eco-eficiencia (WBCDS, 1999) y el Desarrollo Sostenible (1992). En marzo de 1992 es promulgada la norma de gestión ambiental británica (BS 7750) y en el año 1996 es adoptada por la ISO bajo las Normas serie 14000 (Anexo 1.3). La gestión ambiental busca minimizar y/o evitar la contaminación desde su origen (Granada, 2009) (Granada, 2006) (NTC-ISO 14001, 2000) (Hunt y Johnson, 1994), es decir, es una acción antrópica orientada a optimizar las relaciones de respeto y responsabilidad de los seres humanos con la naturaleza (Vega, 2005). Con el fin de optimizar las relaciones de respeto y responsabilidad entre los seres humanos y el ambiente. En la Cumbre de la Tierra (1992), se estableció una agenda sustentada en el desarrollo sostenible que buscó reducir las emisiones de gases al aire y salvaguardar la biodiversidad. En Kioto (1997), se emitió un protocolo que reguló las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) para todos los países del mundo, con el fin de reducir sus emisiones e impactos ambientales y sanitarios. Sin embargo, la aparición de la gestión ambiental (Anexo, 1.4) se perfiló como una metodología amplia que integra conceptos como la Producción más Limpia (P+L), técnicas de análisis como: la ERA, el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y técnicas de procedimiento y/o evaluación como la EIA.

En la primera década del siglo veintiuno se realizaron cuatro encuentros internacionales en Johannesburgo (2002), París (2007), Bali (2007) y Copenhague (2009), en los cuales se discutió sobre la contaminación del aire, repercusiones en el cambio climático y posibles efectos en el ambiente y salud pública. Aunque los esfuerzos por reducir el impacto ambiental en el mundo aún están por verse (WHO, 2006), la comunidad internacional desde 1985 se centró en reducir el deterioro de la calidad del aire y la gestión ambiental es una base teórica y metodológica, utilizada para la solución de problemas ambientales a través de la prevención y minimización de contaminantes.

1.4 Aproximación a una estructura para el manejo de la calidad del aire

La persistencia de algunos contaminantes en el aire provoca su bioacumulación y posterior biomagnificación. Esta situación redujo la esperanza de vida e incrementó la mortalidad infantil en los cinco continentes (WHO, 2006), (WHO, 2004), (WB, 2003), (EPA, 2002). The World Health Organization (WHO) publica en 1987 la primera edición the Air Quality Guidelines (AQG). Diez años después publicó la segunda edición y cuatro años más tarde crea the Program Clean Air for Europe (CAFE). En el año 2006 la WHO, revisó el estado de la calidad del aire en países de los cinco continentes. La cual demostró una amplia diversidad en su estado existiendo una marcada diferencia en la calidad y manejo del aire entre los países

industrializados, en transición y desarrollo (WHO, 2006). Los altos niveles de contaminación que se presentan en varias áreas son por uso de tecnologías obsoletas y ausencia de sistemas de control de la contaminación.

Reducir la contaminación es factible técnicamente, sin embargo, las condiciones políticas, socioeconómicas y la ausencia e incapacidad de las organizaciones que realizan estas tareas, limitan la gestión eficiente de la calidad del aire en algunas ciudades del mundo (WHO, 2006) (Haq et. al., 2002). La Environment European Agency (EEA) y the Word Bank (WB), crearon unos indicadores para relacionar la contaminación del aire y los efectos en la salud pública y para facilitar: el análisis de la situación a escala local, regional y global y la comunicación para el establecimiento de políticas públicas en este sentido (EEA & WB, 2002).

La aproximación para definir la estructura del manejo de la calidad del aire, se realizó con base en las cuatro preguntas que conforman el Sistema de Información Sanitario (SIS) propuesto por Martínez y Bergonzoli, 2004 (figura 1.2). Este sistema, responde a las necesidades y demandas organizacionales, sectoriales, sociales y del estado (Martínez y Bergonzoli, 2004).



Figura 1.2. Sistema de Información Sanitario

Fuente: Martínez y Bergonzoli, 2004

Basado en las cuatro preguntas del SIS, se realizó una revisión bibliográfica en 50 ciudades del mundo y en organizaciones y/o entidades internacionales (EEA, EPA, WB, WHO) que trabajan en el manejo de la calidad del aire (tabla 1.3). Las ciudades fueron clasificadas por continentes (WHO, 2006) (Schwela, 2004), (Haq et. al., 2002), (UN, 2000) y en la cual se encontró que las medidas de control implementadas y sus resultados son:

Medidas de control:

- Estimar la relación Dosis / Respuesta o Exposición / Daño
- Modelar la dispersión del aire y predecir su calidad
- Monitorear la calidad del aire, a través de una red de estaciones
- Controlar las emisiones de las fuentes
- Planificar acciones que mejoren la calidad del aire

Resultados:

- El Inventario de Emisiones Atmosféricas (IEA)
- Normas sobre emisión e inmisión de contaminantes
- Estado actual de la emisión de contaminantes atmosféricos por tipo de fuente
- Estado actual de la calidad del aire (inmisión)
- Efectos sobre el ambiente y la salud cualificados y cuantificados
- Informar los logros alcanzados por el manejo de la calidad del aire
- Información para que el poder ejecutivo legisle sobre calidad del aire

Tabla 1.3. Medidas de control y resultados obtenidos del manejo de la calidad del aire en ciudades del mundo

Ciudad	Dosis / Respuesta	Modelación	Monitoreo	Control de emisiones	Planifica actuaciones	Estado calidad del aire	Estado emisiones	Normas	IEA
Europe									
Athens (WHO, 2006) (UN, 2000)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Barcelona (Generalitat, 2006) (WHO, 2006) (UN, 2000)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Berlin (WHO, 2006) (UN, 2000)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Brussels (WHO, 2006) (UN, 2000)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Copenhagen (WHO, 2006) (UN, 2000)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Kiev (WHO, 2006)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
London (WHO, 2006)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Oslo (WHO, 2006)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Paris (WHO, 2006)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Prague (WHO, 2006)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Rome (WHO, 2006)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Stockholm (WHO, 2006)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sofia (WHO, 2006) (UN, 2000)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vienna (WHO, 2006)	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Ciudad	Dosis / Respuesta	Modelación	Monitoreo	Control de emisiones	Planifica actuaciones	Estado calidad del aire	Estado emisiones	Normas	IEA
United States & Canada									
Chicago (WHO, 2006) (UN, 2000)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Boston (WHO, 2006) (UN, 2000)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Houston (WHO, 2006) (UN, 2000)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Los Ángeles (Fernández, 2006) (WHO, 2006) (UN, 2000)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
New York (UN, 2000)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Diego (Kaszuba, 2006)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Montreal (WHO, 2006) (UN, 2000)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vancouver (WHO, 2006) (UN, 2000)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
África									
El Cairo (WHO, 2006)			x			x	x	x	
Johannesbur (WHO, 2006)			x			x	x	x	
Asia									
Beijing (WHO, 2006) (Haq et.al., 2002) (UN, 2000)			x	x	x	x	x	x	x
Bangkok (WHO, 2006) (Haq et. al., 2002) (UN, 2000)			x	x	x	x	x	x	x
Busan (WHO, 2006) (Haq et al., 2002)			x	x	x	x	x	x	x
Calcutta (WHO, 2006) (UN, 2000)			x	x	x	x	x	x	x
Dhaka (WHO, 2006) (Haq et al., 2002)			x	x	x	x	x	x	x
Gangzhou (WHO, 2006)			x	x	x	x	x	x	x
Hong Kong (WHO, 2006) (ASG, 2006)			x	x	x	x	x	x	x
Jakarta (WHO, 2006) (HAQ et al., 2002)			x	x	x	x	x	x	x
Mumbai (WHO, 2006) (HAQ et al., 2002) (WB, 2004)			x	x	x	x	x	x	x
New Delhi (WHO, 2006) (WB, 2004)			x	x	x	x	x	x	x
Seoul (WHO, 2006) (HAQ et al., 2002)			x	x	x	x	x	x	x
Shanghai (WHO, 2006)			x	x	x	x	x	x	x
Singapore (WHO, 2006) (HAQ et al., 2002)			x	x	x	x	x	x	x
Sri Lanka (WB, 2004) (AirMac, 2006)			x	x	x	x	x	x	x
Taipei (WHO, 2006) (HAQ et al., 2002)			x	x	x	x	x	x	x
Tokyo (WHO, 2006) (UN, 2000)			x	x	x	x	x	x	x
Latinoamérica									
Bogotá (Giraldo y Behrentz, 2007) (WHO, 2006) (Rojas, 2006) (IDEAM, 2005), (Uribe, 2005a) (DAMA, 2003).		x	x	x	x	x	x	x	x
Buenos Aires (IMAE, 2003)			x	x	x	x	x	x	x

Ciudad	Dosis / Respuesta	Modelación	Monitoreo	Control de emisiones	Planifica actuaciones	Estado calidad del aire	Estado emisiones	Normas	IEA
La Paz (WHO, 2006)			X	X	X	X	X	X	X
Lima (WHO, 2006)			X	X	X	X	X	X	X
Medellín (METROPOL, 2006) (WHO, 2006)		X	X	X	X	X	X	X	X
México City (DMA, 2007) (WHO, 2006) (CAM, 2002) (SMA, 2002) (UN, 2000)			X	X	X	X	X	X	X
Quito (WHO, 2006) (UP, 2004)			X	X	X	X	X	X	X
Santiago de Chile (WHO, 2006) (DICTUC SA, 2005) (CONAMA, 2005)		X	X	X	X	X	X	X	X
Sao Pablo (CETESB, 2006) (De Melo, 2006) (WHO, 2006) (UN, 2000)		X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración Propia

Realizado el análisis de la literatura especializada sobre el manejo de la calidad del aire y establecidas las medidas de control y sus resultados en 50 ciudades del mundo, se adaptó de Martínez y Bergonzoli, 2004, Schwela, 2004 y Haq, et. al., 2002 (anexo 1.5) su estructura utilizada en el manejo de la calidad del aire para determinar su aproximación en países en desarrollo (figura 1.3).

1.4.1. Decisiones Políticas

El nivel de inmisión de contaminantes o índice de la Calidad del Aire (ICA) es un aspecto en el manejo de la calidad del aire en áreas donde los niveles mínimos exigidos por la regulación son excedidos y es necesario tomar medidas de control que reduzcan la emisión de contaminación al aire (Haq et. al., 2002). Los estudios epidemiológicos realizados en la década de los 80's y 90's en Europa y Estados Unidos (WHO, 2006), (WHO, 2006a), (WHO, 2005), (WHO, 2004), (WHO, 2004a), (WB, 2004), (WHO, 2003), (WB, 2003), (EEA & WHO, 2002), (EPA, 2002), (WHO, 2000) (WHO, 2000a), permitieron proponer los niveles de concentración de los contaminantes criterio o ICA (WHO, 2000). Los cuales son adoptados como *política de inmisión y emisión* en países o regiones del mundo como en los Estados Unidos (The US Clean Air Act en 1990), Canada (National ambient air quality en 1998), India (WB, 2004), Europa (EC Framework Directive 96/62/EC), Asia (WHO, 2006), (Haq et. al., 2002), África (WHO, 2006), Brasil (CETESB, 2006), Chile (CONAMA, 2005), Colombia (IDEAM, 2005) y México (SMA, 2005).

También permitieron establecer la **prioridad** de las decisiones políticas de los estados en cuanto a la protección del ambiente y la salud humana de los efectos de la contaminación. En este sentido, las **estrategias** que hacen parte de las decisiones políticas, se centran en las **medidas de control** a tomar para el manejo de la calidad del aire y éste depende de factores como el inventario de emisiones (IEA), la red de monitoreo de la calidad del aire, la modelación de la dispersión de la contaminación en el aire, la modelación para predecir la calidad del aire, análisis de Dosis / Respuesta (Haq et. al., 2002), entre otras (figura 1.3). Los **compromisos** que se adquieren en las decisiones políticas, se hacen a través de la participación en los eventos y encuentros internacionales que se realizaron y realizarán para tal fin (por ejemplo Copenhague, 2009).

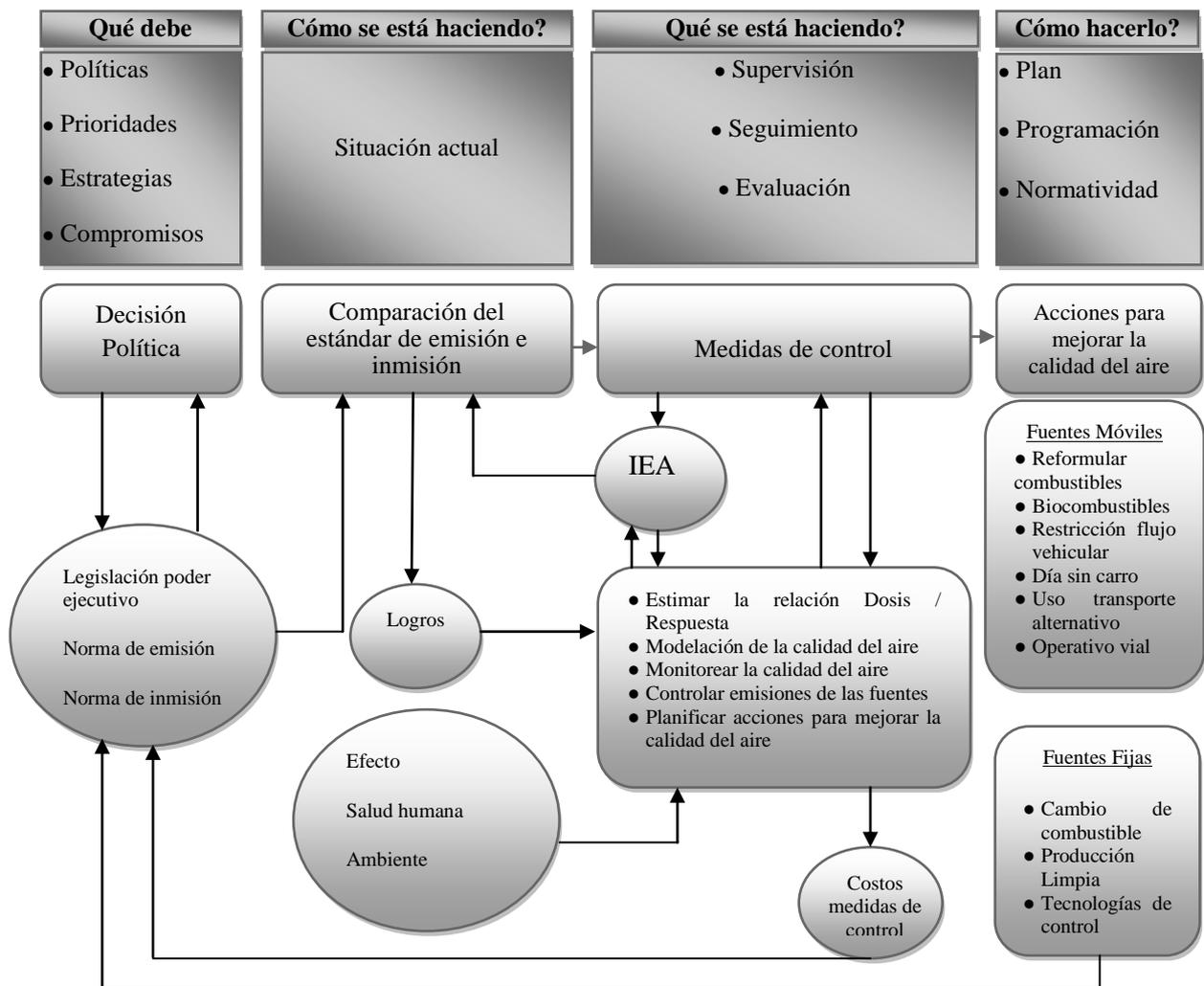


Figura 1.3. Estructura para el manejo de la calidad del aire urbano

Fuente: Adaptada de Martínez y Bergonzoli, 2004, Schwela, 2004 y Haq et. al., 2002

1.4.2. Comparación del estándar de emisión e inmisión

Es evidente que la estructura de manejo de la calidad del aire urbano adoptada tiene como finalidad identificar la forma cómo se está modificando la **situación actual** en materia

ambiental y sanitaria, es decir, el manejo de la calidad del aire permite comparar cualitativa y cuantitativamente la variación de la calidad ambiental y sanitaria y los efectos ambientales y sanitarios presentados en una ciudad y dicha información facilita la decisión política para aplicar las medidas de control y las acciones correspondientes, para mejorar su estado.

1.4.3 Medidas de control

- **Estimar la relación Dosis / Respuesta:** esta relación se estima mediante la Evaluación del Riesgo Ambiental. El anexo 1.6, muestra los pasos sugeridos por la EPA para realizar el análisis y la gestión del riesgo ambiental (EPA, 2002). Siendo la ERA, una técnica que identifica en espacio y tiempo las fuentes de emisión y caracteriza de acuerdo con sus aspectos físicos y socioeconómicos el comportamiento de las emisiones en el área de estudio (gestión ambiental). También estima en función del tiempo a que dosis está expuesta una población determinada, así como, su forma de ingreso en el organismo y su punto final en éste, en el caso de no ser expulsado. Es decir, la estimación del riesgo se fundamenta en la bioconcentración (organismo), bioacumulación (en el ambiente) y biomagnificación de la contaminación (cadena trófica). Estimado el riesgo se procede a su gestión diseñando planes de contingencia y emergencia para reducir el riesgo ambiental y sanitario. Igualmente, la ERA es una herramienta que facilita la toma de decisiones políticas en el manejo de la calidad del aire y permite cualificar y cuantificar los efectos ambientales y sanitarios derivados de la contaminación.

- **Control de las emisiones de fuentes móviles y fijas:** el control de las fuentes *móviles* se inicio desde los años 60's en los Estados Unidos (Hunt y Johnson, 1996). Sin embargo, en los años 90's del siglo pasado los países adoptaron normativas al respecto. En Norte América se le conoce con el nombre the Inspection Maintenance Programs I/M (RCEP, 2007), (Fernández, 2006), (Mobile6, 2003), en Asia Vehicle Inspection Programs VIP (AirMac, 2006) (WB, 2004), en Chile (CONAMA, 2007), Brasil Plan de Control de la Polución de Vehículos PCPV (De Melo, 2006), (IAP, 2006) y en Colombia Inspección Técnico Mecánica y de Gases ITMG (Granada y Cabrera, 2007). El lugar donde se realiza la medida control se denomina the Centers For Testing Private Vehicles Operiting Under (Pollution Under Control) (WB, 2004) o Centros de Diagnóstico Automotriz (CDA) dependiendo de cada país.

Las características físicas, químicas y concentración de los gases residuales se miden en un analizador ubicado en el tubo de escape (sonda). Actualmente existen proveedores de equipos analizadores y protocolos para realizar la prueba de inspección mecánica y de gases (Toner et. al., 2008), (Nesamani et. al., 2007), (NTC-ISO 5365, 2005), (Mazzoleni et. al., 2004), (WB,

2004). En las fuentes *fijas*, se realiza como prueba isocinética de gases directa en la chimenea (METROPOL, 2007). Cuando el Estado adopta medidas de control sobre las fuentes móviles y fijas, tiene como objetivo controlar y reducir la emisión de gases (al igual para las fuentes fijas) y accidentalidad vial, pero, estas medidas se limitan a un control anual de los gases, partiendo de la presunción de que, un vehículo contamina más en marcha mínima o ralenti que en movimiento. Este argumento es débil frente a los problemas de movilidad vial presentados en algunas ciudades del mundo (Fernández, 2006), (De Melo, 2006), donde los vehículos permanecen por periodos prolongados de tiempo en esta marcha y no en movimiento y por razones técnicas establecidas en la operación y mantenimiento en los motores de combustión interna y estacionarios, que, no deben presentar cambios sustanciales en su funcionamiento después de su ejecución en ese periodo de tiempo.

A criterio del autor los datos obtenidos de estas medidas de control se pueden utilizar en la estimación de factores de emisión de fuentes móviles y fijas para obtener las características del parque automotriz y de la industria para tomar decisiones políticas encaminadas a reducir el deterioro de la calidad del aire urbano.

- **Monitoreo de la calidad del aire:** mide en tiempo real las variables meteorológicas, las características físicas, químicas y concentración de contaminantes criterio en el aire urbano. Verifica el cumplimiento de la norma de inmisión soportado en la recolección y/o muestreo, mediante un conjunto de estaciones de monitoreo fijas y/o móviles (Red de Monitoreo del Aire y Meteorología RMA) y en documentos con información actualizada de cada contaminante medido en cuanto a características físicas, químicas, métodos de recolección continuos de lectura directa y/o integrados de muestreo al azar y los efectos ambientales y sanitarios.

The European Air Quality Monitoring Network en Europa, The National Air Pollution Surveillance Network en Canadá y The National Air Monitoring Stations en los Estados Unidos toman datos de las estaciones ubicadas en los países miembros como the AIRBASE the European Air Quality Database en la Unión Europea (Haq et al., 2002). La tabla 1.3, muestra el listado de 50 ciudades en el mundo en las cuales se opera una red de monitoreo como medida de control para informar el estado de la calidad del aire y tomar decisiones políticas al respecto.

- **Modelación de la calidad del aire:** se realiza mediante el uso de herramientas computacionales con el fin de conocer su concentración final. El uso de herramientas

computacionales impulsó el desarrollo de tres tipos de modelos que estiman: i) el factor de emisión de fuentes móviles y fijas, ii) el comportamiento químico y iii) la dispersión de un contaminante en el aire. Para estimar el ciclo de dispersión se utilizan los tres modelos existentes o uno que los integre.

La tabla 1.4, muestra los datos de entrada (inputs) requeridos por algunos modelos como el COPERT III desarrollado por la EEA (Kouridis, Ntziachristos y Samaras, 2000), el Mobile6.1 desarrollado por la EPA (Pollack et. al, 2004), (EPA, 2003) y el Internacional Vehicle Emission (IVE) desarrollado por la Global Sustainable Systems Ressearch (METROPOL, 2007) para estimar los factores de emisión de fuentes móviles y el Particulate Matter (PM) PM Calculator, Tanks y LANDFILL Gas Emission desarrollados por la EPA (INE, 2008) para estimar factores de emisión de fuentes fijas.

Tabla 1.4. Objetivo y valores de entrada (inputs) para estimar factores de emisión de fuentes móviles y fijas.

Nombre	Objetivo	Datos de entrada (inputs)
COPERT III	Estimar factores de emisión del sector transporte por carretera en Europa.	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo del vehículo • Tipo del vehículo • Velocidad del vehículo • Distancia promedio recorrida
Mobile6.1	Estimar factores de emisión del sector transporte por carretera en los Estados Unidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Trafico promedio • Longitud de las vías • Tipo de Vía • Variables meteorológicas
IVE	Estimar factores de emisión del sector transporte por carretera en países en desarrollo.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de combustible • Consumo de combustible • Cantidad de combustible vendido • Factor de emisión del contaminante estimado
PM CALCULATOR	Estimar emisiones de material particulado de fuentes fijas.	<ul style="list-style-type: none"> • Actividad económica • Tipo de producto elaborado • Materia prima utilizada • Turnos de trabajo • Tipo de combustible
Tanks	Calcular emisiones al aire a partir de líquidos orgánicos en tanques de almacenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de fuente emisora • Puntos de descarga • Equipos de control • Caudal de gases
<u>LANDFILL Gas Emission</u>	Estimar tasas de emisión de gases de los vertederos municipales de residuos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Información de tanques • Fluido almacenado • Ubicación del tanque • Variables meteorológicas

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 1.5, muestra la capacidad de cada modelo para importar datos obtenidos en la zona de estudio, las salidas (outputs) y sus limitaciones para su uso en países en desarrollo. En la literatura revisada no se encuentran disponibles modelos para estimar factores de emisión,

comportamiento químico y dispersión del aire con datos obtenidos en los países en desarrollo (D' Angiola et. al., 2010) (Figuroa y Casasbuenas, 2007). La tabla 1.6, muestra algunos autores que utilizando el Mobile6, el COPERT III y el IVE estimaron los factores de emisión de fuentes móviles.

Tabla 1.5. Importación, salida (outputs) y limitaciones de los datos para estimar factores de emisión de fuentes móviles y fijas

Nombre	Importa datos	Datos de salida (outputs)	Limitaciones
COPERT III	Si	<ul style="list-style-type: none"> ● Evaporación de gases NMVOC y emisión dependiendo de la temperatura de la ciudad o el país 	Su base de datos (CORINAR) está alimentada con datos de vehículos, combustibles y condiciones meteorológicas de ciudades europeas y estas características en países en desarrollo son diferentes.
Mobile6.1	No	<ul style="list-style-type: none"> ● Hidrocarburos (HC) ● Monóxido de Carbono (CO) ● Óxidos de Nitrógeno (NO_x) ● Partículas de escape ● Dióxido de Azufre (SO₂) ● Amoníaco (NH₃) ● Dióxido de Carbono (CO₂) ● Desgaste de los neumáticos ● Desgaste de los frenos 	Su base de datos está alimentada con datos de vehículos, combustible y meteorología de ciudades norteamericanas y estas características en países en desarrollo son diferentes.
IVE		<ul style="list-style-type: none"> ● Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) ● Monóxido de Carbono (CO) ● Óxidos de Nitrógeno (NO_x) ● Partículas Suspensas Totales (PST) ● Dióxido de Azufre (SO₂) ● Metano (CH₄) 	Este software fue desarrollado para países en desarrollo y sus bases de datos se ajustan a sus necesidades y realidad.
PM CALCULATOR	No	<ul style="list-style-type: none"> ● PM₁₀ ● PM_{2.5} 	Este software usa información del AP-42 (EPA) para determinar emisiones de PM ₁₀ en procesos en los que se usan equipos de control.
Tanks	No	Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's)	Su base de datos es Norteamérica.
<u>LANDFILL Gas Emission</u>	Si	<ul style="list-style-type: none"> ● Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) ● Metano (CH₄) 	No es objeto de esta tesis estudiar este tipo de emisiones.

Fuente: Elaboración Propia

Estos autores (tabla 1.6) consideran que aunque los resultados de la modelación son apropiados, tener a su alcance los aspectos locales como: el ciclo de conducción, la topografía, meteorología, los aspectos socioeconómicos, la tecnología y la edad del parque automotor, permitirán mediante un correcto manejo de los datos, realizar un análisis más

detallado y aproximado de la información obtenida (ajustar la modelación) con el fin de implementar medidas de control de la contaminación.

Tabla 1.6. Autores que han utilizado el MOBILE6, COPER TIII e IVE para estimar factores de emisiones de fuentes móviles.

MOBILE6
Jayaratne, 2010; Parshall et. al., 2010; Hatzopoulou y Miller, 2010; Godowitch, Rao et. al., 2010; Zhang y Batterman, 2010; Hu et. al., 2010; Zheng et. al., 2009; Moussiopoulos et. al., 2009; Chu y Meyer, 2009; Padian et. al., 2009; Ortega et. al., 2009; Fairlie et. al., 2009; Song et. al., 2008; Liu et al., 2008; Zhang, 2008; Stein et. al., 2007; Venkatram et. al., 2007; Bai et. al. 2007; Chen et. al., 2007; Nesamani et. al., 2007; Zarate et. al., 2007; Granada y Cabrera, 2007; Blulfert et. al., 2006; Tong, Mauzerall et. al., 2006; Parrish, 2006; Kinnee et. al., 2004; DAMA, 2003; Nadim et. at., 2003; Jaramillo, et. al., 2003.
COPERT III
Baldasano et. al., 2010; Wang et. al., 2010; Jorquera y Castro, 2010; Saide et. al., 2009; Kelly, et. al., 2009; Smith, Brown y Chan, 2008; Baldasano et. al., 2008; Kousoulidou et. al., 2008; Lumbreras et. al., 2008; Ganguly y Broderick, 2008; Ghenu et. al., 2008; Papathanassiou et. al., 2008; Caserini et. al., 2008; Cai y Xie, 2007; Bellasio et. al., 2007; Panis et. al., 2006; Blulfert, 2006; Mellios et. al., 2006; Berkowicz et. al., 2006; Kassomenos et. al., 2006; Zachariadis, 2005.
IVE
Nesamani, 2010; Zhang, et. al., 2008; Wang Haikun et. al., 2008; Lents y Nikkila, 2008; Lents y Alper, 2007; Lents y Davis, 2004, 2004a, 2004b, 2004c, 2003, 2002; Hui, et.al., 2007; Osses y Fernández, 2001.
Otros autores son: Bukowiecki et. al., 2010; Smit et.al., 2010; Coehlo et. al., 2009; Geertsema y Wichersr, 2009; Henry, 2009; Hogrefe et. al, 2009; Osley, et. al., 2009; Guarieiro et. al., 2009; Kahyaoglu et. al., 2009; Tamsanya et. al., 2009; Zamboni et. al., 2009 ; Singh et. al., 2008; Gidhagen et. al., 2009; Costabile y Allegrini, 2008; Granada, Herrera y Pérez, 2008; Jiménez, 2008; Oanh et. al., 2008; Ossés et. al., 2008 ; Smit et. al., 2008 y 2008a ; Smit et. al., 2007; Jones y Harrison, 2006; Bartsev et. al., 2008; Caserini et. al., 2008; Cai y Xie, 2007; Carvalho, 2007; Fontaras et. al., 2007; Smit et. al., 2008a; Carslaw et.al., 2007; Tuia et.al., 2007, Berkowicz et. al., 2006; Pulles et. al., 2006; Yumimoto y Uno, 2006; Davis y Lents, 2005; Rakha et. al., 2004.

Fuente: Elaboración Propia

Las ecuaciones utilizadas para estimar los factores de emisión de fuente móviles (Huertas y Camacho, 2008), (INE, 2008), (METROPOL, 2007), (SMA, 2005), (INE, 2005a), (EPA, 2004), (EEART, 2002), (Toro et al., 2001), tienen en cuenta parámetros como el modo de operación; que incluye la velocidad, la distancia recorrida y el tiempo de recorrido con el objetivo de hallar la cantidad (masa) de los contaminantes que son asumidos en esta tesis doctoral (anexo 1.7).

Las ecuaciones propuestas por Huertas y Camacho, 2008; Toro et. al., 2001, se diferencian por utilizar notación inicial. El uso de esta notación es apropiado para contar las variables o características (i, j, k, l, m), donde i, j, k, l, m; varían desde uno (1) hasta n, según la necesidad. La segunda diferencia se presenta en el Factor de Emisión (Fefm) el cual es utilizado como un miembro para hallar la carga ambiental. En esta tesis doctoral se propone obtener el factor de emisión de fuentes móviles para cada vehículo y posteriormente multiplicar por el número total de vehículos de un modelo, línea, cilíndraje y RPM, para

hallar la carga ambiental en cada caso y al final se hace la sumatoria de todos los casos para hallar la carga ambiental total. Esta propuesta facilitará la generación de bases de datos y la obtención de factores de emisión en países donde no existan. La EPA, 2004 y EEART, 2002 proponen ecuaciones generales que involucran el consumo de combustible y actividad vehicular. Estas dos variables son datos poco disponibles en países en desarrollo y limitan su uso. Finalmente, el anexo 1.7a, muestra algunos modelos utilizados para estimar el comportamiento químico, dispersión de contaminantes en el aire y meteorología.

- **Inventario de Emisiones Atmosféricas (IEA):** el monitoreo de la calidad del aire y los inventarios de emisiones en las ciudades de los Estados Unidos son una necesidad para la formulación de un apropiado manejo de la calidad del aire y evitar los escenarios de contaminación presentados en mega ciudades norteamericanas y asiáticas (Parrish y Shao, 2009) y en Europa (Mellios et. al., 2006). Los inventarios de emisiones en Europa proveen herramientas para la representación de escenarios de calidad del aire y son de gran valor en el monitoreo para lograr el control de las emisiones (Keogh et. al., 2009), (Butler, et. al., 2008), (Marr, et. al., 2007), (Parra, Jiménez, Baldasano, 2006). Entidades estadounidenses y canadienses en colaboración con el Estado de México desde la década de los 70's, contribuyeron con la capacidad técnica de los funcionarios públicos y académicos mediante el entrenamiento y manuales de referencia metodológica para construir capacidades y estandarizar los formatos para la entrega de un IEA (Field et. al., 2004).

La inconsistencia y deficiencias de los IEA desarrollados hasta 1990 en los Estados Unidos acentuó la necesidad de desarrollar e implementar un método sistemático para la colección, interpretación y reporte de la información (EPA, 1996). Esta necesidad se evidenció por las acciones emprendidas por la publicación the Clean Air Act en 1990, por esta razón, surgió como soporte de gestión del aire y la planificación del transporte the Use of Locality-Specific Transportation Data for the Development of Mobile Source Emisión Inventories (EPA, 1996). En Europa, the National Emissions Ceilings Directive impulsó el desarrollo de protocolos para realizar IEA como the European Monitoring y Evaluation Programme (WHO, 2006). Esta iniciativas derivaron en el diseño de modelos computacionales como los nombrados anteriormente en la tabla 1.4 y 1.5 y generado en esos países bases de datos con la compilación de la información obtenida en el inventario de emisiones de cada ciudad, país y región como EDGAR y RITDO (Butler, et. al., 2008), ESCOMPTE (Samaali et. al., 2007) CORINAIR y Ecoinvent en Europa. Estas bases de datos actualmente son utilizadas en

Análisis del Ciclo de Vida (ACV) estandarizados en la familia de la ISO 14040 y la AP42 de fuentes fijas de la EPA.

1.5. Manejo de los datos obtenidos en las medidas de control

Los datos tienen sus propias características que los distinguen de los otros recursos y que condicionan la necesidad de darles un tratamiento diferenciado desde el punto de vista de la calidad lo que no niega que algunas de las ideas, concepciones y técnicas modernas empleadas para gestionar la calidad de productos o servicios se puedan emplear en este caso, como la Seis Sigma. Otros elementos que caracterizan la complejidad de los datos en las condiciones actuales son las diferentes aplicaciones digitales en los Almacenes de Datos, así como las Nuevas Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (NTIC) y la Minería de Datos aplicadas a los mismos (Vilalta, 2008). Se puede decir, que se ha logrado un nivel de calidad elevado si el dato se ajusta a una especificación definida y esta especificación refleja correctamente el uso que se proponía o quería lograr. Es decir, se entiende que los datos poseen calidad si con estos se puede llegar correctamente a la información que se necesita obtener y para lo cual fueron tomados. Sin embargo, aún en el mundo desarrollado la existencia de estos programas es incipiente e insuficiente lo que significa que iniciar un programa en este sentido no es una tarea fácil o trivial (Vilalta, 2008).

Las entidades responsables de las medidas de control transporte, tránsito, ambiental, sanitaria (Gwilliam et. al., 2005) tienen a su cargo el manejo de datos discretos y continuos de tipo cualitativo (categóricos) y cuantitativo (numéricos). La tabla 1.7, muestra el tipo de dato colectado por tipo de medida de control y su frecuencia.

Tabla 1.7. Tipo de datos tomados por medida de control

Tipo de Dato	Monitoreo del aire y meteorología										Fuentes móviles y fijas							
	CO	CO ₂	PM	NO _x	SO ₂	°T	Hr	RS	Patm	RV	CO	CO ₂	HC	O ₂	PM	NO _x	SO ₂	Tipo
Numérico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-
Categórico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x
Continuo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-
Discreto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x
Frecuencia	Un dato promedio por cada hora al día durante 365 días										Un dato al año							

Fuente: Elaboración Propia

Se evidencia que el manejo de la calidad del aire recibe en principio datos de tres bases diferentes, sin contar con los datos que pueden llegar del sistema de información sanitario y económico. Algunos autores manifiestan su inconformidad porque en ocasiones los datos no están disponibles y esto ocasiona que no se puedan explicar las consecuencias del sistema de

transporte y productivo en el ambiente (Granada, Herrera y Yela, 2009), (Butnar y Llop, 2007), (WHO, 2006), (Gwilliam et al., 2005). Por lo tanto, es necesario desarrollar un sistema de análisis de datos flexible que capture la relación entre lo ambiental, sanitario y económico, que tiene lugar en el proceso de generación de contaminantes atmosféricos (Butnar y Llop, 2007).

Las organizaciones encargadas o involucradas en el manejo de la calidad del aire presentan algunas dificultades técnicas, económicas y humanas para el manejo de los datos y generar información en ciertas ciudades del mundo (WHO, 2006).

A continuación, se explican las técnicas utilizadas para el manejo de datos.

1.5.1 Dimensión, ejecución y control de datos

La calidad del dato es definida por un conjunto de aspectos o atributos llamados dimensiones. La definición de las dimensiones tiene como objetivo establecer un lenguaje común y focalizar los problemas de calidad de los datos y las oportunidades de mejora. La tabla 1.8, muestra los procesos del control de calidad de datos (Vilalta, 2008).

Tabla 1.8. Dimensión, ejecución y control de datos

Proceso	Actividad	Descripción
Planificación	Identificar datos críticos	Se identifican los datos de mayor impacto de acuerdo con el uso que se le pretende dar a los datos, utilizando una Matriz a Modo de Fallos.
	Definir dimensiones	<ul style="list-style-type: none"> • Exactitud: Los datos deben ser correctos, confiables y certificados libre de error. • Integridad: Los valores de un tipo de datos deben estar presentes en la base de datos. • Actualidad: Los datos deben presentar vigencia • Coherencia: Los valores de un tipo de dato que represente un mismo objeto deben coincidir en las diferentes bases de datos. • Consistencia: Los valores de los datos deben cumplir con todas las restricciones asignables para ese tipo de datos. • Puntualidad: Los datos deben estar disponibles a tiempo
	Definir indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • De datos exactos, íntegros y actuales,
Ejecución y control	Localizar la fuente de los datos (registro, tabla, ficha)	<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de Uso • Fuente de referencia
	Calcular indicadores	$Porcentaje = \frac{Datos}{Datostotales} * 100$
	Elegir herramientas de análisis	<ul style="list-style-type: none"> • Gráficos de barras, pastel, histogramas y Prueba de hipótesis

Fuente: Adaptada de Vilalta, 2008

Un dato no es útil cuando: i) no coincida con lo que pretende representar, ii) no éste actualizado, iii) no es integro y iv) no es exacto (Vilalta, 2008). Un dato será útil cuando

cumpla con las dimensiones establecidas para su uso. La acción realizada para comprobar la utilidad del dato se denominará validación de datos.

1.5.2 Complementariedad de los sistemas de gestión de calidad y el manejo de datos

La metodología Seis Sigma y la Gestión de la Calidad (tabla 1.9) son sistemas modernos de gestión ampliamente utilizados en el mundo e integran los procesos organizacionales con el manejo de datos (Eckes, 2004), (Martínez y Bergonzoli 2004).

Tabla 1.9. Funciones de los sistemas de gestión y técnicas de resolución de problemas utilizadas para el manejo de datos.

Funciones	ISO 9001:2008 (Isaac, 2004)	Seis Sigma (Wheat y Mill, 2005) (Eckes, 2004)	Técnicas
Planificar	Responsabilidad de la dirección Gestión de los recursos	Definir: se determinan y verifican las necesidades y requisitos de los clientes	<ul style="list-style-type: none"> • Cuadro del proyecto • Árbol de requisitos del cliente • Diagrama de flujo del proceso
Hacer	Realización del producto	Medir: se enfoca en calcular la variable independiente (Y), mediante, la colección y ejecución de los datos	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de colección de datos • Ejecución del plan de colección de datos
Verificar	Realización del producto Medición, análisis y mejora	Análisis y control: se identifican y controlan las variables independientes (x) que causan a Y, a través, del análisis de los datos y el proceso en si	<ul style="list-style-type: none"> • Estadística descriptiva • Diagramas de pastel y Pareto para datos discretos • Diagramas de comportamiento e histogramas para datos continuos • Procesos unitarios • Lluvia de ideas • Matriz de afinidad • Matriz causa-efecto • Diagrama causa-efecto • Árbol de problemas, objetivos y alternativas • Cuadro resumen de análisis del proceso • Matriz a Modo de Fallos • Gráficos de control del proceso • Diagrama de dispersión • Plan de respuesta
Actuar	Medición, análisis y mejora Revisión por la dirección	Mejorar: se generan y seleccionan una serie de soluciones encaminadas a mejorar el problema (Y)	<ul style="list-style-type: none"> • Cuadro de generación y selección de soluciones

Fuente: Elaboración Propia

Las definiciones de calidad hechas por Deming (1982), Crosby (1988), Ishikawa 1988), Feigenbaum (1990), Juran (1993), Henríquez (1999) y NC ISO 9000:2001 citadas en Isaac, 2004, reflejan de manera similar la adecuación al uso y la satisfacción del cliente a través del cumplimiento de sus necesidades o expectativas establecidas (requisitos) (Isaac, 2004) y este concepto aún se mantiene vigente en la ISO 9001:2008.

El concepto de Seis Sigma según Wheat y Mills, 2005; Pande, Neuman y Cavagna, 2004; Gómez, Vilar y Tejero, 2003; Pande y Holp, 2003 es un programa centrado en manejar una metodología de solución de problemas que en cinco pasos soluciona problemas crónicos en las organizaciones llamada DMAMC o DMAIC Definir, Medir, Analizar, Mejorar/Implementar y Controlar. El Seis Sigma gira en torno a una ecuación básica para resolver problemas: $Y = f(x)$, esta ecuación define la relación entre variable dependiente (Y) y las variables independiente (x) (Wheat y Mill, 2005), (Eckes, 2004). A juicio del autor, este sistema de gestión brinda las técnicas necesarias para estandarizar y realizar un manejo adecuado de los datos obtenidos de las medidas de control empleado en el manejo de la calidad del aire urbano y sus medidas de control.

1.6. Situación de la calidad del aire en la ciudad de Cali

La ciudad de Cali es la capital del departamento del Valle del Cauca. Es el tercer centro industrial y poblado del país (DANE, 2005). La tabla 1.10, describe los aspectos físicos y socioeconómicos de la misma.

Tabla 1.10. Aspectos físicos y socioeconómicos de la ciudad de Cali

Aspectos Físicos			
Fisiografía		Meteorología	
Ubicación	0 3° 30' latitud N y 76°30' longitud W	Temperatura promedio (T°)	25-28 °C
Altitud	1.000 msnm zona plana Entre 4.200 y 5700 msnm zona montaña (valle cerrado)	Humedad relativa promedio (Hr)	60-70 %
Área	564 m ²	Radicación Solar promedio (RS)	600-700 Kv/m ²
División	22 comunas	Velocidad del viento (VV)	Baja
Límites	Norte: Yumbo Sur: Jamundí Oriente: Pradera y Candelaria Occidente: Buenaventura	Dirección del viento	Sur-Este
		Presión atmosférica (P _{atm})	901 mbar
		Pluviometría (PI)	1150-2000 mm/m ²
		Estaciones	Verano-invierno
Aspectos socioeconómicos			
Población (DANE, 2005)	Transporte (STTM, 2009) (Granada et. al, 2007)	Industria Manufacturera	Consumo de energía (Chinchilla y Laverde, 2007)
2'065.000 habitantes	Parque automotor 750000	4800 registros (CCC, 2005)	Eléctrica: 1500000 Kw/h
4.5% crecimiento anual	Crecimiento anual 6.5%	Crecimiento anual 3%	Gasolina: 13000 B/D
Crecimiento población anual 14%	Emisiones al aire 80% (Jaramillo et. al., 2003)	Emisiones al aire 14% (Jaramillo et. al., 2003)	Diesel: 6000 B/D
Aporte al PIB nacional 12%	Composición del parque (anexo 1.8)	Composición industria manufacturera (anexo 1.8)	Gas Natural y carbón: reporta en porcentaje por tipo de usuario
Aporte a la exportación 25%			

Fuente: Elaboración Propia

Estudios realizados por Granada, Herrera y Yela, 2009; Granada et. al., 2008; Granada et. al., 2007; DAGMA, 2003 sobre la relación existente entre la Rosa de Vientos (RV) y las emisiones de la actividad industrial y de transporte, demuestran que las comunas 2, 4, 5, 7 y 8 son las comunas más afectadas en Cali por la concentración de contaminantes en el aire, es decir, la zona norte de la ciudad (anexo 1.9). Esta situación se presenta por las siguientes razones:

- Estudios dirigidos por el autor Solarte y Zúñiga, 2008; Giraldo, 2008; Caicedo y Betancourt, 2008; Granada et. al., 2007 evidencian que las comunas 3, 8 y 9 tienen el mayor número de industrias manufactureras en la ciudad de Cali y estas comunas se ubican en la zona norte de la ciudad (anexo 1.8 y 1.9).
- Es la zona más habitada y tiene una alta circulación de vehículos. El estudio realizado por Granada et. al., (2007), se demostró que la tasa de reprobación en la prueba de gases vehiculares se incrementó en un 50% en los últimos cuatro años. Igualmente, en un estudio de Granada y Cabrera (2007), evidenció el incremento de las emisiones de las fuentes móviles en la ciudad de Cali, utilizando el software MOBILE6, sin embargo, algunos de los resultados obtenidos por Granada y Cabrera fueron contradictorios respecto a los resultados obtenidos por los autores Jaramillo, et. al. (2003) y Gómez (2006), con relación a la estimación de factores de emisión de fuentes móviles en Cali. Lo anterior demuestra que el uso de modelos, en ocasiones no es confiable y sus resultados dependen de los datos de las variables asumidas por el investigador. Por esta razón, es necesario garantizar el manejo de los datos locales con características locales de las fuentes de emisión para determinar y obtener factores de emisión confiables.
- La zona norte limita con el municipio de Yumbo, una de las zonas industriales más importantes del país (DANE, 2005). Un estudio realizado por Granada, Orejuela y Álvarez (2006a), evaluó el indicador de condiciones ambientales e indicador de desempeño directivo en el municipio de Yumbo, arrojó que el 40% de sus industrias tienen definidas políticas en materia ambiental, esto significa, que sus actuaciones ambientales no son adecuadas y sus industrias generan contaminación atmosférica. Igualmente, estudios dirigidos por el autor sobre indicadores de gestión ambiental en la industria manufacturera de Cali, mostró que: i) el 50% de las industrias tienen definido su sistema de gestión ambiental y ii) se tuvo acceso al 40% de las declaraciones ambientales, agravando la situación de contaminación en la ciudad, debido a que, los resultados del 60% de las declaraciones ambientales, no se conocen (Giraldo, 2008), (Betancourt y Caicedo, 2008).

La dirección del viento predominante en Cali es la sur-este (anexo 1.10). Esto indica que la contaminación generada por las industrias del municipio de Yumbo se transporta por el viento hacia el norte. Por lo tanto, las comunas con más riesgo ambiental y sanitario son la: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 (anexo 1.9) (Granada, et. al., 2008), (Granada et. al., 2007). Lo anterior se evidenció en un estudio realizado por el doctorante, donde se tuvo como resultado que, el 36% de la población en Cali, asistió a consulta médica por Enfermedades Respiratorias Agudas entre los años 2001 y 2006. Esta consulta incrementó en épocas de lluvias hasta en un 300% (Granada et. al., 2007).

1.6.1 Situación del Plan Integral Para el Manejo de la Calidad del Aire (PIMCA)

Para el manejo de la calidad del aire, se cuenta con un PIMCA y su estructura se muestra en el anexo 1.11 (DAGMA, 2003). El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) es el responsable de la gestión del PIMCA. El plan se sustenta en la norma estatal para la calidad del aire o inmisión y de emisiones de fuentes móviles y fijas, pero también las normas locales son un referente para las medidas de control implementadas. La tabla 1.11, muestra la falencia en el manejo de los datos obtenidos en las medidas del control adoptadas y la ausencia de información sobre los resultados alcanzados en dichas medidas de control impide tomar decisiones políticas al respecto.

Tabla 1.11. Estado actual del manejo de datos obtenidos de las medidas de control implementadas y su información en Cali – Colombia.

Situación del dato	Monitoreo del aire		Control de fuentes			
	Si	No	Móviles		Fijas	
			Si	No	Si	No
Tienen identificados datos críticos	x		x		x	
Los datos son exactos		x		x		X
Los datos tienen integridad	x		x		x	
Los datos son actuales		x		x		X
Los datos tienen coherencia	x			x	x	
Los datos tienen consistencia	x		x		x	
Los datos son puntuales		x	x		x	
Tienen definidos indicadores para los datos		x		x		X
Tienen identificada la fuente de los datos	x		x		x	
Calculan los indicadores de los datos		x		x		X
Eligen y seleccionan herramientas de análisis de los datos		x		x		X
Genera información actualizada para la comunidad (comunicación)		x		x		X

Fuente: Elaboración Propia

Los objetivos trazados por este plan de mejoramiento no se alcanzaron de acuerdo con las evidencias obtenidas en estudios dirigidos y realizados por el autor y son:

- Falencias en el manejo técnico y ausencia de los datos obtenidos en las medidas de control adoptadas, sólo el 30% y el 40% de los datos de fuentes móviles y fijas están disponibles.
- Ausencia de un instrumento estandarizado e informático para la colección de datos de fuentes móviles en los Centro de Diagnóstico Automotriz y sólo el 50% de los datos son útiles.
- Deterioro de la calidad del aire de moderada a insalubre en el PM₁₀.
- Ausencia de un procedimiento de gestión que permita la retroalimentación interna y entre las partes interesadas de los resultados obtenidos en las medidas de control.
- Ausencia de una toma de decisión política integral o intersectorial.
- Toma de decisiones políticas desde el punto de vista económico y no ambiental.
- Ausencia de indicadores de resultado sobre el manejo de la calidad del aire.
- No implementan software para modelar y estimar factores de emisión de fuentes móviles y fijas.
- Ausencia de un inventario de emisiones atmosféricas desde el año 2003.
- Ausencia de un plan de acción sobre el manejo de la calidad del aire.
- Ausencia de los resultados alcanzados por las acciones de reducción adoptadas en la ciudad.

El anexo 1.12, muestra el estado actual de las acciones implementadas en la ciudad de Cali para reducir la contaminación del aire. Sin embargo, Granada et. al., 2007; Montoya, Morales y Olaya, 2005 y Botero, Tróchez y Olaya, 2004; evidenciaron que la calidad del aire se ha venido deteriorando en los últimos años (anexo 1.13) a pesar de contar con medidas de control. Se observa en el anexo 1.12, que estas medidas de control se realizan de manera deficiente, aislada y los resultados allí obtenidos, no se utilizan como insumo para la toma de decisiones políticas sobre el manejo de la calidad del aire urbano desde el punto de vista ambiental y para establecer la reducción de las emisiones por tipo de fuente en cada actuación; es decir, las autoridades con competencias ambientales y el sector transporte e industrial no están coordinados eficientemente y no se comunican los resultados de su labor. Las acciones implementadas en la ciudad para reducir el deterioro de la calidad del aire urbano son impulsadas por criterios económicos y no ambientales (Granada, Herrera y Yela, 2010), (Granada y Flórez, 2006), (Granada, 2005).

Las deficiencias organizacionales de las partes involucradas para cumplir con los objetivos del PIMCA (reducir el deterioro de la calidad del aire), la baja dispersión de contaminantes atmosféricos por la fisiografía de valle cerrado y meteorología, el crecimiento anual del parque automotor (6.5%), industria (4%) y emisiones de Óxidos de Nitrógeno (1%), Monóxido de Carbono (0.8%), Dióxido de Carbono (3.1%) e Hidrocarburos (1%), así como la morbilidad del 36% por enfermedades respiratorias agudas y el deterioro de la calidad del aire de moderada a insalubre por PM_{10} en la ciudad de Cali. En este sentido, es necesario diseñar e implementar un procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en la ciudad de Cali – Colombia.

1.7 Conclusiones

- ◆ La literatura consultada define las aproximaciones a la estructura del manejo de la calidad del aire, éstas se centran en la toma de decisiones políticas, las medidas de control y el inventario de emisiones atmosféricas como un documento que contiene la cualificación, cuantificación, ubicación y variación en espacio y tiempo de las fuentes y sus emisiones.
- ◆ Algunos de los modelos europeos y estadounidenses existentes para estimar factores de emisión tienen limitaciones porque no importan los datos locales e impiden realizar un mejor análisis de la situación local en la modelación.
- ◆ Las falencias de las medidas de control existentes en el Programa Integral Para el Mejoramiento de la Calidad del Aire implementado en la ciudad de Cali es por no utilizar técnicas de gestión organizacionales y herramientas computacionales como soporte técnico del manejo de los datos obtenidos en las medidas de control.
- ◆ Es necesario diseñar e implementar un procedimiento fundamentado en técnicas utilizadas por la ingeniería industrial, mecánica, ambiental y de sistemas que solucione el problema no resuelto de la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en Cali.

CAPÍTULO 2

**DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO PARA LA GESTIÓN DE
LAS MEDIDAS DE CONTROL DE CONTAMINANTES
ATMOSFÉRICOS DE FUENTES MÓVILES Y FIJAS**

2. DISEÑO DE UN PROCEDIMIENTO PARA LA GESTION DE LAS MEDIDAS DE CONTROL DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DE FUENTES MÓVILES Y FIJAS

2.1 Introducción

El crecimiento económico da lugar a efectos contrapuestos en el medio natural. Los problemas ambientales se agudizan por el consumo de materias primas, energía y aumento en la generación de residuos por el incremento de la renta per cápita. Las mejores tecnologías disponibles y los cambios en las preferencias del consumidor, reducen los impactos ambientales relativos al crecimiento económico. Sin embargo, los seguidores del informe Mendows pronostican que los efectos negativos serán los dominantes y predicen el colapso ecológico y económico (Lavandeira, León y Vázquez, 2007). Es necesario evidenciar si los efectos ambientales predominantes son los generados por las nuevas tecnologías y el cambio de preferencias o por el contrario continuarán acentuándose los efectos ambientales negativos ocasionados por el desarrollo económico.

El objetivo de este capítulo, es mostrar la concepción y desarrollo de un procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas.

2.2 Concepción teórica del procedimiento

El procedimiento está concebido con base en los siguientes argumentos:

- El enfoque de sistemas. Un sistema es un conjunto de partes coordinadas para alcanzar ciertos objetivos (Bertalanfy, 1976; Johansen, 1982; Kast & Rosenzweig, 1998) citados en Valencia (2010). En el caso de la contaminación del aire los elementos del ciclo de dispersión (Emisor-Receptor) están relacionados entre sí. La toma de decisiones políticas y el establecimiento de las medidas de control para reducir el deterioro de la calidad del aire debe contar con la participación de las partes involucradas en el proceso. Esta tesis doctoral considera que la calidad del aire urbano (CAU) depende de las emisiones de fuentes móviles (x_1) y fijas (x_2), de las variables meteorológicas (x_3), de una constante (C) referida a la contaminación de las fuentes biogénicas y a covariables organizacionales (C_o) (variables independientes) (tabla 2.1).

Tabla 2.1. Variables y covariables que inciden en la calidad del aire urbano

$CAU = x_1 + x_2 + x_3 + C + C_0$ Ecuación 2.0				
Covariables				
CA	x_1	x_2	x_3	C
CO	Modelo	Tipo de emisor	Temperatura	-
SO ₂	Tipo	Tipo de combustible	Radiación solar	-
NO _x	Distancia recorrida	Total de industrias	Humedad relativa	-
PM ₁₀	Velocidad promedio	Horas de operación	Presión atmosférica	-
O ₃	Tráfico promedio	Tecnología transformación	Dirección del viento	-
-	Cilíndraje	Emisión de PM ₁₀ Kg/h	Velocidad del viento	-
-	RPM	Emisión de SO ₂ Kg/h	Pluviometría	-
-	Tipo de combustible	Emisión de NO ₂ Kg/h	-	-
-	Tecnología transformación	Ubicación		
-	% emisión HC	Número CIU	-	-
-	% emisión CO	Materia prima	-	-
-	% emisión CO ₂	Número empleados	-	-
-	% emisión O ₂	Tecnología de control	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Las medidas de control obtienen los datos de las variables independientes x_1 , x_2 , x_3 y C. Sin embargo, para el caso de x_3 y C, sólo, se someten a monitoreo debido a su carácter natural imposible de controlar (por ejemplo, la meteorología). Las covariables (C_0), se refieren a los aspectos: socioeconómicos, laborales, técnicos y tecnológicos (tecnologías de transformación y de la información y de las comunicaciones) de las organizaciones involucradas en la realización de las medidas de control de contaminantes atmosféricos.

- Bases conceptuales. La revisión de la literatura especializada permite pensar que temas como: la gestión ambiental, los sistemas de gestión de la calidad, el uso de tecnologías de la información y de las comunicaciones para el manejo e información de datos y conceptos de termodinámica en cuanto a reacciones de liberación de calor y generación de gases de combustión están asociados con la investigación.

La revisión de diferentes autores como: Granada, 2006; Granada, Orejuela y Álvarez, 2006; Granada, Orejuela y Álvarez, 2006a; NTC-ISO 14001, 2006; NTC-ISO 14004; NTC-ISO

14020; NTC- ISO 14031; NTC-ISO 14040; NTC-ISO 14044; NTC-ISO 14047; NTC-ISO 14048; NTC-ISO 14050; NTC-ISO 14062; en gestión ambiental, Martínez. J, 2009; NTC-ISO 9001, 2008; Aguilar y Otero, 2008; Wheat y Mills, 2005; Pande, Neuman y Cavanagh, 2004; Isaac, 2004; Pande y Holpp, 2003; Gómez, Vilar y Tejero, 2003; Davies, 2001; Garza, 2001; Sigel, 2001; Jennings y Wattam, 2000; Hammond, Keeney y Raiffa, 1999; Rafia, 1999; Stoner, 1997; García, 1996; Koontz y Weihrich, 1995; Moody, 1991 en gestión de la calidad, EPA, 2003; EEART, 2004 en el desarrollo de modelos de calidad del aire y Çengel y Boles, 2006, Niño, 1992; Jóvac y Maslov, 1978; Lichty, 1970 en termodinámica; enriquecen la gestión ambiental, porque permiten sustentar la temática abordada sobre la calidad del aire.

- La población objeto de estudio es la autoridad de tránsito, transporte, salud pública y ambiental de la ciudad de Cali. Se adopta un enfoque cuantitativo de tipo explicativo. La información obtenida en las medidas de control realizadas a las fuentes móviles, fijas y el estado de la calidad del aire y de las variables meteorológicas se solicitaron a la autoridad correspondiente. Los instrumentos de recepción, depuración y análisis de datos se diseñan de acuerdo con las variables y covariables de la tabla 2.1 y ecuación 2.0. Se revisan las ecuaciones para estimar indicadores de resultado para medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas y para estimar sus factores de emisión. El procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos se diseña de acuerdo con las variables y covariables organizacionales encontradas en la fase de diagnóstico.

Se desarrollan herramientas computacionales como soporte técnico en el manejo de los datos obtenidos en las medidas de control en los siguientes aspectos:

- Análisis de datos que implica los siguientes pasos: recepción, depuración, validación, generación de la base final de datos, estimación del factor de carga ambiental real y proyectada de fuentes móviles y fijas y la generación de gráficas.
 - Modelación que implica: la obtención de los factores de emisión de fuentes móviles y fijas y sus respectivos indicadores.
 - Representación espacial: ubicación de las zonas con más riesgo e impacto ambiental.
- Finalmente, para el desarrollo del procedimiento, se emplea la base teórica para diseñar procedimientos (ISO 9001, 2008), (Garza, 2001), y Álvarez del Blanco, 1998, citado por Isaac (2004) definiéndose: i) Premisas, ii) Objetivos, iii) Principios, iv) Entradas y v) Salidas.

2.2.1 Premisas para la implementación del procedimiento

Las premisas para desarrollar y aplicar el procedimiento propuesto son:

- Realizar medidas de control de emisión de contaminantes atmosféricos para fuentes móviles y fijas.
- Tener una Red de Monitoreo de la Calidad del Aire y Meteorología (RMA).
- Decisión de la alta dirección de la autoridad para la adopción del procedimiento.
- Decisión de la alta dirección para la asignación de los recursos económicos, técnicos, tecnológicos y talento humano necesarios para la implementación del procedimiento.

2.2.2 Objetivo

Dotar de un procedimiento que permita gestionar las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas para la autoridad de tránsito, transporte, sanitaria y ambiental, mediante, el desarrollo de cuatro fases, diagnóstico, planeación, recepción y análisis de datos y control de sus etapas a partir de la obtención de indicadores de resultado.

2.2.3 Principios en los que se sustenta el procedimiento

Se fundamenta en los siguientes principios:

- Proactividad: gestionar las medidas de control de contaminantes atmosféricos para cumplir con las exigencias de la norma local de emisión e inmisión.
- Mejoramiento continuo: mejora la eficiencia del proceso actual de la autoridad tránsito, transporte, sanitaria y ambiental por la inclusión de nuevos criterios para la toma de decisiones políticas, a través, del análisis de datos y su retroalimentación para corregir e implementar las acciones correspondientes en las medidas de control utilizadas.
- Creatividad: crear un ambiente participativo de trabajo entre las entidades involucradas en las medidas de control de contaminantes atmosféricos.
- Adaptabilidad: lograr la aplicación del procedimiento en otras ciudades del país e incluso en países en vías de desarrollo.
- Justicia y equidad ambiental: garantizar una calidad del aire sana para todos.

2.2.4 Entradas

- Política Estatal de emisión de contaminantes atmosféricos.
- Política Estatal de inmisión de contaminantes atmosféricos.
- Tres instrumentos con los datos arrojados de las medidas de control; calidad del aire, fuentes móviles y fuentes fijas.

2.2.5 Salidas

- Indicadores de resultado ICA, FCA_{fm} y FCA_{ff}.
- Normas locales de: inmisión (Cc) y emisión de fuentes móviles (NL_{fm}) y fijas (NL_{ff}).
- Verificación de las normas locales NL_c, NL_{fm} y NL_{ff}.
- Inventario de Emisiones atmosféricas.
- Concentración de contaminante (Cc), Factor de Carga Ambiental de fuentes móviles real (FCA_{fm,r}) y Factor de Carga Ambiental de fuentes fijas real (FCA_{ff,r}).
- Factor de Carga Ambiental de fuentes móviles y fijas proyectado (FCA_{fm,p}) y (FCA_{ff,p}) respectivamente.
- Tablas, figuras, mapas y reportes estadísticos de variables y covariables.
- Indicadores de resultado ICA, FCA_{fm} y FCA_{ff}.
- Comunicado para ratificar y consolidar acciones.
- El Factor de Carga Ambiental por escenario (FCA_{esc}).
- Plan de acción para la implementación del procedimiento en el siguiente año.

2.3 Procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos

El procedimiento diseñado integra las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas con las competencias jurídicas, tecnologías y organizacionales, definiendo indicadores para la estimación de carga ambiental real y proyectada y, la ecuación para calcular el factor de emisión de fuentes móviles y fijas soportado en las tecnologías de la información y de las comunicaciones, dando respuesta a la problemática ambiental existente en la ciudad de Cali – Colombia (figura 2.1). Se diferencia de otro existente por los siguientes aportes que le dan novedad científica y relevancia:

- Un procedimiento de gestión para las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas para las autoridades de tránsito, transporte, salud pública y ambiental de la ciudad de Cali.

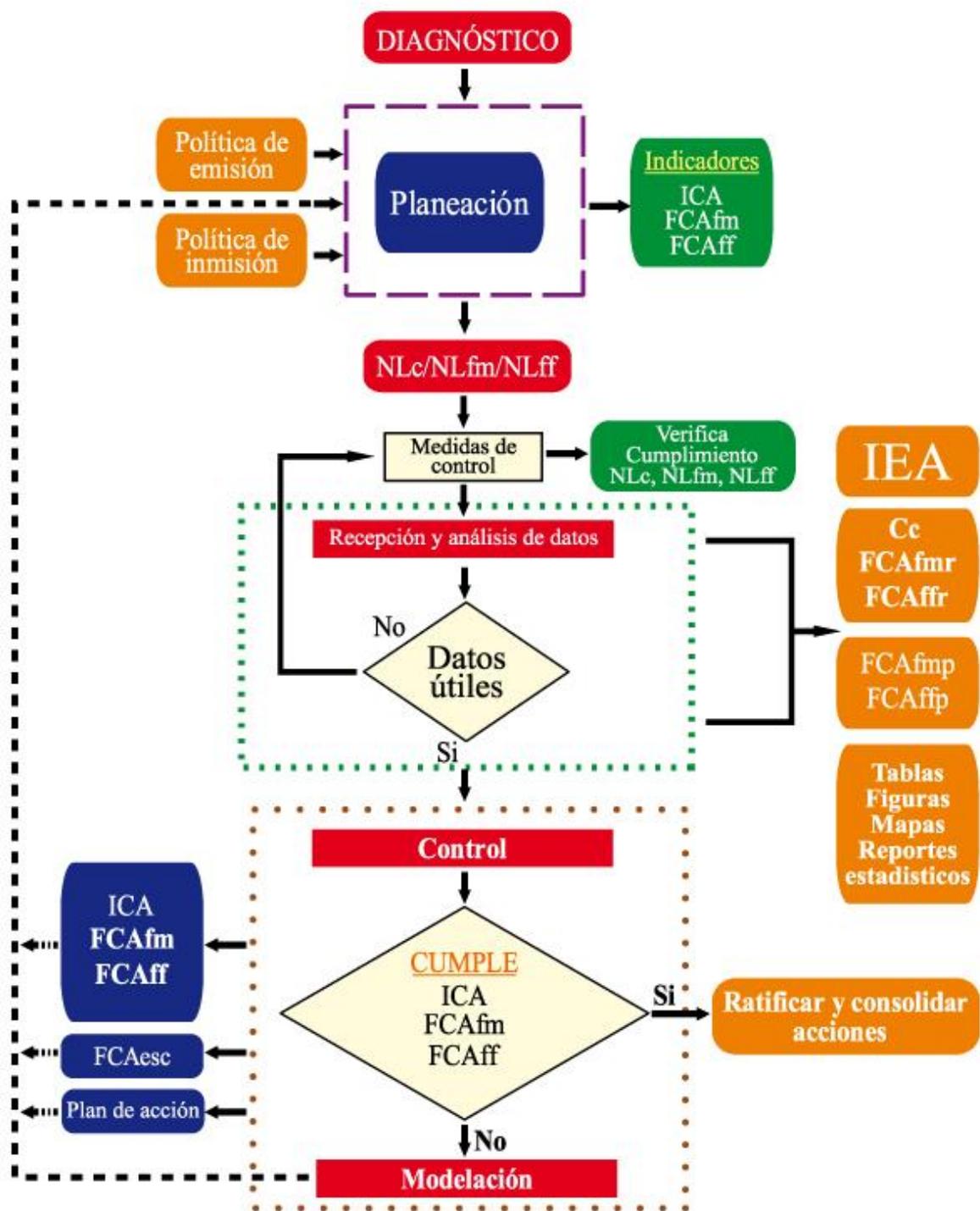


Figura 2.1. Procedimiento para las medidas de control de contaminantes atmosféricos.
Fuente: Elaboración Propia

- Indicadores para estimar el factor de carga ambiental de fuentes móviles y fijas real y proyectado
- Ecuación para estimar el factor de emisión de fuentes móviles considerando datos locales de los vehículos como el modelo, la línea, el cilíndraje y las RPM.

- Software PCA 1.0, para el manejo de datos de fuentes móviles y calidad del aire y estimar los factores de carga ambiental real y proyectado de fuentes móviles.
- Software RVGA 1.0, para el manejo de datos y estimar los factores de carga ambiental real y proyectado de fuentes fijas.

2.3.1 Diagnóstico

Tiene como objetivo identificar en las organizaciones involucradas la relación causa-efecto entre la covariable económica, laboral, técnica y tecnológica en las medidas de control realizadas y sus implicaciones en el estado de la calidad del aire (realidad organizacional) que impiden tomar decisiones políticas para su manejo. El diagnóstico se realiza en dos etapas: la preparación y ejecución.

- **Preparar el diagnóstico:**

- Seleccionar el equipo de trabajo: identificar del organigrama general de la organización los grupos, áreas, estructura interna del área y personas con tareas en las medidas de control de contaminantes atmosféricos (anexo 2.1). El perfil del equipo de trabajo que realizará el diagnóstico e implementará el procedimiento en las organizaciones, se hará con base en INE, 2008 (anexo, 2.2).

- **Ejecutar el diagnóstico:** la ejecución se realiza considerando las siguientes covariables:

- Económicas: asignación anual de recursos.
- Laborales: capacitación, tipo de contratación y horas de dedicación.
- Técnicas: procedimientos de trabajo, análisis e información de datos.
- Tecnológicas: número de estaciones móviles y fijas de monitoreo, ordenadores y puestos de trabajo disponibles y equipados.

- **Definir el cronograma de actividades para el procedimiento:** las actividades, el responsable, cómo, cuándo y la autoridad participante, se muestran en el anexo 2.3.

Las técnicas y herramientas a utilizar en el diagnóstico son: i) trabajo en grupo, ii) entrevistas (anexo 2.4), iii) cuestionario (anexo 2.4), iv) lista de chequeo, v) observación directa, vi) Lluvia de ideas, vii) Matriz causa-efecto, viii) diagrama causa-efecto, ix) árbol de problemas y x) capacitación (anexo 2.5).

2.3.2 Fase planeación de las medidas de control

Su objetivo es definir los indicadores de resultado ICA, FCA_{fm} y FCA_{ff} y las normas locales de concentración de contaminantes NL_c y emisión de fuentes móviles NL_{fm} y fijas NL_{ff}. Los

indicadores y normas se alcanzan mediante la ejecución de las medidas de control y con base en las Políticas Estatales de emisión e inmisión, como se muestra en la figura 2.2 y anexo 2.6.



Figura 2.2. Elementos considerados en la planeación.

Fuente: Elaboración propia

- **Elementos de entrada**

- Política estatal de inmisión (calidad del aire)
- Política estatal de emisión de fuentes móviles y fijas

- **Proceso de planeación**

- Propósito: para países donde la deficiencia e insuficiencia de datos es notable, el autor sugiere el siguiente propósito; *“identificar las fuentes de emisión para obtener un inventario de emisiones atmosféricas que facilite la toma de decisiones políticas y la gestión de las medidas de control a mediano plazo”* (anexo 2.7).
- Alcance y objetivo: se sugiere seleccionar del anexo 2.7. La selección de un objetivo y alcance determinado, no implica cambios en el procedimiento propuesto porque está diseñado para alcanzar uno o varios objetivos y alcances a la vez, sin embargo, para facilitar el control en la implementación del procedimiento en una organización, el autor sugiere, escoger sólo un objetivo.

- **Elementos de salida**

- Normas locales: concentración de contaminantes (NLC), fuentes móviles (NLfm) y fuentes fijas (NLff).
- Indicadores: son el Índice de Calidad del Aire (ICA) ecuación 2.1 (IDEAM, 2005), Factor de Carga Ambiental de fuentes móviles (FCAfm) ecuación 2.2 y Factor de Carga Ambiental de fuentes fijas (FCAff) ecuación 2.3, las dos últimas propuestas por el autor.

$$ICA = [(Cc/NLc)*100] \text{ (IDEAM, 2005)}$$

Ecuación 2.1

Donde:

ICA: índice de Calidad del Aire

Cc: Concentración del Contaminante

NLc: Norma Local del Contaminante

$$FCA_{fm} = \frac{FCA_{fm_r}}{FCA_{fm_p}} * 100 \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde:

FCA_{fm}: Indicador Factor de Carga Ambiental fuentes móviles

FCA_{fm_r}: Factor de Carga Ambiental real de las fuentes móviles de la zona de estudio

FCA_{fm_p}: Factor de Carga Ambiental proyectado para fuentes móviles

$$FCA_{ff} = \frac{FCA_{ff_r}}{FCA_{ff_p}} * 100 \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Donde:

FCA_{ff}: Indicador Factor de Carga Ambiental fuentes fijas

FCA_{ff_r}: Factor de Carga Ambiental real de las fuentes fijas de la zona de estudio

FCA_{ff_p}: Factor de Carga Ambiental proyectado para fuentes fijas

Las técnicas utilizadas en el proceso de planeación son: i) cuadro del proyecto, ii) diagrama de flujo del proceso y iii) plan de medidas de control y colección de datos Cuesta (2008); Jiménez y Castellanos (2006).

2.3.3 Fase recepción y análisis de datos

El objetivo es recepcionar y analizar los datos obtenidos en las medidas de control (medición). El proceso de medición, es ejecutado por entidades contratistas que prestan el servicio a la autoridad responsable de la medida de control; esto significa, que las actividades realizadas en su proceso interno de medición, no son objeto de estudio en el procedimiento diseñado en esta tesis doctoral. Estas entidades verifican el cumplimiento de las normas locales y suministran los datos de entrada al proceso y sin estos, el procedimiento no se puede implementar. La tabla 2.2 y el anexo 2.8, establecen el proceso de medición para estas entidades, una vez terminen su proceso interno de medición y son: i) *registrar los datos en un instrumento* y ii) *verificar* el cumplimiento de las NL_{fm}, NL_{ff} y NL_c. Las salidas del proceso de medición, se presentan en instrumentos de *comunicación* con el resultado arrojado en la prueba a las entidades (partes involucradas) y al usuario.

De acuerdo con lo anterior, los elementos de entrada al proceso de depuración y análisis son los instrumentos provenientes del proceso de medición y los elementos de salida son: i) la

concentración de contaminantes (Cc), ii) el factor de carga ambiental real de fuentes móviles (FCA_{fm,r}) y fijas (FCA_{ff,r}), iii) el factor de carga ambiental proyectado de fuentes móviles (FCA_{fm,p}) y fijas (FCA_{ff,p}), iv) información en tablas, figuras, mapas y reportes estadísticos y v) el Inventario de Emisiones Atmosféricas (ver figura 2.3).

Tabla 2.2. Verificación y comunicación de los resultados de las medidas de control.

Etapa	Móviles				Fijas			Monitoreo de la calidad del aire				
Resultado de la prueba y/o monitoreo	CO	CO ₂	HC	O ₂	PM ₁₀	SO ₂	NO _x	CO	SO ₂	PM ₁₀	NO _x	O ₃
	Fuente				Fuente			Fuente				
Verificación del cumplimiento de la norma	CO	CO ₂	HC	O ₂	PM ₁₀	SO ₂	NO _x	CO	SO ₂	PM ₁₀	NO _x	O ₃
	Fuente de referencia Vs Fuente				Fuente referencia Vs Fuente			fuente de referencia Vs Fuente				
Comunicación del cumplimiento de la norma local a usuarios, entorno y entidades	Usuario				Usuario			Entorno				
	Si	Expide certificado			Expide certificado			Publica en la web y/o medios impresos en una tabla el estado de la calidad del aire (anexo 2.15).				
	No	Expide certificado, informa la inconformidad y el usuario tiene tiempo en días para tomar nuevamente la prueba.			Expide certificado, informa no conformidades y el usuario tiene tiempo en días para tomar nuevamente la prueba.			Genera alertas en radio, televisión, prensa y en la web sobre el o los contaminante(s) que presentan niveles fuera de la norma como se muestra en el anexo 2.15.				
	Entidad	Recibe un plegable ilustrativo y una capacitación sobre los beneficios ambientales y económicos del mantenimiento periódico a su vehículo.			Recibe un libro sobre P+L y una capacitación sobre los beneficios ambientales y económicos de realizar mantenimiento a sus equipos.			Comunica cada hora a la entidad responsable en un instrumento de registro (anexo, 2.11).				
	Comunica cada mes a las entidades en un instrumento de registro (anexo 2.9).				Comunica anualmente a las entidades en un instrumento de registro (anexo 2.10).							

Fuente: Elaboración Propia

- **Recepcionar datos de la fuente:** se solicita mediante un correo electrónico y/o carta los instrumentos de registro de datos a las entidades ejecutoras de la medición (anexo 2.3) y archivarlos. Los instrumentos enviados por las entidades se muestran en el anexo 2.9, 10 y 11. Si los instrumentos de registro de datos, no están estandarizados en el área de estudio, se sugiere, diseñar e implementar instrumentos estandarizados para la colección de datos (utilizar una matriz a modo de fallos MAMF) y comunicar a las partes involucradas.
- **Realizar el análisis:** su objetivo es depurar, validar, obtener una base de datos final, generar gráficos y calcular indicadores (figura 2.3).

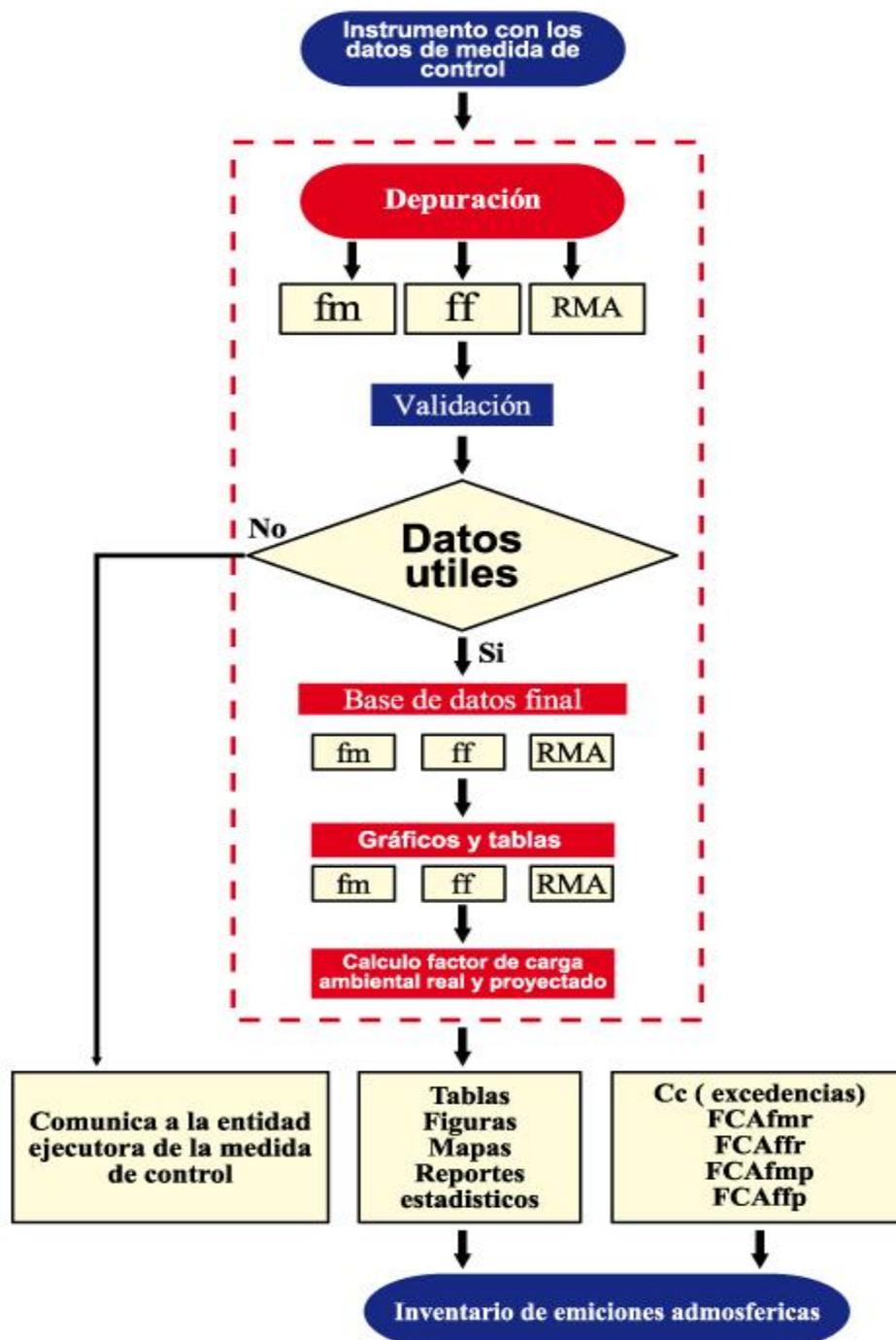


Figura 2.3. Proceso de análisis

Fuente: Elaboración propia

— Depurar datos: un paso previo a la depuración, es solicitar al archivo de datos los instrumentos entregados por las entidades que ejecutan las medidas de control (anexo 2.3). La depuración consiste en seleccionar las variables y covariables de interés de los instrumentos de registro mostrados en el anexo 2.9, 10 y 11 (MAMF). Este paso, se realiza diligenciando los instrumentos del anexo 2.12. Se sugiere, realizar una depuración digital utilizando una hoja de cálculo en Excel o Acces para cada medida de control, es decir, fuentes móviles, fijas y RMA.

— Validar datos: como se explicó en el capítulo I, la validación de los datos se refiere a la acción realizada para comprobar si un dato es útil o no. Granada, et. al., 2008; IDEAM, 2008; IDEAM, 2005; Wheat y Mills, 2005; Carvajal, 2004; Martínez y Bergonzoli, 2004; Pande, Neuman y Cavanagh, 2004; Pande y Holpp, 2003; Gómez, Vilar y Tejero, 2003; Hopkins, Hopkins y Glass, 1997; Kume, 1995, aducen que la estadística descriptiva, es el método más utilizado para la validación de datos. La tabla 2.3, sugiere las características seleccionadas por dato para realizar su validación.

Tabla 2.3. Datos críticos, dimensiones, indicadores, fuente y fuente de referencia.

Descripción	Control fuentes móviles				Control fuentes fijas			Monitoreo de la calidad del aire				
	CO	CO ₂	HC	O ₂	PM ₁₀	SO ₂	NO _x	CO	SO ₂	PM ₁₀	NO _x	O ₃
Datos críticos								°T	RS	Hr	RV	P _{atm}
Dimensión de los datos	<ul style="list-style-type: none"> • Exactos • Íntegros • Actuales • Coherentes • Consistentes • Puntuales 				<ul style="list-style-type: none"> • Exactos • Íntegros • Actuales • Coherentes • Consistentes • Puntuales 			<ul style="list-style-type: none"> • Exactos • Íntegros • Actuales • Coherentes • Consistentes • Puntuales 				
Indicadores	Datos útiles				Datos útiles			Datos útiles				
	Datos no útiles				Datos no útiles			Datos no útiles				
Fuente	CDA				DA			RMA				
Fuente de referencia	Normas				Normas			Normas				
Cálculo de indicadores	$Porcentaje = \frac{Datos}{Datostotales} * 100$											

Fuente: Elaboración Propia

Un dato útil cumple con las dimensiones seleccionadas y el dato no útil, no cumple con al menos una de estas dimensiones: exacto, integro, actual, coherente, consistente y puntual (tabla 2.3). Definidas las características de los datos a validar, se seleccionan los métodos estadísticos para realizar su validación (tabla 2.4).

Terminada la validación mediante el uso de estadística descriptiva, se diligencian los instrumentos del anexo 2.13. Estos obtienen y realizan un seguimiento del número de datos útiles y no útiles que arrojan las medidas de control.

Tabla 2.4. Estadística descriptiva utilizada en la validación de los datos

Método estadístico	Descripción	Ecuación	
		Símbolo	Nº
Distribución de frecuencia	Permite conocer el número de veces que se presenta un dato en la serie. Facilita la organización de los datos en tablas y/o gráficas para su posterior análisis.	(n)	-
Percentil	Los percentiles dividen en centésimos la distribución de los datos. Permiten conocer la posición de los datos en la serie. El rango percentil, indica el número de datos en porcentaje que exceden o cumplen la norma (excedencia).	P ₂₅ P ₅₀ P ₇₅	-
Recorrido	Permite identificar el valor máximo y mínimo presentado en la serie. Identifica los datos con valores no exactos, como cero (0) o fuera del rango establecido por la fuente de referencia (norma).	R = X _{maxi} - X _{mini} Donde: R = Recorrido X _{maxo} = Valor máximo observado X _{mino} = Valor mínimo observado	2.4
Promedio aritmético	Permite conocer el valor promedio de los datos de la serie. Este resultado es utilizado en las normas de calidad del aire para establecer el Índice de Calidad del Aire, por esta razón, se sugiere su uso en la validación de datos. Igualmente, el promedio aritmético, sirve para establecer las emisiones y concentraciones promedio de contaminantes atmosféricos.	$\bar{\chi} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot n_i}{n}$ Donde: $\bar{\chi}$ = Promedio aritmético n = Frecuencia x _i = Dato	2.5
Desviación estándar	La variación estándar permite conocer la variabilidad y dispersión de los valores arrojados por los datos. Las medidas de tendencia central están relacionadas con el valor promedio o típico de la distribución, en este caso, la norma de emisión e inmisión de contaminantes atmosféricos.	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{\chi})^2}{n - 1}} * n_i$ Donde: σ = Desviación Estándar $\bar{\chi}$ = Promedio aritmético x _i = Dato n = Frecuencia	2.6
Coefficiente de variación Cv	El coeficiente de variación, permite conocer la posición de los datos con respecto a la media.	$Cv = \frac{\sigma}{\bar{\chi}}$	2.7

Fuente: Elaboración Propia

— Comunicar a las entidades que realizan las medidas de control: por correo electrónico se envía el instrumento de registro del anexo 2.13 a las entidades involucradas (anexo 2.3), para, que ellos internamente analicen la causa del error en el dato. Pande, Neuman y Cavanagh (2004) aducen que las causas de error más comunes en los datos son: i) personal, ii) equipo, iii) materiales, iv) métodos, v) medición y vi) por el medioambiente.

- Obtener la base de datos final: terminada la etapa de validación se genera la base de datos final de acuerdo con los instrumentos del anexo 2.13. Se recomienda utilizar una hoja de cálculo en Excel o Acces para facilitar la obtención de gráficos y análisis.
- Obtener gráficos: para graficar el comportamiento de las variables y covariables, primero, se selecciona el tipo de dato, como lo muestra la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Tipo de dato por medida de control

Tipo de Dato	Monitoreo del aire y meteorología										Fuentes móviles y fijas								
	CO	CO ₂	PM	NO _x	SO ₂	°T	Hr	RS	P _{atm}	RV	CO	CO ₂	HC	O ₂	PM	NO _x	SO ₂	Tipo	
Númerico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
Catagórico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Continuo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Discreto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración Propia

Seleccionado el tipo de dato, se escoge el tipo de gráfica a utilizar para representar el comportamiento de cada una de las variables y covariables, como lo muestra la tabla 2.6. El anexo 2.14 y 15, sugieren el listado de las gráficas a obtener para cada una de las variables y sus respectivas covariables, facilitando la obtención del IEA (anexo 2.16).

Tabla 2.6. Tipo de gráfica por tipo de dato

Tipo de dato	Tipo de Diagrama			
	Pareto	Pastel	Comportamiento	Histograma
Discreto	X	X		
Continuo			X	X

Fuente: Elaboración Propia

- Calcular factor de carga ambiental real:
 - Cc: Concentración del contaminante real en el aire
 - FCA_{fm_r}: Factor de Carga Ambiental para fuentes móviles real
 - FE_{ff_r}: Factor de Carga Ambiental para fuentes fijas real
- Cálculo factor de carga ambiental proyectado:
 - FCA_{fm_p}: Factor de Carga Ambiental para fuentes móviles proyectado anualmente.
 - FCA_{ff_p}: Factor de Carga Ambiental para fuentes fijas proyectado anualmente.
 - Concentración de contaminantes atmosféricos (Cc): se estima para cada contaminante (CO, CO₂, NO_x, SO₂ y O₃.) utilizando la ecuación 2.5. Su obtención depende del funcionamiento de la RMA y del porcentaje anual (75%) de datos útiles (6.570 de 8.760).

- Estimar el valor del Factor de Carga Ambiental real de fuentes móviles (FCAfm_r): el autor sugiere utilizar la ecuación 2.8. A continuación se describen los nueve pasos a realizar para obtener este valor:

$$FCAfm_r = FEfmd * K1 \quad \text{Ecuación 2.8}$$

Donde:

FCAfm_r = Factor de Carga Ambiental real para fuentes móviles en toneladas por día

FEfmd = Factor de Emisión dinámico en fuentes móviles en gramos por milla

K1 = 2,2 E - 05 (este valor es el resultado de la conversión de gr/milla a Ton/Día)

Para estimar el FCAfm_r utilizando la ecuación 2.8:

- Primero. Estimar el FEfmd: se sugiere utilizar la ecuación 2.9:

$$FEfmd = FEfm * (v/e) * (t) * NVT * K \quad \text{Ecuación 2.9}$$

Donde:

FEfmd = Factor de Emisión en gramos por milla

FEfm = Factor de Emisión en Kg/s

v/e = velocidad promedio / espacio recorrido en el día m*s/m

t = tiempo recorrido por día (h)

NVt = Número de Vehículos Total (1/Día)

K = 63.890,61 (este valor es el resultado de la conversión de Kg/s a gr/mi)

- Segundo. Estimar el FEfm: El autor sugiere utilizar la ecuación 2.10:

$$FEfm = [(P_{emir}/100) * d_{gas} * Cil * (RPM/2)] \quad \text{Ecuación 2.10}$$

Donde:

FEfm = Factor de Emisión por día en kilogramos por segundo

P_{emir}/100 = porcentaje de emisión real del gas en porcentaje (%)

Cil = Cilíndraje del vehículo en m³

RPM/2 = Revoluciones por Minuto

d_{gas} = densidad del gas emitido Kg/m³

- Tercero. Selección del P_{emir}: del anexo 2.12 se obtienen los valores en porcentaje (%) del P_{emir} por vehículo.

- Cuarto. Calcular la d_{gas}: la densidad del gas depende de su tipo (CO, CO₂, O₂ y HC). Se calcula con la ecuación de estado de gases ideales (ecuación 2.11),

considerando el valor de la presión del área de estudio y la temperatura de salida de los gases de combustión.

$$PV = mRT$$

Ecuación 2.11

Donde:

P = Presión atmosférica de la zona de estudio (la expulsión sucede a cámara abierta)

V = Volumen del espacio donde ocurre el fenómeno

m = masa del gas en cuestión

T = Temperatura de salida de los gases del tubo de escape

Para hallar la densidad, se divide a todos los miembros de la ecuación 2.11 por la masa (m), la ecuación 2.11 queda:

$$PV/m = mRT/m$$

Donde:

V/m: es el volumen específico (v) y el volumen específico, es el inverso de la Densidad (ρ), por lo tanto, la ecuación 2.11 queda:

$$Pv = RT \text{ ó } P/\rho = RT$$

$$\rho = P/RT$$

Donde:

v = Volumen específico obtenido de las tablas de termodinámica a presión ambiente de la zona de estudio y la temperatura de salida de los gases por el tubo de escape.

$$\rho = 1/v = \text{Densidad } (\rho)$$

- Quinto. Seleccionar el cilindraje (cil): del apartado características del vehículo en cm^3 (anexo 2.12).
- Sexto. Seleccionar las RPM: del apartado características del vehículo (anexo 2.12).
- Séptimo. Seleccionar la velocidad y distancia promedio: del apartado características del vehículo en cm^3 (anexo 2.12).
- Octavo. Estimar el número total de vehículos: se selecciona o estima de acuerdo con la estadística anual arrojada por la autoridad de tránsito y transporte sobre el número total de vehículos por tipo en la zona de estudio (anexo 2.12).

- Noveno. Una vez hallado el valor de FEfm, se reemplaza en la ecuación 2.9, para hallar el valor de FEfmd y éste, a su vez, se reemplaza en la ecuación 2.8 para calcular el FEfmr:

$$FEfm = [(Pemir/100) * dgas * Cil * (RPM/2)] \quad \text{Ecuación 2.10}$$

$$FEfmd = FEfm * (v/e) * (t) * NVT * K \quad \text{Ecuación 2.9}$$

$$FCAfm_r = FEfmd * K1 \quad \text{Ecuación 2.8}$$

- Valor del Factor de Carga Ambiental real de fuentes fijas (FCAff_r): el autor propone el uso de la ecuación 2.12:

$$FCAff_r = [\sum PM_{10} + \sum SO_2 + \sum NO_2] * NTIM \quad \text{Ecuación 2.12}$$

Donde:

FCAff_r = índice de Factor de Carga Ambiental real para fuentes fijas en Kg/h

$\sum PM_{10}$ = la sumatoria de las emisiones de PM₁₀ de todas las industrias Kg/h

$\sum SO_2$ = la sumatoria de las emisiones de SO₂ de todas las industrias en Kg/h

$\sum NO_2$ = la sumatoria de las emisiones de NO₂ de todas las industrias en Kg/h

NTIM = número total de industrias manufactureras

La ecuación 2.12 expresada en toneladas al año será:

$$FCAff_r = FCAff_r * k \quad \text{Ecuación 2.12a}$$

Donde:

FCAff_r: Factor de Carga Ambiental real en ton/año

FCAff_r: Factor de Carga Ambiental real en (Kg/h)

$$k = \left(\frac{Kg}{h} \right) * \left(\frac{1Ton}{1000Kg} \right) * \left(\frac{365Ph}{1año} \right)$$

Donde:

Prh: es el promedio de horas de actividad al año para todas las industrias manufactureras

$$Ph = \frac{\sum_{i=1}^n HO_i}{NTIM}$$

Donde:

HO_i = Horas de Operación de la industria manufacturera i

NTIM: Número Total de Industrias Manufactureras

■ Valor del Factor de Carga Ambiental proyectado de fuentes móviles (FCA_{fm_p}): para estimar el FCA_{fm_p} (ecuación 2.13), se calcula, el porcentaje de emisión teórico (P_{emit}) para los gases residuales de la combustión, es decir, para proyectar el FCA_{fm_p}, se considerarán las emisiones de gases desde el punto de vista teórico. Para calcular P_{emit}, se sugiere utilizar, la ecuación 2.14, 2.15 y 2.16 y realizar los siguientes pasos:

$$FCA_{fm_p} = FCA_{teórico} * NVT * Tc \quad \text{Ecuación 2.13}$$

Donde:

FCA_{fm_p}: Factor de Carga Ambiental de emisión de fuentes móviles proyectado en Ton/Día.

FCA_{teórico}: Factor de Carga Ambiental teórico de fuentes móviles en ton/día

NVT: Número Total de Vehículos de la zona de estudio

Tc: Tasa de crecimiento anual del parque automotor de la zona de estudio

■ Plantear la ecuación de Balance de Masa (estequiometria):

Los reactivos: el aire (O₂ + 3.773N₂); combustible (C₈H₁₈)

Los reactantes (gases residuales): CO₂; CO; H₂O; O₂; N₂.

■ Calculados los gases residuales en moles, realizar en la ecuación 2.14, la sumatoria (8+9+47,16=64,16) de los mismos.

■ Dividir cada una de las cantidades en moles de los gases (8, 9 y 47,16), entre, la sumatoria realizada en el paso anterior (64,16). Con estos pasos, se estima el valor de P_{emit}, para cada reactante, de acuerdo con la ecuación 2.14, 2.15 y 2.16.

■ Balance estequiométrico de la combustión:

Aire + Combustible \Rightarrow Gases de desecho

(O₂ + 3.773N₂) + C₈H₁₈ \Rightarrow CO₂ + H₂O + N₂

■ Combustión completa (cantidad Estequiométrica de aire): Ecuación 2.14:

12.5 (O₂ + 3.773N₂) + C₈H₁₈ \Rightarrow 8CO₂+9H₂O+47,16N₂

Las condiciones de operación de un motor de combustión interna, nunca son ideales, en lo que respecta a la relación aire/combustible. Esta situación, presenta dos tipo de operación: i) mezcla con exceso de aire (E) o mezcla pobre (ecuación 2.15) y ii) mezcla con deficiencia de aire (D) o mezcla rica (ecuación 2.16). El cálculo de estas dos mezclas, se realiza con las siguientes ecuaciones:

Mezcla Pobre:

Ecuación 2.15:

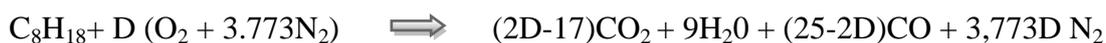


Donde:

E = Exceso y su valor está en el rango >12.5 y ≤ 16.5 . El objetivo de la ecuación es obtener el porcentaje de emisión de oxígeno y los otros reactantes de la combustión.

Mezcla Rica:

Ecuación 2.16:



Donde:

D = Deficiencia y su valor está en el rango >9.5 y <12.5 . El objetivo de esta ecuación es obtener el porcentaje de CO en los reactantes y el porcentaje de oxígeno en estos reactantes, es cero, porque su presencia en la mezcla es mínima y se consume en la combustión.

Estimados los reactantes en porcentaje CO, CO₂, O₂, N₂ y H₂O, se reemplazan en las ecuaciones 2.9, 2.10, 2.11, 2.8 y 2.13, para conocer el valor del FCA_{fm_p} por contaminante. El valor teórico máximo permitido por reactante ó valor de referencia, se resalta en la tabla 2.7.

Tabla 2.7. Estimación del FCA_{fm_r} para establecer la FCA_{fm_p}

FCA _{fm} Teórico		FCA _{fm} Teórico		
CO y O ₂		CO ₂ , NO _x y HC		
Estequiométrico	Deficiencia de aire	Exceso	Ideal	Deficiencia
Kg/s	Kg/s	Kg/s	Kg/s	Kg/s
gr/mi	gr/mi	gr/mi	gr/mi	gr/mi
Ton/Día	Ton/Día	Ton/Día	Ton/Día	Ton/Día

Fuente: Elaboración propia

- Valor del Factor de Carga Ambiental proyectado de fuentes fijas (FCA_{ff_p}): el autor propone la ecuación 2.17:

$$FCA_{ff_p} = [FCA_{ff_r} * (FCA_{ff_r} * T_c)] \quad \text{Ecuación 2.17}$$

Donde:

FCA_{ff_p} = Factor de Carga Ambiental proyectado para fuentes fijas en ton/día

FCA_{ff_r}: Factor de Carga Ambiental real de las fuentes fijas en ton/día

T_c: Tasa de crecimiento anual fuentes fijas

Obtenidos los valores para establecer los indicadores ICA, FCAfm y FCAff, se inicia la fase de control.

2.3.4 Fase de Control

Su objetivo es verificar el cumplimiento de los indicadores ICA, FCAfm y FCAff. Si el resultado alcanzado por el indicador es menor o igual a uno, se ratifican y consolidan las acciones y si el resultado es mayor a uno, se comunica a las partes involucradas, al entorno y se envía la información a la etapa de modelación (tabla 2.8). Las etapas de la fase de control son:

- Verificar y comunicar el cumplimiento de los indicadores (tabla 2.8)
 - ICA,
 - FCAfm y
 - FCAff
- Modelar la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos
- Diseñar el plan acción anual con las medidas de control y acciones a implementar

Tabla 2.8: Comunicación del resultado de la verificación de los indicadores

Entradas	Ecuación	Indicador	Ecuación	Resultado	Salidas									
					Formato de Comunicación									
					Ratificar acciones	Partes involucradas	Modelación	Alertas	IEA	Plegables	Prensa	Radio	Televisión	Web
Cc	2.5	ICA	2.1	≤1	x	x	-	-	x	x	x	-	-	x
NLc	Anexo 2.11			>1	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x
FCAfm _r	2.8	FCAfm	2.2	≤1	x	x	-	-	x	x	x	-	-	x
FCAfm _p	2.16			>1	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x
FCAff _r	2.12	FCAff	2.3	≤1	x	x	-	-	x	x	x	-	-	x
FCAff _p	2.17			>1	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x

Fuente: Elaboración propia

- **Modelar la reducción de contaminantes atmosféricos:** se soporta en escenarios de reducción de emisiones por tipo de fuente y en la ecuación 2.18, propuesta por el autor.

$$FCAfm_r - FCA_{esc} \leq FCAfm_p \text{ ó } = 1$$

Ecuación 2.18

Donde:

FCAfm_r: Factor de Carga Ambiental real de fuentes móviles en ton/día

FCA_{esc} : Factor de Carga Ambiental que reduce cada escenario en ton/día

FCA_{fm_p} : Factor de Carga Ambiental proyectado de fuentes móviles en ton/día

Los escenarios sugeridos por el autor, se muestran en la tabla 2.9. Identificados los valores arrojados por los indicadores de emisión obtenidos en la ecuación 2.16 y 2.17, se modela la reducción de las emisiones de contaminantes atmosféricos para cada escenario, con el objetivo de alcanzar los valores de la FCA_{fm_p} y FCA_{ff_p} proyectados.

Tabla 2.9 Escenarios a seleccionar para la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos.

Escenarios	
Fuentes móviles	Fuentes fijas
Restricción del flujo vehicular Reformulación de combustibles Adopción de combustibles biológicos Uso de tecnología de combustión Día sin carro	Cambio de combustible Adopción de sistemas de producción más limpia, de acuerdo con lo establecido por Granada 2006

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la modelación se obtienen realizando los siguientes pasos:

— Fuentes móviles

- Reducir emisiones por restricción de flujo vehicular: para estimar el valor en toneladas por día reducidas por la restricción del flujo vehicular (FCA_{esc}) por modelo de vehículo, se utiliza la ecuación 2.8, 2.9, 2.10 y 2.11. Los resultados obtenidos de la modelación, se reemplazan en la ecuación 2.18, para conocer si la diferencia entre el FCA_{fm_r} y el FCA_{esc} , es menor o igual a FCA_{fm_p} o a uno. La tabla 2.10, muestra en resumen los resultados de la aplicación de la ecuación 2.18.

Tabla 2.10. Reducción de emisiones por tipo de escenario

Actuaciones	Emisiones reducidas en ton/día						
	CO	CO ₂	O ₂	HC	NO _x	SO ₂	PM ₁₀
Restricción flujo vehicular	Fm	Fm	Fm	Fm	Fm	-	-
Uso combustible	Fm	Fm	Fm	Fm	Fm	Ff	Ff
Tecnología	Fm	Fm	Fm	Fm	Fm	-	-
Día sin carro	Fm	Fm	Fm	Fm	Fm	-	-
Producción Más Limpia	ff	Ff	ff	-	ff	ff	ff

Fuente: Elaboración propia

Los escenarios de fuentes móviles, se obtienen desarrollando los pasos del anterior (restricción de flujo vehicular) y se modelan en el software PCA 1.0, desarrollado como soporte técnico de la fase de recepción y análisis de datos y para la fase de control.

- *Software para Predecir Calidad del Aire PCA 1.0*: es una aplicación hecha en java versión 6.4 con la Interfaz de Desarrollo (IDE) NetBeans versión 5.5.1. El NetBeans, brinda apoyo lógico y gráfico a los desarrolladores de programas hechos en java. El apoyo lógico, sirve para escribir y compilar códigos fuente y el gráfico para realizar interfaces con componentes gráficos de manera fácil, ágil y rápida tales como fichas, etiquetas, listas, paneles, figuras entre otros. **El objetivo del PCA 1.0**, es recepcionar, analizar y controlar los datos de las medidas de control de fuentes móviles y estado de la calidad del aire. **Las entradas del PCA 1.0**, son el instrumento con los datos de fuentes móviles y RMA. **Sus salidas**, tablas y gráficos arrojados por las consultas sobre: i) vehículos (FCA, FEfm, FEfmd), ii) meteorología, iii) estado de la calidad del aire (Cc), iv) modelación de factores de emisión de fuentes móviles (FCAfm_r y FCAfm_p), v) generar reportes en PDF y reporte en formulario (Frm) y vi) estimar las excedencias de la norma NLc y NLfm.

— Fuentes fijas

- Cambio de combustible: para estimar el valor en toneladas por día reducidas por el cambio de combustible (FCAff_r), se utiliza la ecuación, 2.12. La tabla 2.10, muestra los resultados obtenidos de la modelación, empleando la ecuación 2.18a.

$$FCAff_r - FCA_{esc} \leq FCAff_o = 1$$

Ecuación 2.18a

La modelación de las fuentes fijas, se obtienen utilizando el software RVGA 1.0 y SIPECA 1.0, desarrollados como soporte técnico de la fase de recepción y análisis de datos y para la fase de control.

- *Red Virtual de Gestión Ambiental RVGA 1.0*: la red se desarrolló y soportó sobre herramientas libres (Licencia GLP) y orientada a la Web, Base de datos sobre Postgre SQL y lenguaje de programación PHP 4, funciona sobre los navegadores Internet Explorer y Mozilla Firefox v2x. **El objetivo**, es recepcionar, analizar y controlar los datos de las medidas de control de fuentes fijas y facilita a las industrias manufactureras el diligenciamiento virtual de la Encuesta de Declaración Ambiental. **Las entradas**, el instrumento con los datos de la medida de control de fuentes fijas. **Las salidas**, tablas y gráficos arrojados por las consultas sobre: i) industria manufacturera (datos generales, materias primas y auxiliares, servicios públicos, residuos atmosféricos, líquidos y sólidos, productos terminados entre otros), ii)

modelación de factores de emisión de fuentes fijas (FCAff_r y FCAff_p), iii) generar reportes y iv) estimar las excedencias de la norma NLff.

- *Sistema de Información Para Emisiones de Contaminantes Atmosféricos SIPECA 1.0*: usa herramientas de código abierto (Open Source Initiative) y software libre disponible en la web, en particular, MS4W, el cual instala un ambiente pre-configurado de servidor Web, en este caso Apache; además crea una completa instalación de Php5, MapServer, MapScript y otra serie de componentes útiles. Igualmente, para el almacenamiento de datos espaciales, se utilizó el motor PostgreSQL con la extensión espacial PostGIS. *El objetivo*, es generar mapas de riesgo ambiental donde se representa el nivel de concentración de contaminantes criterio. *Las entradas*, instrumento con los datos depurados en Excel de la NLc. *Su salida*, son mapas de riesgo ambiental con la información de la concentración de contaminantes atmosféricos.

- Plan de acción: obtenidos los valores en ton/día de la reducción por cada escenario, se elabora el plan de acción a implementar para el nuevo periodo de estudio. La tabla 2.11, muestra el instrumento utilizado para el plan de acción que se envía a la fase de planeación.

Tabla 2.11. Plan de acción a implementar en el nuevo periodo

Por qué	Qué	Cómo	Quién	Cuándo	
Factor	Objetivo	Actividad	Responsable	Fecha inicio	Fecha fin

Fuente: Elaboración propia

2.4 Conclusiones

- ◆ El procedimiento se diseñó para gestionar las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en la autoridad de tránsito, transporte, sanitaria y ambiental y se convierte en un referente para adelantar una gestión orientada a minimizar los riesgos que presenta la contaminación del aire en el ambiente y salud.

- ◆ La fase de planeación da respuesta al problema científico planificando las medidas de control de acuerdo con los resultados alcanzados por los indicadores de factor de carga ambiental de fuentes móviles y fijas y demuestra la adaptabilidad del procedimiento a los cambios de las expectativas y necesidades en ciudades de países en desarrollo.

- ◆ La fase de recepción y el análisis de datos da respuesta al problema científico ordenando las actividades y satisface las necesidades de la comunidad y el ambiente (cliente) y cumple con las expectativas de las partes involucradas (organizaciones) a partir de la gestión de los procesos definidos para la realización del trabajo.
- ◆ La fase de control da respuesta al problema científico evaluando el desempeño de los indicadores de resultado, ratificando y consolidando acciones, generando un plan de acción para las medidas de control a implementar.
- ◆ Las herramientas computacionales facilitan la obtención del factor de carga ambiental real y proyectada de fuentes fijas y móviles, el valor de concentración por contaminante y entrega información gráfica para obtener el inventario de emisiones atmosféricas.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA GESTIÓN DE LAS MEDIDAS DE CONTROL DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS DE FUENTES MÓVILES Y FIJAS EN CALI – COLOMBIA

3. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LAS MEDIDAS DE CONTROL DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

3.1 Introducción

Los cambios económicos, sociales y ambientales experimentados en los últimos años a nivel mundial, condujo al planteamiento de nuevos modelos de desarrollo para integrar la competitividad, la globalización, la disputa de mercados y el bienestar de la población. La información ambiental es un activo esencial, para formular y articular las políticas e instrumentos públicos con el diseño y desarrollo de procesos de control (Vega, 2005).

El objetivo de este capítulo, es validar el procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas, mostrando los resultados obtenidos en su validación en la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal (STTM), Secretaría de Salud Pública Municipal (SSPM) y el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente Municipal (DAGMA).

Los resultados permitieron comprobar la hipótesis propuesta en esta tesis doctoral “El diseño e implementación de un procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas facilitará a las partes involucradas la toma de decisiones políticas y normas para el manejo de la calidad del aire y reducir su deterioro ambiental en la Ciudad de Cali”.

3.2 Resultados fase diagnóstico

3.2.1 Preparación

- **Selección del equipo de trabajo:** del organigrama general de cada organización se identificaron los grupos, áreas y estructura interna del área (tabla 3.1) y mediante una entrevista al jefe (anexo 3.1) y un cuestionario (anexo 3.2) al personal del área, se identificó en las partes involucradas el cargo actual, el nivel de estudio, el número de personas del área y el tipo de contratación (tabla 3.2).

Tabla 3.1. Grupo, área, estructura del área y personal con tareas en las medidas de control de las organizaciones.

Descripción	Autoridad							
	STTM		SSPM			DAGMA		
Grupo	Grupo Educación y Seguridad Vial		Grupo de Salud Pública			Grupo Calidad del Aire		
Área del grupo	Educación y cultura	Control y seguridad vial	Prevención y promoción	Salud ambiental	Vigilancia Epidemiológica	Área fm	Área ff	Área RMA
Estructura del área	Guardas de tránsito Registro automotor		Vigilancia condiciones sanitarias ambientales Promoción espacios saludables y seguros Prevención de enfermedades Laboratorio de referencia Centro de zoonosis Unidad ejecutora de saneamiento (UESA)			Control fm Control ff Operativo vial Declaración ambiental		
Personal								
Cargo actual		Nivel profesional			N° empleados	Tipo de contratación		
						Dir.	Ind.	
Cargo STTM								
Director de planeación		Maestría			1	1	-	
Guarda de tránsito		Profesional			229	53	176	
Digitador		Tecnólogo			2	-	2	
Coordinador operativos viales		Profesional			1	1	-	
Cargo en la SSPM								
Jefe área salud ambiental		Maestría			1	1	-	
Coordinador de riesgo físico y químico					1	1	-	
Coordinador de riesgo biológico					1	1	-	
Coordinador de riesgo consumo					1	1	-	
Coordinador de entornos saludables					1	1	-	
Áreas operativas		Especialista			5	5	-	
Área Salud Pública					7	7	-	
Técnicos en saneamiento					53	53	6	
Salud ambiental					11	-	11	
Auxiliares de vectores		Profesionales			71	-	71	
Cargo en el DAGMA								
Director grupo calidad del aire		Especialista			1	-	1	
Coordinador grupo calidad del aire					1	-	1	
Coordinador fuentes móviles					1	-	1	
Coordinador fuentes fijas puntuales					1	-	1	
Coordinador RMA					1	-	1	
Técnicos en control ambiental		Tecnólogo			15	-	15	

Fuente: Elaboración propia

Identificadas las personas que laboran en las organizaciones, se seleccionó el grupo que ejecutó e implementó el diagnóstico y el procedimiento en la autoridad de tránsito, transporte, sanitaria y ambiental. La selección, se realizó considerando el perfil propuesto por el INE, 2008 en el anexo 2.1.

La tabla 3.2, muestra la composición de los grupos de trabajo por institución. Cada grupo adelantó las funciones en las organizaciones y fueron discutidas en la Mesa Intersectorial Para la Evaluación de la Calidad del Aire (MIPECA), creada para discutir los temas de manejo de la calidad del aire y salud ambiental. También, se observa el cargo actual del funcionario en la entidad y la función asignada en el proyecto.

Tabla 3.2. Descripción del equipo de trabajo seleccionado por autoridad.

Cargo actual en la entidad	Función en el proyecto	Entidad
Director de planeación	Planeación, implementación, control, asistir MIPECA	STTM
Ingeniero de sistemas	Análisis	
Guarda de tránsito	Medición y control en operativo vial	
Director del proyecto (autor)	Diagnóstico, planeación, implementación, control y MIPECA	
Jefe Área Salud Ambiental	Planeación, implementación, control, asistir MIPECA	SPPM
Jefe UESA	Planeación, implementación y control	
Inspector de sanidad	Medición	
Director del proyecto (autor)	Diagnóstico, planeación, implementación, control y MPECA	
Director grupo calidad del aire	Planeación, implementación, control, asistir MIPECA	DAGMA
Técnico en calidad del aire	Análisis	
Grupo de control ambiental	Medición	
Director del proyecto (autor)	Diagnóstico, planeación, implementación, control y MIPECA	

Fuente: Elaboración propia

La dirección de la MIPECA, se asignó a la Secretaría de Salud Pública Municipal y quedó a cargo del jefe del Área de Salud Ambiental.

- **Ejecución del diagnóstico:** se realizó mediante un taller de análisis de problemas (anexo 3.3) que tuvo como tema central “*identificar la situación actual de la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en la ciudad de Cali*” identificó las covariables que, a juicio de los participantes, impedían una adecuada gestión de las medidas de control y limitaban la toma de decisiones políticas para el manejo de la calidad del aire en la ciudad de Cali. Las covariables se identificaron aplicando una entrevista al jefe de cada área (anexo 3.1), un cuestionario a las personas con tareas en medidas de control de contaminantes atmosféricos (anexo 3.2), en un trabajo de campo realizado en las organizaciones y un taller de lluvia de ideas.

La tabla 3.3, muestra la matriz de afinidad obtenida con las covariables identificadas y definidas en la lluvia de ideas por los participantes en la ciudad de Cali. Las covariables varían dependiendo de las características de cada organización por zona de estudio.

Tabla 3.3. Covariables que impiden y limitan la gestión de las medidas de control en la ciudad de Cali.

Tipo de covariable			
Económicas	Laborales	Técnicas	Tecnológicas
Asignación anual de presupuesto.	Tipo de contratación. Capacitación. Horas de trabajo.	Procedimientos de trabajo. Análisis de datos. Comunicación de la información de los datos.	Número de estaciones de monitoreo móviles. Número de estaciones de monitoreo fijas. Número de ordenadores. Puestos de trabajo disponibles y equipados.

Fuente: Elaboración Propia

Las covariables se priorizaron en una matriz y diagrama causa-efecto para conocer el grado de motricidad y dependencia en la gestión de las medidas de control (anexo 3.3) y son:

- Baja asignación del presupuesto anual
 - Poca capacitación del personal
 - Ausencia de procedimientos de trabajo
 - Ausencia de técnicas para el análisis de datos
 - Uso de técnicas inadecuadas para la comunicación de la información de datos
- **Cronograma de actividades:** identificadas las covariables a intervenir en la organización, se elaboró un cronograma con las actividades a realizar por miembro del equipo de trabajo para implementar el procedimiento en las partes involucradas (anexo 3.4). La tabla 3.4, expone las actividades conjuntas y realizadas por las autoridades en la MIPECA. El anexo 3.5, muestra las entidades participantes en la MIPECA y el anexo 3.6, muestra el plan de capacitación realizado en las partes involucradas.

Las conclusiones del diagnóstico son las siguientes:

- De los grupos y áreas de trabajo de las partes involucradas se seleccionaron las áreas con los funcionarios específicos y encargados de implementar el procedimiento en cada entidad.
- Las autoridades cuentan con profesionales formados y capacitados para cumplir con las actividades propuestas en el procedimiento. El tipo de contratación de algunos funcionarios y la ausencia de técnicas de análisis y comunicación de la información aportaron durante varios años a la ineficiencia de la gestión de las medidas de control en la ciudad de Cali. Las funciones asignadas a cada entidad en la implementación del procedimiento cumplió con las actividades propuestas y eliminó la repetición de actividades en las autoridades que aún tenían funciones superpuestas.

Tabla 3.4. Actividades de las autoridades en al MIPECA.

Actividades de la MIPECA	Autoridad Tránsito y Transporte	Autoridad de Salud	Autoridad Ambiental
Coordinación de la MIPECA.		✓	
Coordinación red de monitoreo de la calidad del aire y meteorología.			✓
Coordinación control de fuentes móviles.			✓
Coordinación control fuentes fijas.			✓
Inventario de fuentes móviles.			✓
Inventario de fuentes fijas.		✓	✓
Inventario de emisiones atmosféricas.	✓		✓
Declarar conformidad ambiental y sanitaria.		✓	✓
Informes sobre calidad del aire.	✓	✓	✓
Verificación del cumplimiento de indicadores.	✓	✓	✓
Establecimiento de la Norma Local de emisión (NLfmp y NLffp).	✓	✓	✓
Elaboración del plan de acción para la evaluación y control de contaminantes atmosféricos del siguiente periodo.	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia

— De las tres autoridades, la STTM es la única que tiene procedimientos certificados por ICONTEC; cuenta con un manual de funciones para cuatro grupos de trabajo, pero no para la gestión de medidas de control de contaminantes atmosféricos. En la SSPM, existe un manual de funciones en proceso de elaboración para el grupo de salud pública, pero no contempla la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos y en el DAGMA, existen funciones establecidas, pero no escritas, es decir, no existen procedimientos para la gestión de las medidas de control.

3.2.2 Resultados de la fase de planeación

El año base para iniciar la validación del procedimiento en la población objeto de estudio, fue el 2007. El proceso de planeación del procedimiento en la STTM, SPPM y el DAGMA en los años 2007, 2008 y 2009 se muestra a continuación:

- **Definición de la Política Estatal de emisión e inmisión de contaminantes atmosféricos:** para el caso de Colombia (2007) se consideran: el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 9 de 1979, el Decreto 02 de 1982, la Constitución Política de Colombia de 1991 en sus artículos 49, 67, 79, 80, 81, 82, 95, 330, 334, 336, 360, 361 (CPC, 1991), la Ley 99 de 1993 y el Decreto 216, 2003.
- **Propósito, alcance y objetivo:** la tabla 3.5, muestra el propósito, alcance y objetivo planeados por periodo de estudio.

Tabla 3.5. Propósito, objetivos y alcance

Propósito	Identificar las fuentes de emisión para obtener un inventario de emisiones atmosféricas, facilitar la toma de decisiones políticas y la gestión de las medidas de control.
Alcances	Establecer un procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas. Proveer información para el desarrollo de proyectos de I+I+D que aporten soluciones a la problemática ambiental local de acuerdo con la fuente y tipo de emisión.
Objetivo	Diseñar un procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas.

Fuente: Elaboración propia

- **Planeación de las medidas de control:** la tabla 3.6, muestra la planeación de las medidas de control de fuentes móviles (x_1), fuentes fijas (x_2) y calidad del aire y meteorología (x_3).

Tabla 3.6. Plan de acción para cada medida de control en el periodo de estudio.

Fuente	Valor medido			Equipo de medición utilizado	Rango de medición del equipo	Frecuencia de medición	Instrumento de registro de datos	Tipo de datos	Entidad ejecutora
	Variable	Covariable	Referencia						
Móviles x_1	CO	Tabla 2.1	NLfm	Analizador de gases	0-10 %	Anual	MAMF	Discretos	CDA
	CO ₂				0-30 %				
	HC				0-2000 ppm				
	O ₂				0-20				
Fijas x_2	PM ₁₀	Tabla 2.1	NLff	Prueba Isocinética	1-10.000 Kg/h	Anual	MAMF	Discretos	Tercero
	SO ₂				0-20.000 Kg/h				
	NO _x				0-10.000 Kg/h				
Estado del aire x_3	CO	-	NLc	Estaciones de monitoreo	0-1.000 ppm	Horaria	MAMF	Continuos	Tercero
	PM ₁₀				1-10.000 ug/m ³				
	SO ₂				0-20.000 ppb				
	NO ₂				0-2000 ppb				
	O ₃				0-200 ppb				
	°T				-40 a 60 °C				
	Hr				0-100 %				
	VV				0-759 m/s				
	DV				0-360°				
	P _{atm}				600-1.000 Mbar				
	RS				0-3.000 W/m ²				
PI	0-400 mm ²								

Fuente: Elaboración Propia

- **Normas Locales:** las vigentes para la ciudad de Cali en el año 2007 son:

— Norma Local de emisión para fuentes móviles (NLfm): los niveles permisibles de emisión de contaminantes generados por fuentes móviles terrestres a gasolina o diesel para todo el territorio nacional son: la Decreto 948 de 1995, el Decreto 195 de 1995, Decreto 2107 de 1995, la Resolución 005 de 1996, el Decreto 1697 de 1997, la Ley 762 de 2002, la Ley 693 de 2001, el RT 180687 de 2003 y la Resolución 0653 de 2006. La normativa vigente para Cali de acuerdo con DAGMA (2003) es: el Acuerdo 090 de 2002, el Decreto 0064 de 2002, el Decreto 421 de 2002, la Resolución 030 de 2002, la Resolución 548 de 2002 y la Resolución 652 de 2003. La tabla 3.7, muestra los valores máximos de emisión de vehículos a gasolina (Resolución 005, 1996) (NTC 5385, 2001).

Tabla 3.7. Norma Local de emisión de gases para fuentes móviles a gasolina en Cali

Valores máximos permitidos de emisión de gases vehiculares años 2007, 2008 y 2009				
Modelo	CO %	HC ppm	CO ₂ %	O ₂ %
<1974	6,5	1000	10 A 17	< 5
1975 – 1980	5,5	900		
1981 – 1990	4,5	750		
1991- 1995	3,5	650		
1996 – 1997	3	400		
1998 – 2000	2,5	300		
>2001	1	200		

Fuente: Facilitado por el CDA Automóvil Club de Colombia, 2007

— Norma Local de emisión para fuentes fijas (NLff): los niveles permisibles de emisión de contaminantes generados por fuentes fijas para todo el territorio nacional, es la Ley 02 de 1982 y la Resolución 619, 1997. La tabla 3.8, muestra los valores máximos de emisión admisibles. Sin embargo, la Ley 02 de 1982, fue derogada por la Resolución 909 de 2008.

Tabla 3.8. Norma Local de emisión de gases para fuentes fijas en Cali - Colombia

Contaminante	Flujo de Contaminantes (Kg/h)	Estándares de emisión admisibles de contaminantes (mg/m ³)		
		Actividades industriales existentes	Actividades industriales existentes	Actividades industriales nuevas
		2007	2008 - 2009	2008 - 2009
PM	≤ 0,5		250	150
	> 0,5		150	50
SO ₂	Todos		550	500
NO _x	Todos		550	500

Fuente: Resolución 909, 2008

— Norma Local de Calidad del Aire por contaminante (NLc): el valor promedio máximo permisible (ecuación 2.5) o Norma Local para contaminantes criterio (NLc) en condiciones de referencia los establecen la Ley 02 de 1982, la Resolución 0601 de 2006 y el Decreto 979 de 2006 (tabla 3.9).

Tabla 3.9. Norma Local de Calidad del Aire (NLc) en Cali – Colombia

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible año	Tiempo de exposición
PM ₁₀	ug/m ³	150	24 horas
	ug/m ³	50	Anual
SO ₂	Ppb	34.22	Anual
CO	Ppm	11.7	8 horas
NO ₂	Ppb	47.61	Anual
O ₃	Ppb	77.57	Anual

Fuente: DAGMA, 2003

- **Indicadores de resultado planeados:** la tabla 3.10, muestra las ecuaciones para el cálculo anual de los indicadores.

Tabla 3.10. Ecuaciones utilizadas para el cálculo de indicadores de resultado.

ICA	FCA _{fm}	FCA _{ff}
Ecuación 2.1	Ecuación 2.2	Ecuación 2.3
$ICA = [(Cc/NLc) * 100]$	$FCA_{fm} = \frac{FCA_{fm}_r}{FCA_{fm}_p} * 100$	$FCA_{ff} = \frac{FCA_{ff}_r}{FCA_{ff}_p} * 100$

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3 Resultados de la recepción y análisis

- **Recepción de datos:** El anexo 3.7, muestra los instrumentos con los resultados entregados por las entidades que ejecutaron las medidas del control de contaminantes atmosféricos. La tabla 3.11, muestra la comunicación y capacitación impartida a los infractores de la medida de control.

Tabla 3.11. Comunicación y capacitación realizada a los usuarios que incumplen la medida de control.

Etapas	Fuentes móviles		Fuentes fijas
	Usuario	Usuario	Usuario
Comunicación del cumplimiento de la Norma Local a usuarios, entorno y entidades	Si	Expidió certificado	Expidió certificado
	No	Expidió el certificado, informó la inconformidad al usuario. Se capacitó y entrego un plegable ilustrativo sobre los beneficios ambientales y económicos del mantenimiento periódico de su vehículo (anexo 3.8).	Expidió el certificado, de las no conformidades. Capacito y entregó un libro sobre P+L que expone los beneficios ambientales y económicos de realizar mantenimiento a sus equipos (anexo 3.9).
	Entidad	Comunicó cada mes a las entidades en un instrumento de registro (anexo 2.13).	Comunicó anualmente a las entidades en un instrumento de registro (anexo 2.13).

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 3.12, muestra el número total de datos suministrados por las entidades en el periodo de estudio. Se solicitaron los datos disponibles desde el año 2003, para tener una línea base en la gestión de las medidas de control y evidenciar el aporte del procedimiento en la gestión de

las medidas de control de contaminantes atmosféricos en la ciudad de Cali, debido a la ausencia de datos de la RMA en el periodo de estudio 2007, 2008 y 2009.

Tabla 3.12. Número total de datos suministrados por las medidas de control en el periodo de estudio y línea base.

Medida de control	Estándar para realizar la medida	Norma a verificar su cumplimiento	Entidad que realiza la medida de control	Variable	Número total de datos suministrados			
					2003 a 2006	2007	2008	2009
Fuentes móviles	Resolución 3500 (2005), NTC 5365, NTC 5375, NTC 5385, NTC 4231, NTS 4983	NLfm	CDA	ITMG	189.000	32.000	42.000	44.000
Fuentes fija	Resolución 198 (1995)	NLff	DAGMA	DA	294	78	85	85
Estado calidad del aire	IDEAM (2008)	NLc	DAGMA	PM ₁₀	142.000	0	0	0
				SO ₂	168.100	0	0	0
				NO ₂	81.200	0	0	0
				NO	77.700	0	0	0
				CO	56.800	0	0	0
				O ₂	62.900	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia

● **Análisis de datos:** la figura 2.3, muestra los pasos seguidos para el análisis de los datos suministrados por las entidades que realizaron las medidas de control y se describen a continuación:

— Depuración de datos: el anexo 2.12, muestra el instrumento digital con el número total de datos de las medidas de control enviados por las partes involucradas en el periodo de estudio (tabla 3.11). Estos se programaron en Excel, como se muestra en el anexo 3.10.

— Validación de datos: en el software PCA 1.0 se validaron los datos de las fuentes móviles y la RMA considerando las características de los datos propuestas en la tabla 2.3 y utilizando la estadística descriptiva de la tabla 2.4 (figura 3.1). Las fuentes fijas se validaron en el RVGA 1.0. Los resultados de la validación por medida de control en el periodo de estudio, se muestra a continuación:

	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)	
Promedio(Pe...	4.19	11.6	621.23	5.07	<input type="button" value="Estadística"/> <input type="button" value="Reporte"/>
Desviación E...	0.0	0.0	0.0	0.0	
Coef. de Vari...	0.0	0.0	0.0	0.0	
Numero Regi...	145733	145338	149482	145349	
Limite Inferior	4.19	11.6	621.23	5.07	
Limite Superior	4.19	11.6	621.23	5.07	

Figura 3.1. Validación estadística de datos de la ITMG y RMA en el PCA 1.0.

Fuente: Interfase PCA 1.0

■ Fuentes móviles: la tabla 3.13, muestra los resultados de la validación de los datos.

Tabla 3.13. Validación de datos de la ITMG realizada en un CDA de Cali – Colombia en el periodo de estudio.

Año	No. total de datos (100%)	Datos no útiles	Datos útiles	Resultado prueba de emisión de gases		Datos que no cumplen con la NLfm por tipo de gas			
				Aprobado	Reprobado	HC	CO	CO ₂	O ₂
03-06	188.888*	91.353 48,4%	97.535 51,6%	-	-	-	-	-	-
2007	32.356**	2.381 7,4%	29.975 92,6%	15.246 50,9%	14.729 49,1%	6.794 22,7%	8.328 25,9%	7.515 27,8%	5.294 17,7%
2008	42.249**	3.760 8,9%	38.489 91,1%	19.403 50,4%	19.086 49,6%	9.902 25,7%	8.720 22,7%	11.192 29%	5.489 14,3%
2009	43.954**	2.353 5,4%	41.601 94,6%	25.377 57,7%	16.224 42,3%	1.022 23%	7.596 12,3%	9.539 21,7%	7.863 17,9%

*Se refiere a todos los datos entregados en ese periodo por cuatro CDA

**Se refiere a los datos entregado por un CDA en el periodo de estudio

Fuente: Elaboración propia

El número de datos útiles, aumentó en un 41% en el primer año de implementación (2007) y en los dos siguientes en un 2% entre el año 2008 y 2009. El 52.6% de los vehículos cumplió con la NLfm (**verde**). En el tercer año de estudio, el porcentaje de aprobación aumentó en un 6.8% respecto al año 2007. El gas, con más alto porcentaje promedio de incumplimiento (**rojo**) es el CO₂ (24.8%), seguido de los HC (24.6%) y el CO (19.2%).

■ Fuentes fijas: la tabla 3.14, muestra los resultados de la validación de los datos. El número de datos útiles aumentó en un 8% entre el año 2008 y 2009. El 93.6% de industrias manufactureras cumplió con la NLff (**verde**). El valor en porcentaje promedio con incumplimiento (**rojo**) por gas fue el PM₁₀ y el SO₂ (13.6%) y el NO_x (3.2%).

Tabla 3.14. Validación de datos de la encuesta realizada a las fuentes fijas en Cali

Año	No. total de datos	Datos no útiles*	Datos útiles	Resultado prueba de emisión de gases		Datos que no cumplen con la NLfm por tipo de gas		
				Aprobado	Reprobado	PM ₁₀	SO ₂	NO _x
2007	78 100%	8 10%	70 (90%)	53 (76%)	17 (24%)	17	17	10
2008	85 100%	6 7%	79 (93%)	70 (89%)	9 (11%)	9	9	6
2009	85 100%	2 2%	83 (98%)	78 (94%)	5 (6%)	5	5	3

*Se refiere a DA que no estaban diligencias completamente. Sin embargo, todas las DA tienen datos no útiles.

Fuente: Elaboración propia

■ Datos Calidad del Aire: la tabla 3.15, muestra los resultados de la validación de los datos. La RMA en el periodo de estudio, no estaba en funcionamiento por problemas económicos y técnicos. Por este motivo, se muestran los resultados de la validación de los datos de la RMA, disponible en los años 2003, 2004 y 2005, como evidencia de la

validez del procedimiento propuesto; esto significa, que si en la ciudad de Cali, existieran datos de la RMA, para los años 2007, 2008 y 2009, se pueden validar. A manera de ejemplo, se muestra el resultado de los años 2003, 2004 y 2005.

Tabla 3.15. Validación de datos de la RMA de Cali – Colombia años 2003, 2004 y 2005

Cc	Año	Datos no útiles	Datos útiles por estación							
			CDAV	BA	Calle 15	Pance	ERA	PDD	UV	HUV
PM ₁₀	2003	7694	7132	6845	6871	6687	6652	7125	7392	6824
	2004	8230	6944	6847	7120	6986	8657	7074	8872	-
	2005	7240	0	-	7712	4620	2181	5395	6394	-
SO ₂	2003	7560	7210	7154	7349	-	6890	7080	6800	6769
	2004	5894	7780	7081	6963	-	7364	7633	7193	-
	2005	0	0	-	-	-	1578	257	5220	-
N ₂	2003	3568	7698	7211	6935	-	6816	7010	-	-
	2004	5342	7264	7130	6918	-	7515	6857	-	-
	2005	2634	0	-	-	-	1678	5250	-	--
NO	2003	4128	7698	7209	7392	-	6790	7350	-	-
	2004	5198	6939	7128	6916	-	7488	6848	-	-
	2005	2121	-	-	-	-	1616	5241	-	-
CO	2003	3818	7698	7420	7390	-	-	7248	-	7813
	2004	1893	6796	7522	-	-	-	1631	-	-
	2005	0	0	-	-	-	-	0	-	-
O ₃	2003	4239	6919	-	-	7550	-	7579	7205	-
	2004	4015	6815	-	-	6744	-	6729	3175	-
	2005	1530	-	-	-	4506	-	4223	499	-
			CDAV	BA	Calle 15	Pance	ERA	PDD	UV	HUV

Fuente: Elaboración propia

Terminado el proceso de validación de datos para cada medida de control (anexo 3.11), los datos útiles, se enviaron al almacén final de datos, como se estableció en la figura 2.3. La estructura del almacén final de datos es similar al formato utilizado en la depuración del anexo 3.10. Los datos no útiles fueron enviados a las entidades que realizaron las medidas de control en un formato digital (tabla 3.16).

Tabla 3.16. Instrumento de comunicación de datos no útiles

Datos no útiles	Cantidad			Causa del error					
	ITMG	DA	RMA	Personal	Equipo	Material	Método	Medición	Medio ambiente
Total	8464*	16**	78.104	-	-	-	-	-	-
No exacto	2116	-	54.673	-	x	x	-	x	-
No integro	6348	16	23.431	X	x	-	-	x	-
No actual	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No coherente***	-	-	-	x	-	-	-	-	-
No consistencia***	-	-	-	x	-	-	-	-	-
No puntual	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Total en el periodo de estudio año 2007, 2008 y 2009.

**Son Declaraciones Ambientales que no tenían datos útiles suficientes. Sin embargo, todas las DA entregadas tienen datos no útiles.

***Estos datos se encuentran dentro de los datos no íntegros.

Fuente: Elaboración Propia

— Base de datos final: el software PCA 1.0, se generó la base de datos final de fuentes móviles y de calidad del aire. En el RVGA 1.0, se creó la base de datos final de fuentes fijas, como se muestra en las figuras 3.2 y 3.3 respectivamente. De estas bases de datos se realizaron las consultas sobre los datos obtenidos en las medidas de control.

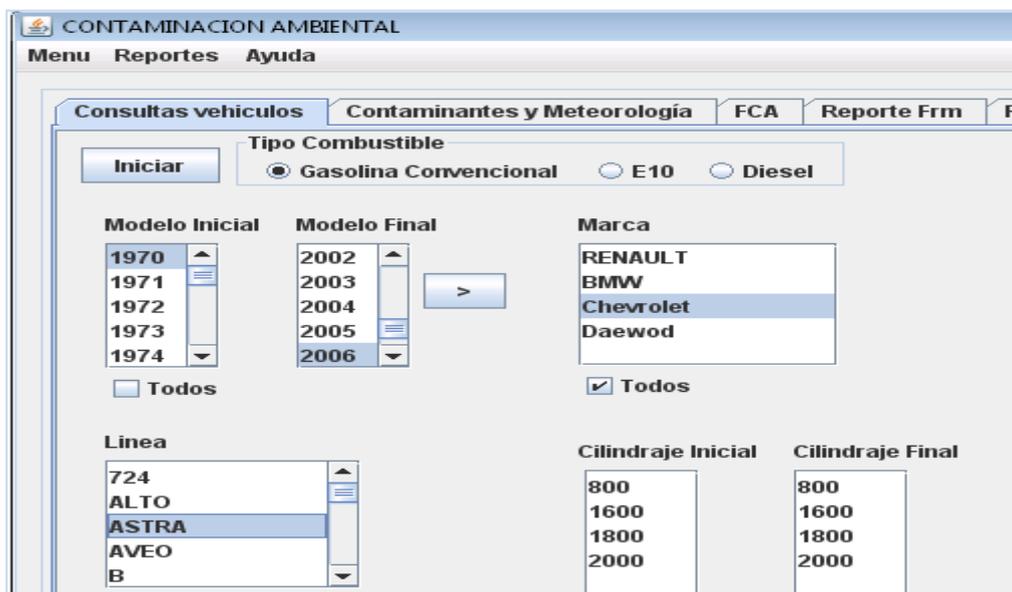


Figura 3.2. Almacén de datos final de la ITMG (consulta de vehículos) y RMA (Meteorología y Contaminantes) en el PCA 1.0.

Fuente: Interfase PCA 1.0



Figura 3.3. Menú con el almacén final de datos en el RVGA 1.0.

Fuente: Interfase RVGA 1.0.

— **Gráficos:** el PCA 1.0 en el [link](#) reportes PDF y reportes Frm se obtienen las gráficas de las fuentes móviles y estado de la calidad del aire (figura 3.4 y anexo 3.12). La figura 3.5, muestra el listado de las gráficas obtenidas en el RVGA 1.0 de las fuentes fijas, en el [link](#) reportes. Estas gráficas, son utilizadas para el análisis de la situación en Cali, como medio de información para la comunicación de resultados y para obtener el Inventario de Emisiones Atmosféricas (anexo 3.12). El anexo 3.12, muestra las gráficas de las variables

meteorológicas (3.12a), las fuentes móviles (3.12b), las fuentes fijas (3.12c) y contaminantes criterio (3.12d).

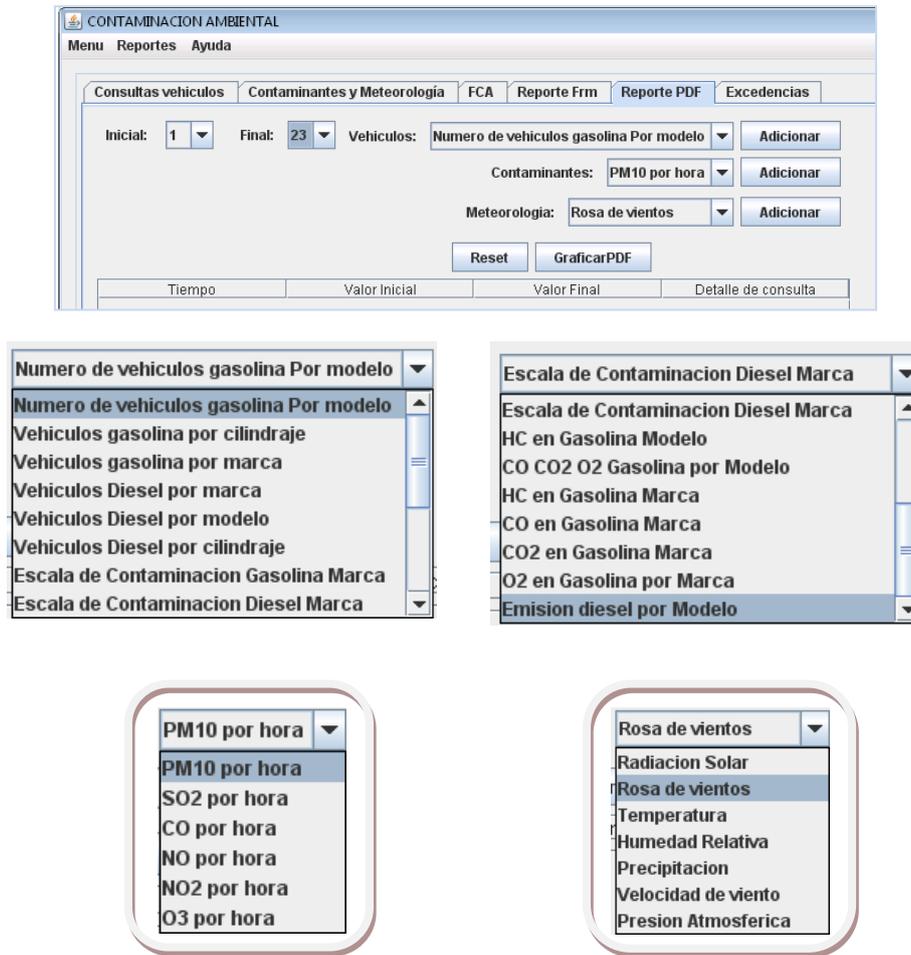


Figura 3.4. Interfase del PCA 1.0 para generar gráficos.

Fuente: Interfase RVGA 1.0.



Figura 3.5. Interfase del RVGA 1.0 con el listado de los gráficos de control de la NLff

Fuente: Interfase RVGA 1.0

- **Resultado del cálculo de los factores de emisión:** son miembros de la ecuación 2.1, 2.2 y 2.3 planeados en la tabla 3.10. Los valores obtenidos son: i) la Concentración por contaminante (Cc), ii) el Factor de Carga Ambiental real para fuentes móviles (FCAfm_r) y fijas (FCAff_r) y iii) el Factor de Carga Ambiental proyectado para fuentes móviles (FCAfm_p) y fijas (FCAff_p) obtenidos en el PCA 1.0 y del RVGA 1.0.

— Resultado de la Concentración de contaminantes (Cc): el nivel de concentración de los contaminantes por día, hora, mes y año, se obtuvieron, en el [link contaminantes y meteorología](#) en el PCA 1.0 (figura 3.6).

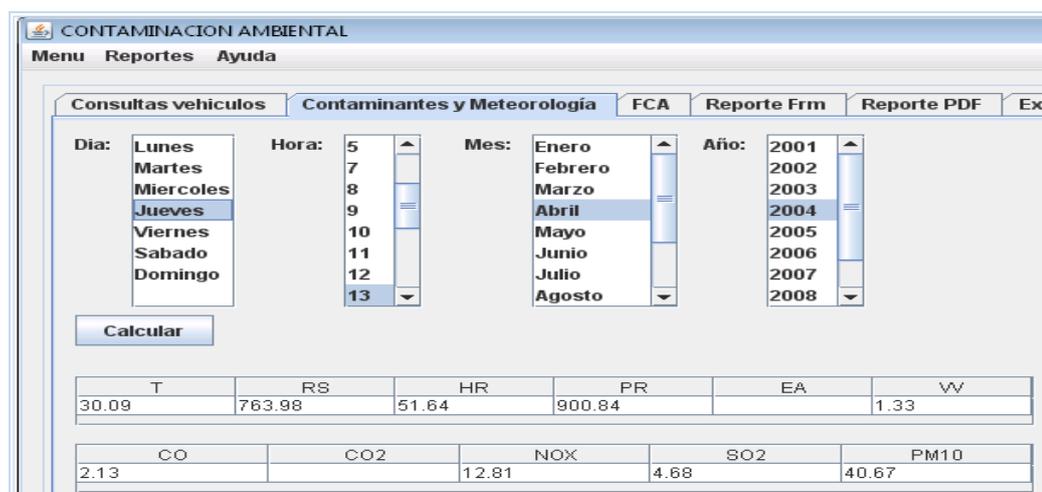


Figura 3.6. Concentración promedio horaria de contaminantes criterio en Cali

Fuente: Interfase del PCA 1.0

La figura 3.6, muestra los valores de Cc arrojados por contaminante; por ejemplo, el valor del PM₁₀ para la consulta fue de 40.67 ug/m³. El anexo 3.12d, muestra, los valores diarios del nivel promedio horario en el año 2004, para los contaminantes.

Los valores de concentración del contaminante promedio (Cc) para los años 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007, se muestra en la tabla 3.17.

Tabla 3.17. Valor Cc promedio anual en Cali

Año	PM ₁₀ ug/m ₃	O ₃ ppb	CO ppm	SO ₂ ppb	NO ₂ ppb
2003	51	45	1.1	5.2	60
2004	52	47	1.3	6.4	70.8
2005	55	51	1.7	7.3	74
2006	57	55	2.0	7.75	77
2007	59	58	2.2	8.3	79

Fuente: Elaboración propia

— Factor de Carga Ambiental real fuentes móviles (FCA_{fm,r}): es la emisión de CO y CO₂ en toneladas por día, que un determinado modelo y número de vehículos emiten en la ciudad de Cali. Para estimar este valor, se utilizó la ecuación 2.8 ([Link](#) FCA en el PCA 1.0). El anexo 3.13 y 3.13a, muestran los valores obtenidos de la consulta en el PCA 1.0 y el anexo 3.14, muestra, el procedimiento para la obtención FCA_{fm,r} manual, en el caso de no tener acceso al PCA 1.0. La tabla 3.18, muestra el valor en toneladas día generado por 750.000 vehículos turismo por modelo.

Tabla 3.18. Pasos para estimar el valor del FCA_{fm,r} por modelo y número de vehículos.

No de paso	Descripción	Símbolo	Ecuación	Ecuación No
1	Se calculó el factor de emisión a ralenti en Kg/s.	F _{efm}	$F_{efm} = [(P_{emir}/100) * d_{gas} * Cil * (RPM/2)]$	2.10
2	Se calculó el factor de emisión dinámico en gr/milla por gas en Cali.	FE _{fm,d}	$FE_{fm,d} = F_{efm} * (v/e) * (t) * NVT * K$	2.9
3	Se calculó el factor de carga ambiental real por tipo de gas en ton/día para los vehículos por modelo y número de vehículos.	FCA _{fm,r}	$FCA_{fm,r} = FE_{fm,d} * K1$	2.8

Modelo	Número de vehículos por modelo	Valor del FCA _{fm,r} (Ton/día)	
		FCA _{fm} CO _r	FCA _{fm} CO _{2r}
<1974	7.650	17,288	36,476
1975-1980	10.350	17,569	48,035
1981-1990	33.750	59,765	169,650
1991-1995	54.000	72,384	293,294
1996-1997	38.250	33,623	217,085
1998-2000	117.000	60,289	702,772
>2001	395.614	221,179	2.342,194
	Año	FCA _{fm} CO _r	FCA _{fm} CO _{2r}
	2007	817	3.046
	2008	870	3.244
	2009	927	3.455

Fuente: Elaboración Propia

— Factor de Carga Ambiental real de fuentes fijas (FCA_{ff,r}): el Factor de Carga Ambiental real es la emisión de PM₁₀, SO₂ y NO₂ en toneladas por día, que un determinado número de industrias manufactureras emiten. Para estimar este valor, se utilizó la ecuación 2.12. La

tabla 3.19, describe los pasos realizados; sin embargo, este cálculo se realiza sistemáticamente en el RVGA 1.0 en el link factor de carga ambiental.

Tabla 3.19. Pasos para estimar el valor del $FCAff_r$ de acuerdo con el número de industrias manufactureras.

No de paso	Descripción	Símbolo	Ecuación	Ecuación No
1	Se calculó el $FCAff_r$ en Kg/h.	$FCAff_r$	$FCAff_r = [\sum PM_{10} + \sum SO_2 + \sum NO_2] * NTIM$	2.12
2	Se obtuvieron las emisiones en Kg/h de PM_{10} , SO_2 y NO_x del anexo 3.8.	PM_{10} SO_2 NO_x		
3	Se obtuvo el número total de industrias manufactureras del anexo 3.8.	NTIM	-	-
4	Se obtuvo el tiempo promedio de operación anual de todas las IM del anexo 3.8.	Ph	$Ph = \frac{\sum_{i=1}^n HO_i}{NTIM}$	-
5	Se obtuvo el número de horas trabajado por cada IM en Cali	HOi	-	-
6	Se convirtieron las unidades de Kg/h en ton/día	K	$K = \left(\frac{Kg}{h}\right) * \left(\frac{1Ton}{1000Kg}\right) * \left(\frac{365Prh}{1año}\right)$	-
7	Se calculó el $FCAff_r$ en Ton/día.	$FCAff_r$	$FCAff_r = FCAff_r * K$	2.12 ^a

Año	NTIM	Ph	Valor del $FCAfm_r$ (Ton/día)		
			$FCAffPM_{10r}$	$FCAffSO_{2r}$	$FCAffNO_{xr}$
2007	78	10,4	589	102	108
2008	85	12,6	571	99	104
2009	85	11,5	567	97	102

Fuente: Elaboración Propia

— **Factor de Carga Ambiental proyectado de fuentes móviles ($FCAfm_p$):** es la emisión proyectada de CO y CO_2 en toneladas por día, de acuerdo con la tasa de crecimiento anual de vehículos (Tc). Para estimar este valor se utilizó la ecuación 2.16. La tabla 3.20, se describen los pasos realizados considerando una Tc del 6.5% anual.

— **Factor de Carga Ambiental proyectado de fuentes fijas ($FCAff_p$):** se calculó utilizando la ecuación 2.17. Con los valores obtenidos del $FCAff_r$ (tabla 3.19). La tabla 3.21, muestra los resultados considerando un crecimiento anual del 4% y el anexo 3.15, muestra las consultas realizadas en el PCA 1.0.

Tabla 3.20. Pasos realizados para estimar el FCAfm_p de CO y CO₂

No de paso	Descripción	Símbolo	Ecuación	Ecuación No
1	Se calculó el factor de emisión teórico en Kg/s.	Fefm _t	$Fefm_t = [(P_{emit}/100) * d_{gas} * Cil * (RPM/2)]$	2.10
2	Se calculó el valor del porcentaje de emisión teórico	P _{emit} Ideal	$12.5(O_2 + 3.773N_2) + C_8H_{18}$	2.14
		P _{emit} D	$8CO_2 + 9H_2O + (E.12,5)O_2 + 3.773N_2$	2.15
		P _{emit} E	$(2D - 17)CO_2 + 9H_2O + (25 - 2D)CO + 3.773N_2$	2.16
3	Se calculó la densidad por tipo de gas considerando la P ambiente de Cali y la T de salida de los gases.	D _{gas}	$Pv = mRT$	2.11
4	Se calculó el factor de emisión dinámico teórico en gr/milla por gas en Cali.	FE _{fmdt}	$FE_{fmdt} = Fefm_t * (v/e) * (t) * NVT * K$	2.9
5	Se calculó el factor de carga ambiental proyectado.	FCAfm _p	$FCAfm_p = FE_{fmdt} * Tc$	2.13

FCAfm _p	Año	Deficiencia (D)	Ideal	Exceso (E)
		(Ton/día)		
CO ₂	2007	764	1.919	2.533
	2008	814	2.044	2.698
	2009	867	2.177	2.873
CO	2007	1.458	713	-
	2008	1.553	757	-
	2009	1.654	804	-

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.21. Valor del FCAff_p en ton/año

FCAff _p = [FCAff _r * (FCAff _r * Tc)] Ecuación 2.17				
Año	Tiempo promedio de operación (Ph)	FCAff _p Toneladas / Año		
		PM ₁₀	SO ₂	NO _x
2007	10.4 horas	589	102	108
2008	12.6 horas	613	106	112
2009	11.5 horas	638	110	117

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 3.22, muestra las salidas de la fase de recepción y análisis de datos. Obtenidos los valores del FCAfm_r, FCAff_r, FCAfm_p y FCAff_p, se verificó el cumplimiento de los indicadores y se estableció el plan de acción para los años 2008 y 2009 (ver tabla 3.28).

Tabla 3.22. Resultados (salidas) de la fase de recepción y análisis de datos.

Entrada	Proceso	Salida	No ecuación	Anexo
ITMG. Declaración Ambiental. RMA.	Recepción	Instrumentos con el número total de datos entregados anualmente por medida de control.	-	3.5
Instrumentos con los datos de las medidas de control.	Análisis	Instrumento con el número de datos depurados por medida de control.	-	3.6
		Instrumento con los datos útiles y no útiles por medida de control.	2.4 a 2.7	3.7
		Software PCA 1.0 con el almacén de datos ITMG y RMA.	-	
		Software RVGA 1.0 con el almacén de datos de la Declaración Ambiental.	-	
		Gráficas por tipo de datos para cada medida de control.	-	3.8
		Concentración de contaminantes Cc.	2.5	3.8
		Factor de Carga Ambiental de fuentes móviles real FCAfm.	2.8 a 2.10	-
		Factor de Carga Ambiental de fuentes fijas real FCAff.	2.12	-
		Factor de Carga Ambiental de fuentes móviles proyectado FCAfm _p .	2.16	-
Factor de Carga Ambiental de fuentes fijas proyectado FCAff _p .	2.17	-		

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4 Resultados fase de Control

- Verificación del cumplimiento de los indicadores: los indicadores verificados fueron el ICA (tabla 3.23), FCAfm y FCAff.

Tabla 3.23. Valor promedio anual del ICA

Símbolo	Ecuación 2.1	Año	Resultado Indicador				
			Verde	Amarillo	Naranja	Rojo	Púrpura
PM ₁₀	ICA=[(Cc/NLc)*100] Ecuación 2.1	2004	-	-	-	1.04	
		2005	-	-	-	1.1	
		2006	-	-	-	1-.14	
		2007	-	-	-	1.-18	
SO ₂		2004	-	0.18	-	-	-
		2005	-	0.21	-	-	-
		2006	-	0.23	-	-	-
		2007	-	0.24	-	-	-
CO		2004	0.11	-	-	-	-
		2005	-	0.145	-	-	-
		2006	-	0.170	-	-	-
		2007	-	0.19	-	-	-
O ₃		2004	-	0.61	-	-	-
		2005	-	0.66	-	-	-
		2006	-	0.71	-	-	-
		2007	-	0.75	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

FCA_{fm}: la tabla 3.24, muestra el resultado de la verificación del cumplimiento del indicador de Factor de Carga Ambiental de fuentes móviles.

Tabla 3.24. Valor del índice de FCA_{fm}

FCA _{fm}	Ecuación 2.2	Año	Resultado
CO ₂	$FCA_{fm} = \frac{FCA_{fmr}}{FCA_{fmp}} * 100$	2008	1.52 > 1
		2009	1.59 > 1
CO		2008	0.56 < 1
		2009	0.56 < 1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.24, se observa que el CO en las fuentes móviles, está por debajo del indicador en un 33 y 35%, para los años 2008 y 2009 respectivamente. El valor del CO₂ supera el valor establecido para cada año en un 100 y 97% respectivamente. Por esta razón, la modelación se centró en estimar la reducción de CO₂ en fuentes móviles. Es claro, que al reducir CO₂ se disminuye la emisión de los otros gases.

FCA_{ff}: la tabla 3.25, muestra el resultado de la verificación del cumplimiento del indicador de Factor de Carga Ambiental de fuentes fijas.

Tabla 3.25. Valor del índice de FCA_{ff}.

FCA _{ff}	Ecuación 2.3	Año	Resultado
PM ₁₀	$FCA_{ff} = \frac{FCA_{fmr}}{FCA_{fmp}} * 100$	2008	0.9 < 1
		2009	0.89 < 1
SO ₂		2008	0.93 < 1
		2009	0.88 < 1
NO _x		2008	0.93 < 1
		2009	0.88 < 1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.25, se observa que el valor del indicador FCA_{ff}, se cumplió para el periodo de estudio, pero, los valores están muy próximos al esperado y se corre el riesgo de incumplir el FCA_{ff}. Por lo tanto, se ratificaron y consolidaron las acciones.

- **Modelación:** se centró en estimar el valor de carga ambiental a reducir en fuentes móviles; puesto que, la carga ambiental de las fuentes fijas, están por debajo del valor esperado para el periodo. En este sentido, se estableció para los años 2008 y 2009, las acciones a realizar para cumplir con el valor del indicador proyectado para las fuentes móviles. La modelación, se centró en reducir el CO₂. Con la ecuación 2.18 se obtuvieron los valores en toneladas por día a reducir en el periodo de estudio (tabla 3.26).

- Obtenidos los valores en ton/día de CO₂ a reducir en las fuentes móviles por año, se realizó la modelación en el PCA 1.0 en el Link FCA (figura 3.7), la consulta, estima la reducción en ton/día y utilizó la ecuación 2.8 (programada en el PCA 1.0).

Tabla 3.26. Valor en toneladas por día a reducir de CO₂.

FCA _{fm}	Ecuación 2.18	Año	Resultado (Ton/Día)
CO ₂	FCA _{fm,r} -FCA _{fm,p} =FCA _{esc}	2008	1002
		2009	1278

Fuente: Elaboración Propia

La figura 3.7, muestra la interfase del PCA 1.0 para estimar el FCA por escenario. La consulta se realiza considerando el tipo de vehículo, cilindraje y velocidad por modelo; muestra el valor del FCA_{fm,r} en ton/día de CO y CO₂ reducido por la restricción del flujo vehicular.

Numero de vehiculos:

	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
Pemir:	4.19	11.6	621.23	5.07

	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
FEfm(Kg/S):	131.7201349384...	491.2163287090...	37158.28679620...	182.0885468402...
FEfmd(gr/mi):	8415680.46716884	3.138411348122...	2.374065806494...	1.163374929470...
FCAfmr(Ton/Dia):	185.1449702777...	690.4504965868...	52229.44774288...	255.9424844834...

Figura 3.7. Reducción de CO y CO₂ en ton/día para el año 2008 para el FCA_{esc} de la restricción del flujo vehicular.

Fuente: Interfase FCA del PCA 1.0

La tabla 3.27, muestra los resultados arrojados por la consulta del PCA 1.0 sobre la reducción de cada una de las acciones implementadas en el periodo de estudio, para reducir CO₂, único contaminante que no cumplió con el valor proyectado en el indicador para el periodo de estudio. La tabla 3.28, muestra que la acción (escenario) que más reduce las emisiones al aire de CO y CO₂, es la restricción del flujo vehicular. Obviamente, el Día sin carro, es la acción con más reducción, pero, no es viable económica y socialmente en la ciudad. Por último, la acción de mezclar gasolinas convencionales con un 10% de alcohol carburante (E-10), no es significativa, comparada con la reducción de las emisiones de las gasolinas convencionales, como se muestra en el anexo 3.13.

Tabla 3.27. Reducción del Factor de Carga Ambiental por acción (escenario) en fuentes móviles.

Acción (escenario)	Reducción 3n ton/día 2008		Reducción ton/día 2009	
	Vehículo tipo turismo		Vehículo tipo turismo	
	CO	CO ₂	CO	CO ₂
Pico y Placa	143	648	185	695
Día sin Carro	870	3244	927	3455
E-10	25	752	27	801
Gasolina Convencional	178	645	190	687
Carburador	208	621	221	662
Inyección	67	733	72	780

Fuente: Elaboración propia

Obtenidos los valores simulados en el PCA 1.0 se implementó el plan de acción para reducir las emisiones de CO₂, como lo muestra la tabla 3.28.

Tabla 3.28. Plan de acción 2008 – 2009.

Qué	Cómo	Quién	Cuándo	
Reducir en fuentes móviles la emisión de 800 ton/día de CO ₂ en la ciudad de Cali.	Restringir el flujo vehicular diario de vehículos turismo y servicio público como mínimo 200 automotores por cada mil.	STTM	01/01/2008	21/12/2008
Control de las emisiones de gases de las fuentes móviles.	Controlar a diario las emisiones de gases vehiculares en los CDA y operativo vial.	CDA STTM DAGMA		
Control de las emisiones de gases de las fuentes fijas.	Controlar por lo menos una vez al año, las emisiones de los gases de las fuentes fijas con prueba isocinética de gases.	DAGMA	15/01/2010	15/06/2010

Fuente: Elaboración propia

Ejecutado el plan de acción en los años 2008 y 2009 el resultado final obtenido para el indicador FCAfm con y sin acción lo muestra la tabla 3.29.

Tabla 3.29. Valor anual del indicador FCAfm después del plan de acción de los años 2008 y 2009.

Año	Valor del FCAfm sin acción		Valor del FCAfm con acción	
	CO	CO ₂	CO	CO ₂
2008	0.56	1.52	0.45	1.29
2009	0.56	1.59	0.45	1.27

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3.29, muestra el resultado de las acciones implementadas en Cali sobre las fuentes móviles. Se redujo un 11% las emisiones de CO y un 23 y 32% las de CO₂. Sin embargo, el indicador FCAfm, excede en un 27% su valor máximo. Para reducir este 27% en el año 2010, el número de vehículos a restringir es 196.800 (figura 3.8).

Numero de vehiculos <input type="text" value="196800"/> <input type="button" value="Calcular"/>				
Pemir:	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
	4.19	11.6	621.23	5.07
FEfm(Kg/S):	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
	197.5802024077...	736.8244930635...	55737.43019431...	273.1328202603...
FEfmd(gr/mi):	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
	1.262352070075...	4.707617022183...	3.561098709742...	1.745062394205...
FCAfmr(Ton/Dia):	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
	277.7174554165...	1035.675744880...	78344.17161432...	383.9137267251...

Figura 3.8. Factor de Carga Ambiental reducido en Cali para una restricción de 196.800 vehículos diarios.

Fuente: Interfase FCA del PCA 1.0

Finalmente, la tabla 3.30, resume los resultados alcanzados en la validación del procedimiento en las partes involucradas y comprueba la hipótesis planteada en la investigación.

Tabla 3.30. Resumen de los resultados alcanzados en la validación del procedimiento.

Descripción del resultado alcanzado	Cantidad	No Ecuación	No Tabla	% anual			No Anexo
				2007	2008	2009	
Se seleccionaron las normas locales de emisión e inmisión.	3	-	3.7 3.8 3.9	X	X	X	-
Se planearon indicadores de resultado.	3	2.1 2.2 2.3	3.10	X	X	X	-
Se verificó y comunicó el cumplimiento de las normas locales de emisión e inmisión en las medidas de control.	-	-	3.11 3.13 3.14 3.15	X	X	X	-
Se estandarizó el instrumento de colección de datos de las medidas de control.	3	-	-	X	X	X	2.9 3.7
Se estandarizó el instrumento para depurar los datos de las medidas de control.	2	-	-	X	X	X	3.10
Se cuantificó el número total de datos anuales entregados por medida de control.	-	2.4 2.5 2.6 2.7	3.12	X	X	X	-
Se cuantificó el número total de datos anuales útiles por medida de control.	-	2.4 2.5 2.6 2.7	3.13 3.14 3.15	X	X	X	-
Se cuantifico el número total de datos anuales no útiles por medida de control.	-	2.4 2.5 2.6 2.7	3.16	X	X	X	-
Se generaron bases de datos programadas en software.	3	-	-	X	X	X	-

Descripción del resultado alcanzado	Cantidad	No Ecuación	No Tabla	% anual			No Anexo
				2007	2008	2009	
Se generaron gráficas de fuentes móviles, fijas y estado de la calidad del aire.		-	-	X	X	X	3.11
Se obtuvo la Concentración de contaminantes (Cc).	5	2.5	3.17	X	X	X	3.11
Se obtuvo el Factor de Carga Ambiental de fuentes móviles real (FCAfm _r).	-	2.8 2.9 2.10	3.18	X	X	X	3.12
Se obtuvo el Factor de Carga Ambiental de fuentes fijas real (FCAff _r).	-	2.12	3.19	X	X	X	-
Se obtuvo el Factor de Carga Ambiental de fuentes móviles proyectado (FCAfm _p).	-	2.11 2.13 2.14 2.15 2.16	3.20	x	x	x	-
Se obtuvo el Factor de Carga Ambiental de fuentes fijas proyectado (FCAff _p).	-	2.17	3.21	x	x	x	-
Se obtuvo el Inventario de Emisiones Atmosféricas.	-	-	-	x	x	x	3.11
Se comprobó el cumplimiento del indicador ICA (recordar que fue para los años 2004, 2005, 2006 y 2007).	-	2.1	3.23	-	-	-	3.11
Se comprobó el cumplimiento del indicador FCAfm	-	2.2	3.24	x	x	x	3.12 3.13
Se comprobó el cumplimiento del indicador FCAff	-	2.3	3.25	x	x	x	-
Se rectificaron y consolidaron acciones para fuentes fijas.	2	-	3.28	-	x	x	-
Se modelaron las emisiones de fuentes móviles	-	2.18	3.29	-	x	x	3.13
Se realizó un plan de acción para fuentes móviles.	2	-	3.28	-	x	x	-

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Conclusiones

- ◆ La implementación del procedimiento realizó un análisis de la información obtenida en las medidas de control mediante la vinculación de la gestión de la calidad y el uso de tres herramientas computacionales que modernizaron la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricas de fuentes móviles y fijas en Cali-Colombia.
- ◆ El Índice de Calidad del Aire de la ciudad de Cali es insalubre para el PM₁₀ (naranja) y moderada para el CO, el SO₂, el NO_x y el O₃ en los 2004 al 2007.
- ◆ Mientras en el año 2007 los datos disponibles de la Inspección Técnico Mecánica y de Gases fue del 30% en el año 2009 se dispuso del 92% de los datos. En el año 2007 el 51,6% de los datos de la ITMG eran útiles en el año 2009 este fue del 94,6%.
- ◆ La tasa de reprobación de los vehículos que presentaron la ITMG en el año 2007 fue del 50% esta tasa en el año 2009 se redujo a un 43%. Mientras en el año 2007 el porcentaje de vehículos que incumplían las emisiones de Monóxido de Carbono era el 26% en el año 2009 este valor se redujo al 12,3%.

- ◆ En las fuentes fijas se paso de una tasa de reprobación del 24% en el año 2007 a un 6% en el año 2009. El número de gases de las fuentes fijas reprobados para el año 2009 se redujo en un 24%, respecto el año 2007.
- ◆ Para las fuentes móviles el factor de carga ambiental real y proyectada de CO creció un 12,2% y 12,7% entre los años 2007 y 2009. El CO₂ se incrementó en un 13,4% en el mismo período. El factor de carga ambiental real de fuentes fijas se redujo un 3,7% para el PM₁₀, un 4% para el SO₂ y un 5,6% para el NO_x. Mientras que el factor de carga ambiental proyectado para el año 2009 fue del 9% para el PM₁₀, el 7,8% para el SO₂ y el 4,5% para el NO_x respecto del 2007.
- ◆ El indicador de factor de carga ambiental de fuentes móviles (FCAfm) se excedió en 52% para el año 2008 y un 59% para el año 2009. El CO estuvo por debajo del valor del indicador en un 44%. Entre tanto el indicador del factor de carga ambiental de fuentes fijas (FCAff) estuvo por debajo del valor establecido.
- ◆ La modelación estimó el número de toneladas día a reducir de CO₂ en el año 2008 para las fuentes móviles eran 1.002 ton/Día y en el año 2009 la reducción eran 1.272 ton/Día. Las acciones implementadas en la ciudad para reducir las emisiones de CO₂ redujo el valor del FCAfm de 1,52 a 1,29 en el año 2008 y de 1,57 a 1,27 en el año 2009. Para alcanzar el valor del indicador FCAfm igual a uno en el año 2010, se debe restringir el 27% del parque automotor (202.500 vehículos).

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES GENERALES

- ◆ La literatura consultada muestra la existencia de estructuras para el manejo de la calidad del aire, pero, no se encuentra disponible un procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas.
- ◆ El procedimiento permite tomar decisiones políticas para la gestión de las medidas de control de acuerdo con sus condiciones físicas, socioeconómica y disponibilidad de los datos obtenidos en las medidas de control en ciudades de países en desarrollo.
- ◆ El procedimiento diseñado a través del uso de técnicas de gestión ambiental, gestión de la calidad, las tecnologías de la información y de las comunicaciones y la termodinámica, permitió, gestionar las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas mediante cuatro fases que arrojan los siguientes resultados:
 - ◆ **Diagnóstico:** falencias en la gestión de las medidas de control en las organizaciones.
 - ◆ **Planeación:** Tres indicadores de resultado y Tres Normas Locales de emisión e inmisión de contaminantes atmosféricos.
 - ◆ **Recepción y análisis de datos:** verificación del cumplimiento de las normas locales, el inventario de emisiones atmosféricas, el valor de concentración de contaminantes, el factor de carga ambiental y proyectada de fuentes móviles y fijas y reportes estadísticos de los datos.
 - ◆ **Control:** ratificar y consolidar acciones, factor de carga ambiental por escenario modelado de emisión de fuentes móviles y fijas, valor del cumplimiento de tres indicadores de resultado y un plan de acción.
- ◆ La validación del procedimiento permitió comprobar la hipótesis planteada en esta investigación de acuerdo con:
 - ◆ Conformó una Mesa Intersectorial Para el Establecimiento de la Calidad del Aire (MIPECA) donde se toman decisiones políticas de manera integral sobre las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas.

- ♦ Planeó tres indicadores de resultado: Índice de la Calidad del Aire (ICA) y el Factor de Carga Ambiental de fuentes móviles y fijas (FCA_{fm}) y (FCA_{ff}) respectivamente.
- ♦ Planeó tres Normas Locales de emisión e inmisión de contaminantes atmosféricos.
- ♦ Verificó el cumplimiento de las Normas Locales de emisión de contaminantes atmosféricos en los CDA y en las chimeneas de las industrias manufactureras.
- ♦ Obtuvo el valor de la Concentración de contaminantes (Cc) y el valor del Factor de Carga Ambiental real y proyectado para fuentes móviles y fijas.
- ♦ Obtuvo el inventario de emisiones atmosféricas para el periodo de estudio.
- ♦ Ratificó y consolidó las acciones implementadas para la gestión de las medidas de control de las fuentes fijas.
- ♦ Verificó el cumplimiento de los Indicadores de resultado ICA, FCA_{fm} y FCA_{ff}.
- ♦ Modeló las emisiones (FCA_{esc}) de las fuentes móviles.
- ♦ Implementó un plan de acción anual para reducir las emisiones de fuentes móviles y fijas.

4.2 RECOMENDACIONES

- ♦ Desarrollar un procedimiento para la operación de la RMA que facilite la obtención de los datos obtenidos por ésta. Este procedimiento debe ser realizado por una alianza entre las autoridades, ONG's y universidades para garantizar la operación conjunta de la RMA de la ciudad y considerar los propuesto por PMSVCA, 2008.
- ♦ Fortalecer la Mesa Intersectorial Para la Evaluación de la Calidad del Aire para garantizar el mantenimiento del procedimiento en las organizaciones y la reducción del deterioro de la calidad del aire de la ciudad.
- ♦ Incluir en la medida de control de vehículos diesel las medición de gases como CO, CO₂, NO_x, PM₁₀ y SO₂.
- ♦ Iniciar un proyecto encaminado hacia la modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos en el área urbana de la ciudad de Cali para fortalecer el establecimiento de los indicadores ICA, FCA_{fm} y FCA_{ff} así como la Declaración de Conformidad Ambiental y Sanitaria por parte de la Secretaría de Salud Pública Municipal.
- ♦ Incrementar en un dígito por placa la restricción del flujo vehicular diario en la ciudad de Cali. Con esta restricción se alcanza a cumplir el FCA_{fm} establecido para la ciudad de acuerdo con el número total de vehículos.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR, Luis y OTERO, Daniel. Diseño de un modelo de toma de decisiones para el mejoramiento de la calidad del aire en Cali – Colombia. Trabajo de grado Programa de Administración de Empresas. Universidad Libre Seccional Cali. Agosto de 2008.
2. AirMAC. Air Resource Management Center, Urban Air Quality Management in Sri Lanka, Ministry of Environment and Natural Resources, Sri Lanka. Disponible en URL: http://www.cleanairnet.org/caiasia/1412/articles-60271_publication.pdf. (18 mayo 2006).
3. ÁNGEL, Augusto. Desarrollo Sostenible o Cambio Cultural. Centro de estudios ambientales para el desarrollo o regional "Corporación Universitaria Autónoma de Occidente", Fondo Mixto para la Promoción de la Cultura y las Artes del Valle del Cauca. Septiembre de 1997. p. 1-2.
4. ASG. Air Science Group. Air Quality in Hong Kong 2006. Environmental Protection Department – The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. EPD/TR 01/07. Disponible en URL: <http://www.epd-asg.gov.hk/english/report/files/aqr06e.pdf>. Hong Kong, 2007. (15 mayo 2008). p. 7.
5. ASIMOV, Isaac. La Revolución Industrial Introducción a la Ciencia. Editorial Plaza & Janes. 4ª Edición. 1980. 103 p.
6. AVELLANEDA, Alfonso. Gestión Ambiental y Planificación del Desarrollo. El sujeto ambiental y los conflictos ecológicos distributivos. ECOE ediciones. Segunda edición. Bogotá, 2007. p. 5.
7. AZQUETA, Diego. Valoración Económica de La Calidad Ambiental. Editorial Mc Graw Hill. España 1994. p. 197 – 198.
8. BAI, Song, CHIU, Yi-Chang y NIEMEIER, Debbie A. A comparative analysis of using trip-based versus link-based traffic data for regional mobile source emissions estimation. Atmospheric Environment, Vol. 41 (2007), p. 7512-7523. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2008).
9. BALDASANO et. al. Development of a high-resolution (1 km, 1 h) emission model for Spain: The High-Selective Resolution Modelling Emission System (HERMES). Atmospheric Environment, Vol. 42 (2008), p. 7215–7233. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (01 junio 2009).
10. BALDASANO, José María. et. al. Air pollution impacts of speed limitation measures in large cities: The need for improving traffic data in a metropolitan area. Atmospheric Environment Vol.44 (2010) páginas 2997-3006. Disponible en www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. Citado en junio de 2010.
11. BARRET, Steve. y BRITTER, Rex. Development of algorithms and approximations for rapid operational air quality modeling. Atmospheric Environment, Vol. 42 (2008), p. 8105–8111. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (01 junio 2009).
12. BARTSEV, Sergey, DEGERMENDZHI, Andrey G. y EROKHIN, Dmitry. Principle of the worst scenario in the modelling past and future of biosphere dynamics. Ecological Modelling, Vol. 216 (2008), p. 160-171. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/ecolmodel. (15 mayo de 2009).
13. BELLASIO, et. al. Emission inventory for the road transport sector in Sardinia (Italy). Atmospheric Environment, Vol. 41 (2007), p. 677–691. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/envsoft. (20 mayo de 2008).
14. BERKOWICZ, R. WINTHER, M. y KETZEL, M. Traffic pollution modelling and emission data. Environmental Modelling & Software, Vol. 21 (2006), p. 454-460. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/envsoft. (01 junio 2008).
15. BIR&F y WB. BANCO INTERNACIONAL DE RECONSTRUCCIÓN Y FOMENTO/ BANCO MUNDIAL. Armonización de la actividad industrial con el medio ambiente. Nuevas funciones de la comunidad, el mercado y el gobierno. Alfaomega ediciones. Washington, D.C., 2002. p. 2 y 4.
16. BLULFERT et. al. Assessment of 2010 air quality in two Alpine valleys from modelling: Weather type and emission scenarios. Atmospheric Environment, Vol. 40 (2006), p. 7893–7907. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (15 mayo 2008).
17. BORGE, Rafael, LUMBRERAS, Julio y RODRÍGUEZ, Encarnación. Development of a high-resolution emission inventory for Spain using the SMOKE modelling system: A case study for the years 2000 and 2010. Environmental Modelling & Software Vol. 23 (2008) p. 1026-1044. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/envsoft. (20 mayo 2009).
18. BOTERO, Susan; TROCHEZ, Alejandra y OLAYA, Javier. Contaminación por partículas suspendidas totales en las comunas seis y siete de Cali-Colombia. Un modelo estadístico para la evaluación de la calidad del aire. Revista Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente Vol. 1, N° 2 jul-dic 2004.

19. BUKOWIECKI et. al. PM10 emission factors for non-exhaust particles generated by road traffic in an urban street canyon and along a freeway in Switzerland. *Atmospheric Environment*, Vol. 44 (2010), p. 2330-2340. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2010).
20. BUTLER. et. al. The representation of emissions from megacities in global emission inventories. *Atmospheric Environment*, Vol. 42 (2008), p. 703-719. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2009).
21. BUTNAR, Isabela y LLOP, María. Composition of greenhouse gas emissions in Spain: An input output analysis. *Ecological Economics*, Vol. 61 (2007), p. 388-395. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/ecocon. (15 mayo de 2009).
22. CAI, Hao y XIE, Shaodong. Estimation of vehicular emission inventories in China from 1980 to 2005. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 8963-8979. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo de 2008).
23. CAICEDO, Vanessa y BETANCOURT, Katherine. Inventario de emisiones ambientales de las industrias manufactureras de Cali – Colombia; con base en las Declaraciones Ambientales del DAGMA en el periodo 2004-2005. Trabajo de grado Programa de Administración de Empresas. Universidad Libre Seccional Cali. Agosto de 2008.
24. CAM. Comisión Ambiental Metropolitana. Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010 (proaire 2002-2010). Gobierno del Estado de México - Gobierno del Distrito Federal – Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales – Secretaría de Salud. México. Disponible en URL: http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/_1er_informe_sma_2007/01aire.pdf. Diciembre 2007. p. 4, 13 a 17, 31 a 35, 39, 40 y 52.
25. CARSLAW, David C. BEEVERS, Sean D. y TATE, James E. Modelling and assessing trends in traffic related emissions using a generalized additive modeling approach. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 5289-5299. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (15 mayo de 2008).
26. CARVAJAL, Reinaldo. Estadística para análisis Epidemiológico. Editorial Catorce SCS. Cali, 2005. 184 p.
27. CARVALHO, A.C et.al. Influence of topography and land use on pollutants dispersion in the Atlantic coast of Iberian Peninsula. *Atmospheric Environment* Vol. 40 (2006) p. 3969-3982. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo de 2007).
28. CASERINI, Stefano, GUGLIANO, Michele y PASTORELLO, Cinzia. Traffic emission scenarios in Lombardy region in 1998-2015. *Science of the Total Environment*, Vol. 389 (2008), p. 453-465. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/scitotenv. (01 junio 2009).
29. CCC. Cámara de Comercio de Cali. Censo Económico 2005. Disponible en CD. Base de datos en Excel.
30. ÇENGEL, Yanus y BOLES, Michael. Termodinámica. Editorial Mc Graw Hill. México DF. 2006. p. 751 – 765.
31. CEPIS. Primera Conferencia Internacional sobre la promoción de la Salud. Montreal 21 de noviembre de 1986. Disponible en URL: http://www.google.com.co/#hl=es&rlz=1R2SKPB_esCO335&q=%22Carta+de+Otawa+1986%22&meta=&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=&fp=c0341ac8b35d32e6. (02 mayo 2010).
32. CETESB. Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2006. Governo do Estado de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponible en URL: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/publicacoes.asp> Diciembre 2007. p. 80, 96 y 97.
33. CHEMEL et.al. Evaluation of a CMAQ simulation at high resolution over the UK for the calendar year 2003. *Atmospheric Environment* Vol. 44 (2010), p. 2927-2939. Disponible en www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (01 junio 2010).
34. CHEN et. al. On-road emission characteristics of heavy-duty diesel vehicles in Shanghai. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 5334-5344. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (01 junio 2010).
35. CHEN, Ghing-Ho, LIU, Wei-Lin y CHEN, Chia-Hsing. Development of a multiple objective planning theory and system for sustainable air quality monitoring networks. *Science of the Total Environment* Vol. 354 (2006), p. 1-19. Disponible en www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/scitotenv. (15 junio de 2007).
36. CHINCHILLA, Paola y LAVERDE, Paula. Variación del consumo, generación de empleo e inversión en infraestructura vial en Cali – Colombia. Trabajo de Grado del Programa de Economía. Universidad Libre Seccional Cali. 2007.

37. CHU, Hsing-Chug y MEYER Michael D. Methodology for assessing emission reduction of truck-only toll lanes. *Energy Policy*, Vol. 37 (2009), p. 3287–3294. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/enpol. (01 junio 2010).
38. COELHO, Margarida et.al. Assessing methods for comparing emissions from gasoline and diesel light-duty vehicles based on microscale measurements. *Transportation Research Part D*, Vol. 14 (2009), p. 91–99. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/trd. (20 mayo 2010).
39. COLL et.al. Simulation and evaluation of 2010 emission control scenarios in a Mediterranean area. *Atmospheric Environment*, Vol. 43 (2009), p. 4194–4204. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2010).
40. CONAMA RM. Evolución de la Calidad del Aire en Santiago 1997/2004. Documento de CONAMA. Disponible en URL: http://www.sinia.cl/1292/articles-39731_recurso_1.pdf Diciembre 2007. Santiago de Chile. 2005.
41. CONCEIÇÃO, Lourdes et. al. Pulição Atmosférica e Atendimentos por pneumonia e gripe, em São Paulo, Brasil. *Revista Saúde Pública*, Vol. 36, Nº 1, p. 84-94, (2002). Disponible en la URL: <http://www.scielo.org/pdf/rsp/v36n1/8121.pdf>. (15 mayo 2006).
42. CONCEIÇÃO. Gleice et. al. Air Pollution and children mortality a times-series study in Sao Pablo Brazil. *Revista Environmental Health Respective*. Vol. 109. Supplements, junio 2001. p. 347 – 350. Disponible en la URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240551/pdf/ehp109s-000347.pdf>. (15 mayo 2006).
43. COSTABILE, F. y ALLEGRINI, I. A. New approach to link transport emissions and air quality: An intelligent transport system based on the control of traffic air pollution. *Environmental Modelling & Software*, Vol. 23 (2008), p. 258-267. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/envsoft. (15 mayo 2009).
44. CPC. Constitución Política de Colombia. 1991.
45. CUESTA, Armando. Tecnología de gestión de recursos humanos y del conocimiento. Universidad Libre. Cali, 2008. p. 25, 26 y 27.
46. DAGMA. Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente. Programa Integral Para el Mejoramiento de la Calidad del Aire. Boletín Nº 1. Santiago de Cali. 2003. 44 p.
47. DAMA Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Bogotá, D.C. Modelo de Calidad del Aire para Bogotá D.C. Disponible en URL: www.cleanairnet.org/lac_pt/1473/articles-56439_recurso_1.ppt Mayo 2006. Presentación llevada a cabo en Rio de Janeiro, Diciembre 2003.
48. DANE. Censo General 2005. Bogotá: 2005. Disponible en URL: <http://www.dane.gov.co/> "www.dane.gov.co". Citado en febrero 22 de 2007.
49. D'ANGIOLA et.al. On-road traffic emissions in a megacity. *Atmospheric Environment*, Vol. 44 (2010), p. 483–493. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2010).
50. DAVIES, Duane. Investigación en Administración para la Toma de Decisiones. Editorial Thomson International. Ciudad 2001.
51. DAVIS N. y LENTS J. Development and Application of an International Vehicle Emissions Model. Transportation Research Board, 81st Annual Meeting, January 2005, Washington, D.C. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2008).
52. DE MELO, Olimpo. Seminario Internacional de Producción más Limpia en Fuentes Móviles (1º, 2006, Cali). Memorias del I Seminario Internacional de Producción más Limpia en Fuentes Móviles Cali. Vehicle Emissions in Sao Pablo. Universidad Santiago de Cali 2006. 22 de septiembre. 1 v.
53. Decreto 979 (2006). Por el cual se modifican los artículos 7º, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995. Disponible en URL: http://www.cortolima.gov.co/images/stories/normatividad/aire/dec_979_2006.pdf. (12 oct. 2008).
54. Decreto 195 (2004). Por el cual se reestructura el DNP. Disponible en URL: www.dnp.gov.co/archivos/documentos/DIFP_Bpin/Decreto195_de_2004.pdf. (12 oct. 2008).
55. Decreto 216 (2003). Por el cual se determinan los objetivos, la estructura orgánica del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y se dictan otras disposiciones. Disponible en URL: <http://www.dafp.gov.co/leyes/D0216003.HTM>. (12 oct. 2008).
56. Decreto 1697 (1997). Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995.
57. Decreto 1697 de 1997. Disponible en URL: http://www.cortolima.gov.co/images/stories/normatividad/aire/dec_1697_1997.pdf. (12 oct. 2008).
58. Decreto 948 (1995). Decreto 948 (1995). Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto - Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. . http://www.cortolima.gov.co/images/stories/normatividad/aire/dec_948_1995.pdf (12 oct. 2008).

59. Decreto 2107 (1995). Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire http://www.cortolima.gov.co/images/stories/normatividad/aire/dec_2107_1995.pdf (12 oct. 2008).
60. Decreto 02 (1982). Emisiones Atmosféricas. Disponible en URL: http://www.corporinoquia.gov.co/ktml2/images/uploadsPACTO%20POR%20LA%20TRANSPARENCIA/D_%2002-82%20Emisiones%20Atmosfericas.pdf. (12 oct. 2008).
61. Decreto-Ley 2811 (1974). Código Nacional de Recursos Naturales. Disponible en URL: http://www.conif.org.co/docs/decreto2811_1974.pdf. (12 oct. 2008).
62. DEL VAL, Alfonso. El Libro del Reciclaje. Manual para la recuperación y aprovechamiento de las basuras. Ediciones Integral. Tercera edición. Barcelona, 1997. p. 1-148.
63. DICTUC S.A. Actualización del Inventario de Emisiones Contaminantes Atmosféricas en la Región Metropolitana 2005, Resumen ejecutivo. 675001. División de Ingeniería Química y Bioprocesos - Área de Soluciones Ambientales. Disponible en URL: http://www.conama.cl/rm/568/articles-41184_Dictuc0ActuaREInfo.pdf http://www.conama.cl/rm/568/articles-41184_Dictuc0ActuaREInfo.pdf Noviembre 2007. Santiago, Chile, Dic. 2007.
64. DMA. Dirección de Monitoreo Atmosférico. La Calidad de aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 1986-2006: Informe del estado y tendencias de la contaminación atmosférica. Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal – Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire. Disponible en URL: http://www.sma.df.gob.mx/simat/anales/informe_anual_2006.pdf Diciembre 2007. Ciudad de México, 2007.
65. DURAN y RONA. Geographical and socioeconomic variation in the prevalence of asthma symptoms in English and Scottish children. En: Thorax N° 54, 1999, p. 476-481.
66. ECKES, GEORGE. Seis Sigma para todos. Editorial Mc Graw Hill. Madrid. 2003. Capítulo III.
67. EEA & WHO. Health Related Indicators of Air Quality. Hosted by the WHO Collaborating Centre for Air Quality Management. Berlin, 19-20 September 2002. (15 mayo 2006).
68. EEART. Emissions: Energy, Road Transport. Mobile Combustion Sources. Climate Leaders GHG Inventory Protocol, 2004, 16 pages. Disponible en URL: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/2_3_Road_Transport.pdf. (13 abril 2006).
69. EPA (2004). Direct Emissions From Mobile Combustion Sources. Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol, Core Module Guidance, October 2004/2008. Disponible en la URL: http://www.epa.gov/stateply/documents/resources/mobilesource_guidance.pdf. (15 mayo 2006).
70. EPA (2003). User's Guide to MOBILE 6.1 and MOBILE 6.2: Source Emission Factor Model. EPA October, 2003, 264 pages, EU. Disponible en URL: <http://nepis.epa.gov/EPA/html/DLwait.htm?url=/Adobe/PDF/P1001DSD.PDF>. (15 mayo 2006).
71. EPA (2002). Air Toxics Research Strategy. Disponible en URL: http://www.epa.gov/ord/htm/documents/Air_Toxics.pdf. (14 abril 2006). 97 p.
72. EPA (1996). The Use of Locality-Specific Transportation Data for the Development of Mobile Source Emission Inventories. Disponible en la URL: <http://www.epa.gov/ttnchie1/eiip/techreport/volume04/iv02.pdf>. (13 abril 2006).
73. ESPINOZA, Guillermo. Fundamentos de Evaluación del Impacto Ambiental. Disponible en: <URL:www.unprg.edu.pe/.../blogs/.../envfundamentaosevalimpactoambiental.pdf>. (2005). Citado (13 abril 2009).
74. FAIRLIE et. al. Lagrangian sampling of 3-D air quality model results for regional transport contributions to sulfate aerosol concentrations at Baltimore, MD, in summer 2004. Atmospheric Environment, Vol. 43 (2009), p. 3275–3288. Disponible en URL www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (01 junio 2010).
75. FERNÁNDEZ, Pablo. Seminario Internacional de Producción más Limpia en Fuentes Móviles (1º, 2006, Cali). Memorias del I Seminario Internacional de Producción más Limpia en Fuentes Móviles Cali. Retos del programa de control de emisiones vehiculares y el mejoramiento de la calidad de aire en California. Universidad Santiago de Cali 2006. 22 de septiembre. 1 v.
76. FIELDS, et. al. Emission Inventories Northern Mexico, 2004. Disponible en la URL: <http://scerp.org/pubs/m12/Chapter%202.pdf>. 52 p. (15 mayo 2006).
77. FIGUEROA, Apolinar y CONTRERAS, Rafael. Evaluación del Impacto Ambiental. Editorial Universidad Autónoma de Occidente. 1ª Edición. 1998. P 76-106.
78. FIGUEROA, N.J. y CASASBUENAS, Julián. Sistemas de Información Para Gestión Ambiental en la Creación de Observatorios de Desarrollo Sostenible. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, el pensamiento y las acciones estatales, universitarias, empresariales e investigativas al servicio de la sostenibilidad, páginas 157 y 158. Centro de Investigación y Medio Ambiente – CIMAD, Universidad de Manizales. Citado en mayo de 2008.

79. FONTARAS et. al. Use of a vehicle-modelling tool for predicting CO2 emissions in the framework of European regulations for light goods vehicles. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 3009–3021. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (15 mayo 2008).
80. GANGULY, Rajiv y BRODERICK, Brian. Performance evaluation and sensitivity analysis of the general finite line source model for CO concentrations adjacent to motorways. *Transportation Research Part D*, Vol. 13 (2008), p. 198–205. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/trd. (15 mayo 2010).
81. GARCÍA, José. El proceso de toma de decisiones y de resolución de problemas. Centro de Psicología Clínica. C/ Alcalá, 96 Madrid (España). 1996.
82. GARZA, Rosario. Procedimiento multicriterio para la planificación lógica de rutas de distribución. Tesis Doctoral Facultad de Ingeniería Industrial. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. 2004.
83. GEERTSEMA, G.T. y WICHERS-SCHREUR, B.G. The effect of improved nowcasting of precipitation on air quality modeling. *Atmospheric Environment*, Vol. 43 (2009), p. 4924–4934. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (15 mayo 2010).
84. Generalitat de Catalunya. Balanç de la qualitat de l'aire a Catalunya: any 2006, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Direcció General de Qualitat Ambiental, Server de Vigilancia i Control de l'Aire, Secció d'Immissions. Disponible URL: http://mediambient.gencat.net/Images/43_125249.pdf Diciembre 2007. Barcelona, 20/03/2006. p.3.
85. GHENU et.al. Dispersion of pollutants and estimation of emissions in a street canyon in Rouen, France. *Environmental Modelling & Software*, Vol. 23 (2008), p. 314-321. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/envsoft. (15 mayo 2010).
86. GIDHAGEN, L. JOHANSSON, H. y OMSTEDT, G. SIMAIR-Evaluation tool for meeting the EU directive on air pollution limits. *Atmospheric Environment*, Vol. 43 (2009), p. 1029–1036. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (15 mayo 2010).
87. GIRALDO, Johana. Indicadores de Gestión Ambiental de La industria manufacturera de Cali – Colombia. Trabajo de grado Programa de Administración de Empresas. Universidad Libre Seccional Cali. Junio de 2008.
88. GIRALDO, L. y BEHRENTZM E. Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes, Universidad de los Andes. Disponible en URL: <http://guaica.uniandes.edu.co:5050/dspace/bitstream/1992/939/1/Balkema+Tesis+Liliana+Giraldo.pdf> Agosto 2007. Bogotá (Colombia), 2007.
89. GODOWITCH, James M. POULIOT, George A. y RAO TRIVIKRAMA. Assessing multi-year changes in modeled and observed urban NOX concentrations from a dynamic model evaluation perspective. *Atmospheric Environment*, Vol. 44 (2010), p. 2894-2901. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv/. (01 junio 2010).
90. GÓMEZ, Fermín; VILAR, José y TEJERO, Miguel. Seis Sigma. Editorial Fundación CONFEMETAL. Madrid-España. 2003. 399 p.
91. GÓMEZ, Rosa. Seminario Internacional de Producción más Limpia en Fuentes Móviles (1º, 2006, Cali). Memorias del I Seminario Internacional de Producción más Limpia en Fuentes Móviles Cali. Inventario de Emisión de Fuentes Móviles en la Ciudad de Santiago de Cali. Universidad Santiago de Cali 2006. 22 de septiembre. 1 v.
92. GRANADA, Luis; HERRERA, Israel y PÉREZ, Ileana. (2009). Aplicación del Software PCA 1.0 en la Gestión de la Calidad del Aire en Santiago de Cali - Colombia. Cartagena de Indias: Memorias 2º Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad del Aire y Salud Pública. Julio 14 al 17 de 2009.
93. GRANADA, Luis; HERRERA, Israel y YELA, Alexander. (2009). Aplicación del Software PCA 1.0 en la Gestión de la Calidad del Aire en Santiago de Cali - Colombia. Cartagena de Indias: Memorias 2º Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad del Aire y Salud Pública. Julio 14 al 17 de 2009.
94. GRANADA, Luis. (2009). Gestión Ambiental Empresarial: Pasado, presente y futuro de las normas e instituciones ambientales en Colombia. *Revista Libreprensa*. Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contable. Universidad Libre Seccional Cali. Vol. 6. N° 1, enero - junio de 2009. p. 63-79.
95. GRANADA, Luis. (2008). Control de Emisiones Vehiculares y Energías Limpias. Reunión Interinstitucional La Responsabilidad Social Empresarial y el Medio Ambiente (6º, 2008, Cali). Memorias de la VI Reunión Interinstitucional La Responsabilidad Empresarial y el Medio Ambiente. Cali. ANDI. 2008. 14 de mayo. 6 v.

96. GRANADA, Luis; et. al. (2008). Aplicación del Software “Predicción de la Calidad del Aire” (PCA) en la Gestión de la Calidad del Aire en Cali – Colombia (Fase I). Convención Científica en Ingeniería y Arquitectura (14°, 2008, La Habana). Memorias de la Convención Científica en Ingeniería y Arquitectura. Universidad CUJAE 2008. 1 al 6 de diciembre. 14 v.
97. GRANADA, Luis; et. al. (2007). Relación entre Enfermedades Respiratorias Agudas y Contaminación Atmosférica por Fuentes Móviles en Cali - Colombia. Manizales: Memorias 2° Congreso Internacional por el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente. Mayo 2 de 2007. p 493 – 512.
98. GRANADA, LUIS y CABRERA, BORIS. (2007). Estimación de las Emisiones de Fuentes Móviles Utilizando Mobile 6 en Cali – Colombia. Revista Avances Investigación en Ingeniería. Universidad Libre de Colombia. Bogotá Año 4. N° 6. I Semestre de 2007. p 13 – 25.
99. GRANADA, Luis. (2006). Gestión Ambiental, Filosofías, Conceptos, Instrumentos y Herramientas. Editorial Universidad Libre Seccional Cali. Primera Edición. 2006. 93 p.
100. GRANADA, Luis. (2006). Producción más Limpia: Conceptos para su Aplicación en la Industria Manufacturera. Editorial Universidad Libre Seccional Cali. Primera Edición. 2007. p. 44.
101. GRANADA, LUIS y ÁLVAREZ, Steve. (2006). Evaluación del consumo de los combustibles Gasolina Motor, Gasolina Motor Mezclada con Etanol y Gas Natural Comprimido. Revista ENTRAMADO. Dirección Seccional de Investigaciones. Universidad Libre Seccional Cali. Vol. 2. N° 1, junio 2006. 32 a 35 p.
102. GRANADA, Luis y FLOREZ, Luz. (2005). El Alcohol Carburante: falencias y beneficios. Revista Avances Investigación en Ingeniería. Universidad Libre de Colombia. Bogotá Año 2. N° 3. II Semestre de 2005. p 6 – 19.
103. GRANADA, Luis. (2005). El alcohol carburante: un proyecto con un futuro ambiental, económico y social incierto. Revista ENTRAMADO. Dirección Seccional de Investigaciones. Universidad Libre Seccional Cali. Vol. 1. N° 1, junio 2005. p. 35.
104. GRANADA, Luis; OREJUELA, Rubén y ÁLVAREZ, Narlly. (2006). Indicadores de Gestión Ambiental de la Industria Manufacturera en el corredor vial Cali – Yumbo. Revista ENTRAMADO. Dirección Seccional de Investigaciones. Universidad Libre Seccional Cali. Vol. 2. N° 1, junio 2006.a. p. 30.
105. GRANADA, Luis; OREJUELA, Rubén y ÁLVAREZ, Narlly. (2006a) Caracterización, Sectorización y Ubicación de la Industria Manufacturera en el corredor vial Cali – Yumbo. Revista Libreprensa. Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contable. Universidad Libre Seccional Cali. Vol. 3. N° 1, enero - junio de 2006 b. p. 27.
106. GUARIEIRO, Lilian. Emission profile of 18 carbonyl compounds, CO, CO₂, and NO_x emitted by a diesel engine fuelled with diesel and ternary blends containing diesel, ethanol and biodiesel or vegetable oils. Atmospheric Environment, Vol. 43 (2009), p. 2754–2761. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2010).
107. GUTIÉRREZ, et. al. Contaminación del Aire; Riesgos para la Salud. Editorial. Manual Moderno. México, 1997.
108. GWILLIAM et al. Reducing Air Pollution from Urban Transport: Companion. Disponible en URL: http://www.cleanairnet.org/cai/1403/articles-56396_entire_handbook.pdf. (13 abril 2006). World Bank, Washington, 2005.
109. HAMMOND, John y KEENEY, Ralph. RAIFFA, Howard. Decisiones Inteligentes. Editorial Norma. 1999.
110. HAQ et al. Benchmarking Urban Air Quality Management and Practice in Major and Mega Cities in Asia, Korea Environment Institute. Disponible en URL: http://www.unep.org/PDF/APMA_Benchmarking_report.pdf http://www.unep.org/PDF/APMA_Benchmarking_report.pdf. 2002. (13 abril 2006).
111. HATZAPOULOU M. y MILLER, E.J. Linking an activity-based travel demand model with traffic emission and dispersion models: Transport’s contribution to air pollution in Toronto. Transportation Research Part D, Vol.15 (2010), p. 315–325. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y en www.elsevier.com/locate/trd. (20 mayo 2010).
112. HENRY, Ronald. C. Locating and quantifying the impact of local sources of air pollution. Atmospheric Environment, Vol. 42 (2008), p. 358–363. Disponible en www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. Citado (25 mayo 2009).
113. HOGREFE, Christian et.al. A combined model–observation approach to estimate historic gridded fields of PM_{2.5} mass and species concentrations. Atmospheric Environment Vol. 43 (2009), p. 2561–2570. Disponible en www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (15 mayo 2010).
114. HOPKE, Philip K. et.al. Urban air quality in the Asian region. Science of the Total Environment, Vol. 404 (2008), p. 103-112. Disponible en www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/scitotenv. (20 mayo 2009).

115. HOPKINS, KENNETH, HOPKINS, B. y GLASS, GENE. Estadística Básica para las ciencias sociales y del comportamiento. Ediciones PHH. Tercera edición. México, 1997. p. 1-86.
116. HU, Jianlin et.al. Particulate air quality model predictions using prognostic vs. diagnostic meteorology in central California. Atmospheric Environment, Vol. 44 (2010), p. 215-226. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (15 mayo 2010).
117. HUAN y CHUNYU, H. BEIJING Vehicle Activity Study. International Sustainable Systems Research, January 2005. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (01 junio 2010).
118. HUERTAS, Ignacio y CAMACHO, C. Use of the information gathered during I/M programs to estimate emission from gasoline vehicles. Congreso Internacional sobre Uso Racional y Eficiente de la Energía CIUREE (3°, 2008, Medellín). Memorias del Congreso Internacional sobre Uso Racional y Eficiente de la Energía. Universidad Nacional de Colombia 2008. 13 al 15 de noviembre. 3 v.
119. HUI, Guo et.al. Evaluation of the International Vehicle Emission (IVE) model with on-road remote sensing measurements. Journal of Environmental Sciences, Vol. 19 (2007), p. 818-826. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.jesc.ac.cn. (15 mayo 2008).
120. HUNT, David y JOHNSON, Catherine. Sistemas de Gestión Medioambiental. Editorial Mc Graw Hill. España. 1996. p. 1-290.
121. IAP. Instituto Ambiental de Paraná. Relatório da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Curitiba; Ano de 2006. Disponible en URL: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=91> <http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=91> diciembre 2007. Paraná. 2006. p. 13, 21, 47 y 48.
122. IDEAM (2005). Lineamientos Para Una Política Ambiental Urbana En Colombia. Disponible en URL: http://www.ideam.gov.co/apc-aa/img_upload/467567db4678d7b443628f8bc215f32d/POLITICA_URBANA.pdf. (12 oct. 2008).
123. IDEAM (2008). Protocolo de medición y Seguimiento de Calidad del Aire. Disponible en URL: <http://by131w.bay131.mail.live.com/mail/InboxLight.aspx?FolderID=00000000-0000-0000-0000-000000000001&InboxSortAscending=False&InboxSortBy=Date&n=1167107437>. (15 mayo 2009).
124. IMAE. Instituto de Medio Ambiente y Ecología, Perceptivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Buenos Aires, ISBN 950-592-098-9, ORPALC, Universidad del Salvador. Disponible en URL: <http://www.pnuma.org/geociudades/PDFs/GEO%20Buenos%20Aires%20completo.pdf> <http://www.pnuma.org/geociudades/PDFs/GEO%20Buenos%20Aires%20completo.pdf> Agosto 2007. Buenos Aires (Argentina), 2003.
125. INE. (2008). Inventario Nacional de Emisiones. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) de Colombia y K2 Ingeniería. Disponible en URL: <http://www1.minambiente.go.co/prensa/bannerhome/proyectosentramite/inventarioemisiones/protocolo.html>. (13 abril 2009).
126. INE. (2005a). Instituto Nacional de Ecología. Guía de Elaboración y Uso de Inventario de Emisiones. Disponible en URL: <http://es.search.yahoo.com/search?ei=utf-8&fr=slv8-cclean&p=Gu%c3%ada%20de%20elaboraci%c3%b3n%20y%20usos%20de%20inventarios%20de%20emisiones&type=NO>. (13 abril 2010).
127. IONESCU, Anda y CANDAU Yves. Air pollutant emissions prediction by process modelling e Application in the iron and steel industry in the case of a re-heating furnace. Environmental Modelling & Software Vol. 22 (2007), p. 1362-1371. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/envsoft. (15 mayo 2008).
128. ISAAC, Cira. Modelo de Gestión integrada Calidad-Medioambiente (CYMA) aplicado en organizaciones cubanas. Tesis Doctoral en Ciencias Técnicas. Universidad José Antonio Echeverría CUJAE. La Habana Cuba 2004. Capítulo I.
129. JANSSEN et. al. Spatial interpolation of air pollution measurements using CORINE land cover data. Atmospheric Environment, Vol. 42 (2008), p. 4884-4903. Disponible en www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2009).
130. JARAMILLO, Mauricio; et. al. Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos convencionales en la zona de Cali-Yumbo, Anexo 3 Fuentes Móviles, Cali: Universidad Javeriana, Julio 2003. 28 p.
131. JAYARATNE, E. R. Carbon dioxide emissions from diesel and compressed natural gas buses during acceleration. Transportation Research Part D, Vol. 15 (2010), p. 247-253. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/trd. (20 mayo 2010).
132. JENNINGS, David. WATTAM, Stuart. Toma de Decisiones. Un Enfoque Integrado. Compañía Editorial Continental. México, 2000.
133. JIMENEZ, Claudia y CASTELLANOS, Óscar. Herramientas de Planeación Estratégica para el direccionamiento de procesos de divulgación científica. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I (1°, 2006, México DF). Memorias del Congreso

- Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I. Politécnico de Minería de México 2006. 19 al 13 de junio. 1 v.
134. JIMÉNEZ, Pedro et.al. The use of a modelling system as a tool for air quality management: Annual high-resolution simulations and evaluation. *Science of the Total Environment*, Vol. 390 (2008), p. 323-340. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/scitotenv. (20 mayo 2010).
 135. JONES, M. A y HARRISON, M. R. Estimation of the emission factors of particle number and mass fractions from traffic at a site where mean vehicle speeds vary over short distances. *Atmospheric Environment*, Vol. 40 (2006), p. 7125–7137. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2010).
 136. JORQUERA, Héctor y CASTRO, Julio. Analysis of urban pollution episodes by inverse modeling. *Atmospheric Environment*, Vol. 44 (2010), p. 42–54. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2010).
 137. JÓVAJ, M. y MÁŠLOV, G.. *Motores de Automóvil*. Editorial MIR. Moscú. 2da Edición. 1978.
 138. KAHYAOĞLU-KORAČIN et.al. Application of a scenario-based modeling system to evaluate the air quality impacts of future growth. *Atmospheric Environment*, Vol. 43 (2009), p. 1021–1028. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2010).
 139. KASSOMENOS, Pavlos, KARAKITSIOS, Spyros y PAPALOUKAS, Costas. Estimation of daily traffic emissions in a South-European urban agglomeration during a workday. Evaluation of several “what if ” scenarios. *Science of the Total Environment*, Vol. 370 (2006), p. 480–490. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/scitotenv. (20 mayo 2010).
 140. KASZUBA, Craig y BRICK, B. (2006). *Ambient Air Monitoring Network Plan*. San Diego County Air Pollution Control District. Disponible en URL: <http://www.sdapcd.org/air/reports/2007-Network-Plan-San%20Diego-APCD.pdf> Noviembre 2007. San Diego, 2007.
 141. KELLY et.al. Profiling road transport activity: Emissions from 2000 to 2005 in Ireland using national car test data. *Transport Policy*, Vol. 16 (2009), p. 183–192. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/tranpol. (01 junio 2010).
 142. KEOGH, Daniel. FERREIRA, Luis y MORAWSKA, Lidia. Development of a particle number and particle mass vehicle emissions inventory for an urban fleet. *Environmental Modelling & Software* Vol. 24 (2009) p. 1323–1331. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/envsoft. (20 mayo 2010).
 143. KINNEE, E. J. et.al. Allocation of on road mobile emissions to road segments for air toxics modeling in an urban area. *Transportation Research Part D*, Vol. 9 (2004), p. 139–150. Disponible en URL: www.elsevier.com/locate/trd. (20 mayo 2010).
 144. KNOX, George. El cáncer infantil, probablemente vinculado a polución – estudio. Agencia Reuters. 17.01. 2005–12:57h Disponible en URL: <http://www.20minutos.es/noticia/166/0/OESTP/SALUD/CANCER/NINOS/%20-%2058k%20>. (22 feb. 2007).
 145. KOONTZ, Harold y WEIHRICH, Heinz, *Elementos de Administración*. Editorial McGraw Hill. Bogotá. 1995.
 146. KOURIDIS, Chariton, NTZIACHRISTOS, Leonidas, SAMARAS, Zissis. COPERT III Computer program to calculate emissions from road transport. Noviembre de 2000, Copenhagen, Denmark, 46 páginas. Disponible en URL: <http://europa.eu.int>. (15 mayo 2006).
 147. KOUSOULIDOU et.al. Road-transport emission projections to 2020 in European urban environments. *Atmospheric Environment*, Vol. 42 (2008), p. 7465–7475. Disponible en www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. Citado (15 mayo 2009).
 148. KUME, Hitoshi. *Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad*. Editorial NORMA. Bogotá, 1994. 236 p.
 149. LA DAU, Joseph. *Diagnóstico y Tratamiento en Medicina Laboral y Ambiental*. Editorial el Manual Moderno S, A, de CV. México 2005. Capítulos 38 y 39 p. 737, 738, 739, 755 y 756.
 150. La Insignia. Informe Brundtland: Nuestro Futuro Común. Disponible en URL: [http://www.genesis.edu.mx/CHIP/DOCUMENTOS/89/Documentos/Informe%20Brundtland%20Nuestro%20futuro%20com%20C3%BA%20\(II\).htm](http://www.genesis.edu.mx/CHIP/DOCUMENTOS/89/Documentos/Informe%20Brundtland%20Nuestro%20futuro%20com%20C3%BA%20(II).htm). (21 mar. 2010).
 151. LABANDEIRA. X., León. C y VÁZQUEZ M. *Economía Ambiental*. Pearson educación, S.A., Madrid, 2007. p. 121.
 152. LANDULFO, E. et.al. Air quality assessment using a multi-instrument approach and air quality indexing in an urban area. *Atmospheric Research*, Vol. 85 (2007), p. 98–111. Disponible en URL www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmos. (01 junio de 2009).
 153. LENTS, J. y NIKKILA, N. (2008). A Study of the Emissions from Diesel Vehicles Operating in Xi'an, China. *International Sustainable Systems Research*, junio de 2008. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2009).

154. LENTS J. y ALPER, U. (2007). A Study of the Emissions from Diesel Vehicles Operating in Istanbul, Turkey, International Sustainable Systems Research, January 2007. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2008).
155. LENTS, J. y DAVIS, N. (2004). Comparison of On-Road Vehicle Profiles Collected in Seven Cities Worldwide. TRANSPORT and AIR POLLUTION 13th International Scientific Symposium, Boulder, CO, USA, September 2004. (15 mayo 2006).
156. LENTS, J. y DAVIS, N. (2004a). Lima Vehicle Activity Study. International Sustainable Systems Research, June 2004. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2006).
157. LENTS, J. y DAVIS, N. (2004b). Mexico City Vehicle Activity Study. International Sustainable Systems Research, July 2004. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2006).
158. LENTS, J. y DAVIS, N. (2004c). Pune (India) Vehicle Activity Study. International Sustainable Systems Research, February 2004. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2006).
159. LENTS, J. y DAVIS, N. (2004d). São Paulo Vehicle Activity Study. International Sustainable Systems Research, August 2004. Disponible en <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2006).
160. LENTS, J. y DAVIS, N. (2003). Almany-Kazakhstan Vehicle Activity Study. International Sustainable Systems Research, May 2003. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2006).
161. LENTS, J. y DAVIS, N. (2002). Nairobi, Kenya Vehicle Activity Study. International Sustainable Systems Research, March 2002. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2006).
162. Ley 762 (2002). Código Nacional de Tránsito Terrestre. Disponible en URL: http://www.movilidadbogota.gov.co/admin/contenido/documentos/Ley769_10_32_4.pdf. (12 oct. 2008). p. 32 y 33.
163. Ley 693 (2001). Uso de Alcoholes Carburantes en Colombia. Disponible en URL: <http://www.secretariassenado.gov.co/leyes/L0693001.HTM>. (12 oct. 2008). 3 p.
164. Ley 99 (1993). Por la que se crea el Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en URL: <http://www.humboldt.org.co/download/ley99.pdf>. (12 oct. 2008).
165. Ley 9 (1979). Código Nacional Sanitario. Disponible en UR: http://www.cisproquim.org.co/legislacion/ley_9_1979.pdf. (12 oct. 2008).
166. LICHTY, Lester. Procesos de Motores de Combustión Interna. Editorial Mc Graw Hill. México. 1970.
167. LIU et.al. Analysis of the impacts of fuel sulfur on vehicle emissions in China. Fuel Vol. 87 (2008), p. 3147–3154. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.fuelfirst.com. (20 mayo 2009).
168. Lobos, C. Contaminación Atmosférica en Santiago e Implicaciones de este Fenómeno. Disponible en el URL: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/carlalobos.pdf> Septiembre 2007. Santiago de Chile, 2001.
169. LUMBRERAS et. al. A model to calculate consistent atmospheric emission projections and its application to Spain. Atmospheric Environment, Vol. 42 (2008), p. 5251–5266. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2009).
170. LUMBRERAS et. al. Assessment of vehicle emissions projections in Madrid (Spain) from 2004 to 2012 considering several control strategies. Transportation Research Part A, Vol. 42 (2008), p. 646–658. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/tra. (20 mayo de 2009).
171. MARR, I. ROSSER, D y MENESES, C. An air quality survey and emissions inventory at Aberdeen Harbour. Atmospheric Environment, Vol. 41 (2007), p. 6379–6395. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (15 mayo de 2008).
172. MARTIN, V. Satellite remote sensing of surface air quality. Atmospheric Environment Vol. 42 (2008), p. 7823–7843. Disponible en www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (15 mayo de 2009).
173. MARTÍNEZ, Ferrán y BERGONZOLI, Gustavo. Vigilancia Epidemiológica. Editorial Mc Graw Hill. España. 2004. Capítulo III, IV y V.
174. MARTINEZ, Jamer. Procedimiento Organizacional para coleccionar y tratar la información del monitoreo y control de contaminantes atmosféricos en Cali – Colombia. Trabajo de grado Programa de Administración de Empresas. Universidad Libre Seccional Cali. Agosto de 2009.
175. MARTINEZ, Juan. Nociones de Salud Pública. Editorial Díaz Santos 2033. Capítulo III p 79–119.
176. MAZZOLENI et.al. Correlation between automotive CO, HC, NO, and PM emission factors from on-road remote sensing: implications for inspection and maintenance programs. Transportation Research Part D, Vol. 9 (2004), p. 477–496. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/trd. (15 mayo de 2006).
177. MELLIOS, Giorgios, VAN AALST, Roel y SAMARAS, Zissis. Validation of road traffic urban emission inventories by means of concentration data measured at air quality monitoring stations in Europe. Atmospheric Environment, Vol. 40 (2006), p. 7362–7377. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2008).

178. MEN. Ministerio de Educación Ambiental. Oficina de educación y participación / Programa de Educación Ambiental – MEN. Educación Ambiental. Política nacional. Concejo Nacional Ambiental. Bogotá, diciembre de 2003. p. 22 y 23.
179. METROPOL. Conocimientos metropolitanos. Gestión de la calidad del aire del Valle de Aburrá. Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia. Medellín, diciembre de 2007. 299 p.
180. MOBILE6. User Guide 2003. Disponible en URL: <http://www.epa.gov/oms/m6.htm>.
181. MONTEIRO et.al. Air quality assessment for Portugal. Science of the Total Environment Vol. 373 (2007), p. 22–31. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/scitotenv. (15 mayo 2008).
182. MONTOYA, Martha; MORALES, Alexandra y OLAYA, Javier. Estimación no-paramétrica de curvas típicas diarias para los contaminantes CO, NO2 y SO2 en Santiago de Cali. Revista Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente Vol. 2, Nº 1 enero- julio de 2005.
183. MOODY, Paul. Toma de Decisiones gerenciales. Editorial Mc Graw Hill. Bogotá 1991.
184. MOUSSIOPOULOS, N. et.al. Air quality status in Greater Thessaloniki Area and the emission reductions needed for attaining the EU air quality legislation. Science of the Total Environment, Vol. 407 (2009), p. 1268-1285. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/scitotenv. (01 junio 2010).
185. NADIM et. al. Application of Computer Models to Assess the Effects of Emission-Reduction Programs for a Sustainable Urban Air Quality Management. Iranian Academic Association (IAA) Application of Technology in Urban Development December 21 – 28, 2003, 15 pages, IRAN. (15 mayo 2006).
186. NEJADKOORKI et. al. An approach for modelling CO2 emissions from road traffic in urban areas. Science of the Total Environment Vol. 406 (2008), p. 269–278. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/scitotenv. (20 mayo 2009).
187. NESAMANI, K.S. Estimation of automobile emissions and control strategies in India. Science of the Total Environment, Vol. 408 (2010), p. 1800–1811. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/scitotenv. (01 junio 2010).
188. NESAMANI et.al. Estimation of vehicular emissions by capturing traffic variations. Atmospheric Environment Vol. 41 (2007), p. 2996–3008. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2010).
189. NIÑO, Luis. Motores de Combustión Interna. Universidad del Valle. 1992. p. 34 -48
190. NTC 4231. Calidad del Aire. Procedimiento de medición y características de los equipos de flujo parcial necesarios para evaluar las emisiones de humo generadas por las fuentes móviles accionadas con diesel método aceleración libre. Bogotá 2002. 39 p.
191. NTC 4983. Calidad del Aire evaluación de gases de escape de fuentes móviles a gasolina método de ensayo en marcha mínima (ralentí) y velocidad crucero y especificaciones para los equipos empleados en esta evaluación. Bogotá. 2001. 23 p.
192. NTC-ISO 5365. Calidad del Aire. Evaluación de gases de escape de motocicletas, motociclos y mototriciclos accionados tanto con gasolina (cuatro tiempos) como con mezcla de gasolina aceite (dos tiempos). Método de ensayo en marcha mínima (ralentí) y especificaciones para los equipos empleados en esta evaluación. Bogotá 2005. 30 p.
193. NTC 5375. Revisión técnico mecánica y de emisiones contaminantes en vehículos automotores. Bogotá 2006. 28 p.
194. NTC 5385. Centros de Diagnóstico Automotor. Bogotá 2006. 28 p.
195. NTC-ISO 9001. Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos. Bogotá. Colombia 2008. p. 35.
196. NTC-ISO 14001: Sistemas de Administración Ambiental especificaciones con guía para uso. Bogotá. Colombia. 2006. p. 41.
197. NTC-ISO 14004. Sistemas de Gestión Ambiental. Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo. Bogotá 2004. 51 p.
198. NTC-ISO 14020. Gestión Ambiental. Etiquetas y Declaraciones Ambientales. Principios Generales. Bogotá 2002. 12 p.
199. NTC-ISO 14031. Gestión Ambiental. Evaluación del Desempeño Ambiental. Directrices. Bogotá 2000. 41 p.
200. NTC-ISO 14040. Gestión Ambiental, Análisis del Ciclo de Vida; Principios y Marco de Referencia. Bogotá 2007. 24 p.
201. NTC-ISO 14044. Gestión Ambiental, Análisis del Ciclo de Vida. Requisitos y Directrices. Requisitos del Ciclo de Vida. Bogotá 2007. 50 p.
202. NTC-ISO 14049. Gestión Ambiental, Análisis del Ciclo de Vida. Ejemplos de la aplicación de la Norma ISO 14041 Para la Definición del Objetivo y Alcance y Para el Análisis del Inventario. Bogotá 2002. 47 p.

203. NTC-ISO/TR 14047. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Examples of application of ISO 14042. Bogotá 2003. 7 p.
204. NTC-ISO/TR 14048. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Data Documentation Format. Bogotá 2002. 41 p.
205. NTC-ISO 14050. Gestión Ambiental, Vocabulario. Bogotá 2003. 21 p.
206. NTC-ISO 14062. Gestión Ambiental; Integración de Aspectos Ambientales en el Diseño y Desarrollo de productos. Bogotá 2003. 31 p.
207. O'RYAN, Raúl y LARRAGUIBEL, Luis. Contaminación del Aire en Santiago: Estado Actual y Soluciones. Disponible en URL: <http://ideas.repec.org/p/edj/ceauch/75.html>. (22 feb. 2007).
208. OANH et. al. Determination of fleet hourly emission and on-road vehicle emission factor using integrated monitoring and modeling approach. Atmospheric Research, Vol. 89 (2008), p. 223–232. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmos. (20 mayo 2009).
209. ORTEGA et. al. MNEQA, an emissions model for photochemical simulations. Atmospheric Environment, Vol. 43 (2009), p. 3670–3681. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (01 junio 2010).
210. OSSÉS et. al. Spatial accuracy of a simplified disaggregation method for traffic emissions applied in seven mid-sized Chilean cities. Atmospheric Environment, Vol. 42 (2008), p. 1491–1502. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2009).
211. OSSES, Margarita y FERNANDEZ, M. Santiago Vehicle Activity Study. International Sustainable Systems Research and CONAMA, December 2001. Disponible en URL: <http://www.issrc.org>. (15 mayo 2006).
212. OXLEY et. al. Background, Road and Urban Transport modelling of Air quality Limit values (The BRUTAL model). Environmental Modelling & Software, Vol. 24 (2009), p. 1036–1050. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/envsoft. (20 mayo 2010).
213. PANDE, PETER. Herman, Robert y Cavanagh, Rolan. Las Claves Prácticas de Seis Sigma. Editorial McGraw Hill. Madrid. 2004. 382 p.
214. PANDE, Peter y HOLPP, Larry. ¿Qué es Seis Sigma? Editorial Mc Graw Hill. Madrid-España. 2003. 79 p.
215. PANDIAN, Suresh, GOKHALE, Sharad y GHOSAL, Alope K. Evaluating effects of traffic and vehicle characteristics on vehicular emissions near traffic intersections. Transportation Research Part D, Vol. 14 (2009), p. 180–196. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y en www.elsevier.com/locate/trd. (20 mayo 2010).
216. PANIS, Luc I. BROEKX, Steven y LIU, Ronghui. Modelling instantaneous traffic emission and the influence of traffic speed limits. Science of the Total Environment, Vol. 371 (2006), p. 270–285. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/scitotenv. (15 mayo de 2007).
217. PAPATHANASSIOU, Apostolos, DOUROS, Ioannis y MOUSSIOPOULOS, Nicolas. A simplified three-dimensional approach to street canyon modelling using SEP-SCAM. Environmental Modelling & Software, Vol. 23 (2008), p. 304–313. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/envsoft. (15 mayo 2009).
218. PARRA, R, JIMÉNEZ, R. y BALDASANO, J.M. Development of the high spatial resolution EMICAT2000 emission model for air pollutants from the north-eastern Iberian Peninsula (Catalonia, Spain). Environmental Pollution, Vol. 140 (2006), p. 200–219. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/envpol. (20 mayo de 2007).
219. PARRISH, David D. Critical evaluation of US on-road vehicle emission inventories. Atmospheric Environment Vol. 40 (2006), p. 2288–230. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2007).
220. PARRISH et. al. Comparison of air pollutant emissions among mega-cities. Atmospheric Environment, Vol. 43 (2009), p. 6435–6441. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (01 junio de 2010).
221. PARSHALL et. al. Modeling energy consumption and CO2 emissions at the urban scale: Methodological challenges and insights from the United States. Energy Policy, Vol. 38 (2010), p. 4765–4782. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/enpol. (01 junio 2010).
222. PFEIFFER et. al. Neural modelling of the spatial distribution of air pollutants. Atmospheric Environment, Vol. 43 (2009), p. 3289–3297. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2010).
223. PINHO, P.G. Detailed chemical analysis of regional-scale air pollution in western Portugal using an adapted version of MCM v3.1. Science of the Total Environment, Vol. 407 (2009), p. 2024–2038. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/scitotenv. (20 mayo 2010).
224. Pollack, Allison et.al. Development of Wrap Mobile Source Emission Inventories, 2004, 210 p.

225. PULLES, Tinus, KOK, Herman y QUASS, Ulrich. Application of the emission inventory model TEAM: Uncertainties in dioxin emission estimates for central Europe. *Atmospheric Environment*, Vol. 40 (2006), p. 2321–2332. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2007).
226. RAFIA. *Decisiones Inteligentes*, Edit. Norma. 1999.
227. RAKHA, Hesham. AHN, Kyoungcho y TRANI, Antonio. Development of VT-Micro model for estimating hot stabilized light duty vehicle and truck emissions. *Transportation Research Part D*, Vol. 9 (2004), p. 49–74. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/trd. (15 mayo de 2006).
228. RAMÍREZ et al. Contaminantes atmosféricos y su correlación con infecciones agudas de las vías respiratorias en niños de Guadalajara, Jalisco. *Salud pública Méx.* 2006, vol. 48, no. 5, pp. 385–394. Disponible en URL: http://scielo.unam.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S003636342006000500005&lng=es&nrm=iso >. (22 feb. 2007).
229. RCEP. Royal Commission on Environmental Pollution, Twenty-sixth Report The Urban Environment. Disponible en URL: <http://www.official-documents.gov.uk/document/cm70/7009/7009.asp> <http://www.official-documents.gov.uk/document/cm70/7009/7009.asp> Agosto 2007. Crown Copyright, Reino Unido, Marzo 2007.
230. Resolución 0601 (2006). Disponible en URL: http://www.cortolima.gov.co/images/stories/normatividad/aire/res_0601_2006.pdf. (12 oct. 2008).
231. Resolución 0653 (2006). Por la cual se adopta el procedimiento para la expedición de la certificación en materia de revisión de gases, a que hace referencia el literal e) del artículo 6° de la Resolución 3500 de 2005. <http://www.cortolima.gov.co/images/stories/normatividad/aire/res06532006.pdf> (12 oct. 2008).
232. Resolución 3500 (2005). Por la cual se establecen las condiciones mínimas que deben cumplir los Centros de Diagnóstico Automotor para realizar la revisión técnico-mecánica y de gases de los vehículos automotores que transiten por el territorio nacional.
233. Resolución 619 (1997). Por la cual se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas. http://www.cortolima.gov.co/images/stories/normatividad/aire/res_619_1997.pdf (12 oct. 2008).
234. Resolución 005 (1996). Disponible en URL: http://www.cortolima.gov.co/images/stories/normatividad/aire/res_005_1996.pdf. citado en octubre 12 de 2008.
235. Resolución 198 (1995). Citado por el DAGMA en el “Plan Integral para el mejoramiento de la calidad del aire” Boletín n° 1. Cali. 2003 pp. 40.
236. ROJAS, Néstor. Seminario Internacional de Producción más Limpia en Fuentes Móviles (1°, 2006, Cali). Memorias del I Seminario Internacional de Producción más Limpia en Fuentes Móviles Cali. Material particulado atmosférico en los centros urbanos Universidad Santiago de Cali 2006. 22 de septiembre. 1 v.
237. ROMERO et. al. Contaminación Atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad, de la Habana. *Revista Salud Pública de México*. Vol. 46, N° 3, may–jun de 2004. Disponible en URL: <http://Www.Scielo.org/Scielo.php?Script=SciArttext&Pid=S0036-6342004000300012&Lng=Es&Nrm=Iso&Tlng=Es> <http://Www.Scielo.org/Scielo.php?Script=SciArttext&Pid=S0036-6342004000300012&Lng=Es&Nrm=Iso&Tlng=Es>. (22 feb. 2007).
238. RT. Reglamento Técnico 180687 de 2003. Ministerio de Minas y Energía. Regulación técnica prevista para la Ley 693 de 2001. Disponible en URL: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21978>. (12 oct. 2008). 13 p.
239. SADS. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Ambiente Humano. Estocolmo del 5 al 16 de junio de 1972. Disponible en URL: http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/estocolmo/estoc_declar.htm. (02 de mayo de 2010).
240. SAIDE et.al. Spatial disaggregation of traffic emission inventories in large cities using simplified top–down methods. *Atmospheric Environment*, Vol. 43 (2009), p. 4914–4923. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (01 junio 2010).
241. SAMAALI et. al. A new tool for processing atmospheric emission inventories: Technical aspects and application to the ESCOMPTE study area. *Environmental Modelling & Software*, Vol. 22 (2007), p. 1765–1774. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/envsoft. (15 mayo 2010).
242. SATIZÁBAL, Camilo y SATIZÁBAL. María. Código Nacional de Recursos Naturales Legislación Ecológica. Jurídica Radar Ediciones. Bogotá. II Edición. 1992. VIII p y 327 – 353 p.

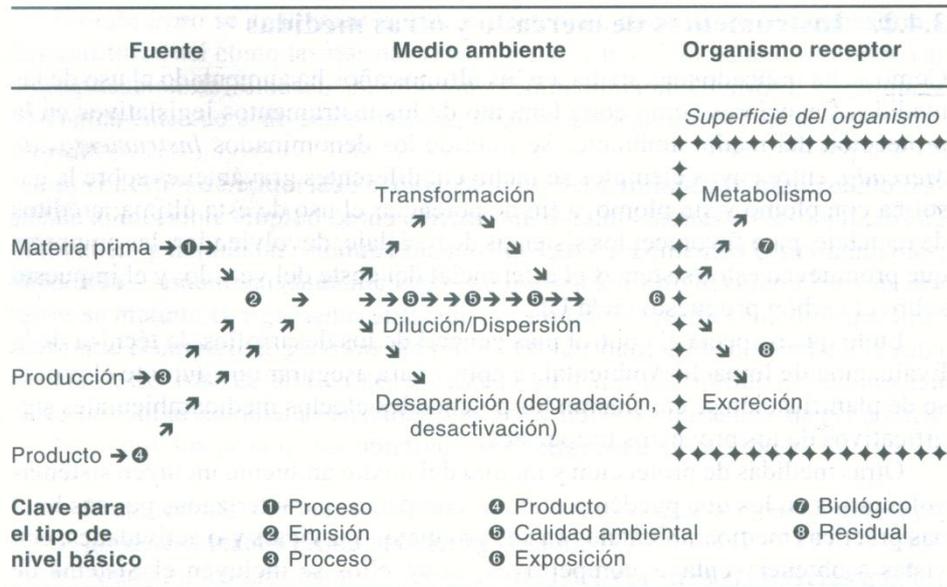
243. SAURINA et. al. Efectos a Corto Plazo de la Contaminación Atmosférica Sobre la Mortalidad: Resultados del Proyecto EMECAM en la ciudad de Barcelona. *Revista Española de Salud Pública* Vol. 73, Nº 2, mar-abr 1999. Madrid. Disponible en URL: <http://www.monografias.com/trabajos905/contaminacion-emecam-barcelona/contaminacion-emecam-barcelona.shtml>. (22 feb. 2007).
244. SCHWELA, Dietrich. Manejo de Calidad del Aire. Transporte Sostenible. GTZ. Modulo V. 2004.
245. SEREX. Secretaría de Estado de Relaciones Exteriores. Convención de Viena Para Proteger la Capa de Ozono 1985. Disponible en URL: <http://www.serex.gov.do/medioambiente/Lists/Instrumentos/DispForm.aspx?ID=6>. (02 marzo 2010).
246. SHRESTHA et. al. High-resolution modeling and evaluation of ozone air quality of Osaka using MM5-CMAQ system. *Journal of Environmental Sciences* Vol. 21 (2009), p. 782–789. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.jes.ac.cn. (01 junio de 2010).
247. SIGEL, Hans. Mejoramiento Continuo y Calidad. Colección PYMES 6. Editores CDEE- Universidad ICESI, Banco interamericano de desarrollo. Cali, 2001. p. 11, 12, 13 y 30.
248. SINGH et.al. Trends of greenhouse gas emissions from the road transport sector in India. *Science of the Total Environment*, Vol. 390 (2008), p. 124–131. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/scitotenv. (20 mayo 2010).
249. SMA. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, Disponible en URL: http://www.sma.df.gob.mx/simat/programas_ambientales/inventario.pdf. Ciudad de México, 2005.
250. SMIT et. al. (2010). Validation of road vehicle and traffic emission models. A review and meta-analysis. *Atmospheric Environment*, Vol. 44 (2010), p. 1-11. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2010).
251. SMIT et al. (2008). Improved road traffic emission inventories by adding mean speed distributions. *Atmospheric Environment*, Vol. 42 (2008), p. 916–926. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2009).
252. SMIT et al. (2008a). Do air pollution emissions and fuel consumption models for roadways include the effects of congestion in the roadway traffic flow? *Environmental Modelling & Software*, Vol. 23 (2008), p. 1262–1270. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/envsoft. (20 mayo 2009).
253. SMIT et. al. (2007). A new modelling approach for road traffic emissions: VERSIT+. *Transportation Research Part D*, Vol. 12 (2007), p. 414–422. Disponible en www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/trd. (20 mayo 2009).
254. SOKHI et. al. An integrated multi-model approach for air quality assessment: Development and evaluation of the OSCAR Air Quality Assessment System. *Environmental Modelling & Software*, Vol. 23 (2008), p. 268-281. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/envsoft. (20 mayo 2009).
255. SOLARTE, Víctor y ZUÑIGA, Gonzalo. Caracterización, Sectorización y Ubicación de la Industria Manufacturera de Cali – Colombia. Trabajo de grado Programa de Administración de Empresas. Universidad Libre Seccional Cali. Febrero de 2008.
256. SONG et.al. Dispersion and photochemical oxidation of reduced sulfur compounds in and around a large industrial complex in Korea. *Atmospheric Environment*, Vol. 42 (2008), p. 4269–4279. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2009).
257. SOWDEN et. al. Developing a spatially and temporally resolved emission inventory for photochemical modeling in the City of Cape Town and assessing its uncertainty. *Atmospheric Environment*, Vol. 42 (2008), p. 7155–7164. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2009).
258. STEIN. Ariel F. Hybrid modeling approach to resolve pollutant concentrations in an urban area. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 9410–9426. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (15 mayo 2008).
259. STONER, Gilbert. Administración. Editorial Pearson Education. Bogotá. 1997 p 276.
260. TAMSANYA, N. y CHUNGPAIBULPATANA, S. Influence of driving cycles on exhaust emissions and fuel consumption of gasoline passenger car in Bangkok. *Journal of Environmental Sciences*, Vol. 21 (2009), p. 604–611. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.jesc.ac.cn. (20 mayo 2010).
261. Terranova. Enciclopedia agropecuaria. Vida y Recursos Naturales. Editores Terranova. Bogotá, 1995 P. 125-138 Y 235-236.
262. (TAA&D). Tierra América. Ambiente y Desarrollo. Protocolo de Montreal Reducción de la Producción de Gases que Agotan la Capa de Ozono 1987. Disponible en URL: <http://www.tierramerica.net/2002/0922/conectate.shtml>. (02 marzo 2010).

263. TONER et.al. Using mass spectral source signatures to apportion exhaust particles from gasoline and diesel powered vehicles in a freeway study using UF-ATOFMS. *Atmospheric Environment*, Vol. 42 (2008), p. 568–581. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2009).
264. TONG, Daniel T. MAUZERALL, Denise L. Spatial variability of summertime tropospheric ozone over the continental United States: Implications of an evaluation of the CMAQ model. *Atmospheric Environment*, Vol. 40 (2006), p. 3041–3056. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2007).
265. TORO, VICTORIA. RAMÍREZ, Jhon. Quiceno, Raúl y Zuluaga, César. Cálculo de la emisión vehicular de contaminantes atmosféricos en la CORINAIR. *Revista ACODAL* N° 191. Bogotá. 2001. p. 42-49.
266. TUIA et. al. Evaluation of a simplified top-down model for the spatial assessment of hot traffic emissions in mid-sized cities. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 3658–3671. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2009).
267. UN. United Nations (2000). Urban Environment Pollution. Disponible en URL: <http://ww2.unhabitat.org/istanbul+5/68.pdf>. (15 mayo 2006).
268. UP, UGCA y UICA. Plan Maestro de Gestión Ambiental 2004–2010. Disponible en URL: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaiia/fulltext/planmaestro.pdf> Diciembre 2007. Quito, 2004.
269. URIBE, Eduardo. (2005a). Air Pollution Management in Two Colombia Cities. Case Study. CEDE. Centro de Estudios Sobre Desarrollo Económico. Facultad de Economía Universidad de los Andes Bogotá. 2005. 41 p.
270. URIBE, Eduardo. (2005). Política Ambiental en Colombia: ¿Equitativa-Eficiente-Transparente? CEDE. Centro de Estudios Sobre Desarrollo Económico. Facultad de Economía Universidad de los Andes Bogotá. 2005. 101 p.
271. VALENCIA, Marino. Modelo de Generación y Transferencia de Conocimiento para los procesos de dirección y gestión humana en pymes del sector cárnico de la ciudad de Cali. Tesis Doctoral en Ciencias Técnicas. Universidad José Antonio Echeverría CUJAE. La Habana Cuba 2010. Capítulo II.
272. VARAS, Juan. Economía del Medio Ambiente. Nuevos Enfoques de la Metodología de Evaluación del Impacto Ambiental. Alfaomega Editores. Universidad Católica de Chile. Primera Edición. Bogotá. 1999. p 132 y 133.
273. VEGA, Leonel. Hacia la Sostenibilidad Ambiental del Desarrollo. Construcción de pensamiento ambiental práctico a través de una política y gestión ambiental sistémica. ECOE Ediciones. Bogotá 2005.
274. Vilalta, José. Procedimiento para el análisis de datos. Tesis Doctoral en Ciencias Técnicas. Universidad José Antonio Echeverría CUJAE. La Habana Cuba 2008. Capítulo I.
275. VENKATRAM et. al. Analysis of air quality data near roadways using a dispersion model. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 9481–9497. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2008).
276. VIVANCO et. al. Multi-year assessment of photochemical air quality simulation over Spain. *Environmental Modelling & Software* Vol. 24 (2009) p. 63-73. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/envsoft. (20 mayo 2010).
277. VLACHOKOSTAS et. al. Decision support system for the evaluation of urban air pollution control options: Application for particulate pollution in Thessaloniki, Greece. *Science of the Total Environment*, Vol. 407 (2009), p. 5937–5948. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/scitotenv. (01 junio 2010).
278. W.B. (2004). Toward Cleaner Urban Air in South Asia: Tackling Transport Pollution, Understanding Sources, March 2004. UNDP/World Bank Energy Sector Management Assistance Program.
279. W.B. (2003). Urban Air Pollution: Health Impacts of Outdoor Air Pollution. South Asia Urban Air Quality Management Briefing Note N° 1. Febrero de 2003. Citado en mayo de 2006.
280. WANG et.al. (2008). On-road vehicle emission inventory and its uncertainty analysis for Shanghai, China. *Science of the Total Environment*, Vol. 398 (2008), p. 60-67. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/scitotenv. (20 mayo 2009).
281. WANG et. al. (2010). Trends in vehicular emissions in China's mega cities from 1995 to 2005. *Environmental Pollution*, Vol. 158 (2010), p. 394–400. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y en www.elsevier.com/locate/envpol. (01 junio 2010).
282. WANG, Litao et.al. (2010). Assessment of air quality benefits from national air pollution control policies in China. Part I: Background, emission scenarios and evaluation of meteorological predictions. *Atmospheric Environment* Vol. 44 (2010), p. 3442-3448. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (01 junio 2010).

283. WARK y WARNER. Contaminación del Aire, origen y control. LIUMSA Editores. México 2006. Capítulo I, II, IV, X y Apéndice uno.
284. WBCSD World Business Council of Sustainable Development. “Group on Eco-efficiency Metrics & Reporting eco-efficiency indicator and reporting. Geneva. Suiza. 1999 pp. 12.
285. WESTERDAHL et. al. Characterization of on-road vehicle emission factors and microenvironmental air quality in Beijing, China. *Atmospheric Environment*, Vol. 43 (2009), p. 697–705. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2010).
286. WHEAT, BARBARA y Mills, Chuck. Una Parábola sobre el camino hacia la excelencia y una empresa esbelta. Editorial Norma. Bogotá. 2004. 125 p.
287. WHO (2006): World Health Organization. Guidelines Quality Air in Europe. Copenhagen 2006. P. 1–126.
288. WHO (2006a). World Health Organization. Risk of Particulate Matter From Long-Range Transboundary Air Pollution. Copenhagen, Denmark. Disponible en URL: http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0006/78657/E88189.pdf. (15 mayo 2006).
289. WHO (2005): World Health Organization. Quality Guidelines Global Update: Report on a working group meeting, Bonn, Germany. 2005.
290. WHO (2004): World Health Organization. Health aspects of air pollution results from the WHO project systematic review of health aspects of air pollutions in Europe, 30 pages. Disponible en URL: <http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/activities/pdf/e83080.pdf>. (15 mayo 2006).
291. WHO (2004a): World Health Organization. Health aspects of air pollution – answers to follow-up questions from CAFÉ: report n a WHO Working Group Meeting. Bonn, Germany, 15–16, january, 78 pages,. Disponible en URL: http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/activities/pdf/2nd_report.pdf. (15 mayo 2006).
292. WHO (2003): World Health Organization. Helath aspects of air pollution with particulate matter Ozone and Nitrogen Dioxide: report WHO Working Group. 2003, Bonn, Germany 13–15, january, 98 page. Disponible en URL: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd41/dioxide.pdf>. (15 mayo 2006).
293. WHO (2000). World Health Organization. Quantification of the Health Effects of Exposure to Air Pollution Report of a WHO Working Group. Bilthoven, Netherlands 20-22, november 2000. (15 mayo 2006).
294. WHO (2000a). World Health Organization, Health Aspects Of Air Pollution Results From The Who Project “Systematic Review Of Health Aspects Of Air Solution In Europe” Junio de 2004. Disponible en URL: http://www.unep.org/PDF/APMA_Benchmarking_report.pdf. (18 junio 2008).
295. WRIGHT, Paul. Introducción a la Ingeniería. Editorial. Addison-Wesley Iberoamericana. Buenos Aires. 1994. p. 53.
296. YUMIMOTO, Keiya y UNO, Itsushi. Adjoint inverse modeling of CO emissions over Eastern Asia using four-dimensional variational data assimilation. *Atmospheric Environment*, Vol. 40 (2006), p. 6836–6845. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2008).
297. ZACHARIADIS, Theodoros. Assessing policies towards sustainable transport in Europe: an integrated model. *Energy Policy*, Vol. 33 (2005), p. 1509–1525. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/enpol. (15 mayo de 2006).
298. ZAMBONI, Giorgio, CAPOBIANCO, Massimo y DAMINELLI, Enrico. Estimation of road vehicle exhaust emissions from 1992 to 2010 and comparison with air quality measurements in Genoa, Italy. *Atmospheric Environment*, Vol. 43 (2009), p. 1086–1092. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo 2010).
299. ZÁRATE et. al. Air quality modelling over Bogota, Colombia: Combined techniques to estimate and evaluate emission inventories. *Atmospheric Environment*, Vol. 41 (2007), p. 6302–6318. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (20 mayo de 2008).
300. ZHANG, Kai. BATTERMAN, Stuart. Near-road air pollutant concentrations of CO and PM2.5: A comparison of MOBILE6.2/CALINE4 and generalized additive models. *Atmospheric Environment*, Vol. 44 (2010), p. 1740-1748. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (01 junio 2010).
301. ZHANG et. al. Vehicle emission inventories projection based on dynamic emission factors: A case study of Hangzhou, China. *Atmospheric Environment*, Vol. 42 (2008), p. 4989–5002. Disponible en URL: www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (01 junio de 2010).
302. ZHENG et. al. A highly resolved temporal and spatial air pollutant emission inventory for the Pearl River Delta region, China and its uncertainty assessment. *Atmospheric Environment* Vol. 43 (2009), p. 5112–5122. Disponible en URL www.sciencedirect.com y www.elsevier.com/locate/atmosenv. (01 en junio 2010).

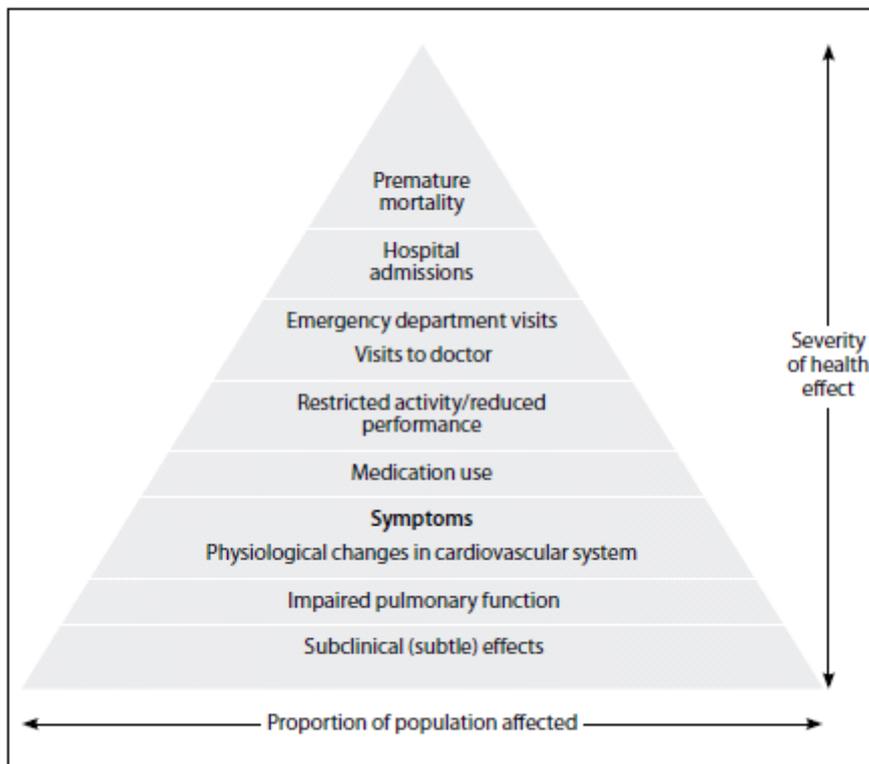
ANEXOS

Anexo 1.1. Modelo Emisor-Receptor



Fuente: Hunt y Jonhson, 1994

Anexo 1.2. Efectos de la contaminación del aire en la salud humana



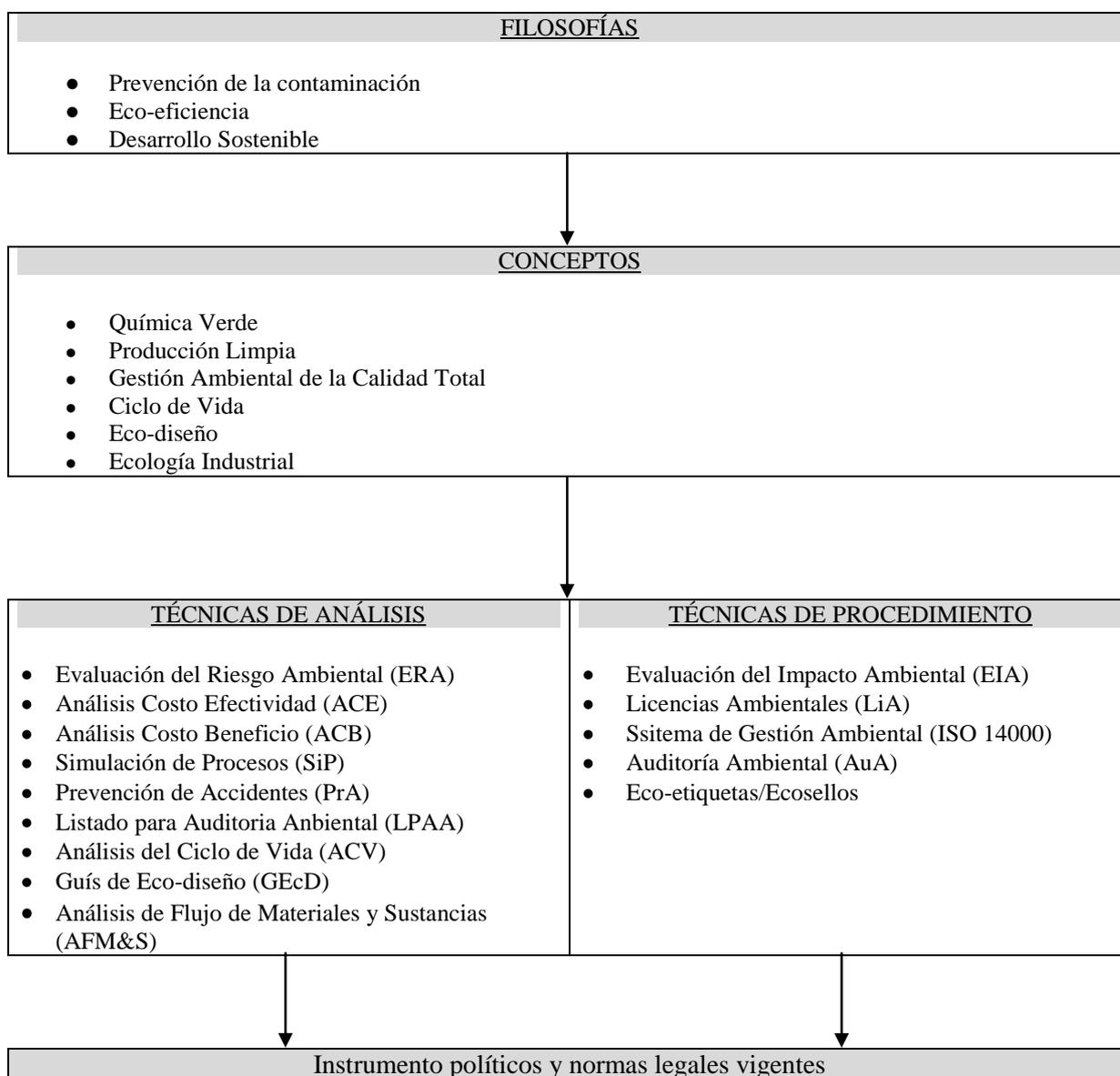
Fuente: WHO, 2006

Anexo 1.3. Familia la ISO 14000

Familia ISO 14000	Descripción
14001, 2006 a 14004, 2004	Guías para documentar un Sistema de Gestión Ambiental
14020, 2002	Etiquetado ambiental
14031, 2000	Evaluación del desempeño ambiental
14040, 2007 14044, 2007, 14047, 2003, 14048, 2002 y 14049, 2002	Análisis del Ciclo de Vida
14050, 2003	Definiciones
14062, 2003	Desarrollo de productos

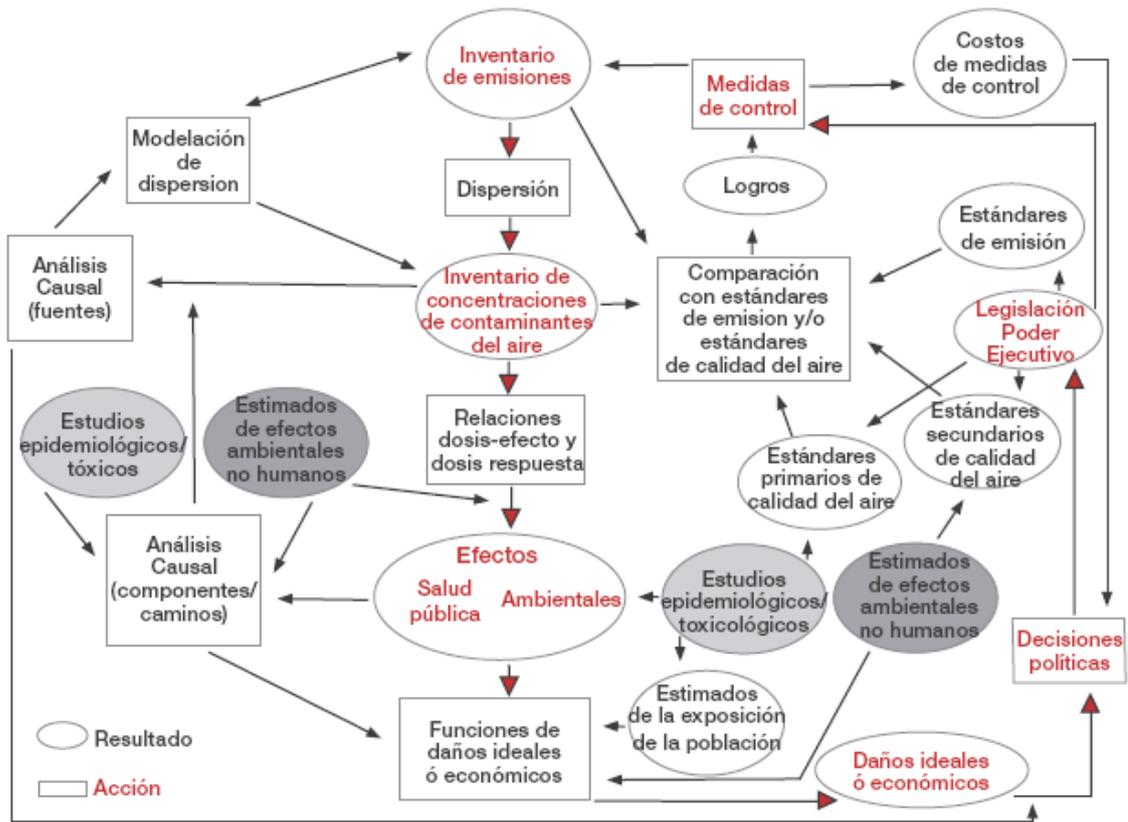
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 1.4. Estructura de un Sistema de Gestión Ambiental



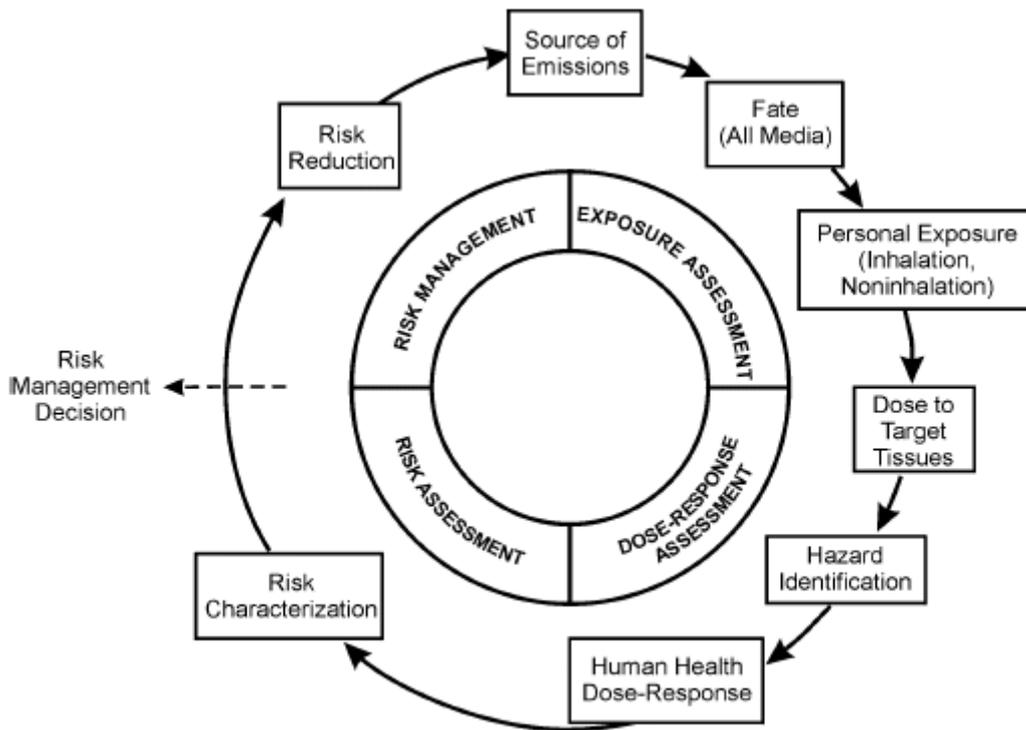
Fuente: Granada, 2006

Anexo 1.5. Estructura del manejo de la calidad del aire



Fuente: Schwela, 2004

Anexo 1.6. Estructura de la Evaluación del Riesgo ambiental



Fuente: EPA, 2002

Source → Emissions → Concentrations → Exposure → Dose → Health effects

Fuente: WHO, 2006

Anexo 1.7. Ecuaciones para estimar factores de emisión de fuentes móviles

Entidad /autor	Ecuación
Emisiones totales fuentes móviles (METROPOL, 2007), (Toro, Ramírez, Quiceno y Zuluaga, 2001)	$\sum_{m=1}^{m=4} \left\{ f_m \cdot \left[\sum_{k=1}^{k=6} \left(f_k \cdot \left(\sum_{v=1}^{v=3} (L_{v,j} \cdot N_{v,h,j} \cdot F_{v,k,m,i}) \right) \right) \right] \right\}$
Emisiones de CO ₂ (EPA, 2004)	$\text{Emissions} = \sum_{i=1}^n \text{Fuel}_i \times \text{FD}_i \times C_i \times \text{FO}_i \times \frac{\text{CO}_{2(m.w.)}}{C_{(m.w.)}}$
Emisiones de CO ₂ (EPA, 2004)	$\text{Emissions} = \sum_{i=1}^n \text{Fuel}_i \times \text{HC}_i \times C_i \times \text{FO}_i \times \frac{\text{CO}_{2(m.w.)}}{C_{(m.w.)}}$
Consumo de combustible (EPA, 2004)	$\text{Fuel B} = \text{Fuel P} + (\text{Fuel S}_T - \text{Fuel S}_E)$
Consumo de combustible por uso (EPA, 2004)	$\text{Fuel Use} = \text{DT} \times \text{FE}$
(Huertas, 2009)	$m_i = \sum_{j,k} f_{ij}(v_{jk}) \Delta t_k$
	$\dot{Q} = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} ACfn\Delta t$
	$\dot{m}_i = \rho V AC_i$
	$C_x H_y + a\lambda(O_2 + 3.76N_2) \rightarrow b_1 CO + b_2 CO_2 + b_3 H_2O + b_4 NO + b_5 N_2 + b_6 O_2$
EEART, 2002	$\text{Emission} = \sum abcd (\text{EF}abcd * \text{Activity}abcd) + \sum b\text{Cold}b + \sum b\text{Evaporation}b$

Donde

m = Modelo del vehículo

k, b = Categoría vehicular

v, d = Tipo de vía

r = tramo de vía

Lr = Longitud tramo de vía específico en la celda j

j = Celda

N k, r, v, h, activityabcd = Número de vehículos de categoría k que transitan en el tramo de vía r de tipo v a una hora determinada por la celda j

F, EF= Factor de emisión correspondiente

a Fuel1= Tipo de combustible

c = Control de emisión

Evaporation = Evaporación
Cool = Emisión en frío
FD = Densidad del tipo de combustible
C = Contenido de Carbono en el combustible
FO = Factor de oxidación
CO₂mw = Peso molecular
CO mw = Peso molecular
Fuel B = Consumo de combustible
Fuel P = Reporte de venta periódico de combustible
S_T = Combustible disponible al inicio del periodo de reporte
S_E = Combustible disponible al final del periodo de reporte
DT = Distancia recorrida en millas
FE = Costo del combustible

Anexo 1.7a. Modelos de pronóstico de la calidad del aire utilizados en diferentes ciudades del mundo.

Dispersión	Fotoquímico	Meteorológico
MODEAM (METROPOL, 2007)	CAMx (METROPOL, 2007)	RAMS (METROPOL, 2007)
MatLab (Farhad, Lake y Davies, 2008)	OFIS (Moussiopoulos et. al, 2009)	FVM (DAMA, 2003)
ARPS 4.5.2 (Brulfert, Chemel, Chaxel y Chollet, 2006)	TAPOM 1.5.2 (Brulfert, Chemel, Chaxel y Chollet, 2006) (DAMA, 2003)	-
LECES2 (Ionescu y Candau, 2007).	CTM (Parra, Jimenez, Baldasano, 2006)	-
LIDIAR (Landulfo y Matos. 2007)	Sunphotometer (Landulfo y Matos. 2007).	-
CHIMERA (Monteiroa y Miranda, 2007).	CHIMERA (Monteiroa y Miranda, 2007).	ECMWF (Monteiroa y Miranda, 2007).
SATURN (Farhad Njadkoorki y Nicholson, 2008).	-	-
3/CMAQ (Wang, Jang y Zhang, 2010).	3/CMAQ (Wang, Jang y Zhang, 2010).	MM5 (Wang, Jang y Zhang, 2010), (Lal et. al., 2009).
-	-	OFIS (Vlachokostas et. al., 2009).
ADMS y AERMOD (Steven, Barrett y Britter, 2008).	-	-
ISC3 (Chen, Liu y Chen, 2006).	-	MOPSSAQMN (Chen, Liu y Chen, 2006).
CMAQ (Chemel et. al., 2010)	SMOKE (Chemel et. al., 2010)	CMAQ (Chemel et. al., 2010), (Lal et. al., 2009).
CAR II (Sokhi et. al., 2008).	OSCAR (Sokhi et. al., 2008).	MPP (Sokhi et. al., 2008).

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 1.8. Número de Industrias Manufactureras por División CIU y número de vehículos por clase en Cali

División	Cantidad	Porcentaje
16	1	0.02
17	230	4.7
18	643	13.2
19	474	9.8
20	415	8.6
21	114	2.4
22	259	5.3
23	2	0.04
24	120	2.5
25	169	3.5
26	60	1.2
27	106	2.2

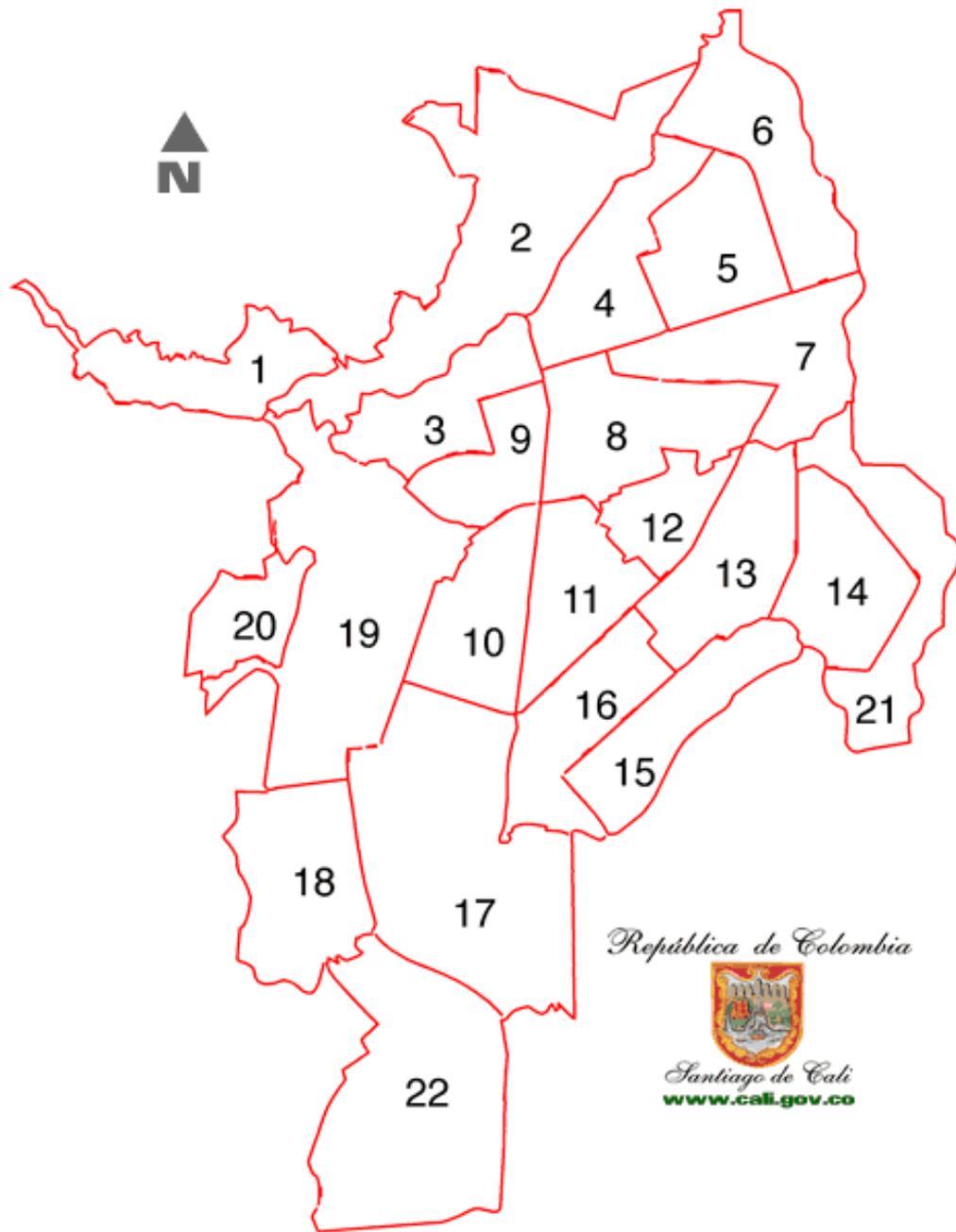
Fuente: Solarte y Zúñiga, 2008

Número de vehículos por tipo.

Tipo	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Automóviles	197,627	204,866	217,962	234,794	253,435	266,828
Buses	10,215	10,350	10,698	10,071	9,489	9,696
Camiones	10,199	9,997	10,090	10,044	10,077	10,149
Motos	61,600	63,298	66,368	69,945	72,749	78,727
Maquinaria	383	398	414	426	443	461

Fuente: STTM, 2009

Anexo 1.9. Mapa por comunas de la ciudad de Cali.

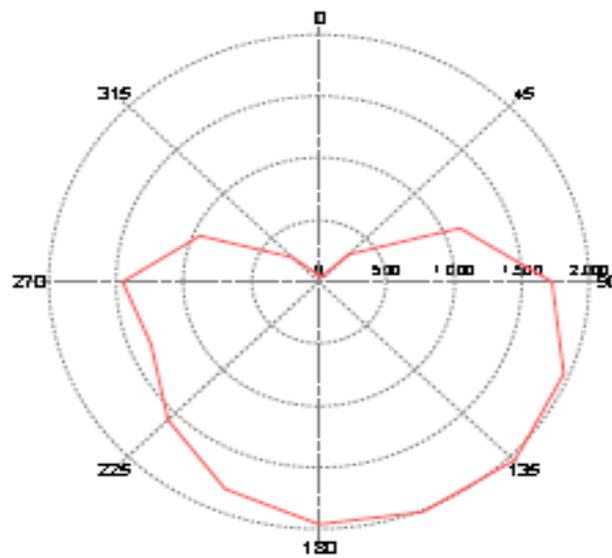


Fuente: Solarte y Zúñiga, 2008

Anexo 1.10. Variación promedio horaria de la velocidad y dirección del viento en Cali – Colombia

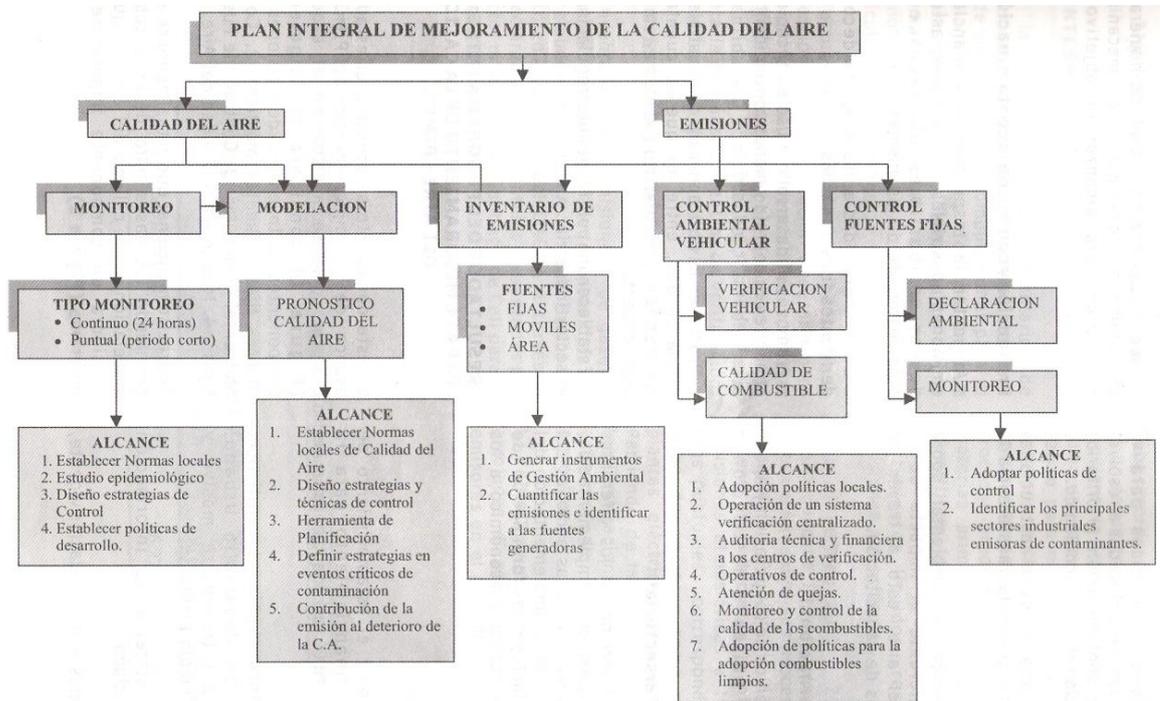
Hora	Velocidad del viento
07:00	0.464
10:00	1.14
13:00	1.51
16:00	2.02
17:00	2.192
19:00	1.762
20:00	1.5
23:00	0.87

Dirección del Viento



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.11. Estructura del Plan Integral para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la ciudad de Cali.



Fuente: DAGMA, 2003

Anexo 1.12. Situación actual del manejo de la calidad del aire en Cali

Tipo de Gestión	Se realiza el tipo de gestión actualmente		Utiliza Herramienta Computacional		Estima factor de emisión reducido	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No
Factores de Emisión		X		X		X
Acciones						
Móviles						
Reformular Combustibles	X			X		X
Adoptar biocombustibles	X			X		X
Restricción flujo vehicular		X		X		X
Día sin carro		X		X		X
Uso transporte alternativo		X		X		X
Reúso de vías		X		X		X
Operativos de control vial		X		X		X
Fijas						
Cambio de combustibles						
Producción Limpia	X			X		X
Tecnologías de control	X			X		X
Reubicación de la industria	X			X		X
Adopción de Políticas						
Establecer nuevas políticas de emisión						
Establecer una políticas de inmisión		X		X		X
Usar modelos de estimación		X		X		X
Modelar la calidad del aire		X		X		X
Establecer el nuevo ICA		X		X		X

Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.13. Nivel promedio de concentración anual de contaminantes criterio de la ciudad de Cali.

Año	Nivel promedio de concentración anual					Porcentaje de incremento anual respecto al año 2003 (%)				
	PM ₁₀ ug/m ₃	O ₃ ppb	CO ppm	SO ₂ ppb	NO ₂ ppb	PM ₁₀	O ₃	CO	SO ₂	NO _x
2003	51	45	1.1	5.2	60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2004	52	47	1.3	6.4	70.8	2	10.4	6.0	23	11.8
2005	55	51	1.7	7.3	74	7.8	11.3	8.0	41	12.3
2006	57	55	2.0	7.75	77	11.2	12.2	15	49	12.8
2007	59	58	2.2	8.3	79	11.6	12.9	25.5	59	13.2

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2.1. Identificación del grupo, área, estructura del área y personal con tareas asignadas en las medidas de control.

Descripción	Autoridad		
	Tránsito y Transporte	Sanitaria	Ambiental
Grupo			
Área del grupo			
Estructura del área			
Personal			
Cargo en la autoridad	Nivel profesional	Numero de empleados	Tipo de contratación
			Directa

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2.2. Cargo, perfil, actividades y dedicación del equipo de trabajo para implementar el procedimiento en las partes involucradas.

Núm.	Cargo	Perfil	Actividades	Dedicación
1	Director	Ingeniero con maestría y/o doctorado con 7 años de experiencia en proyectos de Calidad del Aire	Planear e implementar el procedimiento. Controlar indicadores. Comunicar la información a partes involucradas. Convocar y coordinar al grupo intersectorial de calidad del aire para la planeación de las normas locales de emisión e inmisión.	Tiempo completo
2	Coordinador	Ingeniero profesional con especialización o maestría con experiencia mínima de tres años en administración y gestión de proyectos en Calidad del Aire.	Dirigir y supervisar las actividades programadas. Gestionar el procedimiento. Solicitar los datos obtenidos en las medidas de control. Entregar datos a profesional N° 1 para el análisis de los datos. Implementar el procedimiento. Controlar cumplimiento de indicadores. Redactar informes y documento final del IEA. Informar y enviar al director toda la información generada en el procedimiento. Apoyar el proceso de planeación.	Tiempo Completo
3	Profesional N° 1	Ingeniero profesional con especialización con experiencia mínima de tres años en el manejo de base de datos de Calidad del Aire.	Recepcionar datos de las medidas de control. Depurar datos. Validar datos. Generar base de datos final. Generar tablas, figuras, mapas y reportes estadísticos. Elaborar el documento final IEA. Controlar indicadores. Modelar emisiones. Redactar plan de acción. Comunicar al coordinador.	Tiempo completo

Fuente: Adaptado del INE, 2008

Anexo 2.3. Cronograma de actividades

Actividad	Quién	Cómo	Cuándo		Autoridad
			Inicio	Final	
1. Diagnóstico					
1.1. Preparación					
Presentar el proyecto.					
Seleccionar el equipo de trabajo.					
Definir el cronograma de trabajo.					
1.2. Ejecución					
Identificar la relación causa-efecto que tienen las variables y covariables y sus implicaciones en la calidad del aire.					

Actividad	Quién	Cómo	Cuándo		Autoridad
			Inicio	Final	
2. Planeación					
Buscar las Políticas estatales de emisión e inmisión de contaminantes atmosféricos de la zona de estudio.					
Definir el propósito del procedimiento.					
Seleccionar alcance y objetivo del procedimiento.					
Seleccionar la medida de control de fuentes móviles.					
Seleccionar medida de control de fuentes fijas.					
Seleccionar medida de control del estado del aire.					
Definir el indicador de resultado del factor de carga ambiental para fuentes móviles (FCAfm)					
Definir el indicador de resultado del factor de carga ambiental para fuentes fijas (FCAff).					
Definir el indicador de resultado para la calidad del aire (ICA).					
Publicar la Norma Local de fuentes móviles (NLfm).					
Publicar la Norma Local de fuentes fijas (NLff).					
Publicar la Norma Local de inmisión de contaminantes criterio (Cc)					

Actividad	Quién	Cómo	Cuándo		Autoridad
			Inicio	Final	
Medidas de control					
Realizar las medidas de control a las fuentes móviles.					
Enviar los resultados a las partes involucradas					
Realizar las medidas de control a las fuentes fijas.					
Enviar los resultados a las partes involucradas					
Realizar las medidas de control al estado de la calidad del aire.					
Enviar los resultados a las partes involucradas					

Anexo 2.3. Continuación

Actividad	Quién	Cómo	Cuándo		Autoridad
			Inicio	Final	
3. Recepción y análisis de datos					
Solicitar instrumentos con los datos arrojados por las medidas de control.					
Archivar los instrumentos.					
Depurar los instrumentos.					
Validar los datos colectados en el instrumento de depuración por medida de control.					
Generar la base de datos final del procedimiento.					
Generar gráficos de las variables y covariables registradas.					
Obtener el inventario de emisiones atmosféricas.					
Obtener el valor de Concentración de contaminante (Cc) por tipo de contaminante.					
Obtener el valor del factor de carga ambiental real de fuentes móviles (FCA _{fm,r}).					
Obtener el valor del factor de carga ambiental real de fuentes fijas (FCA _{ff,r}).					
Obtener el valor del factor de carga ambiental proyectado de fuentes móviles (FCA _{fm,p}).					
Obtener el valor del factor de carga ambiental proyectado de fuentes fijas (FCA _{ff,p}).					

Actividad	Quién	Cómo	Cuándo		Autoridad
			Inicio	Final	
4. Control					
Calcular el ICA.					
Calcular el FCA _{fm} .					
Calcular el FCA _{ff} .					
Ratificar y consolidar acciones.					
Modelar factores de emisión de fuentes móviles.					
Modelar factores de emisión de fuentes fijas.					
Diseñar plan de acción anual.					
Enviar el plan de acción a la fase de planeación.					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2.4. Entrevista para el jefe de área

Pregunta	Sí	No	No Sabe	No Aplica
El área a su cargo, realiza medidas de control de contaminantes atmosféricos.				
El área a su cargo, cuenta con un proceso para la gestión de las medidas de control implementadas en la ciudad.				
El área a su cargo, tiene plenamente identificado el estado de la calidad del aire en la ciudad.				
En los últimos cinco años, su área de trabajo ha realizado publicaciones anuales relacionadas con los resultados de las medidas de control de contaminantes atmosféricos.				
El área a su cargo, tiene tareas asignadas en la obtención de un inventario de emisiones atmosféricas de fuentes móviles y fijas.				
El área a su cargo, está en la capacidad de suministrar los datos para realizar un inventario de emisiones atmosféricas de fuentes móviles y fijas.				
El área a su cargo, conoce las excedencias de la norma de calidad del aire, fuentes móviles y fijas que se han presentado en los últimos cinco años.				
El área a su cargo, utilizan herramientas computacionales para el análisis de los datos obtenidos en las medidas de control.				
Los instrumentos de colección de los datos de las medidas de control, están estandarizados.				
Está definido el procedimiento de envío, atención a encuestados, seguimiento y recepción de la encuesta de declaración ambiental de control de fuentes fijas.				
Está definido el procedimiento de recepción de los datos de las medidas de control de fuentes móviles.				
Está definido el procedimiento para establecer la carga ambiental diaria y/o anual generada en la ciudad por tipo de fuente.				
Está definido el procedimiento para realizar una Declaración Conformidad Ambiental y Sanitaria en la ciudad, por parte de la entidad.				
Está establecido el procedimiento para asegurar el mantenimiento y actualización del inventario de emisiones atmosféricas en la ciudad.				
Sabe el número de empleados que tiene a su cargo y sus funciones.				
El presupuesto asignado anualmente a las medidas de control es suficiente.				
Cuenta con la infraestructura suficiente en equipos, tecnología de la información y de las comunicaciones para realizar el manejo de la calidad del aire.				

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2.4a Cuestionario realizado al personal con tareas en las medidas de control de contaminantes atmosféricos

Pregunta	Descripción
Escriba las medidas de control de contaminantes atmosféricos realizadas en la ciudad de Cali.	
Describa el proceso de planeación utilizado para las medidas de control de contaminantes atmosféricos.	
Describa el método de medición utilizado en las medidas de control de contaminantes atmosféricos.	
Describa el proceso de depuración y análisis de datos utilizado en las medidas de control de contaminantes atmosféricos.	
Describa el proceso de control realizado a las medidas de control de contaminantes atmosféricos.	
Especifique su nivel de formación.	
Cuál es su tipo de contratación.	
Cuenta con la tecnología y equipos necesarios para la implementación y control de las medidas de control.	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2.5. Plan de capacitación para el grupo de trabajo

Tema	Fecha	Lugar	Participantes
Manejo de la calidad del aire urbano.			
Técnicas para análisis de problemas.			
Planeación de medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas.			
Recepción y análisis de los datos obtenidos en las medidas de control.			
Verificación del cumplimiento de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas.			
Modelación de factores de emisión de fuentes móviles y fijas.			
Acciones a implementar en fuentes móviles y fijas para reducir el deterioro de la calidad del aire.			
Mapas de Riesgo Ambiental y Salud Ambiental: Calidad del aire y ERAS			
Plan de acción para la implementación de medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas.			

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2.6. Plan de las medidas de control

Fuente	Valor medido			Equipo de medición utilizado	Rango de medición del equipo	Frecuencia de medición	Instrumento de registro de datos	Tipo de datos	Entidad ejecutora
	Variable	Covariable	Referencia						
Móviles									
Fijas									
Estado del aire									

Fuente: Elaboración Propia

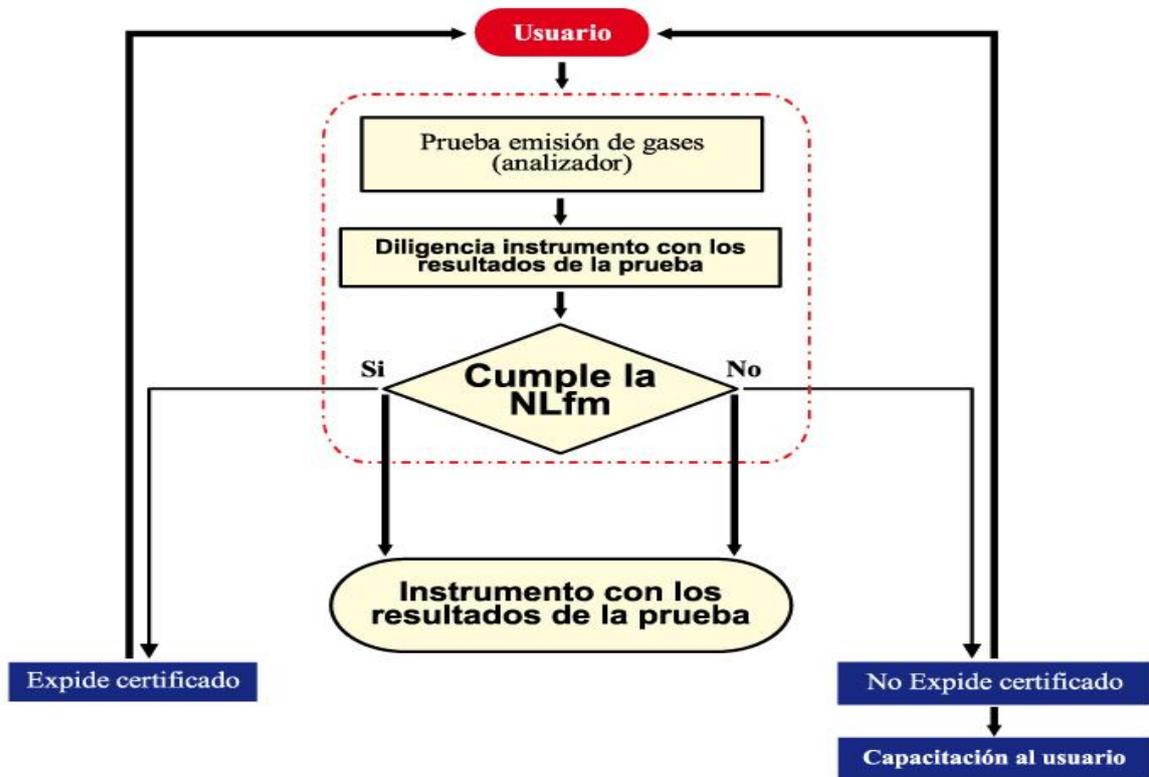
Anexo 2.7: Alcance y objetivo del procedimiento

Propósito
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las fuentes de emisión
<ul style="list-style-type: none"> • Obtener un Inventario General de Emisiones Atmosféricas
<ul style="list-style-type: none"> • Modelar la calidad del aire
<i>Objetivos</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Reducir el deterioro de la calidad del aire.
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la emisión de gases efecto invernadero y cambio climático.
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar Riesgo e Impacto ambiental, sanitario y en el ecosistema.
Alcances
<ul style="list-style-type: none"> • Implementar una base de datos tipo Sistema de Información Geográfica (SIG) de las diferentes fuentes existentes en la zona de estudio.
<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar un procedimiento para las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas.
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar áreas con características y/o problemas ambientales.
<ul style="list-style-type: none"> • Obtener indicadores de calidad del aire, con el fin de establecer un mapa de riesgo e impacto ambiental, sanitario y ecológico.
<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar un sistema de control para determinadas fuentes de emisión que tienen un especial interés para la autoridad ambiental y comunidad en general.
<ul style="list-style-type: none"> • Facilitar la aplicación de modelos de dispersión del aire.
<ul style="list-style-type: none"> • Proveer información para la Innovación, Investigación y Desarrollo de la problemática ambiental local de acuerdo con las fuentes generadoras y tipo de emisión.

Fuente: Adaptado del INE, 2008

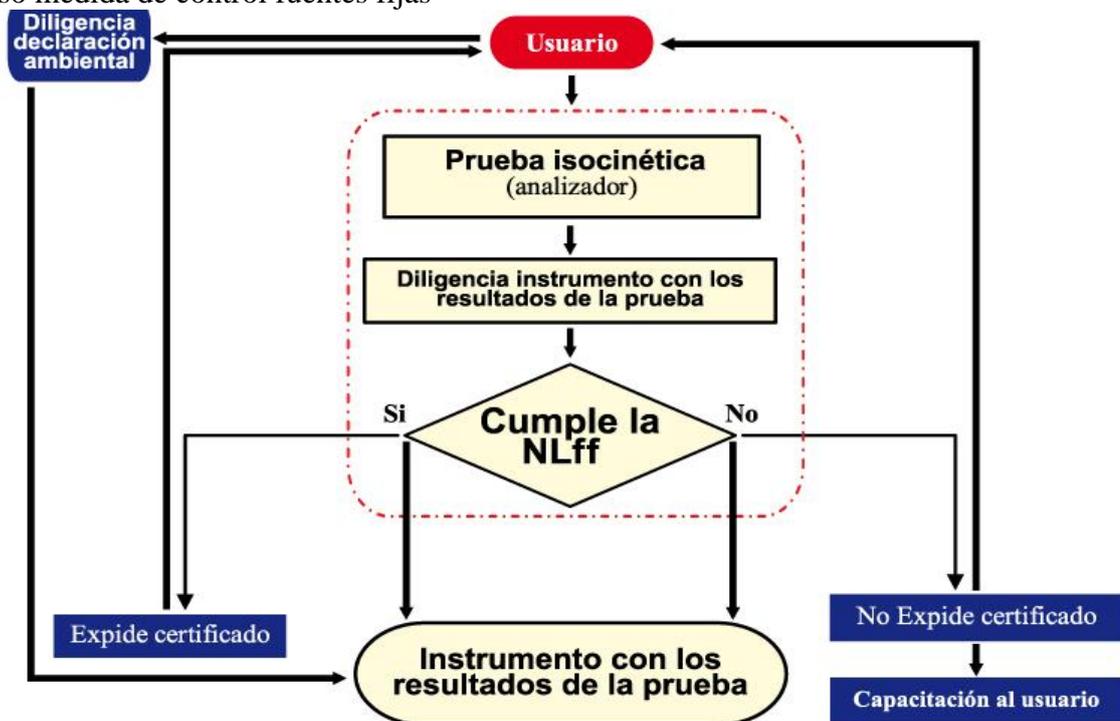
Anexo: 2.8. Proceso en las entidades ejecutoras de las medidas de control una vez terminado el proceso de medición.

Proceso medida de control fuentes móviles



Fuente: Elaboración Propia

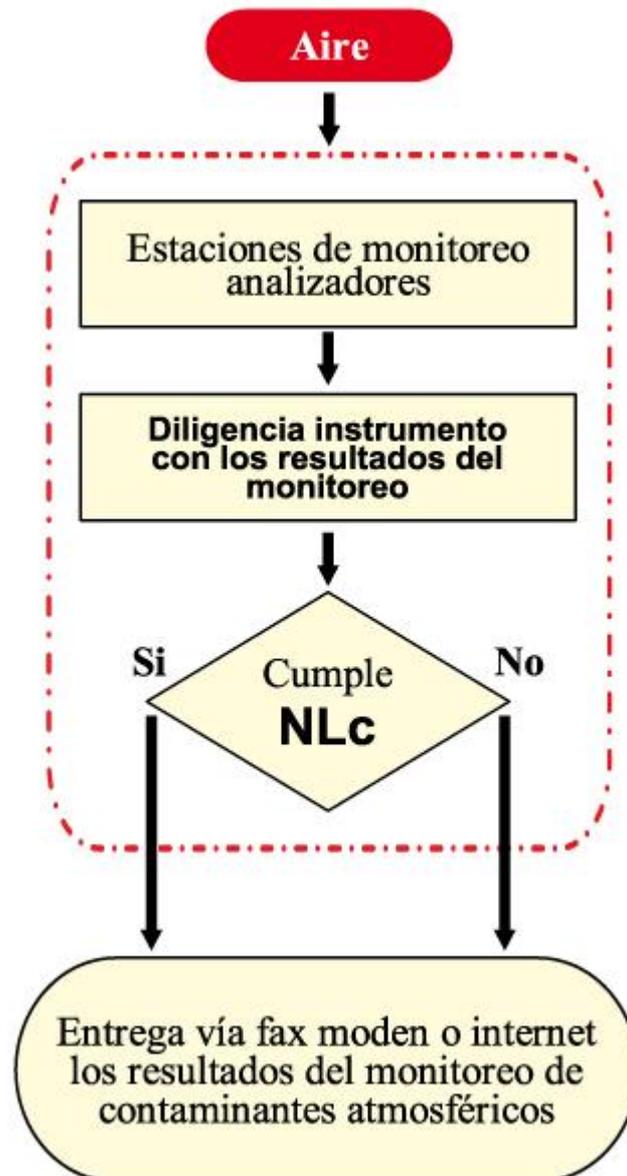
Proceso medida de control fuentes fijas



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2.8. Continuación

Proceso medida de control calidad del aire



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2.9. Instrumento de comunicación de resultados de la medida de control de fuentes móviles

Descripción	Longitud BYTES	Tipo de llenado	Observaciones
Número del CDA	5	AU	
Nombre del CDA	40	AU	
NIT o CC	10	AU	
Dirección	40	AU	Emplear abreviaturas definidas por Catastro Nacional o autoridad competente.
Teléfono 1	7	AU	
Teléfono 2	7	AU	
Ciudad	5	AU	Emplear código de ciudades asignado por el DANE o autoridad competente.
Número de resolución expedida por la autoridad ambiental competente	4	AU	
Fecha de la resolución	10	AU	AAAA/MM/DD
AU	Automático (llenado automáticamente por el programa)		
CDA	Centro de diagnostico automotriz		
AAAA/MM/DD	Año mes día		

Datos del analizador de gases

Descripción	Longitud BYTES	Tipo de llenado	Observaciones
Valor del PEF	5	AU	
Serie del Analizador	10	AU	
Marca Analizador	2	AU	
Valor del span bajo de calibración de HC	5	AU	
Valor del span bajo de calibración de CO	5	AU	
Valor del span bajo de calibración de CO ₂	5	AU	
Valor del span medio de calibración de HC	5	AU	
Valor del span medio de calibración de CO	5	AU	
Valor del span medio de calibración de CO ₂	5	AU	
Fecha última calibración	10	AU	AAAA/MM/DD
Hora última calibración	5	AU	HH:MM
Nombre del programa	20	AU	
Operador que realiza la prueba	2	AU	Código por listado
Versión del programa	5	AU	
AU	Automático (llenado automáticamente por el programa)		
AAAA/MM/DD	Año mes día		
HH:MM	Hora-minutos		

Descripción	Longitud BYTES	Tipo de llenado	Observaciones
Número de consecutivo de la prueba	6	AU	
Fecha de realización de la prueba	10	AU	AAAA/MM/DD
Hora de inicio de la prueba	5	AU	HH:MM
Hora de finalización de la prueba	5	AU	HH:MM
Fecha de aborto de la prueba	10	AU	
Hora de aborto de la prueba	5	AU	
Causa de aborto de una prueba	80	D	
AU	Automático (llenado automáticamente por el programa)		
D	Digitar (Para ser digitados por el operador)		
AAAA/MM/DD	Año mes día		
HH:MM	Hora-minutos		

Anexo 2.9. Continuación

Datos del propietario del automotor

Descripción	Longitud BYTES	Tipo de llenado	Observaciones
Nombre completo / razón social	40	D	
Tipo de documento	1	E	Según listado emitido por la autoridad ambiental competente.
Número de documento de identificación	10	D	
Dirección	40	D	Emplear abreviaturas definidas por Catastro Nacional o autoridad competente.
Teléfono	7	D	
Ciudad	5	E	Emplear código de ciudades asignado por el DANE o autoridad competente.
E Escogencia (A partir de listados propios del programa) D Digitar (Para ser digitados por el operador)			

Datos del vehículo automotor

Descripción	Longitud BYTES	Tipo de llenado	Observaciones
Marca	3	E	Según códigos listado definido por autoridad competente.
Línea	3	E	Según códigos listado definido por autoridad competente.
Tipo de motor	2	E	
Año modelo	4	E	
Placa	6	D	
Cilindraje en cm ³	4	D	
Clase de vehículo automotor	2	E	Según códigos definidos por el Ministerio de Transporte.
Servicio	1	E	Según códigos definidos por el Ministerio de Transporte.
Número de motor	15	D	
Número VIN o serie	17	D	
Número licencia de tránsito (tarjeta de propiedad)	16	D	
Kilometraje (km)	6	D	Se digita solamente cuando el vehículo tenga odómetro.
E Escogencia (A partir de listados propios del programa) D Digitar (Para ser digitados por el operador)			

Resultados de las pruebas

Descripción	Longitud BYTES	Tipo de llenado	Observaciones
r/min en ralentí	4	AU	
HC en ralentí	5	AU	
CO en ralentí	5	AU	
CO ₂ en ralentí	5	AU	
O ₂ en ralentí	5	AU	
Inspección visual:			
- Fugas en el tubo de escape	1	E	
- Fugas en el silenciador	1	E	
- Presencia de la tapa de llenado tanque combustible	1	E	
- Presencia de la tapa de aceite motor	1	E	
- Salidas adicionales a las del diseño original	1	E	
AU Automático (llenado automáticamente por el programa) E Escogencia			

Fuente: ICONTEC NTC 5365

**Anexo 2.10. Instrumento de comunicación de resultados de la medida de control.
Realizada a las fuentes fijas.**



**ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE DAGMA
FORMULARIO DE DECLARACION AMBIENTAL 2006-2007**

Despierta tu naturaleza

1. IDENTIFICACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

1.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL		1.2 NIT:	
1.3 ACTIVIDAD:		CÓDIGO:	
1.4 PRODUCCIÓN :			
1.5 DIRECCIÓN:			
1.6 E-MAIL:		1.7 TELÉFONO:	
1.8 BARRIO:		1.9 COMUNA:	
1.10 REGISTRO CÁMARA DE COMERCIO		FECHA DE EXPEDICIÓN:	
1.11 NOMBRE REPRESENTANTE LEGAL			
CARGO:		TEL:	FAX:
1.12 NOMBRE DE QUIEN BRINDA LA INFORMACIÓN:			
CARGO:		TEL:	FAX:

2. INDICADORES DE ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

2.1 EMPLEO

TURNO	PERMANENTE			TEMPORAL		
	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
TOTAL						

2.2 TIEMPO DE OPERACIÓN

HRS/DIA:		DIAS/SEM		SEM/AÑO	
----------	--	----------	--	---------	--

2.3 CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA (KW-HORA)

2.4 MATERIAS PRIMAS, INSUMOS, PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS

2.4.1 CONSUMO EN EL AÑO DE MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

NOMBRE DE LOS MATERIALES E INSUMOS CONSUMIDOS	TIPO ^{1/}	UNIDADES	UNIDADES/AÑO



Despierta tu naturaleza

^{1/} Escriba MAT si es una materia prima, INS si es un insumo

2.4.2 PRODUCTOS, SUBPRODUCTOS Y SERVICIOS



Respetando la naturaleza.

ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE-DAGMA
FORMULARIO DE DECLARACION AMBIENTAL 2006-2007

5. COMPONENTE AIRE

5.1 INFORMACIÓN SOBRE COMBUSTIBLES

No.	COMBUSTIBLE	ESTADO		CONSUMO	CAPACIDAD CALÓRICA	AZUFRE (%)	PROVEEDOR	
		S	L				RAZON SOCIAL	TELÉFONO
1.								
2.								
3.								
4.								

5.2 ÁREAS CONFINADAS

No.	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN CONFINAMIENTO (m ³ /gal/pie ³)	ESTADO		
			S	L	G
1.					
2.					
3.					
4.					

5.3 INFORMACIÓN SOBRE EQUIPOS QUE FUNCIONAN CON COMBUSTIBLES

TIPO DE EQUIPO ^{1/}	MARCA	CAPACIDAD ^{2/}	COMBUSTIBLE		TIEMPO DE OPERACION		PUNTO DE EMISION No.
			NOMBRE	CONSUMO (gal/hr) ³ (kg/hr) (m ³ /hr)	Hr/día	Día/sem	

^{1/} Calderas, Calderines, Incineradores, Hornos de Fundición, etc.

^{2/} Para Calderas y Calderines en libras de vapor por hora, para Incineradores en Kg Material/Hora



Despierta la naturaleza

ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI
 DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE-DAGMA
 FORMULARIO DE DECLARACION AMBIENTAL 2006-2007

5.4 INFORMACIÓN SOBRE FUENTES DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Puntos de Emisiones al Aire	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No. Chimeneas										
Altura (metros desde el piso)										
Diámetro metros (sí es circular)										
Dimensiones (sí es rectangular)										
Volumen en gases de salida (m ³ /minuto)										
Velocidad promedio gas chimenea (pie/min)										
Caudal en condiciones estándar (m ³ /h)										
Temperatura gases de salida °C										
Humedad de gases de salida %										
Emisión Total de partículas (kg/h)										
Emisión Total de SO ₂ (kg/h)										
Emisión Total de NOx (kg/h)										
O ₂ (%)										
CO (%)										
CO ₂ (%)										

5.5 OTRAS FUENTES DE EMISIÓN ATMOSFÉRICA

FUENTES	MARGA	INSTALADA	% CAPACIDAD UTILIZADA	TIEMPO DE OPERACION	
				Horas/día	Días/semana
BAÑOS GALVANICOS					
CRISOLES					
EXTRACTORES					
PLANTAS ELECTRICAS DE EMERGENCIA					
HORNOS CREMATORIOS					



ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE-DAGMA
FORMULARIO DE DECLARACION AMBIENTAL 2006-2007

Despierta la naturaleza

5.6 INFORMACION SOBRE EQUIPOS DE CONTROL DE EMISIONES

CLASE DE CONTROL	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	UBICACIÓN	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO (Horas/día)	EFICIENCIA
Control para material particulado					
Control para SOx y NOx					
Control para CO y Otros					

5.7 EQUIPOS DE MONITOREO PARA FUENTES FIJAS

TIPO	UBICACIÓN	PARÁMETRO ANALIZADO	FRECUENCIA DE ANALISIS

5.8 EMISIÓN DE OLORES

OLOR No.	DESCRIPCION	FUENTE	FRECUENCIA (Horas/día)	TIPO DE CONTROL
1				
2				
3				
4				
5				

Anexo 2.11. Instrumento de comunicación de resultados de la medida de control realizada a la calidad del aire y Calificación, valor y gama de colores para la emisión de alertas sobre calidad del aire.

Instrumento con los resultados de la medida de control de calidad del aire

Datos medición			Contaminantes criterio					Meteorología						
Estación	Fecha	Hora	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO ₂	O ₃	T°	RS	HR	Precipitación	RV	Patm	Eatm

Fuente: Elaboración Propia

Calificación, valor y gama de colores

Valor	Calificación	Color
0 - 12,5	Bueno	Verde
12,6 – 25	Moderado	Amarillo
25,1 - 37,5	Insalubre	Naranja
37,6 – 50		
50,1 - 62,5		
62,6 – 75		
75,1 – 100	Muy insalubre	Rojo
> 100	Peligroso	Purpura

Fuente: IDEAM, 2005

Índice de Calidad del Aire

Contaminante	Norma nacional o EPA	Norma Local
PM10	150 ug/m ³	
PM10	50 ug/m ³	
SO2	100 ug/m ³	34,22 ppb
CO	15000 ug/m ³	11,7 ppm
NO2	100 ug/m ³	47,61 ppb
O3	170 ug/m ³	77,57 ppb

Fuente: DAGMA, 2003

Anexo 2.11. Continuación

Material Particulado PM₁₀ ug/m³	Calificación	Monóxido de Carbono CO ug/m³
Valor		Valor
0 - 18,75	Bueno	0 – 1875
18,76 - 37,5	Moderado	1876 – 3750
37,6 - 56,25	Insalubre	3751 – 5625
56,4 – 75		5626 – 4500
75,1 - 93,8		7501 – 9375
93,4 - 112,5		9376 – 11250
112,6 – 150	Muy insalubre	11251 – 15000
> 150	Peligroso	>15000

Dióxido de Azufre SO₂ ug/m³	Calificación	Dióxido de Nitrógeno NO₂ ug/m³
Valor		Valor
0 - 12,5	Bueno	0 - 12,5
12,6 – 25	Moderado	12,6 – 25
25,1 - 37,5	Insalubre	25,1 - 37,5
37,6 – 50		37,6 – 50
50,1 - 62,5		50,1 - 62,5
62,6 – 75		62,6 – 75
75,1 – 100	Muy insalubre	75,1 – 100
> 100	Peligroso	> 100

Valor	Calificación
0 - 21,25	Bueno
21,4 - 42,5	Moderado
42,6 - 63,8	Insalubre
127,6 – 170	Muy insalubre
> 170	Peligroso

Fuente: IDEAM, 2005

Anexo 2.12. Instrumentos de depuración de datos de las medidas de control

Instrumento para fuentes móviles

Prueba		Características del vehículo							Combustible			Emisiones				
CDA	Fecha	Placa	Modelo	Marca	Línea	Cilíndraje	RPM	Velocidad	Kilometraje	Gasolina Convencional	Etanol 10%	Diesel	HC	CO	CO ₂	O ₂

Fuente: Elaboración Propia

Instrumento fuentes fijas

Emisor		Tipo de combustible							Operación			Emisiones											
Caldera	Ductos	Hornos	Planta eléctrica	Carbón	Crudo de Castilla	Diesel	Fuel Oil	GLP	Gas Natural	Gas Propano	Gasolina	Motor eléctrico	Petróleo	Horas por día	Días por semana	Semanas por año	PM ₁₀ en Kg	CO	CO ₂	O ₂	SO ₂	NO _x	

Fuente elaboración Propia

Instrumento fuentes fijas

Equipos de control							Datos de la empresa y actividad							
PM ₁₀ en Kg	SO ₂	NO _x	Otros	Número de equipos	Horas de funcionamiento	Materia prima	Cantidad utilizada al año	Micro	Pequeña	Mediana	Grande	Total de industrias	Dirección	Número de la comuna

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2.12. Continuación.

Instrumento para la red de monitoreo

Datos medición			Contaminantes criterio					Meteorología						
Estación	Fecha	Hora	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO ₂	O ₃	T°	RS	HR	Precipitación	RV	Patm	Eatm

Fuente: elaboración propia

Anexo 2.13. Instrumentos de validación de datos.

Fuentes móviles

Año	No total de datos	Datos no útiles	Datos útiles	Resultado prueba de emisión de gases		Datos que no cumplen con la NLfm por tipo de gas			
				Aprobado	Reprobado	HC	CO	CO ₂	O ₂

Fuente: Elaboración propia

Fuentes fijas

Año	No. total de datos	Datos no útiles	Datos útiles	Resultado prueba de emisión de gases		Datos que no cumplen con la NLfm por tipo de gas		
				Aprobado	Reprobado	PM ₁₀	SO ₂	NO _x

Fuente: Elaboración propia

Red de Monitoreo de la Calidad del Aire

Contaminante	Año	Número total de datos	Datos no útiles	Datos útiles							
				CDAV	BA	Calle 15	CVC	ERA	PDD	UV	HUV

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2.13. Continuación

Registro datos no útiles

Datos no útiles	Cantidad			Causa del error					
	ITMG	DA	RMA	Personal	Equipo	Material	Método	Medición	Medio ambiente
No exacto									
No integro									
No actual									
No coherente									
No consistencia									
No puntual									

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2.14. Listado de gráficas para variables y covariables de fuentes móviles y fijas

Fuentes móviles

Clasificación del parque automotriz	Tipo de gráfica	Porcentaje de emisión
Número de vehículos a Gasolina por modelo	Diagrama de barras	HC por modelo a Gasolina
Número de vehículos a Gasolina por cilindraje		HC por marca a Gasolina
Número de vehículos a Gasolina por marca		CO, CO ₂ y O ₂ por modelo a Gasolina
Número de vehículos a Diesel por marca		CO por marca a Gasolina
Número de vehículos a Diesel por modelo		CO ₂ por marca a Gasolina
Número de vehículos a Diesel por cilindraje		O ₂ por marca a Gasolina
Escala de emisión de gases por marca a gasolina		
Escala de emisión de gases por marca a diesel		

Fuente: Elaboración Propia

Fuentes fijas

Gráficos de pastel y barras																						
Emisor				Tipo de combustible								Operación			Emisiones							
Caldera	Ductos	Hornos	Planta eléctrica	Carbón	Crudo de Castilla	Diesel	Fuel Oil	GLP	Gas Natural	Gas Propano	Gasolina	Motor eléctrico	Petróleo	Horas por día	Días por semana	Semanas por año	PM ₁₀ en Kg	CO	CO ₂	O ₂	SO ₂	NO _x

Fuente elaboración Propia

Instrumento fuentes fijas

Equipos de control							Datos de la empresa y actividad							
PM ₁₀ en Kg	SO ₂	NO _x	Otros	Número de equipos	Horas de funcionamiento	Materia prima	Cantidad utilizada al año	Micro	Pequeña	Mediana	Grande	Total de industrias	Dirección y CIU	Número de la comuna
Gráfico de pastel y barras													Mapa	

Fuente: Granada, Orejuela y Álvarez, 2006

Anexo 2.15. Listado de gráficas de variables de calidad del aire y meteorológicas

Calidad del aire	Tipo de gráfica	Variable meteorológica
Material Particulado menor a 10 micrometros	Diagrama de comportamiento	Temperatura
Dióxido de Carbono		Radiación Solar
Monóxido de Carbono		Humedad Relativa
Dióxido de Azufre		Dirección y Velocidad del Viento
Óxidos de Nitrógeno		Presión Atmosférica
Ozono troposférico		Estabilidad Atmosférica
-		Precipitación

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2.16. Contenido del Inventario de Emisiones Atmosféricas.

INTRODUCCION

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Generalidades del IEA <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Equipo de Trabajo 1.2. Antecedentes 1.3. Listado Maestro de Documentos 1.4. Ficha Técnica del IE <ol style="list-style-type: none"> 1.4.1. Propósito 1.4.2. Alcances 1.4.3. SVCA Asociado 1.4.4. Dominio 1.4.5. Ámbito temporal 1.4.6. Contaminantes considerados 1.4.7. Tipo de fuentes 1.4.8. Fuentes no consideradas 1.4.9. Particularidades del Inventario 1.5 Descripción de la Base de Datos | <ol style="list-style-type: none"> 2. Proceso de elaboración del IEA 3. Cálculos <ol style="list-style-type: none"> 3.3. Fuentes móviles 3.4. Fuentes fijas 4. Análisis de resultados del IEA <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Inventario Total de Emisiones 4.2 Emisiones por contaminante <ol style="list-style-type: none"> 4.2.1. Emisiones en el territorio 4.2.2. Emisiones por tipo de fuente 5. Conclusiones 6. Recomendaciones 7. Bibliografía |
|---|--|

Anexo 3.1. Entrevista para el jefe de área

Pregunta	Sí	No	No Sabe	No Aplica
El área a su cargo, realiza medidas de control de contaminantes atmosféricos.	x * +			
El área a su cargo, cuenta con un proceso para la gestión de las medidas de control implementadas en la ciudad.		x * +		
El área a su cargo, tiene plenamente identificado el estado de la calidad del aire en la ciudad.		* +		x
En los últimos cinco años, su área de trabajo ha realizado publicaciones anuales relacionadas con los resultados de las medidas de control de contaminantes atmosféricos.		x * +		
El área a su cargo, tiene tareas asignadas en la obtención de un inventario de emisiones atmosféricas de fuentes móviles y fijas.	+	* +		
El área a su cargo, está en la capacidad de suministrar los datos para realizar un inventario de emisiones atmosféricas de fuentes móviles y fijas.		x * +		
El área a su cargo, conoce las excedencias de la norma de calidad del aire, fuentes móviles y fijas que se han presentado en los últimos cinco años.		x * +		
El área a su cargo, utilizan herramientas computacionales para el análisis de los datos obtenidos en las medidas de control.		x * +		
Los instrumentos de colección de los datos de las medidas de control, están estandarizados.		x * +		
Está definido el procedimiento de envío, atención a encuestados, seguimiento y recepción de la encuesta de declaración ambiental de control de fuentes fijas.		+		x *
Está definido el procedimiento de recepción de los datos de las medidas de control de fuentes móviles.		x +		*
Está definido el procedimiento para establecer la carga ambiental diaria y/o anual generada en la ciudad por tipo de fuente.		x * +		
Está definido el procedimiento para realizar una Declaración Conformidad Ambiental y Sanitaria en la ciudad, por parte de la entidad.		+ *		X
Está establecido el procedimiento para asegurar el mantenimiento y actualización del inventario de emisiones atmosféricas en la ciudad.		x * +		
Sabe el número de empleados que tiene a su cargo y sus funciones.	x * +			
El presupuesto asignado anualmente a las medidas de control es suficiente.	x * +			
Cuenta con la infraestructura suficiente en equipos, tecnología de la información y de las comunicaciones para realizar el manejo de la calidad del aire.	x * +			

x Respuesta de la STTM

*Respuesta de la SSPM

+ Respuesta del DAGMA

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3.2. Cuestionario realizado al personal con tareas en las medidas de control de contaminantes atmosféricos

Pregunta	Descripción
Escriba las medidas de control de contaminantes atmosféricos realizadas en la ciudad de Cali.	Son: la Inspección Técnico Mecánica y de Gases; la Declaración Ambiental y la Red de Monitoreo.
Describa el proceso de planeación utilizado para las medidas de control de contaminantes atmosféricos.	No existe.
Describa el método de medición utilizado en las medidas de control de contaminantes atmosféricos.	Analizadores de gases y partículas en tubo de escape, chimenea y estaciones de monitoreo.
Describa el proceso de depuración y análisis de datos utilizado en las medidas de control de contaminantes atmosféricos.	No tengo.
Describa el proceso de control realizado a las medidas de control de contaminantes atmosféricos.	No tengo.
Especifique su nivel de formación.	Especialista.
Cuál es su tipo de contratación.	Contratista.
Cuenta con la tecnología y equipos necesarios para la implementación y control de las medidas de control.	Si.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3.3. Resultados del taller de análisis y priorización de problemas en la población objeto de estudio.

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Inadecuada gestión de las medidas de control	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
Baja asignación del presupuesto	1	0	1	3	2	0	0	2	2	2	13
Deficiente capacitación al personal	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	6
Inadecuado tipo de contrato	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3
Baja asignación de horas de trabajo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Inexistencia de procedimiento de trabajo	2	1	2	2	1	0	2	0	0	0	10
Inexistencia de un sistema de recepción y análisis de datos	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	8
Bajo número de estaciones de monitoreo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bajo número de computadores de trabajo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Bajo número de personal	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3
	10	2	5	8	8	4	5	3	4	5	54

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3.4. Cronograma de actividades

Actividad	Quién	Cómo	Cuándo		Autoridad
			Inicio	Final	
1. Diagnóstico					
4.1. Preparación					
Presentar el proyecto.	Director del proyecto	Con un correo electrónico.	S1	S1	STTM SSPM DAGMA
Seleccionar el equipo de trabajo.		Con el Anexo 2.2.	S1	S2	
Definir el cronograma de trabajo.		Con el anexo 2.3	S2	S3	
4.2. Ejecución					
Identificar la relación causa-efecto que tienen las variables y covariables y sus implicaciones en la calidad del aire.	Director del proyecto	Con técnicas de análisis y priorización de problemas	S3	S12	STTM SSPM DAGMA

Actividad	Quién	Cómo	Cuándo		Autoridad
			Inicio	Final	
5. Planeación					
Buscar las Políticas estatales de emisión e inmisión de contaminantes atmosféricos de la zona de estudio.	Coordinador	En la internet y/o publicaciones impresas en diarios oficiales del estado	S12	S16	STTM SPPM DAGMA
Definir el propósito del procedimiento.	MIPECA	Del anexo 2.7	S12	S16	
Seleccionar alcance y objetivo del procedimiento.	MIPECA	Del anexo 2.7	S12	S16	
Definir el indicador de resultado del factor de carga ambiental para fuentes móviles (FCAfm)	MIPECA	Utilizando la ecuación 2.2	S12	S16	
Definir el indicador de resultado del factor de carga ambiental para fuentes fijas (FCAff).	MIPECA	Utilizando la ecuación 2.3	S12	S16	
Definir el indicador de resultado para la calidad del aire (ICA).	MIPECA	Utilizando la ecuación 2.1	S12	S16	
Norma Local de fuentes móviles (NLfm).	STTM DAGMA	Buscando en los diarios oficiales	S12	S16	
Norma Local de fuentes fijas (NLff).	DAGMA SSPM	Buscando en los diarios oficiales	S12	S16	
Norma Local de inmisión de contaminantes criterio (Cc)	DAGMA	Buscando en los en los diarios oficiales	S12	S16	

Anexo 3.4. Continuación

Actividad	Quién	Cómo	Cuándo		Autoridad
			Inicio	Final	
Medidas de control					
Realizar las medidas de control a las fuentes móviles.	CDA	Utilizando la NTC 5365, 5375, 5385, 4231 y 4983	S1	S52	STTM DAGMA
Enviar los resultados a las partes involucradas	CDA	Utilizando el instrumento del anexo 2.13	S5, S10, S15, S20, S 25, S30, S35, S40, S45, S50		STTM DAGMA
Realizar las medidas de control a las fuentes fijas.	DAGMA UESA	Utilizando el instrumento propuesto por la Resolución 198 de 1999	S18	S36	DAGMA SPPM
Enviar los resultados a las partes involucradas	DAGMA UESAo	Utilizando el anexo 2.13	S20	S40	DAGMA SPPM
Realizar las medidas de control al estado de la calidad del aire.	DAGMA	Utilizando lo establecido por PMSVCA, 2008	S1	S52	DAGMA SSPM
Enviar los resultados a las partes involucradas		Utilizando el anexo 2.15	S1	S52	DAGMA SSPM

Actividad	Quién	Cómo	Cuándo	Autoridad
6. Recepción y análisis de datos				
Solicitar instrumentos con los datos arrojados por las medidas de control.	Profesional N° 1	Con un correo electrónico	S5 - S52	STTM SSPM DAGMA
Archivar los instrumentos.		En un archivador		
Depurar los instrumentos.		Utilizando los instrumentos del anexo 2.14		
Validar los datos colectados en el instrumento de depuración por medida de control.		Utilizando el PCA 1.0 para fuentes móviles y RMA y el RVGA 1.0 para fuentes fijas		

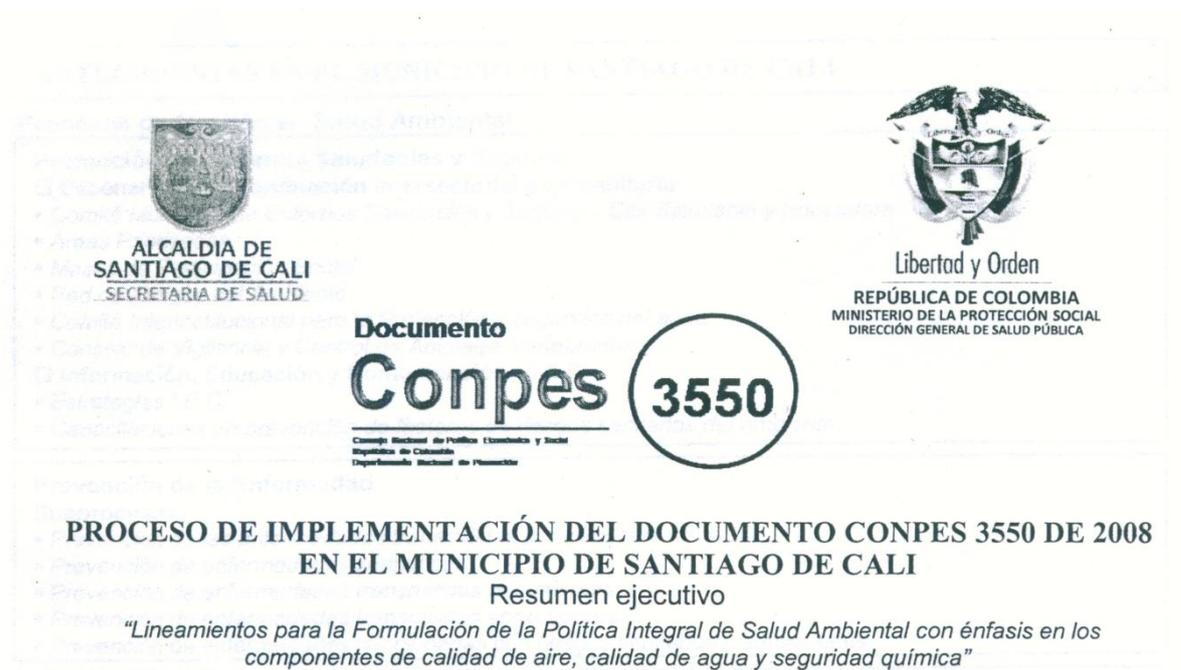
Anexo 3.4. Continuación

Actividad	Quién	Cómo	Cuándo		Autoridad
			Inicio	Final	
7. Recepción y análisis de datos					
Generar la base de datos final del procedimiento.	PROFESIONAL N° 1	Utilizando el PCA 1.0,	S5 – S52		STTM SSPM DAGMA
Generar gráficos de las variables y covariables registradas.		RVGA 1.0 y el SIPECA 1.0			
Obtener el inventario de emisiones atmosféricas.		Utilizando el anexo 2.16			
Obtener el valor de Concentración de contaminante (Cc) por tipo de contaminante.		Utilizando el PCA 1.0			
Obtener el valor del factor de carga ambiental real de fuentes móviles (FCAfmr).		Utilizando el PCA 1.0			
Obtener el valor del factor de carga ambiental real de fuentes fijas (FCAffr).		Utilizando el RVGA 1.0			
Obtener el valor del factor de carga ambiental proyectado de fuentes móviles (FCAfmp).		Utilizando el PCA 1.0			
Obtener el valor del factor de carga ambiental proyectado de fuentes fijas (FCAffp).		Utilizando el RVGA 1.0			

Actividad	Quién	Cómo	Cuándo		Autoridad
			Inicio	Final	
8. Control					
Calcular el ICA.	Coordinador	Utilizando la ecuación 2.1	S1 - S52		STTM SSPM DAGMA
Calcular el FCAfm.		Utilizando la ecuación 2.2			
Calcular el FCAff.		Utilizando la ecuación 2.3			
Ratificar y consolidar acciones.	Director	Utilizando el anexo 3.3	S1 - S52		STTM SSPM DAGMA
Modelar factores de emisión de fuentes móviles.	Coordinador	Utilizando el PCA 1.0			
Modelar factores de emisión de fuentes fijas.		Utilizando el RVGA 1.0			
Diseñar y enviar el plan de acción anual a la fase de planeación.	Director	Utilizando el instrumento de la tabla 3.28	S50	S52	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3.5. Entidades que participan de la MIPECA



Participantes en la MIPECA

Departamento Administrativo de Planeación Municipal	Personería Municipal	Bomberos
Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente	CLOPAD	OPS
Cultura y Turismo Municipal	CVC	IDEAM
Tránsito y Transporte Municipal	Secretaría Departamental de Salud del Valle	INGEOMINAS
Desarrollo Territorial y Bienestar Social	UES VALLE	Instituto Agustín Codazzi
Gobierno Municipal	INVIMA Regional	Promoambiental SA ESP
Educación Municipal	Ministerio de Ambiente - Parques Nacionales	Ciudad Limpia SA ESP
Salud Pública Municipal	Jardín Botánico	EMAS ESP
Deporte y Recreación	Departamento Administrativo Hacienda Municipal	Emsirva ESP en liquidación
UMATA	Universidad del Valle	Empresa de AAA del espinal ESP
EMCALI E.I.C.E. – E.S.P.	Universidad Libre	RH ESP
Contraloría Municipal	Policía Metropolitana de Cali - Policía Ambiental de Cali	Emsirva ESP en liquidación

Fuente: SSPM, 2010

Anexo 3.6. Capacitación

Tema	Fecha	Lugar	Participantes
Evaluación y Control de contaminantes atmosféricos.	08/05/08	Auditorio ANDI	FITS-ANDI-STTM-SPPM-DAGMA-CVC-CDA-USB-USC-ULCC entre otros
Análisis de datos (colección, depuración, almacén y tratamiento de datos obtenidos de la medición.	08/10/08	Auditorio Principal Programa Administración de Empresas ULCC	STTM-SPPM-DAGMA-CDA-CVC-UV-UAO-ULCC
Generación de gráficos para el análisis de los resultados del proceso de medición.	25/10/2008	Auditorio Auxiliar Programa Administración de Empresas ULCC	STTM-SPPM-DAGMA-CDA-CVC-UV-UAO-ULCC
Inventario de emisiones atmosféricas de fuentes móviles y fijas.	05/11/08	Auditorio Auxiliar Programa Administración de Empresas ULCC	STTM-SPPM-DAGMA-CDA-CVC-UV-UAO-ULCC
Mapas de Riesgo Ambiental y Salud Ambiental: Calidad del aire y ERAS	12/11/08	Auditorio Auxiliar Programa Administración de Empresas ULCC	STTM-SPPM-DAGMA-CDA-CVC-UV-UAO-ULCC
Estimación de Factores de Carga Ambiental de fuentes móviles y fijas	20/11/08	Auditorio Auxiliar Programa Administración de Empresas ULCC	STTM-SPPM-DAGMA-CDA-CVC-UV-UAO-ULCC
Salud Ambiental: Calidad del Aire y ERAS	05/09/09	Auditorio Madera Centro Cultural de Cali	MIPECA
Lineamientos día sin carro	09/09/09	Sala de reuniones STTM	MIPECA
Día sin Carro	20/10/08 10/11/09	Ciudad de Cali	MIPECA

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3.7. Instrumento con la información de la medición entregada por las entidades ejecutoras

a. Fuentes móviles

FORMATO No. 1																		
LISTADO DE VERIFICACION REALIZADAS EN VEHICULOS AUTOMOTORES																		
CENTRO DE DIAGNOSTICO PRIVADO																		
MES AGOSTO DEL 2007																		
DATOS DE CERTIFICADO			DATOS TÉCNICOS DEL VEHICULO										DATOS DEL PROPIETARIO					
No.	fecha expedicion certificado	numero del certificado	Numero de placa	ciudad de matricula	ciudad donde circula	categoria vehiculo	marca	modelo	linea	cilindros	tipo de combustible	sistema de control de emisiones	kilometraje recorrido	aire acondicionado	rpm	tipo de dcto	numero de dcto	nombre
11	01/08/2207	4133-4-190544-7	CLG687	cali	CALI	CORSA WINI	CHEVROLE	2003	CHEVROLET	1400	2	Conver Cat	40602	1	800	1	66.918.972	MONICA M
12	01/08/2207	4133-4-190545-1	CBK900	cali	CALI	LANCER GL	MITSUBISH	1993	MITSUBISHI	1300	2	Sistema PC	110456	1	800	1	27.983.732	LLIBIA ALE
13	01/08/2207	4133-4-190546-2	JWE299	bogota dc	BOGOT	EXPLORER	FORD	2000	FORD	4000	2	Conver Cat	83000	1	750	1	79.598.790	JULIO ANI
14	01/08/2207	4133-4-190547-0	NME644	CALI	CALI	323	MAZDA	1986	MAZDA	1300	2	Sistema PC	190246	2	800	1	14.942.622	CARLOS F
15	01/08/2207	4133-4-190548-8	NMD644	CALI	CALI	323	MAZDA	1986	MAZDA	1300	2	Sistema PC	190246	2	800	1	14.942.622	CARLOS F
16	01/08/2207	4133-4-190549-6	CAE621	CALI	CALI	R-4	RENAULT	1989	RENAULT	1000	2	Sistema PC	154005	2	850	1	20.278.374	NANCY

Fuente: CDA

b. Fuentes fijas

EMPRESA	TIPO COMUNA (POT)	EMISIONES ATMOSFERICAS				
		CONSUMO COMB.	CALOR LIBERADO	ALTURA CH en Metros	S0x	N0x
		Si Posee fuentes fijas pero no envio estudio				
A.F Trost Hansen Productos Dancali	INDUSTRIAL					
Acatex - Acabados Textiles Ltda.	INDUSTRIAL	125 Kg/hr	0,75 mm Kcal/hr	20	0,801 Kg/hr	0,332 Kg/hr
Alfatex	INDUSTRIAL	116,4 Kg/hr	0,936 mm Kcal/hr	20	0,56 Kg/mm Kil	0,2 Kg/mm K
Alimentos del Valle S.A.-Alival						
Alimentos La Cali S.A.	INDUSTRIAL					
Punto No.1						
Punto No.2						
Punto No.3						
Almacén Éxito La Flora						

Fuente: DAGMA

c. Red de Monitoreo

PM10																
Estacion	Fecha	Hora	Año	PM10	SO2	NO	NO2	NOX	CO	Presion	O3	T	HR	DV		
2	BA	01/12/2003	00:00	2.003	59.97	6.72	4.95	16.37	21.32	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0		
3	BA	01/12/2003	01:00	2.003	37.23	6.46	8.97	15.66	24.63	1.02	zSD	zSD	zSD	zSD		
4	BA	01/12/2003	02:00	2.003	41.29	18.17	25.93	16.33	42.26	1.57	zSD	zSD	zSD	zSD		
5	BA	01/12/2003	03:00	2.003	55.9	14.18	20.74	16.51	37.25	1.34	zSD	zSD	zSD	zSD		
6	BA	01/12/2003	04:00	2.003	56.73	8.2	6.32	12.99	19.31	0.56	zSD	zSD	zSD	zSD		
7	BA	01/12/2003	05:00	2.003	52.87	9.84	1.84	10.91	12.75	0.49	zSD	zSD	zSD	zSD		
8	BA	01/12/2003	06:00	2.003	54.52	10.32	13.18	12.95	26.13	0.86	zSD	zSD	zSD	zSD		
9	BA	01/12/2003	07:00	2.003	63.07	12.19	34.24	15.55	49.79	1.48	zSD	zSD	zSD	zSD		
10	BA	01/12/2003	08:00	2.003	79.32	15.38	37.85	20.69	58.54	2.34	zSD	zSD	zSD	zSD		
11	BA	01/12/2003	09:00	2.003	76.95	18.93	30.98	32.35	63.33	2.63	zSD	zSD	zSD	zSD		
12	BA	01/12/2003	10:00	2.003	68.23	15.11	7.53	27.19	34.72	1.51	zSD	zSD	zSD	zSD		
13	BA	01/12/2003	11:00	2.003	56.26	9.28	2.2	11.48	13.68	0.76	zSD	zSD	zSD	zSD		
14	BA	01/12/2003	12:00	2.003	36.68	8.8	1.33	11.27	12.6	0.79	zSD	zSD	zSD	zSD		
15	BA	01/12/2003	13:00	2.003	31.54	7.5	0.78	9.43	10.21	0.8	zSD	zSD	zSD	zSD		

Fuente: DAGMA

Anexo 3.8. Plegable capacitación infractores ITMG

República de Colombia
Ministerio de Transporte

La Fórmula R2: Recuerde y Realice

- 🚗 Limpiar y cambiar el filtro del aire según las recomendaciones del fabricante.
- 🚗 Estar pendiente de la temperatura de su vehículo, verifique el termostato.
- 🚗 Mantener su vehículo sincronizado.
- 🚗 Revisar periódicamente el sistema de enfriamiento y Cambiar el líquido refrigerante una vez al año.
- 🚗 Usar el aceite adecuado para su vehículo, así reducirá la fricción y ahorrará de un 1% a un 3% el consumo de combustible.
- 🚗 Verificar la presión de las llantas cada semana.

La forma en que conducimos nuestros vehículos nos puede ayudar a ahorrar el 30 % del consumo del combustible y por ende reducir la contaminación.

- 🚗 Alinear y balancear las ruedas cada dos y tres meses.
- 🚗 Ajustar periódicamente los frenos de su automóvil.
- 🚗 Mantener bien lubricados los rodamientos de las ruedas, la crucetas, la transmisión, la caja de cambios, el diferencial y el motor.
- 🚗 Acelere brevemente cambiando las velocidades progresivamente para alcanzar el mayor rendimiento de la potencia de su automóvil. mantenga en lo posible una velocidad constante.
- 🚗 Calentar excesivamente el motor cuando el vehículo no esta en movimiento genera contaminación y causa un desgaste prematuro del motor

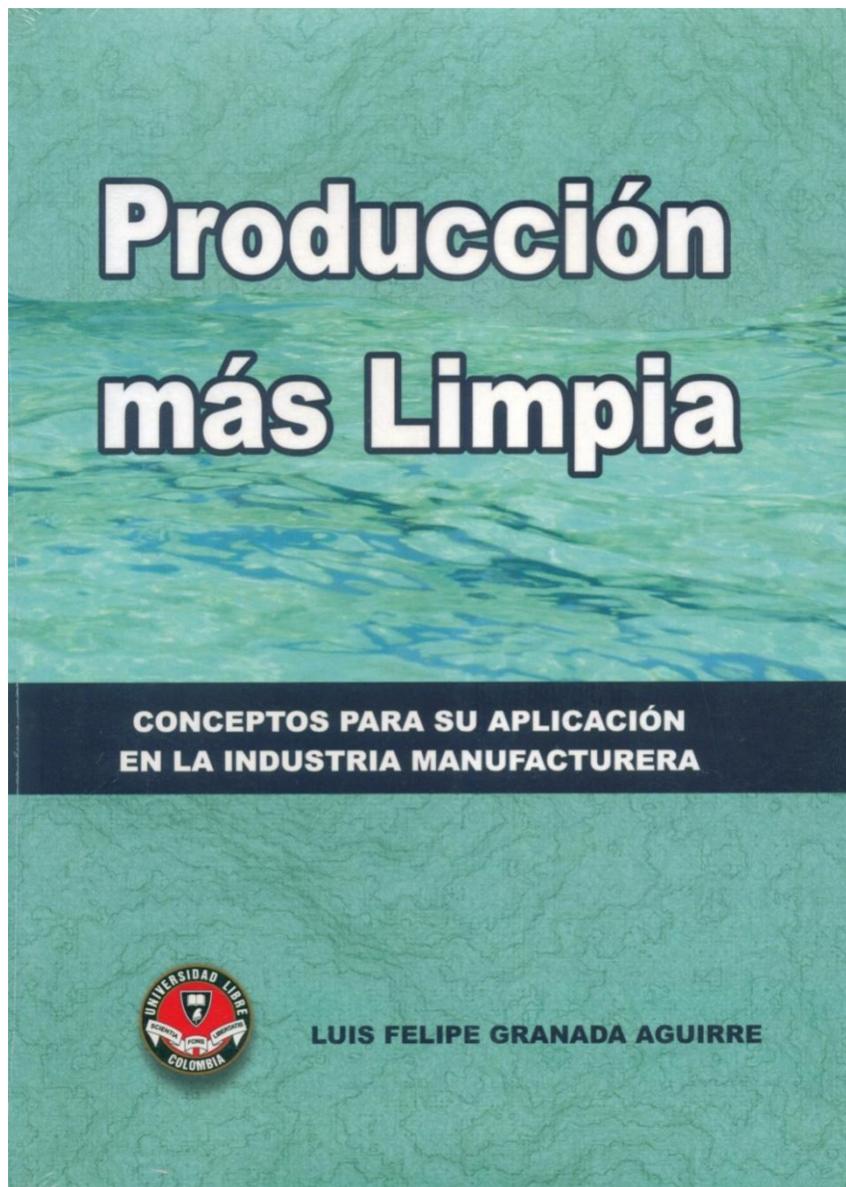
LÍNEA DE ATENCIÓN A QUEJAS QAP195

QUE NO TE DEJEN VIENDO UN NUMERO

SI TIENES UN VEHICULO, TIENES RESPONSABILIDADES CON TU MEDIO AMBIENTE

República de Colombia
Ministerio de Transporte

Anexo 3.9. Documento de capacitación entregado a los empresarios



Anexo 3.10. Instrumentos de depuración de datos

a. Fuentes móviles

ID	Placa	Modelo	Marca	Línea	HC	stdHC	HC+std	CO	stdCO	CO+std	CO2	stdCO2r	CO2+std	O2	stdO2	O2+std	CiU	
14	3365	VPJ 002	1951	FORD	zSD	323	1000	0,32	4,44	6,5	0,68	9,5	10	FALSO	3,91	4,99	0,78	30C
21	7383	VAA 541	1952	STUDEBAKER	zSD	1209	1000	1,21	5,01	6,5	0,77	9,3	10	FALSO	3,05	4,99	0,61	16C
63	5027	VPJ150	1955	WILLYS	zSD	1154	1000	1,15	10,82	6,5	1,66	7,48	10	FALSO	3	4,99	0,60	25C
101	5285	VAA937	1961	RAMBLER	zSD	425	1000	0,43	2,15	6,5	0,33	4,59	10	FALSO	12,68	4,99	2,54	30C
106	6437	VPJ 702	1962	ROA	zSD	662	1000	0,68	6,08	6,5	0,94	9,2	10	FALSO	2,97	4,99	0,60	16C
113	6436	VJD 992	1963	ROA	zSD	598	1000	0,59	0,26	6,5	0,04	8,1	10	FALSO	9,9	4,99	1,98	13C
114	6725	VJE 870	1963	AUTECO	zSD	111	1000	0,11	0,36	6,5	0,06	7,7	10	FALSO	10,12	4,99	2,03	13C
115	8649	VJE 874	1963	ROA	zSD	1045	1000	1,05	4,72	6,5	0,73	8,4	10	FALSO	4,77	4,99	0,96	13C
116	3334	VJF 008	1963	ROA	zSD	2170	1000	2,17	6,04	6,5	0,93	8,8	10	FALSO	6,19	4,99	1,24	13C
118	6889	VJF 674	1963	ROA	zSD	1444	1000	1,44	0,2	6,5	0,03	8,3	10	FALSO	10,18	4,99	2,04	13C
128	3331	VJE 015	1964	AUTECO	zSD	698	1000	0,70	5,22	6,5	0,80	8	10	FALSO	4,76	4,99	0,95	16C
131	9020	VJE 972	1969	ROA	zSD	890	1000	0,89	10	6,5	1,54	7,1	10	FALSO	0	4,99	0,00	16C
133	6031	VJF022	1969	ROA	zSD	447	1000	0,45	0,99	6,5	0,15	4,84	10	FALSO	13,31	4,99	2,67	11C
134	3360	VOF 501	1969	ROA	zSD	165	1000	0,17	1,02	6,5	0,16	4,5	10	FALSO	13,37	4,99	2,68	13C
264	3366	VSC 595	1973	DODGE	zSD	424	1000	0,42	0,76	6,5	0,12	2,9	10	FALSO	15,58	4,99	3,12	58C
297	3353	VJJ 269	1974	DODGE	D300	987	1000	0,99	9,9	6,5	1,52	8,4	10	FALSO	0,74	4,99	0,15	52C
298	3354	VJJ 346	1974	DODGE	D300	2980	1000	2,98	0,84	6,5	0,13	7,4	10	FALSO	10,31	4,99	2,07	59C
327	11695	VJJ 608	1975	DODGE	zSD	1567	900	1,74	3,32	5,5	0,60	6,3	10	FALSO	9,68	4,99	1,94	15C
328	7735	VJJ 708	1975	DACIA	1410	350	900	0,39	0,45	5,5	0,08	8	10	FALSO	20,89	4,99	4,19	14C
329	4177	VJJ787	1975	DACIA	1300	3054	900	3,39	0,09	5,5	0,02	6,28	10	FALSO	12,31	4,99	2,47	13C

b. Fuentes fijas

NOMBRE IM	CLASE CIU	COMUNA NÚMERO	TIPO DE EMISOR	NÚMERO DE EMISOR	TIPO DE COMBUSTIBLE	CARGA AMBIENTAL Kg/h			USO EN HORAS		CARGA	
						PM ₁₀	SO ₂	NO _x	h/D	S/A	PM ₁₀	
Maizena	15	5	Caldera	3	Gas Natural	0,032	0	0	24	7	52	280
			Caldera		Gas Natural	1,71	0	0	24	7	52	14939
			Caldera		Gas Natural	0,8	0	0	24	7	52	6989
Acatex	18	8	Caldera	1	Carbon	0,026	0,536	0,67	24	6	52	195
Aluminios india		5	Horno	1	ACPM	0,16	35,2	0	11	5	48	422
Bavaria	15		Caldera	1	Carbon	1,81	10,13	1,5	24	5	52	11294
Bayer		2	Caldera	1	Gas Natural	0,018	0	0	24	5	52	112
Litofan		4	Caldera	2	Gas Natural	0,2	0	0,06	16	7	50	1120
			Caldera		Gas Natural	0,2	0	0,05	16	7	50	1120

c. Red de Monitoreo

Estacion	Fecha	Hora	Hora2	Año	Dia	DiaSem	Mes	PM10	SO2	NO	NO2	NOX	CO	Presion	O3
BA	01/12/2003	00:00	0	2.003	1	2	12	59,97	6,72	4,95	16,37	21,32	0,8	0,0	0,0
BA	01/12/2003	01:00	1	2.003	1	2	12	37,23	6,46	8,97	15,66	24,63	1,02	zSD	zSD
BA	01/12/2003	02:00	2	2.003	1	2	12	41,29	18,17	25,93	16,33	42,26	1,57	zSD	zSD
BA	01/12/2003	03:00	3	2.003	1	2	12	55,9	14,18	20,74	16,51	37,25	1,34	zSD	zSD
BA	01/12/2003	04:00	4	2.003	1	2	12	56,73	8,2	6,32	12,99	19,31	0,56	zSD	zSD
BA	01/12/2003	05:00	5	2.003	1	2	12	52,87	9,84	1,84	10,91	12,75	0,49	zSD	zSD
BA	01/12/2003	06:00	6	2.003	1	2	12	54,52	10,32	13,18	12,95	26,13	0,86	zSD	zSD
BA	01/12/2003	07:00	7	2.003	1	2	12	63,07	12,19	34,24	15,55	49,79	1,48	zSD	zSD
BA	01/12/2003	08:00	8	2.003	1	2	12	79,32	15,38	37,85	20,69	58,54	2,34	zSD	zSD
BA	01/12/2003	09:00	9	2.003	1	2	12	76,95	18,93	30,98	32,35	63,33	2,63	zSD	zSD
BA	01/12/2003	10:00	10	2.003	1	2	12	68,23	15,11	7,53	27,19	34,72	1,51	zSD	zSD
BA	01/12/2003	11:00	11	2.003	1	2	12	56,26	9,28	2,2	11,48	13,68	0,76	zSD	zSD
BA	01/12/2003	12:00	12	2.003	1	2	12	36,68	8,8	1,33	11,27	12,6	0,79	zSD	zSD
BA	01/12/2003	13:00	13	2.003	1	2	12	31,54	7,5	0,78	9,43	10,21	0,8	zSD	zSD
BA	01/12/2003	14:00	14	2.003	1	2	12	42,18	8,41	0,66	10,79	11,45	0,79	zSD	zSD
BA	01/12/2003	15:00	15	2.003	1	2	12	50	8,97	1	15,59	16,59	1,16	zSD	zSD
BA	01/12/2003	16:00	16	2.003	1	2	12	60,76	10,1	1,67	23,19	24,86	1,37	zSD	zSD
BA	01/12/2003	17:00	17	2.003	1	2	12	64,99	zSD	zSD	zSD	zSD	zSD	zSD	zSD
BA	01/12/2003	18:00	18	2.003	1	2	12	41,36	10,78	9,8	9,87	19,67	1,1	zSD	zSD

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3.11. Instrumento de comunicación a entidades ejecutoras de la medida de control

a. Fuentes móviles

M23															zSD	
ID	Fecha	Lapz	Placa	PLACA	Model	Marca	Línea	HC	CO	CO2	O2	Cilindraj	VALIDC	Total		
17	8655	30/11/2006	2.006	AAA 092	1.956	VOLKSWAGEN	zSD	3.960,00	zSD	10,50	6,64	1.300	1	3.977,84		
18	8393	29/11/2006	2.006	AAA 921	1.966	VOLKSWAGEN	zSD	129,00	2,06	12,20	2,32	1.600	1	145,58		
19	6654	03/11/2006	2.006	AAB892	1.971	RENAULT	4	655,00	7,49	7,19	3,97	1.300	1	673,65		
20	4264	02/03/2006	2.006	AAD 850	1.953	VOLKSWAGEN	zSD	861,00	1,23	4,79	13,25	zSD	1	860,27		
21	10647	15/12/2006	2.006	AAD 866	1.953	FORD	zSD	839,00	6,45	10,40	1,36	2.000	1	857,21		
22	7816	24/11/2006	2.006	AAF 057	1.955	VOLKSWAGEN	zSD	219,00	2,59	zSD	2,49	1.200	1	235,68		
23	9708	09/12/2006	2.006	AAG 487	1.964	VOLKSWAGEN	ESCARABAJO	2.398,00	0,13	6,49	11,67	zSD	1	2.416,29		
24	7606	21/11/2006	2.006	AAI 430	1.969	LAND ROVER	zSD	776,00	10,22	7,84	0,83	1.900	1	794,89		
25	11702	22/12/2006	2.006	ABB 216	1.953	VOLKSWAGEN	ESCARABAJO	1.438,00	0,70	6,85	zSD	1.600	1	1.455,19		
26	9747	11/12/2006	2.006	ABH 498	1.967	VOLKSWAGEN	zSD	648,00	9,58	7,40	0,86	1.300	1	665,84		
27	1	01/01/2006	2.006	ABH 647	1.967	VOLKSWAGEN	zSD	171,00	3,98	10,70	zSD	1.300	1	188,51		
28	11914	23/12/2006	2.006	ABJ 567	1.976	RENAULT	12	252,00	1,44	13,80	0,66	1.300	1	267,90		
29	5506	17/07/2006	2.006	ACD 928	1.976	RENAULT	12	487,00	zSD	12,79	1,39	1.300	1	502,92		
30	9242	05/12/2006	2.006	ADD 143	1.961	VOLKSWAGEN	zSD	1.591,00	5,50	9,30	20,88	1.600	1	1.626,68		
31	5818	23/08/2006	2.006	ADJ 467	1.961	VOLKSWAGEN	zSD	370,00	0,78	8,13	10,23	1.300	1	389,14		
32	6581	02/11/2006	2.006	ADJ 994	1.966	VOLKSWAGEN	ESCARABAJO	zSD	11,53	5,52	2,68	1.600	1	1.233,73		

Fuente: PCA 1.0

b. Fuentes Fijas

TIPO DE EMISOR	NÚMERO DE EMISOR	TIPO DE COMBUSTIBLE	CARGA AMBIENTAL Kg/h			USO EN HORAS			CARGA AMBIENTAL Ton/a		
			PM ₁₀	SO ₂	NO _x	h/D	D/S	S/A	PM ₁₀	SO _x	NO _x
Caldera	3	Gas Natural	0,031	0,001	0,049	24	7	52	271,414	12,675	424,845
Caldera		Gas Natural	0,004	0,001	0,077	24	7	52	36,075	11,684	676,453
Caldera				0,000	0,018	0,000	24	7	52	0,000	165,984
Caldera	1	Gas Natural	0,007	0,000	0,000	24	5	52	43,998	0,000	0,000
Caldera	1	Gas Natural	0,018	0,000	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Caldera	2	Gas Natural	0,052	0,000	0,053	16	7	50	289,080	0,000	294,998
Caldera		Gas Natural	0,030	0,000	0,056	16	7	50	170,641	0,000	311,855
Caldera		Gas Natural	0,306	0,000	0,301	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Caldera		Gas Natural	0,478	0,000	0,363	16	7	50	2.087.938	0,000	1.450.963

Fuente: RVGA 1.0

c. Red de Monitoreo

Estacion	Fecha	Hora	Hora2	Año	Dia	DiaSemz	Mes	PM10	SO2	NO	NO2	NOX	CO	Presion	O3
CALLE15	01/02/2005	12:00	12	2.005	1	3	2	118,9	0,0	0,0	0,0	0,0	4,87	899,27	0,0
CALLE15	01/02/2005	13:00	13	2.005	1	3	2	88,84	zSD	zSD	zSD	zSD	3,85	898,22	zSD
CALLE15	01/02/2005	14:00	14	2.005	1	3	2	78,39	zSD	zSD	zSD	zSD	2,99	897,23	zSD
CALLE15	01/02/2005	15:00	15	2.005	1	3	2	53,37	zSD	zSD	zSD	zSD	3,42	896,13	zSD
CALLE15	01/02/2005	16:00	16	2.005	1	3	2	60,9	zSD	zSD	zSD	zSD	3,64	895,58	zSD
CALLE15	01/02/2005	17:00	17	2.005	1	3	2	41,03	zSD	zSD	zSD	zSD	2,92	895,38	zSD
CALLE15	01/02/2005	18:00	18	2.005	1	3	2	25,74	zSD	zSD	zSD	zSD	2,72	895,59	zSD
CALLE15	01/02/2005	19:00	19	2.005	1	3	2	31,7	zSD	zSD	zSD	zSD	2,76	896,36	zSD
CALLE15	01/02/2005	20:00	20	2.005	1	3	2	32,29	zSD	zSD	zSD	zSD	2,27	897,22	zSD
CALLE15	01/02/2005	21:00	21	2.005	1	3	2	35,97	zSD	zSD	zSD	zSD	1,64	898,32	zSD
CALLE15	01/02/2005	22:00	22	2.005	1	3	2	25,23	zSD	zSD	zSD	zSD	1,28	899,24	zSD
CALLE15	01/02/2005	23:00	23	2.005	1	3	2	19,81	zSD	zSD	zSD	zSD	1,31	899,95	zSD
CALLE15	01/02/2005	00:00	0	2.005	1	3	2	24,04	zSD	zSD	zSD	zSD	1,3	899,51	zSD
CALLE15	01/02/2005	01:00	1	2.005	1	3	2	20,88	zSD	zSD	zSD	zSD	1,06	899,3	zSD

Fuente: PCA 1.0

Anexo 3.12. Inventario de Emisiones Atmosféricas

0. Introducción

Este Inventario de Emisiones Atmosféricas es el resultado de la *tesis doctoral en Ciencias Técnicas desarrollada por Profesor Granada Aguirre al interior del Programa de Ingeniería Industrial del Instituto Politécnico Superior José Antonio Echeverría de la Ciudad de La Habana Cuba*. Dicha tesis, consistió el diseño e implementación de un *Procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas en Cali – Colombia*. El Procedimiento, diseñó una técnica y herramientas informáticas que garantizarán la recepción y análisis de los datos obtenidos en las medidas de control de las fuentes móviles y fijas. Este Procedimiento permitió, el desarrollo de las actividades y como resultados arrojó: el Inventario de Emisiones Atmosféricas, la Declaración de Conformidad Ambiental y Sanitaria y publicación de normas en materia de Tránsito, Transporte y Calidad del Aire en la ciudad de Cali.

1. Generalidades del Inventario de Emisiones Atmosféricas

1.1. Equipo. El equipo de trabajo, estuvo conformado y liderado por el Grupo de Investigación y Desarrollo Gestión Organizacional del Programa de Administración de Empresas de la Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables de la Universidad Libre Seccional Cali (ULCC). La dirección de Planeación y el Grupo de Control de la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal (STTM), el Grupo de Salud Ambiental de la Secretaría de Salud Pública Municipal (SSPM) y el Grupo de Calidad del Aire del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) de la ciudad de Cali. Igualmente, se recibió el apoyo económico de los Grupos de Investigación Alternativas Contables y ESCULAPIO del Programa de Contaduría Pública y el Posgrado de Salud Ocupacional respectivamente de la ULCC. También, se recibió el apoyo académico del Grupo de investigación GRUBIOC de la UAO y del Programa de Administración de Empresas de la Universidad Libre y el trabajo de cuatro estudiantes del Programa de Administración de Empresas (los co-autores de este trabajo de investigación).

1.2. Antecedentes

Se describieron en el capítulo I de esta tesis doctoral.

1.3. Ficha técnica del Inventario de Emisiones Atmosféricas

En el cuadro 1, se muestra la ficha técnica del Inventario de Emisiones Atmosféricas de la ciudad de Cali.

Cuadro 1. Ficha técnica del Inventario de Emisiones Atmosféricas

Característica	Descripción
Propósito	Identificar las fuentes de emisión para obtener un inventario de emisiones atmosféricas para facilitar la toma de decisiones políticas y la gestión de las medidas de control a mediano plazo.
Objetivos	Diseñar un procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas.
Alcances	Establecer un procedimiento para la gestión de las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas. Proveer información para el desarrollo de proyectos de I+D que aporten soluciones a la problemática ambiental local de acuerdo con la fuente y tipo de emisión.

Característica	Descripción
	Obtener un Inventario de Emisiones Atmosféricas de fuentes móviles y fijas.
Dominio	Área urbana de la ciudad de Cali (560 Km ²)
Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire asociado (SVCA)	Red de monitoreo del DAGMA
Ámbito temporal	<ul style="list-style-type: none"> • Año base: 2003 • Año inicial: 2003 • Resolución temporal: anual
Contaminantes considerados	<ul style="list-style-type: none"> • CO • CO₂ • HC • O₂ • PM₁₀ • SO₂ • NO₂ • O₃
Tipo de fuente consideradas	Móviles y fijas
Tipo de fuentes no consideradas	<ul style="list-style-type: none"> • De área • Biogénicas
Cronograma de Trabajo	Inst o6
Presupuesto	10.000 US\$
Método de estimación de emisión para el Inventario de Emisiones	Software PCA 1.0 Software RVGA 1.0 Software SIPECA 1.0 Mobile6.0
Entidades que suministran la información	<ul style="list-style-type: none"> • CDA (ITMG) • STTM • ECOPETROL • Planeación Municipal • Cámara de Comercio • DANE • DAGMA • SSPM
Planeación Logística	<ul style="list-style-type: none"> • INST 04
Herramienta informática utilizada para el análisis de los datos	<ul style="list-style-type: none"> • Software PCA 1.0 • Software RVGA 1.0 • Software SIPECA 1.0
Bases de datos que conforman el IEA	<ul style="list-style-type: none"> • ITMG años 2003 a 2009 • DA años 2003 a 2009 • RMA 2003 a 2005 • RIPS 2001 A 2007 • EAM 2003 A 2007 • Censo Económico 2005 • CIU 2003 A 2007
Instrumentos de recepción de datos	<ul style="list-style-type: none"> • NTC 5365 • Resolución 198 de 1999 • PMSVCA, 2008
Método de estimación de emisiones seleccionado	<ul style="list-style-type: none"> • Muestreo en la fuente • Factor de emisión
Control y Aseguramiento de la Calidad	<ul style="list-style-type: none"> • INST 01

Fuente: Elaboración Propia

1.4. Descripción de Bases de Datos. Las bases de datos entregadas por las entidades, se detallan en el cuadro 1. Los formatos digitales eran: tipo texto, Dbase y Excel. Igualmente, se entregó información impresa como la Declaración Ambiental.

2. Aspectos generales

El resumen de los aspectos generales del IEA, se muestran en el cuadro 2.

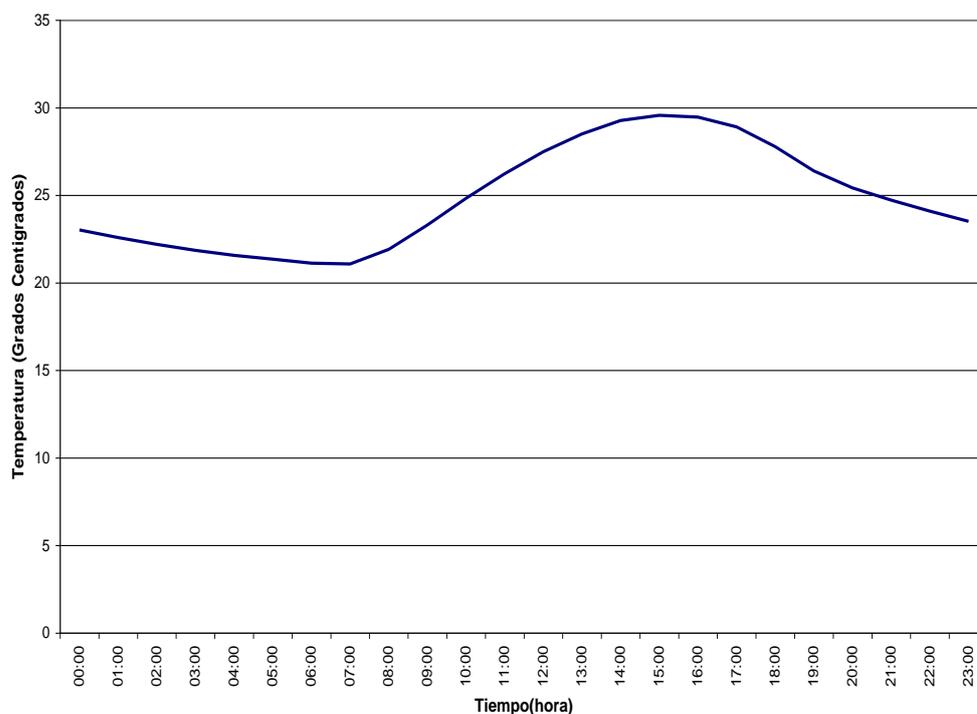
Cuadro 2. Aspectos físicos y socioeconómicos de la ciudad de Cali

Aspectos Físicos			
Fisiografía		Meteorología	
Ubicación	0 3° 30' latitud N y 76°30' longitud W	Temperatura promedio (T°)	25-28 °C
Altitud	1.000 msnm zona plana Entre 4.200 y 5700 msnm zona montaña (valle cerrado)	Humedad relativa promedio (Hr)	60-70 %
Área	564 m ²	Radicación Solar promedio (RS)	600-700 Kv/m ²
División	22 comunas	Velocidad del viento (VV)	Baja
Límites	Norte: Yumbo Sur: Jamundí Oriente: Pradera y Candelaria Occidente: Buenaventura	Dirección del viento	Sur-Este
		Presión atmosférica (P _{atm})	901 mbar
		Pluviometría (PI)	1150-2000 mm/m ²
		Estaciones	Verano-invierno

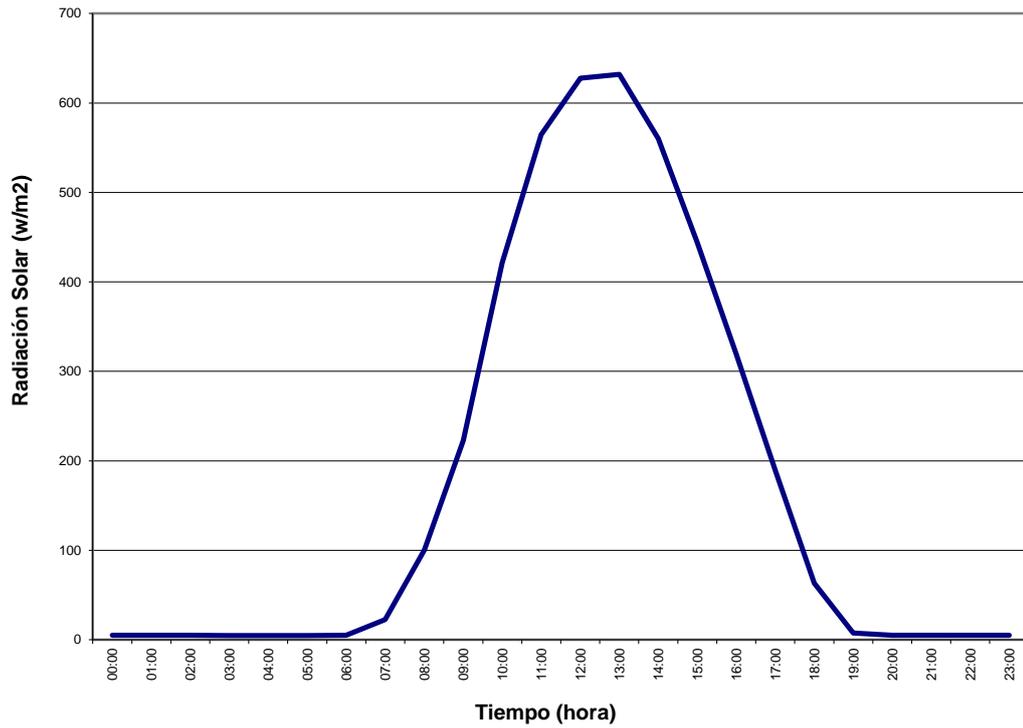
Geología: La parte alta formada por rocas de la formación volcánica, principalmente diabasas, por rocas sedimentarias del Terciario, principalmente areniscas, limolitas y algunos mantos de carbón. Las rocas sedimentarias en algunos sectores, se encuentran parcialmente alteradas, conformando grandes depósitos de derrubio. En el sector sur occidental, se tienen tobas y lodos volcánicos de la formación Popayán.

Hidrología: siete ríos

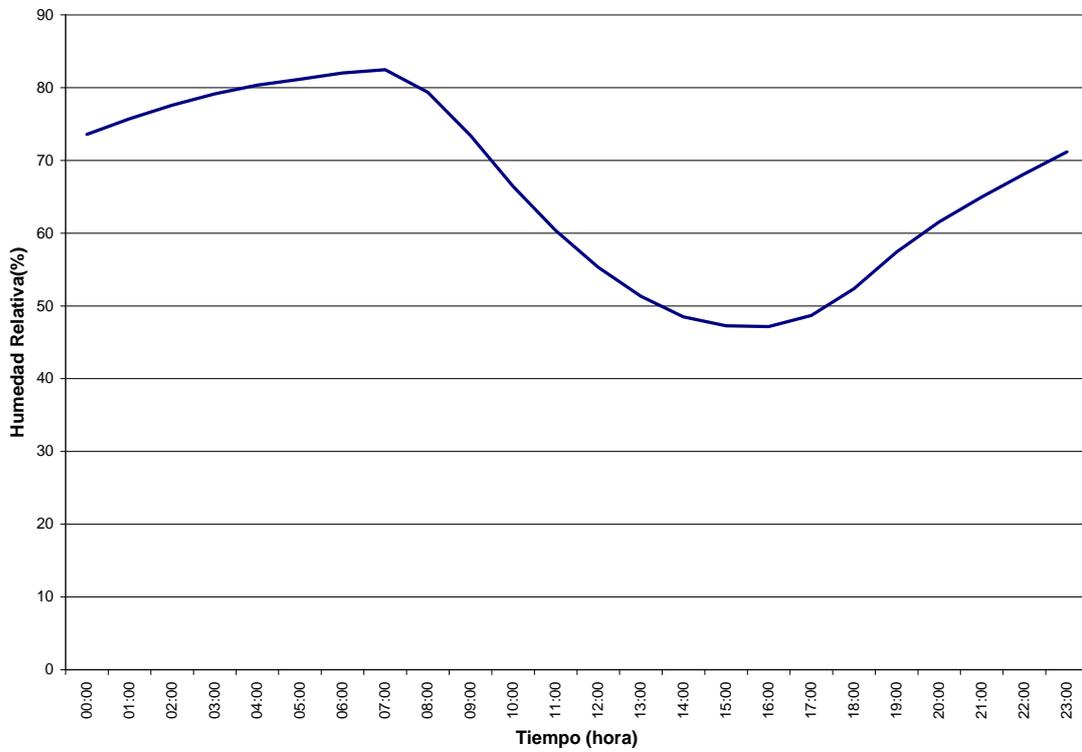
Anexo 3.12a Gráficas con el Comportamiento promedio horario de las variables meteorológicas obtenidas en el PCA 1.0 (acápito 2.1.5 de los aspectos generales del IEA).



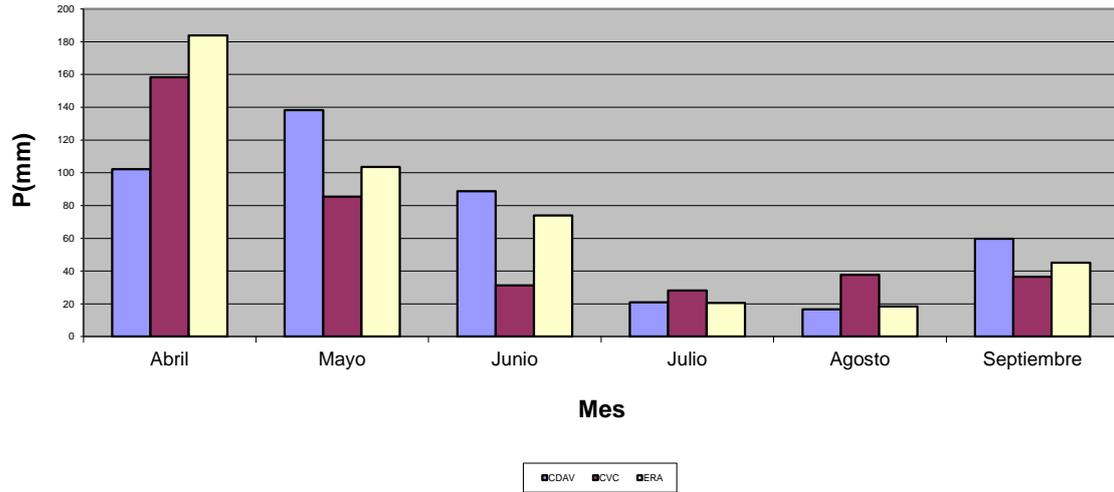
Comportamiento horario promedio de la temperatura en Cali.



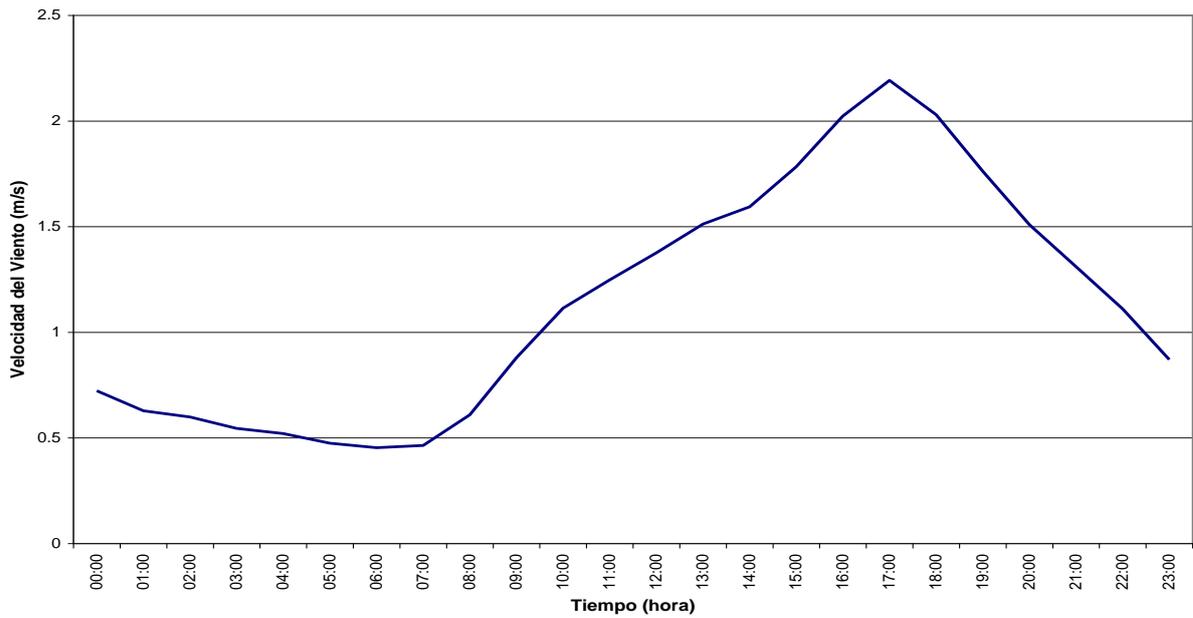
Variación horaria promedio de la Radiación Solar en Cali



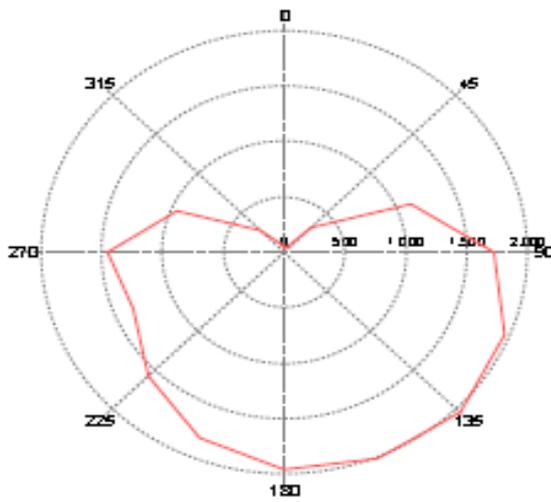
Variación promedio horaria de la Humedad Relativa en Cali



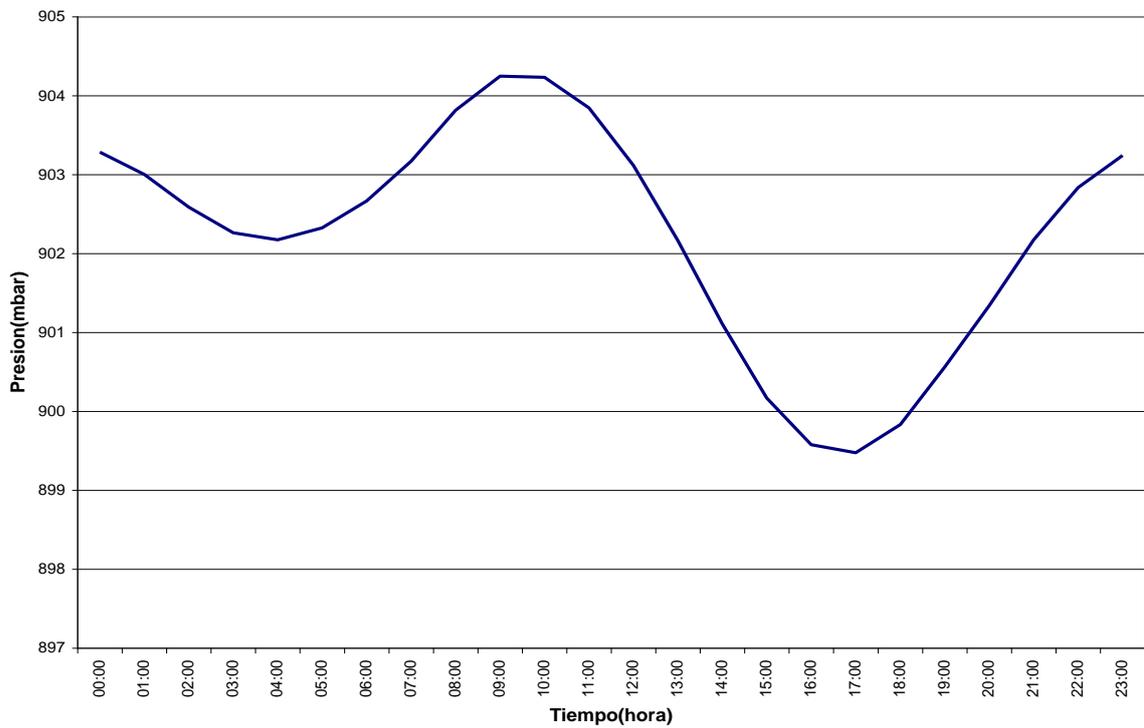
Precipitación mensual por estación en Cali



Variación de la Velocidad promedio del Viento (VV) en Cali



Rosa de Vientos horaria promedio en Cali



Variación promedio de la Presión Atmosférica horaria en Cali

3. Inventario de Emisiones Atmosféricas

3.1 Metodología para el cálculo de las emisiones: se describen en el capítulo II y III de la tesis.

3.2 Proceso general para la recepción y análisis de los datos obtenidos en las medidas de control

El proceso general para obtener el IEA, se muestra en la figura 3.2 de la tesis.

Anexo 3.12b. Gráficas de las fuentes móviles

3.3 Fuentes móviles

Composición anual de vehículos activos en el registro automotor de la STTM a junio de cada año.

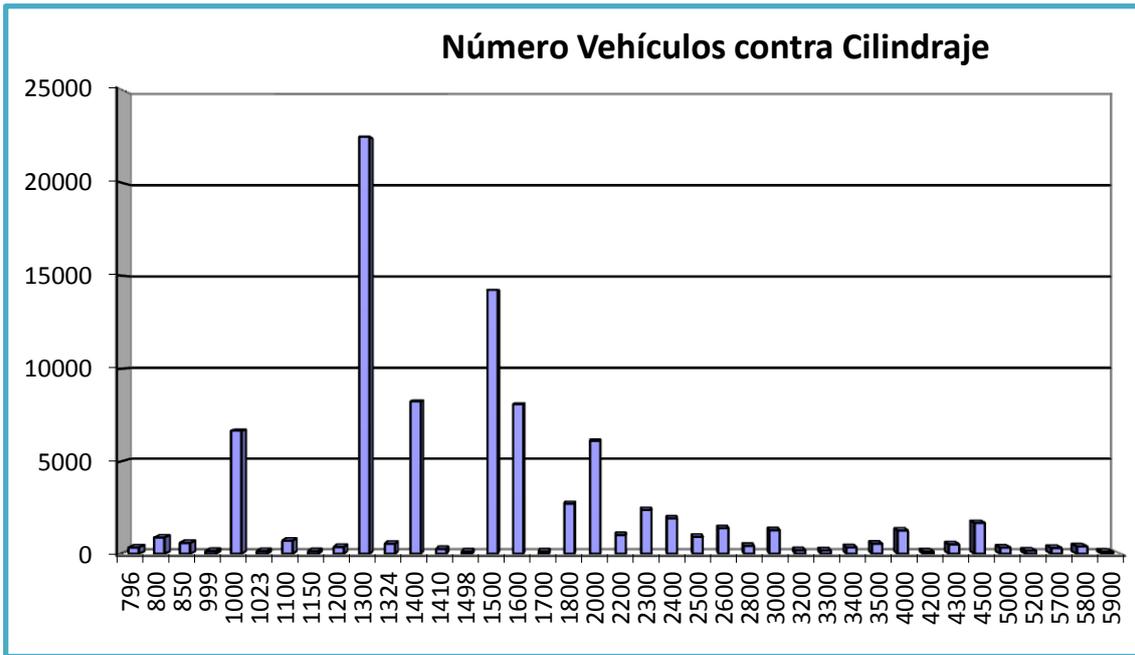
Clase	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Automóviles	197,627	204,866	217,962	234,794	253,435	266,828
Buses	10,215	10,350	10,698	10,071	9,489	9,696
Camiones	10,199	9,997	10,090	10,044	10,077	10,149
Motos	61,600	63,298	66,368	69,945	72,749	78,727
Maquinaria	383	398	414	426	443	461
Veh Masivo						
Totales	280,024	288,909	305,532	325,280	346,193	366,237

Fuente: STTM, 2009

Composición histórica por servicio

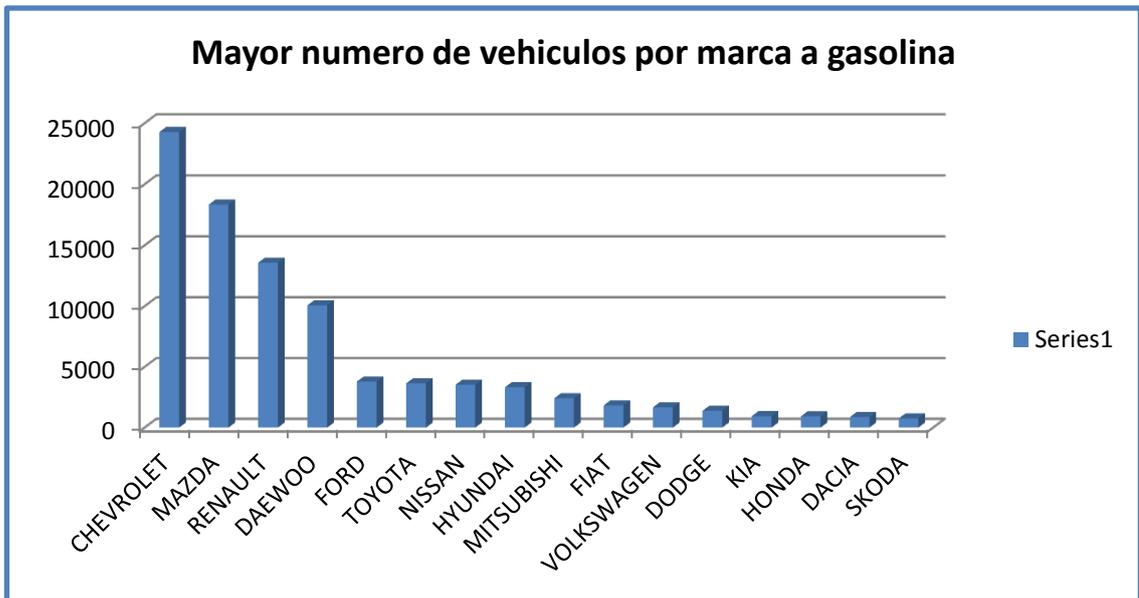
Servicio	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Particular	245,759	253,524	269,236	289,429	310,346	329,333
Público	30,526	31,500	32,253	31,670	31,390	32,259
Oficial	3,739	3,885	4,043	4,181	4,457	4,645
Total	280,024	288,909	305,532	325,280	346,193	366,237
Porcentaje de variación entre años	Particular	3,16%	6,20%	7,50%	7,23%	6,12%
	Publico	3,19%	2,39%	-1,81%	-0,88%	2,77%
	Oficial	3,90%	4,07%	3,41%	6,60%	4,22%

Fuente: STTM, 2009



Número de vehículos a gasolina por Cilindraje en Cali

Fuente: PCA 1.0



Número de vehículos a gasolina por marca en Cali

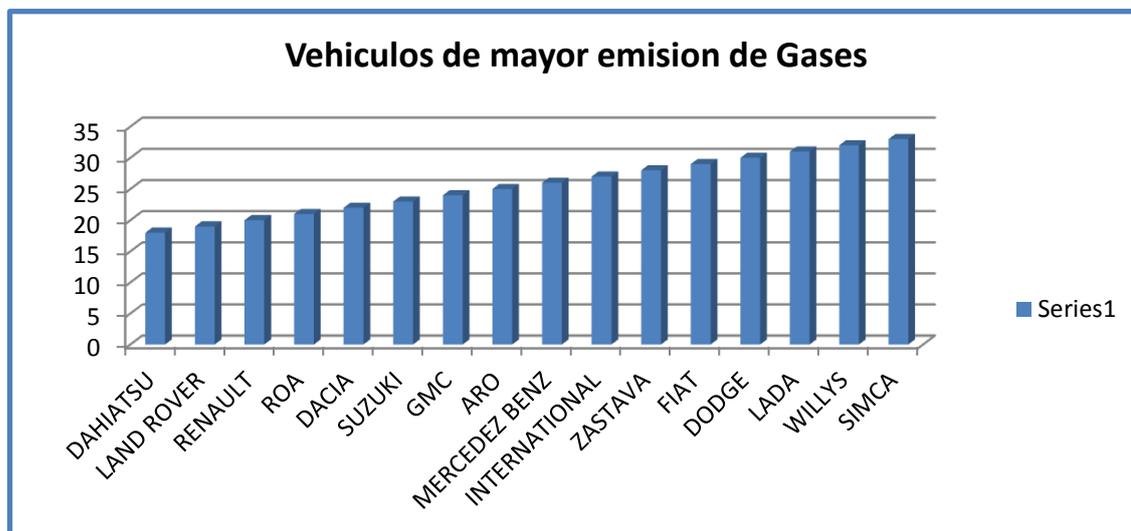
Fuente: Interfase PCA 1.0

Velocidad, distancia y tiempo promedio de uso diario de los vehículos por tipo en Cali

Velocidad (Km/h)	Velocidad (m/s)	R.P.M	R.P.S
10	2,778	1000	17
15	4,167	1300	22
20	5,555	1500	25
25	6,944	1800	30
30	8,333	2100	35
35	9,722	2500	42
40	11,111	2800	47
45	12,5	3000	50
50	13,889	3300	55
55	15,278	3700	62
60	16,667	4000	67
65	18,055	4200	70
70	19,444	4500	75

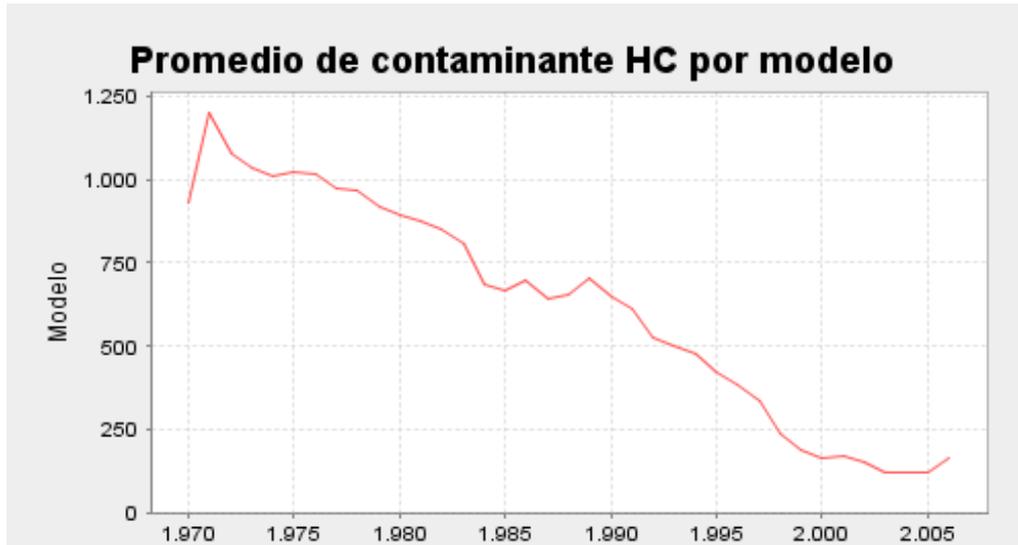
Distancia recorrida por tipo de auto		
TURISMO	TAXI	CAMPERO Y/O CAMIONETA
35 Km	35 Km	35 Km
Tiempo de uso promedio por día		
1 hora	16 Ora	1 hora

Fuente: Interfase PCA 1.0



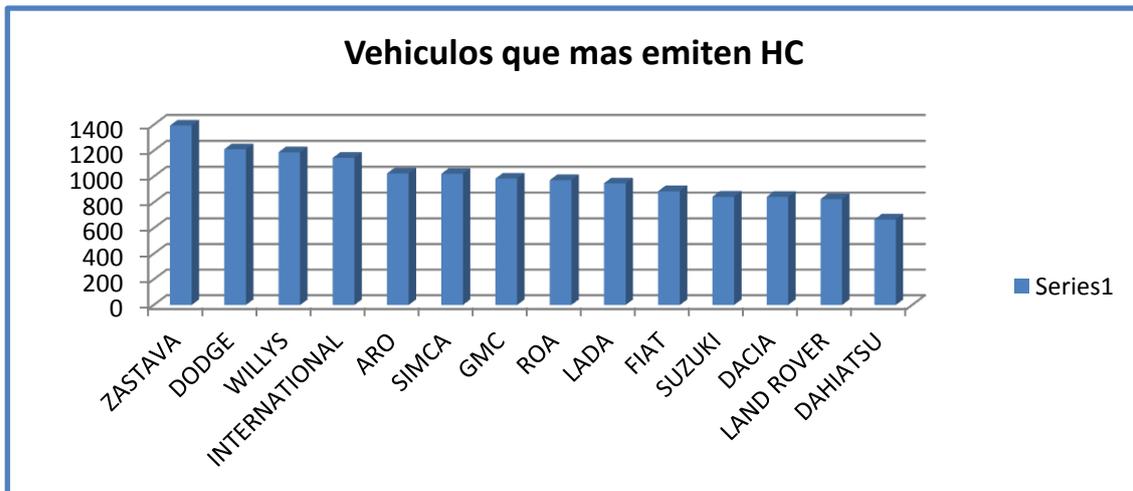
Escala marcas a gasolina que más emiten gases en Cali

Fuente: Interfase PCA 1.0



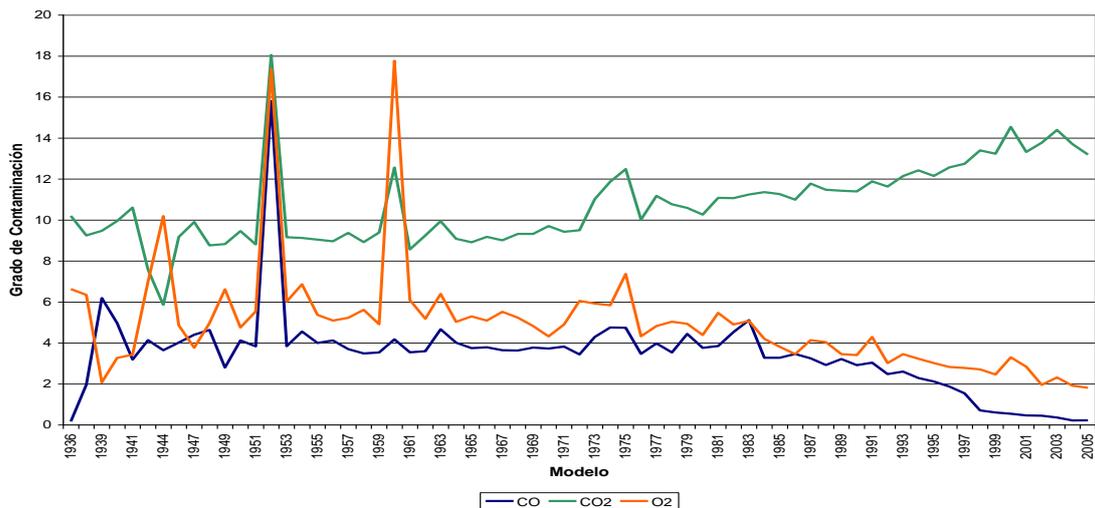
Emisiones de HC por modelo en Cali

Fuente: Interfase PCA 1.0



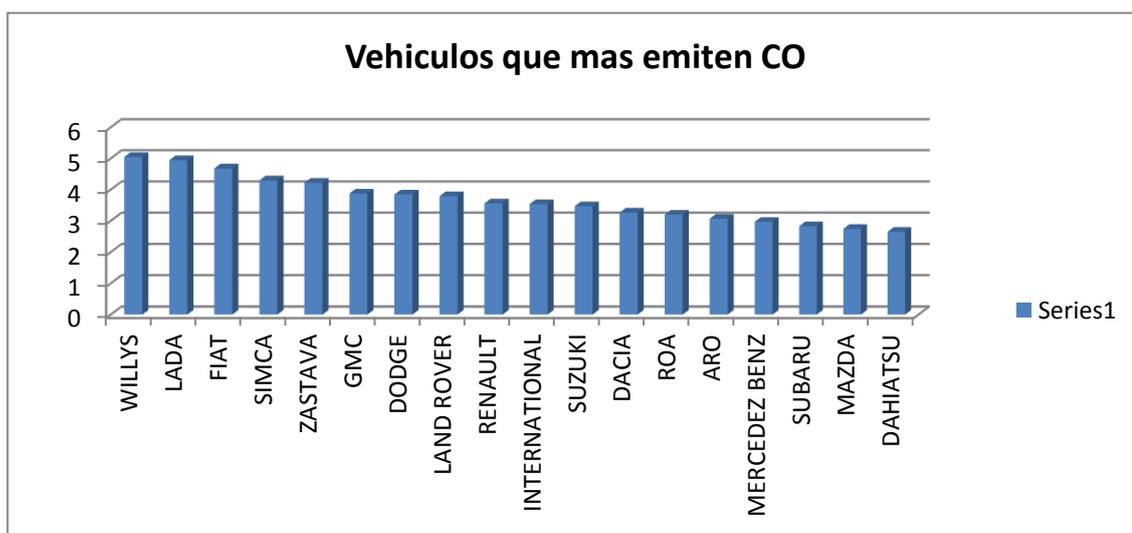
Marcas que más emiten HC en Cali

Fuente: Interfase PCA 1.0



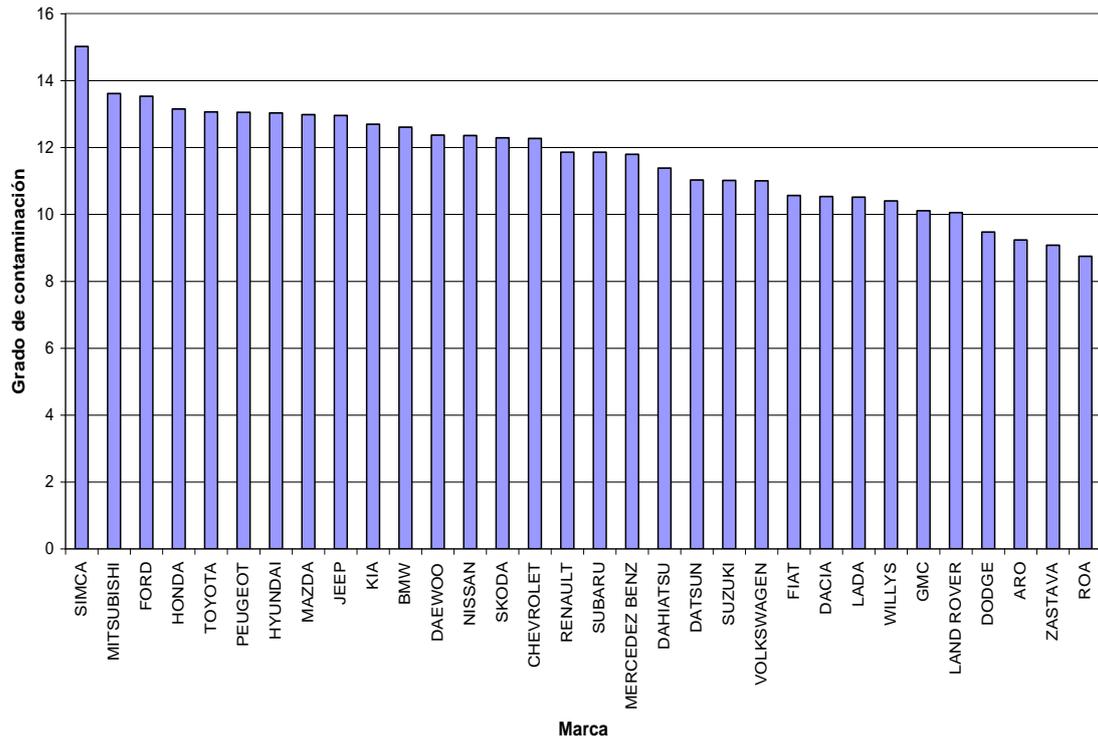
Emisión de CO, CO₂ y O₂ por modelo en Cali

Fuente: Interfase PCA 1.0



Marcas que más emiten CO en Cali.

Fuente: Adaptado de Granada et al, 2007

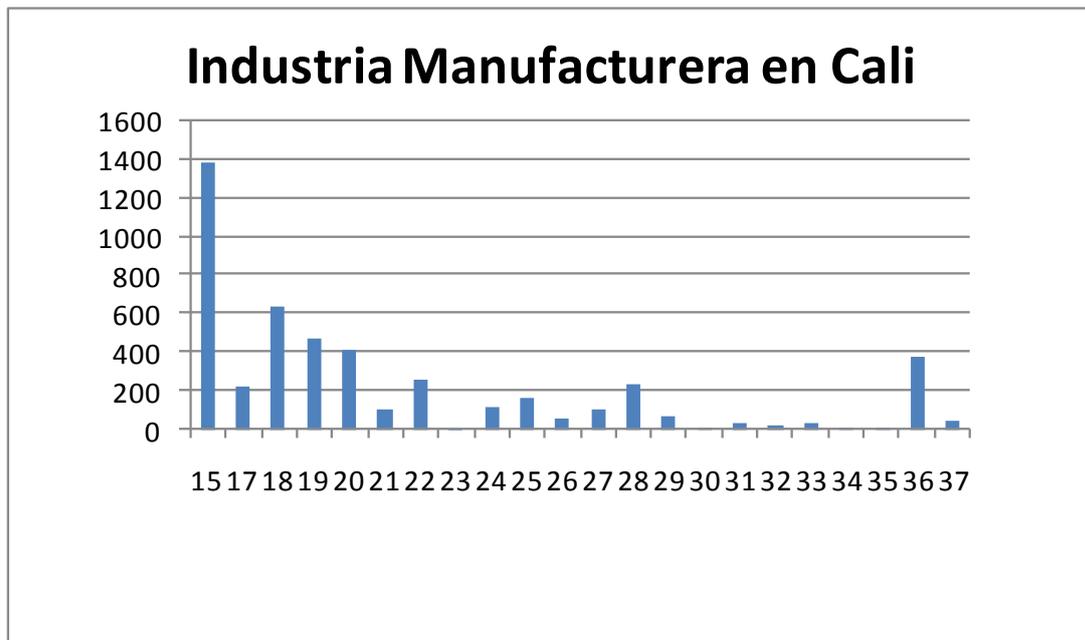


Marcas que menos emiten CO₂ en Cali

Fuente: Interfase PCA 1.0

Anexo 3.12c. Gráficas de las fuentes fijas

3.4 Fuentes Fijas



Número de Industrias Manufactureras por División CIU en Cali

Fuente: Interfase RVGA 1.0

Porcentaje de Industrias Manufactureras por División CIU en Cali

División	Cantidad	Porcentaje
15	1380	28.4
17	230	4.7
18	643	13.2
19	474	9.8
22	259	5.3
28	235	4.8

Fuente: Interfase RVGA 1.0

Número y porcentaje de Industrias Manufactureras de la División 15, 18, 19, 20 y 36 de la CIU, por Grupo y Clase en Cali

Grupo	Clase	Cantidad (UN)	% del Grupo	% de la Sección
151	1	38	2.75	0,78
151	2	7	0.51	0,14
152	1	103	7.5	2,12
152	2	33	2.4	0,68
153	0	23	1.67	0,47
154	1	181	13.11	3,73
154	2	166	12	3,42
154	3	14	1	0,29
155	1	581	42.1	11,96
155	2	7	0.5	0,14
156	2	1	0.07	0,02
156	4	1	0.07	0,02
157	1	11	0.8	0,23
157	2	4	0.3	0,08
158	1	40	2.9	0,82
158	9	39	2.8	0,80
159	1	6	0.43	0,12
1592	2	9	0.65	0,19
159	3	2	0.14	0,04
159	4	115	8.33	2,37
DIVISIÓN 18				
181	0	640	99.5	13.13
182	0	3	0.5	0.066
191	0	5	1.05	0,10
192	1	125	26.4	2,57
192	2	16	3.38	0,33
192	3	29	6.1	0,60
192	4	30	6.3	0,62
192	5	17	3.59	0,35
192	6	35	7.38	0,72
192	9	100	21.1	2,06
193	1	46	9.7	0,95
193	2	41	8.65	0,84
193	9	30	6.33	0,62
DIVISIÓN 20				
201	0	26	6.26	0,54

Grupo	Clase	Cantidad (UN)	% del Grupo	% de la Sección
202	0	11	2.65	0,23
203	0	198	47.7	4,08
204	0	29	6.98	0,60
209	0	151	36.38	3,11
DIVISIÓN 36				
361	1	151	39.84	3,11
361	2	25	6.59	0,51
361	3	28	7.39	0,58
361	4	23	6.1	0,47
361	9	13	3.43	0,27
369	1	8	2.1	0,16
369	2	2	0.53	0,04
369	3	6	1.58	0,12
369	4	4	1.06	0,08
369	9	119	31.4	2,45

Fuente: Interfase RVGA 1.0

Ubicación y número de Industrias Manufactureras por comuna en Cali

Número de la comuna	Cantidad	Porcentaje (%)
2	282	5,81
3	714	14,7
4	251	5,17
6	184	3,8
7	193	2,94
8	574	11,82
9	569	11,72
10	220	4,53
11	189	3,89
12	181	3,73
13	289	5,84
14	178	3,67
15	192	3,65
16	138	2,94
17	147	3,03
19	289	2,95
1, 5, 18, 20, 21 y 22	336	6,92
	4.856	100

Fuente: Interfase RVGA 1.0

Clasificación de la Industria Manufacturera por tamaño en Cali

Micro	Pequeña	Mediana	Grande	Total IM
4458	310	68	20	4856
91.8%	6.38%	1.4%	0.41%	100%

Fuente: Interfase RVGA 1.0

Tipo de combustible utilizado por la industria manufacturera

Año	Tipo de combustible			
	ACPM	Carbón	Fuel Oil	Gas Natural
2007	37	9	7	25
2008	32	6	5	42
2009	25	5	2	63

Fuente: Elaboración Propia

Número de emisores por tipo y año en Cali

Tipo de emisor	2007	%	2008	%	2009	%
Caldera	52	57.1	73	54.9	71	45.8
Ductos	23	25.3	10	7.5	12	7.7
Hornos	8	8.8	25	18.8	30	19.4
Planta eléctrica	8	8.8	25	18.8	32	27.1
Total	91	100	133	100	155	100

Fuente elaboración propia

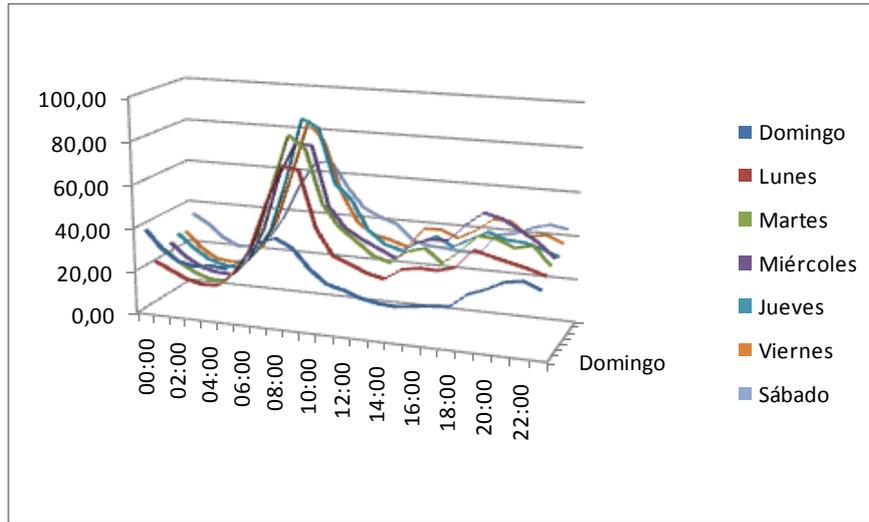
Horas promedio trabajadas en la IM por año

2007	10.4 horas
2008	12.6 horas
2009	11.5 horas

Fuente: RVGA 1.0

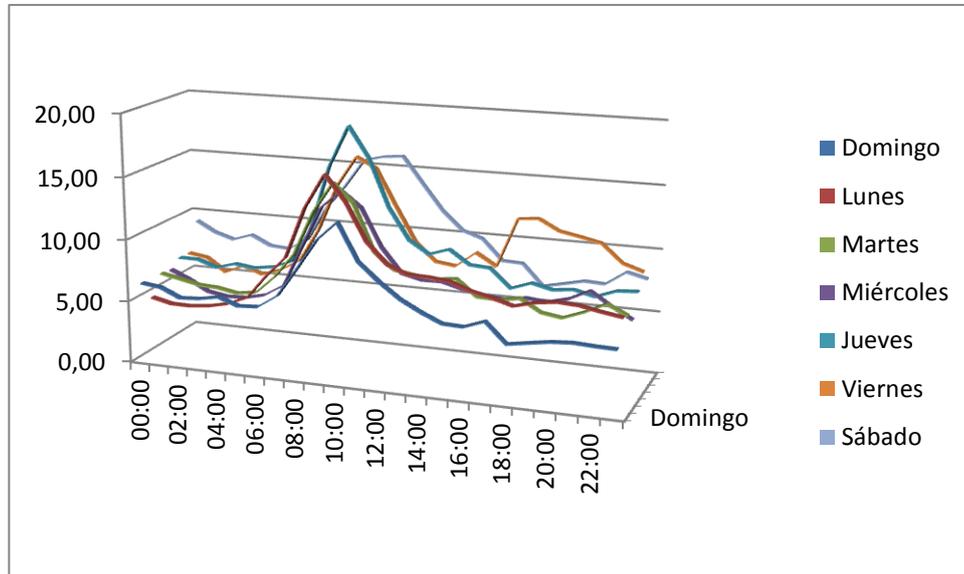
Anexo 3.12d. Graficas de la calidad del aire

3.5 Calidad del aire



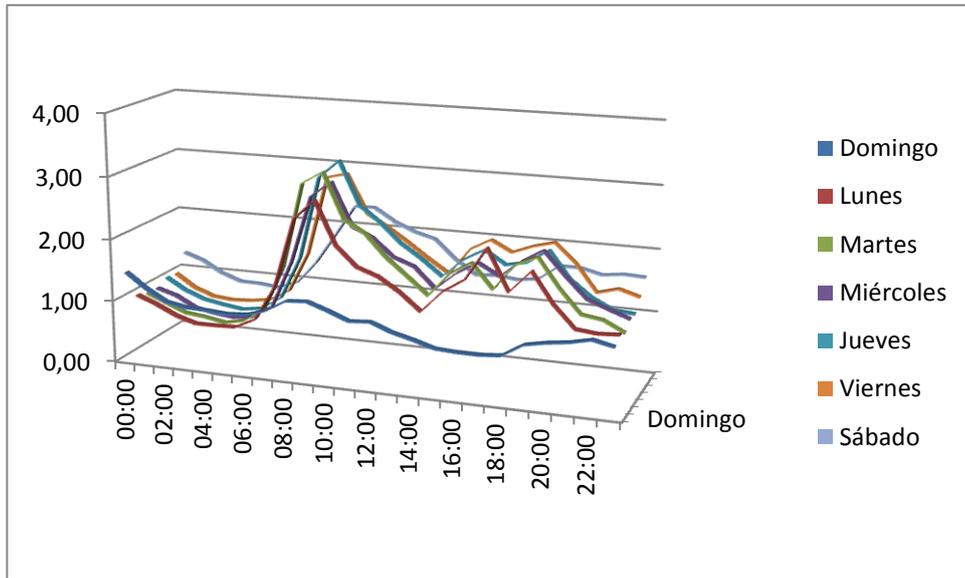
Concentración promedio horaria diaria de NO_x

Fuente: Interfase del PCA 1.0.



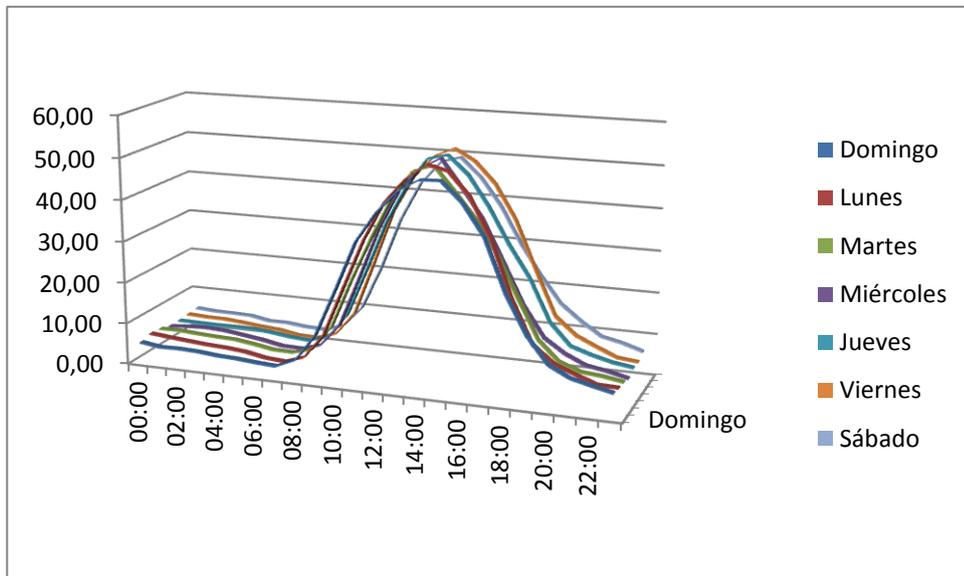
Concentración promedio horaria diaria de SO₂

Fuente: Interfase del PCA 1.0.



Concentración promedio horaria diaria de CO

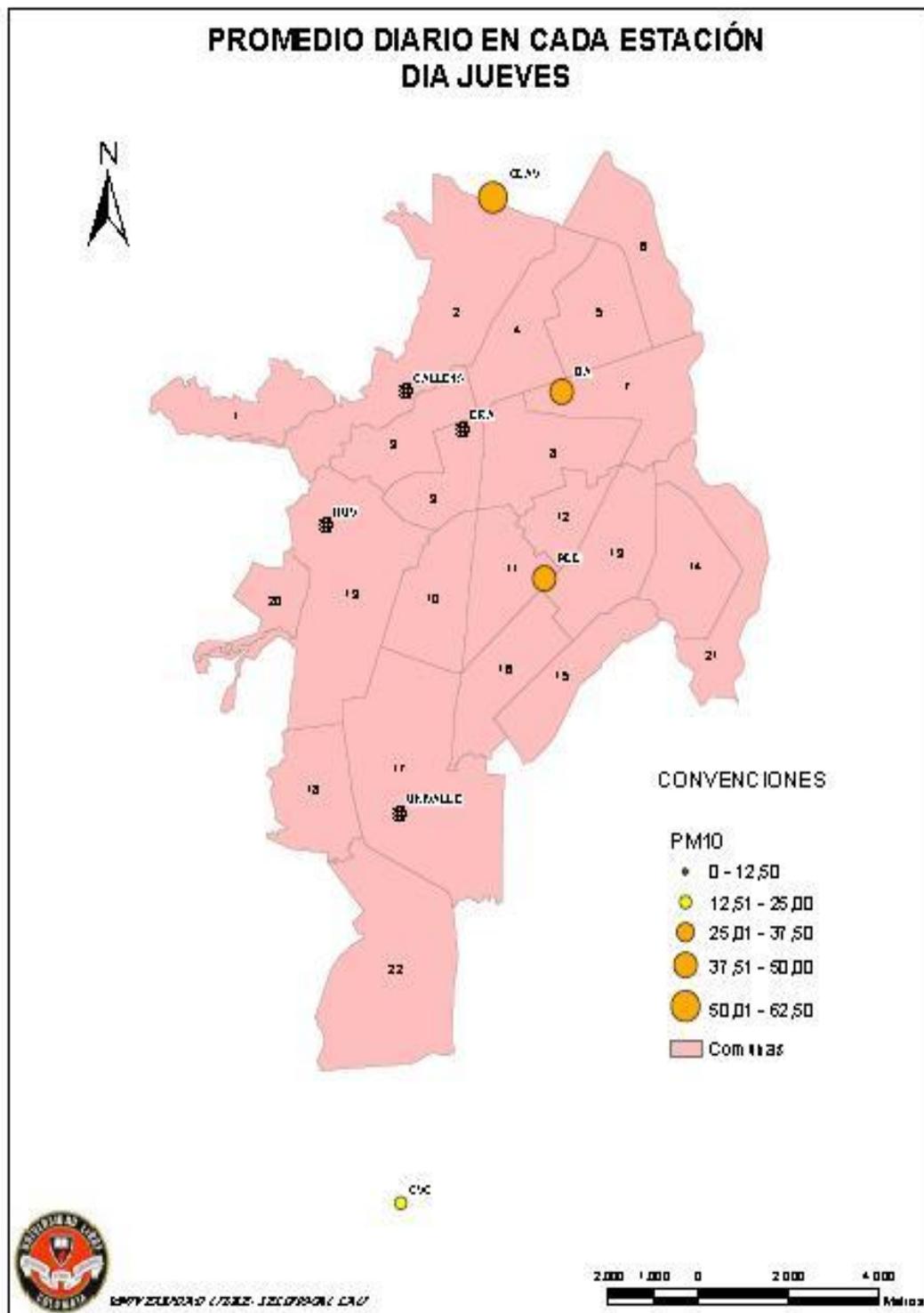
Fuente: Interfase del PCA 1.0.



Concentración promedio horaria diaria de O₃

Fuente: Interfase PCA 1.0

Comunicación del estado de la calidad del aire



Fuente: Interfase SIPECA 1.0

Anexo 3.13. Factor de Emisión (FE_{fm}), Factor de Emisión dinámico (FE_{fmd}) y Factor de Carga Ambiental real (FCA_{fmr}) de fuentes móviles por modelo

Para el número de vehículos modelo <1974

Numero de vehiculos

	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
Pemir:	6.71	10.51	1051.05	7.47
FE_{fm}(Kg/S):	12.29952286693...	25.95046365952...	3665.677373591...	15.64310183867...
FE_{fmd}(gr/mi):	785824.0837295...	1657991.09024161	2.342023828496...	999447.4015015...
FCA_{fmr}(Ton/Dia):	17.28812984205...	36.47580398531...	5152.452422693...	21.98784283303...

Para vehículos modelo entre 1975-1980.

Numero de vehiculos

	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
Pemir:	5.04	10.23	1018.99	7.41
FE_{fm}(Kg/S):	12.49899790247...	34.17408963143...	4808.168721981...	20.99420305823...
FE_{fmd}(gr/mi):	798568.6664848...	2183403.613493...	3.071968580607...	1341332.550893...
FCA_{fmr}(Ton/Dia):	17.56851066266...	48.03487949686...	6758.330877335...	29.50931611964...

Para vehículos modelo entre 1981-1990

Numero de vehiculos

	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
Pemir:	5.17	11.08	723.76	5.41
FE_{fm}(Kg/S):	41.80888920534...	120.6964532437...	11136.21947762...	49.98179833879...
FE_{fmd}(gr/mi):	2671195.65587913	7711370.660943...	7.114999144187...	3193367.849116...
FCA_{fmr}(Ton/Dia):	58.76630442934...	169.6501545407...	15652.99811721...	70.25409268055...

Para vehículos modelo entre 1991-1995.

Numero de vehiculos

	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
Pemir:	3.98	11.97	508.33	4.39
FEfm(Kg/S):	51.49690647188...	208.6262159318...	12514.36818185...	64.89318882286...
FEfmd(gr/mi):	3290169.039968...	1.332925730129...	7.995506830916...	4146065.761957...
FCAfmr(Ton/Dia):	72.38371887931...	293.2436606285...	17590.11502801...	91.21344676307...

Para vehículos modelo entre 1996-1997.

Numero de vehiculos

	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
Pemir:	2.61	12.51	358.98	3.41
FEfm(Kg/S):	23.92083061303...	154.4435301525...	6259.953682373...	35.70480406284...
FEfmd(gr/mi):	1528316.586090...	9867492.168849...	3.999522924474...	2281201.900348...
FCAfmr(Ton/Dia):	33.62296489400...	217.0848277146...	8798.950433844...	50.18644180766...

Para vehículos modelo entre 1998-2000.

Numero de vehiculos

	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
Pemir:	1.53	13.24	196.83	3.17
FEfm(Kg/S):	42.89252385786...	499.9825158198...	10498.96725881...	101.5280300451...
FEfmd(gr/mi):	2740429.740576...	3.194419056947...	6.707854780647...	6486688.308666...
FCAfmr(Ton/Dia):	60.28945429269...	702.7721925284...	14757.28051742...	142.7071427906...

Para vehículos modelo entre <2001

		Numero de vehiculos		395614	<input type="button" value="Calcular"/>
Pemir:	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)	
	1.66	13.05	141.41	2.91	
FEfm(Kg/S):	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)	
FEfmd(gr/mi):	157.3562687538...	1666.338138331...	25504.75766665...	315.1414120840...	
FCAfmr(Ton/Dia):	221.1789542657...	2342.194116625...	35849.3225226282	442.9607318640...	

Fuente: Interfase FCA PCA 1.0

Anexo 3.13a: Factor de Carga Ambiental real de CO y CO₂ para fuentes móviles en Ton/Día en Cali para los años 2007, 2008 y 2009 por número total de vehículos (NTV).

Año 2007: 578.809 vehículos

		Numero de vehiculos		578909	<input type="button" value="Calcular"/>
Pemir:	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)	
	4.19	11.6	621.23	5.07	
FEfm(Kg/S):	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)	
FEfmd(gr/mi):	581.2040518071...	2167.450866132...	163957.8250831...	803.4504463622...	
FCAfmr(Ton/Dia):	3.713348447841...	1.384797694458...	1.047536632600...	5.133294337230...	
	816.9366585251...	3046.554927809...	230458.0591721...	1129.324754190...	

Año 2008: 616.539 vehículos

		Numero de vehiculos		616539	<input type="button" value="Calcular"/>
Pemir:	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)	
	4.19	11.6	621.23	5.07	
FEfm(Kg/S):	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)	
FEfmd(gr/mi):	618.9832338020...	2308.338598215...	174615.3428585...	855.6759952769...	
FCAfmr(Ton/Dia):	3.954721966118...	1.474811733353...	1.115628169413...	5.466966582626...	
	870.0388325461...	3244.585813377...	245438.1972709...	1202.73264817792	

Año 2009: 656.614 vehículos

Numero de vehiculos

Pemir:	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
	4.19	11.6	621.23	5.07
FEfm(Kg/S):	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
FEfmd(gr/mi):	4.211778669412...	1.570674412298...	1.188143937092...	5.822319100146...
FCAfmr(Ton/Dia):	926.5913072708...	3455.483707057...	261391.6661604...	1280.910202032...

Fuente: Interfase FCA PCA 1.0

Anexo 3.14. Estimación manual del factor de carga ambiental real de fuentes móviles.

Descripción	Símbolo	Ecuación para su calculo	N° ecuación	Fuente	Anexo
<i>Primero:</i> Se calculó el Factor de Emisión a ralenti en Kg/s.	FEfm	$FEfm = [(P_{emir}/100) * dgas * Cil * (RPM/2)]$	2.10	PCA 1.0	-
Se calculó el valor del Porcentaje de emisión real de los vehículos por modelo.	P _{emir}	-	2.10	PCA 1.0	3.12ai
Se calculó la densidad por tipo de gas considerando la P ambiente de Cali y la T de salida de los gases.	Dgas	$Pv = MRT$	2.11	Cengel	3.12
Se seleccionó el valor del cilindraje.	Cil	-	2.10	PCA 1.0	3.12aaii
Se seleccionó el valor de las Revoluciones por Minuto.	RPM	-	2.10	ITMG	3.10
Se calculó el FEfm por tipo de gas promedio para los vehículos por modelo.	FEfm	$FEfm = [(P_{emir}/100) * dgas * Cil * (RPM/2)]$	2.10	PCA 1.0	3.13
<i>Segundo:</i> Se calculó el Factor de Emisión dinámico en gr/milla por gas en Cali.	FE _{fmd}	$FE_{fmd} = FEfm * (v/e) * (t) * NVT * K$	2.9	PCA 1.0	3.13
Se calculó la velocidad promedio de los vehículos en Cali.	V	-	2.9	Granada y Álvarez, 2006	3.12
Se calculo la distancia promedio diaria recorrida por tipo de vehículo en la ciudad de Cali.	E	-	2.9		
Se calculó el tiempo promedio de uso del vehículo por tipo en Cali.	T	-	2.9		
Se estimó el número total de vehículos por modelo	NVT	-	2.9	STTM	3.12aiii

Anexo 3.14. Continuación

Descripción del paso	Símbolo	Ecuación para su calculo	N° ecuación	Fuente	Anexo	
Se realizó la conversión de unidades de Kg/g a gr/milla.	K	-	2.9	PCA 1.0	-	
Se calculó el FE _{fm} d por tipo de gas promedio para los vehículos por modelo en Cali.	FE _{fm} d	$FE_{fm}d = FE_{fm} * (v/e) * (t) * NVT * K$	2.9	PCA 1.0	3.13	
<i>Tercero:</i> Se calculó el Factor de Carga Ambiental real por tipo de gas en Ton/Día para los vehículos. por modelo	FCA _{fm}	$FCA_{fmr} = FE_{fm}d * K1$	2.8	PCA 1.0	3.13 3.12	
Se convirtieron las unidades de gr/milla en Ton/Día	K1					
Se estimó el Factor de Carga Ambiental de fuentes móviles real para el Monóxido de Carbono anual en Ton/Día por modelo	FCA _{fm} CO _r	Año	FCA _{fm} CO _r	-	PCA 1.0	3.14
		2007	817			
		2008	870			
Se estimó el Factor de Carga Ambiental de fuentes móviles real para el Dióxido de Carbono anual en Ton/Día por modelo	FCA _{fm} CO _{2r}	Año	FCA _{fm} CO _{2r}	-	PCA 1.0	3.14
		2007	3046			
		2008	3244			
		2009	3455			

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3.15: Factor de Carga Ambiental anual proyectado FCA_{fm}p

Año 2008

Año 2009

Fuente: Interfase FCA del PCA 1.0

Anexo 3.16: Factor de Carga Ambiental anual reducido por escenario para un determinado número de vehículos.

Mezcla Gasolinas Convencionales con Etanol al 10% (E-10)

Numero de vehiculos

	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
Pemir:	0.6	13.46	166.6	3.85
FEfm(Kg/S):	18.86207182889...	569.9803262433...	9965.021940743...	138.2723679161...
FEfmd(gr/mi):	1205109.374773...	3.641639374631...	6.366713831624...	8834306.663630...
FCAfmr(Ton/Dia):	26.51240624501...	801.1606624189...	14006.77042957...	194.3547465998...

Gasolinas Convencionales

Numero de vehiculos

	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
Pemir:	4.29	11.54	633.85	5.1
FEfm(Kg/S):	134.8638135766...	488.6755545950...	37913.14019892...	183.1659938629...
FEfmd(gr/mi):	8616532.029631...	3.122178185976...	2.422293854847...	1.170258804792...
FCAfmr(Ton/Dia):	189.5637046518...	686.8792009148...	53290.46480663...	257.4569370543...

Día sin Carro

Numero de vehiculos

	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
Pemir:	4.19	11.6	621.23	5.07
FEfm(Kg/S):	659.2171088604...	2458.380476059...	185965.3302317...	911.2948863944...
FEfmd(gr/mi):	4.211778669412...	1.570674412298...	1.188143937092...	5.822319100146...
FCAfmr(Ton/Dia):	926.5913072708...	3455.483707057...	261391.6661604...	1280.910202032...

Anexo 3.16. Continuación

Tecnología de combustión con carburador

Numero de vehiculos

Pemir:	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
	5.01	11.11	769.52	5.73

FEfm(Kg/S):	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
	157.4982997712...	470.466673444585	46028.11334838...	205.7923813401...
FEfmd(gr/mi):	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
	1.006266327935...	3.005840523934...	2.940764482420...	1.314820186561...
FCAfmr(Ton/Dia):	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
	221.3785921459...	661.2849152655...	64696.81861324...	289.2604410434...

Tecnología de combustión con Inyección

Numero de vehiculos

Pemir:	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
	1.62	13.11	159.88	2.99

FEfm(Kg/S):	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
	50.92759393802...	555.159143911657	9563.071475907...	107.3855532647...
FEfmd(gr/mi):	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
	3253795.311888...	3.546945928782...	6.109905206483...	6860929.071234...
FCAfmr(Ton/Dia):	CO(%)	CO2(%)	HC(PPM)	O2(%)
	71.5834968615507	780.3281043322...	13441.79145426...	150.9404395671...

Fuente: Interfase FCA del PCA 1.0