



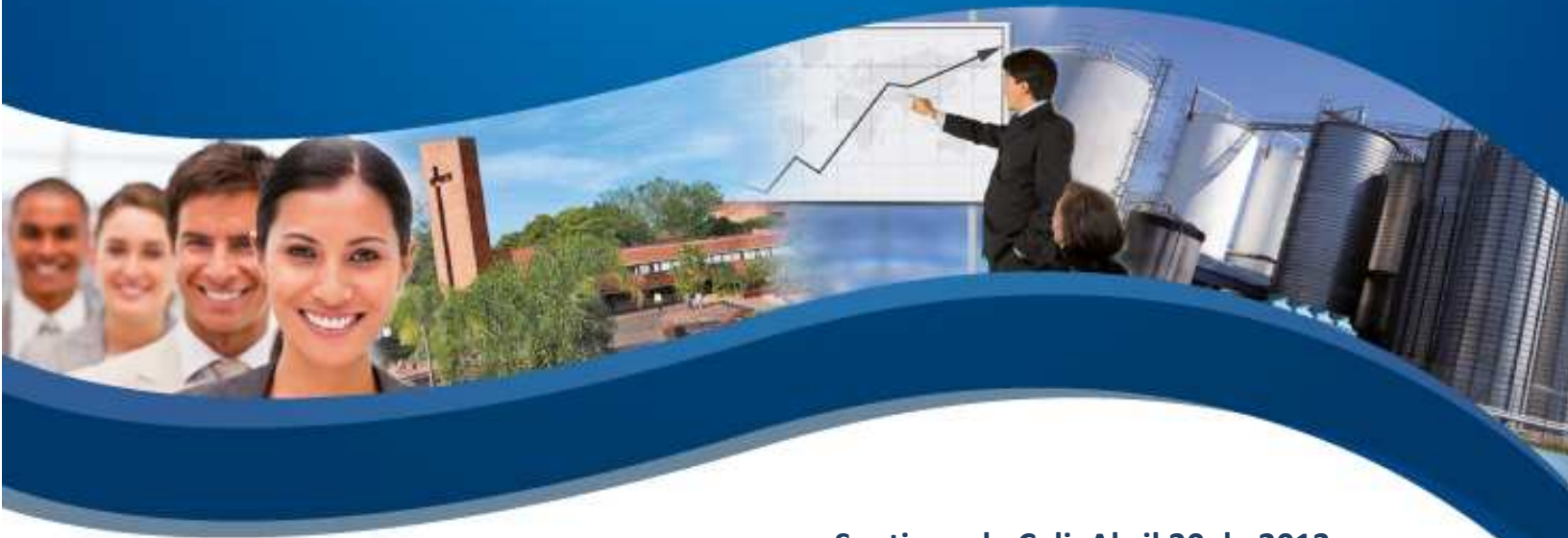
Consultoría & Educación Continua

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC)

PONTIFICIA UNIVERIDAD JAVERIANA CALI

CONVENIO 060 / 2013

- *Actualización del inventario de emisiones atmosféricas de fuentes móviles*
- *Continuación del proceso de aseguramiento de la calidad del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de Santiago de Cali*
- *Modelamiento de la calidad del aire de Santiago de Cali*
- *Campañas para la ejecución de estrategias de transporte alternativo y prácticas amigables con el medio ambiente*



Santiago de Cali, Abril 30 de 2013



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

con Acreditación
Institucional
de Alta Calidad
por **8** años

Contenido General

	Pág
INTRODUCCIÓN	3
1. CONTEXTUALIZACIÓN	5
1.1. EMISIONES ATMOSFÉRICAS POR FUENTES MÓVILES	6
1.2. MODELAMIENTO DE LA CALIDAD DE AIRE	8
1.3. SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE AIRE (SVCASC)	8
1.4. CAMPAÑA DE SENSIBILIZACIÓN HACIA UNA MOVILIDAD SUSTENTABLE	8
PROCESO DE ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS POR FUENTES MÓVILES	10
MODELAMIENTO DE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES EMITIDOS POR FUENTES MÓVILES	62
ASEGURAMIENTO DE CALIDAD PROCESO DE ACREDITACIÓN DEL SVCASC	90
CAMPAÑA DE SENSIBILIZACION HACIA UNA MOVILIDAD SUSTENTABLE	104
ANEXOS	123

INTRODUCCIÓN

La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y la Pontificia Universidad Javeriana Cali suscribieron el convenio de asociación No. 060 2013, con el objeto de *“Aunar esfuerzos técnicos, y académicos para la actualización del inventario de emisiones atmosféricas de fuentes móviles, continuación del proceso de aseguramiento de la calidad del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de Santiago de Cali, modelar la calidad del aire de Santiago de Cali y desarrollar campañas para la ejecución de estrategias de transporte alternativo y prácticas amigables con el medio ambiente”*.

Este documento presenta el informe final destacando los procedimientos, metodologías y actividades adelantadas en cada una de las cuatro etapas en que abordó el convenio.

La primera etapa correspondiente a la *actualización del inventario de emisiones por fuentes móviles* contó con la consulta de información directa mediante aplicación de encuestas, video aforos, utilización de Global Positioning System (GPS) y de información indirecta mediante la revisión de datos suministrados por el Departamento de Planeación Municipal, Secretaría de tránsito Municipal, Ecopetrol, Metrocali, etc. Los datos resultantes de estas consultas permitieron constuir las bases de datos necesarias para la utilización del software International Vehicle Emission Model (IVE) que a su vez generó los resultados de contaminantes criterio por fuentes móviles en el municipio de Santiago de Cali. La cuantificación de las emisiones producidas por el parque automotor facilita a las autoridades ambientales la toma de decisiones relacionadas con políticas de movilidad, mecanismos de seguimiento y control.

En la segunda etapa se llevó a cabo la *modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por fuentes móviles*, utilizando el software AIRVIRO y obteniendo los mapas de dispersión de contaminantes. Posteriormente se analizaron escenarios con propuestas para el mejoramiento de la calidad del aire.

3

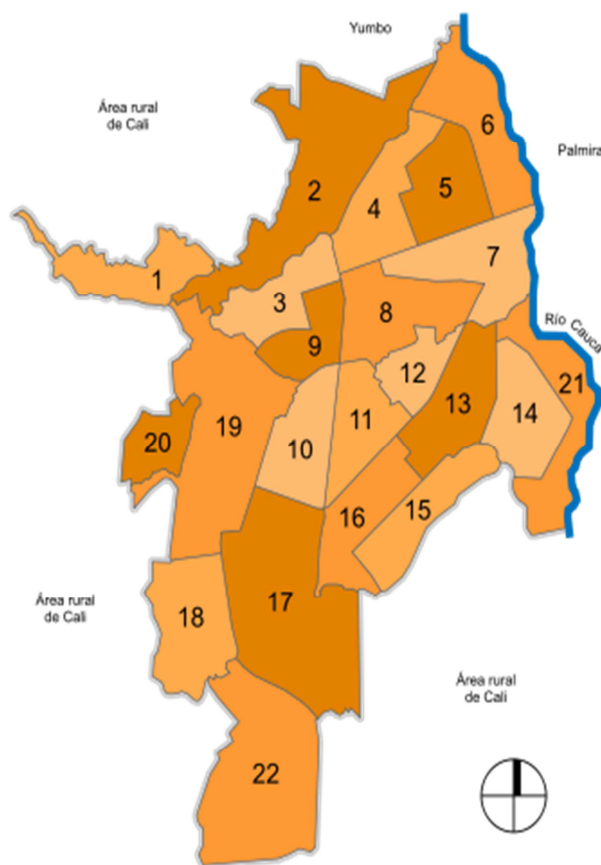
La tercera etapa se centró en la *continuación del proceso de aseguramiento de la calidad del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de Santiago de Cali*, para lo cual se realizó la revisión y actualización de documentos técnicos, procedimientos, hojas de vida de los equipos, creación de instructivos, organización de carpetas y capacitación del personal para el diligenciamiento de los formatos. Estas actividades están orientadas al cumplimiento de la normatividad para la auditoria por parte del IDEAM.

En la cuarta etapa hace referencia a la programación de campañas de sensibilización orientadas a la movilidad sostenible y prácticas amigables con el medio ambiente. En tal sentido se realizaron reuniones con distintos estamentos de la comunidad, publicitadas por distintos medios de comunicación de la región, se presentó un curso taller sobre Diseño Urbano y Movilidad con seguridad vial con la participación de conferencistas nacionales y españoles y se diseñó el plan “*Lleva*”, *Programa de movilidad sustentable para Cali*, cuyo lanzamiento ante la ciudadanía caleña se realizará en un evento público.

1. CONTEXTUALIZACIÓN

El municipio de Santiago de Cali es la capital del departamento del Valle del Cauca, ubicado al sur occidente de Colombia. El alcance de este estudio contempla la zona urbana del municipio, ver Figura 1

Figura 1. Zona urbana de Santiago de Cali



Latitud Norte	3°27'26''
Latitud Oeste	76°31'42''
Altura sobre el nivel del mar	1070
Altura Máxima (Farallones)	4070
Altura Mínima (Oriente)	950
Superficie (km ²)	560,3
Superficie Comunas (km ²)	120,9
Temperatura promedio (°C)	24,6
Precipitación Anual (mm)	1588
<i>Fuente: Cali en Cifras 2012</i>	

5

De acuerdo al informe “Cali en Cifras 2012”, la población estimada para 2013 es de 2.319.655 habitantes de los cuales 2.283.035 corresponden a la zona urbana (98,42%).

El año base para el cálculo de las emisiones atmosféricas por fuentes móviles es 2013 pero se utiliza información de 2012 en aquellos casos donde ésta es la última información disponible.

1.1. EMISIONES ATMOSFÉRICAS POR FUENTES MÓVILES

Las emisiones consideradas en este estudio son los contaminantes criterio resultantes de la movilidad del parque automotor. Estas emisiones, no solamente provienen de las expulsadas por el tubo de escape sino también del material particulado por la circulación en vías sin pavimentar, desgaste de neumáticos y frenos, así como escapes de gas de los pistones, del carburador, etc.

Estas emisiones están en función de la composición de la flota vehicular, de las características del combustible utilizado, del kilometraje recorrido, número de encendidos, patrones de conducción, velocidad, aceleración y condiciones climáticas.

La mayor preocupación para las autoridades municipales se centra en los efectos nocivos que estos contaminantes tienen sobre la salud humana. Para evaluar su impacto se considera la concentración del contaminante, la fracción inhalada y el tiempo de exposición. A continuación y consultando documentos de la EPA se describen algunos efectos sobre la salud

Monóxido de Carbono (CO): Es un gas incoloro, sin olor y tóxico que se produce principalmente por la combustión incompleta del carbono. La mayor parte de sus emisiones proviene de vehículos automotores. Cuando el CO es inhalado, ingresa al torrente sanguíneo e inhibe la distribución de oxígeno a órganos y tejidos.

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV): Agrupa una gran cantidad de sustancias químicas que se convierten fácilmente en vapores o gases incluyendo los hidrocarburos atmosféricos y son precursores del ozono pues reaccionan con los óxidos de nitrógeno en presencia de la radiación solar para formar Ozono (O₃). Se emiten principalmente en los procesos de distribución de combustible vehicular (surtidores de gasolina), en algunos procesos de manufactura química y en una amplia variedad de procesos de utilización de solventes industriales, comerciales y de consumo. Incluyen sustancias como etano, metano, cloruro de metilo,

tricloroetano y acetona, entre otros. Su efecto sobre la salud va desde producir irritación de los ojos y vías respiratorias, dolor de cabeza, mareos, trastornos visuales, fatiga, pérdida de coordinación, reacciones alérgicas de la piel, náuseas y trastornos de memoria hasta efectos cancerígenos si hay presencia de benceno.

Óxidos de Nitrógeno (NO_x): incluyen compuestos como óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO_2). Su presencia en el aire de los centros urbanos se debe a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos e interactúan con otros compuestos en el aire para formar material particulado. El NO_2 es fuertemente tóxico y contribuye a la formación de smog, lluvia ácida y generación de Ozono (O_3). Como resultado, pueden afectar no solamente la salud humana, sino también los ecosistemas acuáticos y terrestres.

Óxidos de Azufre (SO_x): Estas emisiones resultan de la oxidación del azufre contenido en los combustibles. Más del 95% del azufre en el combustible es convertido en SO_2 , entre el 1% y el 5% es posteriormente oxidado a SO_3 y alrededor del 1% al 3% es emitido como partículas sulfatadas. Este gas irritante tiene efectos adversos sobre la parte superior de las vías respiratorias y reduce el funcionamiento pulmonar

Material Particulado (PM): Las partículas en suspensión en el aire pueden ser sólidas (polvo hollín, humo, etc.) o líquidas, y tener tamaños que van desde menos de 1 μm hasta varios centímetros. Su origen puede ser muy diverso, incluyendo fuentes naturales como el polvo levantado por el viento, hasta la combustión, actividades mecánicas como la trituración y pulimento de materiales, y la interacción de gases con otros compuestos en el aire.

Este contaminante atmosférico se divide, según el tamaño de las partículas, en finas ($MP_{2.5}$) y gruesas (MP_{10}). Los subíndices se refieren al diámetro máximo en μm . Las partículas finas son emitidas generalmente por fuentes de combustión, y consisten en su mayor parte de nitratos y sulfatos. Se relaciona con enfermedades respiratorias, acerva casos de asma y dificultad para respirar, muerte prematura de personas con afecciones respiratorias y cardíacas. Su mayor impacto negativo se observa en la población sensible (niños y ancianos). En la medida que el tamaño de la partícula es menor, su efecto sobre la salud es mucho más peligroso, penetrando a los pulmones e incluso al torrente sanguíneo. Este

contaminante requiere un control exhaustivo, su reducción contribuye considerablemente al mejoramiento de la calidad del aire.

1.2. MODELAMIENTO DE LA CALIDAD DE AIRE

Se seleccionaron las veinticinco vías de la zona urbana de Cali con mayor flujo vehicular, correspondientes a arterias principales o secundarias. Para el análisis se escogieron condiciones típicas de la ciudad (día moderadamente soleado durante las horas de la tarde, atmósfera inestable y viento de 2.0 m/s proveniente del oeste).

Se formulan cuatro propuestas para el mejoramiento de la calidad del aire: Utilización de gas natural por toda la flota vehicular de taxis; Restricciones a la circulación de motocicletas; Reducción de azufre en los combustibles e Incremento en la utilización de transporte masivo (MIO)

1.3. SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE AIRE (SVCASC)

8

Este sistema opera bajo la coordinación y administración del Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA), grupo calidad del aire. El sistema de vigilancia de calidad del aire está conformado por estaciones de monitoreo que miden los contaminantes criterios que de manera continua son producidos por el sector industrial y los medios de transporte.

El alcance del sistema de gestión de calidad para la acreditación bajo la norma NTC/ISO 17025:2005 incluye las estaciones de Base Aérea, Pance, Universidad del Valle y Compartir. Se actualizaron, complementaron y desarrollaron los programas de aseguramiento de calidad del SVCA y se adelantaron los trámites de auditoría ante el IDEAM para el proceso de acreditación

1.4. CAMPAÑA DE SENSIBILIZACIÓN HACIA UNA MOVILIDAD SUSTENTABLE

Las actividades se adelantaron tomando como base de prueba el sector de la comuna 22 por ser uno de los de mayor afluencia vehicular dado que concentra numerosos centros de educación básica y superior, centros comerciales, etc., ofreciendo un entorno de alta congestión vehicular. Como resultado se impactó

favorablemente a representantes de los distintos estamentos y se diseñó una campaña destinada a sensibilizar al resto de la población caleña.

PROCESO DE ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS POR FUENTES MÓVILES

Contenido

	Pág	
2	PROCESO DE ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS POR FUENTES MÓVILES	14
2.1.	RECOLECCIÓN DE DATOS POR ENCUESTAS	15
2.1.1.	Procedimiento	15
2.1.2.	Procesamiento y análisis de resultados obtenidos	19
2.2.	RECOLECCIÓN DE DATOS POR VIDEO AFORO	26
2.3.	RECOLECCIÓN DE DATOS MEDIANTE GPS	30
2.3.1.	Procedimiento	30
2.3.2.	Rutas Fijas	31
2.3.3.	Rutas Libres	33
2.3.4.	Procesamiento y análisis de resultados obtenidos	35
2.3.4.1	Conteo horario de vehículos por sector	36
2.3.4.2	Composición de flota vehicular	39
2.3.4.3	Curva de tráfico	40
2.4	RECOLECCIÓN DE DATOS DE PATRONES DE ENCENDIDO (UNIDADES VOCE)	42
2.5	RECOLECCIÓN DE DATOS POR FUENTES INDIRECTAS	43
2.6	CALCULO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS MEDIANTE USO DE SOFTWARE IVE	43
2.6.1.	Módulo Flota	44
2.6.2.	Módulo Localidad	46
2.6.3.	Parámetros de corrección	47
2.6.3.1	Altitud	47
2.6.3.2	I/M Class	47
2.6.3.3	A/C Use at 27°C	47
2.6.3.4	Road Grade	47
2.6.3.5	Características del Combustible	48
2.6.3.6	Factores Climáticos	49
2.6.4.	Distancia recorrida y número de encendidos	50
2.6.5.	Inventario de Emisiones	53
2.6.5.1	Emisiones totales	56
2.6.5.2	Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	58
2.6.5.3	Emisiones diarias de gases de efecto invernadero	59
2.6.5.4	Comparativo entre emisiones obtenidas y reportadas en el inventario 2012	59

Lista de Tablas

		Pág
Tabla 1	Lugares y cantidad de encuestas aplicadas	16
Tabla 2	Programación de recolección de datos por video aforo	27
Tabla 3	Los sectores específicos de Video Aforo	28
Tabla 4	Rutas para toma de datos con GPS	30
Tabla 5	Rutas fijas para circulación con GPS	31
Tabla 6	Comparativo de velocidad promedio	36
Tabla 7	Resultados de conteo de vehículos/hora para el sector A	37
Tabla 8	Resultados de conteo de vehículos/hora para el sector B	37
Tabla 9	Resultados de conteo de vehículos/hora para el sector C	38
Tabla 10	Distancia diaria recorrida (km) por tipo de vehículo	42
Tabla 11	Índices IVE utilizados	45
Tabla 12	Road Grade. Motocicletas	48
Tabla 13	Parámetros asignados por fuentes indirectas	50
Tabla 14	Emisiones atmosféricas por kilómetro recorrido	53
Tabla 15	Emisiones atmosféricas anuales (toneladas)	56
Tabla 16	Emisión de gases efecto invernadero por kilómetro recorrido	58
Tabla 17	Emisiones anuales de gases efecto invernadero	58
Tabla 18	Flota vehicular y uso de gasolina	60
Tabla 19	Emisiones por kilómetro para distintos vehículos	61

Lista de Figuras

	Pág
Figura 1 Zona urbana de Santiago de Cali	5
Figura 2 Proceso general para el cálculo de emisiones atmosféricas por fuentes móviles	15
Figura 3 Lugares de aplicación de encuestas	17
Figura 4 Distribución de vehículos según lugar de aplicación de la encuesta	19
Figura 5 Caracterización de la Flota Vehicular	20
Figura 6 Tipo de servicio que prestan los vehículos	20
Figura 7 10 marcas con mayor número de vehículos	20
Figura 8 Tipo de transmisión	21
Figura 9 Distribución de Combustible	21
Figura 10 Tipo de filtro	21
Figura 11 Cantidad de vehículos por modelo (año)	22
Figura 12 Consumo de tipo combustible por tipo de vehículo	23
Figura 13 Distancia recorrida (km/día)	24
Figura 14 Distancia recorrida por tipo de vehículo (km/día)	25
Figura 15 Programación de recolección de lugares donde se realizó el video aforo datos por video aforo	28
Figura 16 Ruta Sector A - Oriente de la ciudad	32
Figura 17 Ruta sector B – Sur de la ciudad	32
Figura 18 Ruta en el sector C, centro de la ciudad	33
Figura 19 Ruta libre del camión	34
Figura 20 Ruta libre de la buseta	34
Figura 21 Ruta del MIO	35
Figura 22 Flujo promedio en vías arterias Primarias (vehículos/hora)	38
Figura 23 Flujo promedio en vías arterias secundarias (vehículos/hora)	39
Figura 24 Composición de la flota vehicular de Cali de acuerdo al aforo	39
Figura 25 Composición vehicular. PIMU datos 2009-2013 (%)	40

Figura 26	Curva de flujo vehicular. PIMU datos 2009-2013	41
Figura 27	Esquema general de la metodología IVE	44
Figura 28	Formato para ingreso de datos	46
Figura 29	Comportamiento de la temperatura promedio de un año	49
Figura 30	Valores promedio de humedad relativa en Cali	50
Figura 31	Pantalla del programa IVE para módulo Localidad	52
Figura 32	Emisiones en vía arterial principal por kilómetro recorrido	54
Figura 33	Emisiones en vía arterial secundaria por kilómetro recorrido	54
Figura 34	Emisiones en vía genera por kilómetro recorrido	55
Figura 35	Emisiones totales por contaminante (t)	57
Figura 36	Emisiones totales (t) por tipo de vehículo	57
Figura 37	Comparación de emisiones anuales del estudio actual e informe 2012	59

2. PROCESO DE ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS POR FUENTES MÓVILES

El proceso general para la actualización del inventario de emisiones atmosféricas por fuentes móviles inicia con la recolección directa de datos del parque automotor, en la fuente, mediante distintos mecanismos y para diferentes propósitos. Fuentes indirectas se utilizan para determinar la distancia recorrida por tipo de vehículo, información meteorológica, patrones de encendido y la composición de combustibles en Colombia

Enseguida se revisa, depura, tabula y prepara los datos para su procesamiento mediante hoja de cálculo, software International Vehicle Emission Model (IVE) y Airviro.

El proceso para calcular las emisiones atmosféricas por fuentes móviles utilizando la metodología IVE precisa conocer los siguientes elementos:

- Distribución tecnológica de la flota vehicular
- Patrones de manejo de los vehículos, localidad
- Patrones de encendido

14

Para identificar estos elementos se utiliza:

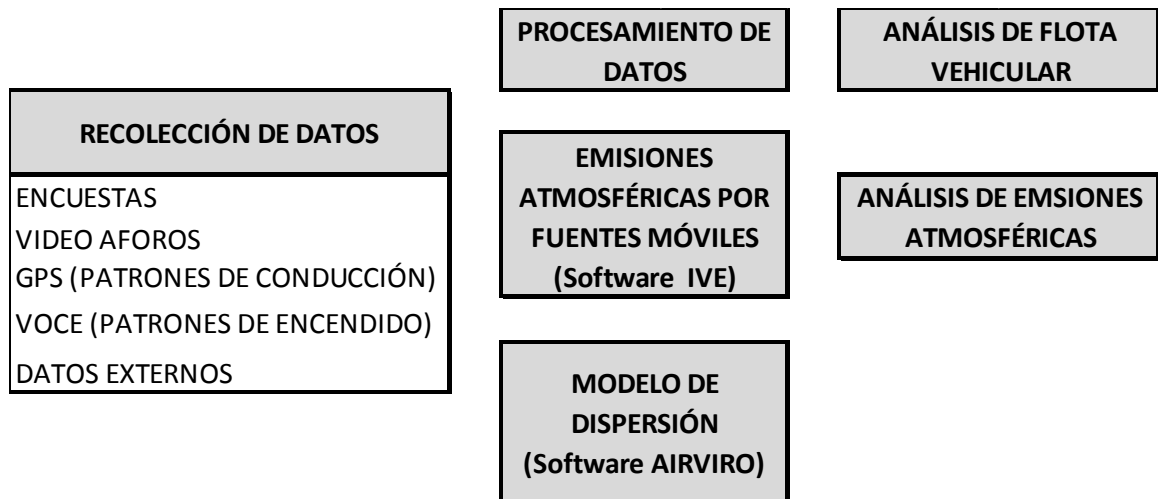
- Encuestas
- Rastreo por Global Positioning System (GPS)
- Aforos vehiculares
- Dispositivos electrónicos para generar las Características de Operación del Vehículo (VOCE)
- Consulta de información secundaria

Posteriormente esta información se sistematiza dentro del programa permitiendo hacer el análisis de las emisiones según distintas condiciones como: flujo vehicular, calidad de combustibles, temperatura, entre otras

En la etapa final del proceso se interpreta la información resultante para obtener conclusiones. Estos resultados se utilizan posteriormente para determinar los modelos de dispersión bajo distintos escenarios. La Figura 2 presenta el esquema

general del proceso descrito y luego se detalla cada uno de los componentes de este proceso.

Figura 2. Proceso general para el cálculo de emisiones atmosféricas por fuentes móviles



2.1. RECOLECCIÓN DE DATOS POR ENCUESTAS

Mediante comunicación escrita se solicitó autorización para aplicar las encuestas en lugares con alta afluencia vehicular. Entre ellos se encuentran parqueaderos, galerías, Centros educativos. Ver anexo1.

2.1.1. Procedimiento

Se realizaron 1.060 encuestas en 11 lugares de distintas características socio-económicas del municipio de Santiago de Cali (ver Tabla 1). La revisión de las encuestas permitió rechazar algunas, tomando como efectivas 1041 para efectos de tabulación, procesamiento y análisis. El anexo Emisiones muestra los documentos autorizando la aplicación de encuestas.

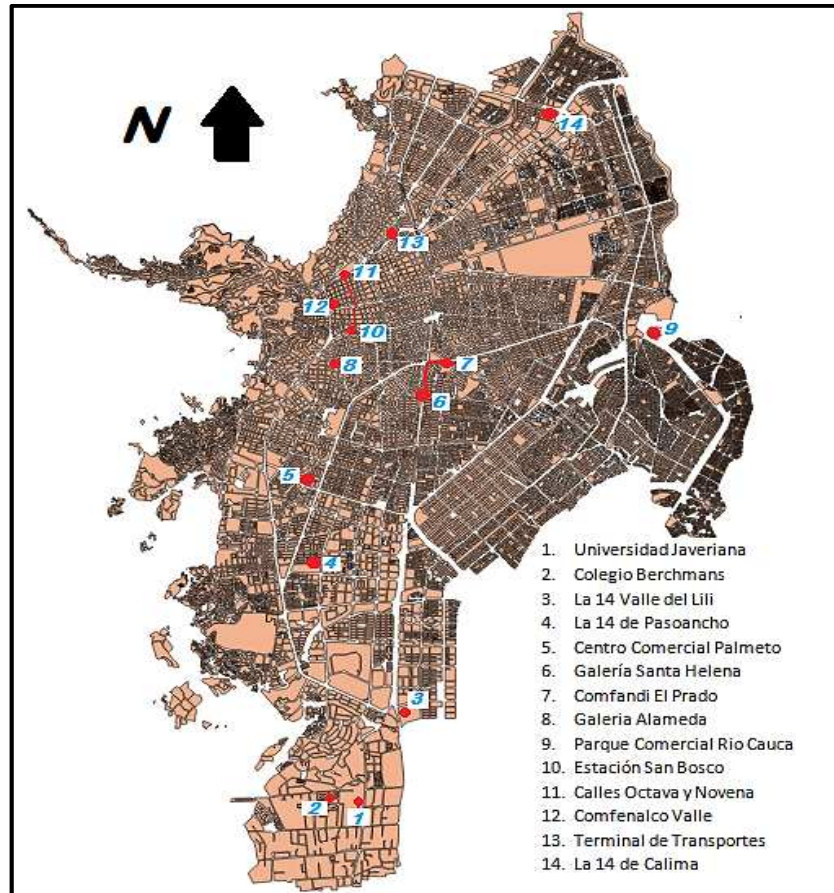
Tabla 1. Lugares y cantidad de encuestas aplicadas

Lugar	Número de encuestas
Pontificia Universidad Javeriana	143
Colegio Berchmans	12
Galería la Alameda - Calles 8 y 9	104
Centro Comercial Palmetto Plaza	153
Terminal de transportes	129
Galería Santa Helena	75
Calima Cali Centro Comercial	210
Centro Comercial La 14 Pasoancho	45
Centro Comercial La 14 Valle del Lili	79
Parque Comercial Rio Cauca	35
Comfenalco Valle	75
Total	1060

16

La georreferenciación de los puntos seleccionados en el municipio de Santiago de Cali para la aplicación de las encuestas se muestra en la Figura 3, observando una amplia cobertura del municipio.

Figura 3. Lugares de aplicación de encuestas



17

El formato de encuesta utilizado en esta etapa se presenta en el anexo Emisiones e incluye *clase de vehículo* (automóvil, bus, camioneta, motocicleta, microbus, buseta, campero, motocarro, camión grande, camión pequeño), *combustible* (gasolina, GNV, diesel), *tipo de servicio* (particular, público, taxi), *marca del vehículo*, *cilindraje*, *modelo* (año), *kilometraje*, *aire acondicionado* (si/no), *transmisión* (manual/ automática), *inyección de combustible* (carburador/ electrónica), *catalizador* (sin filtro/doble vía/triple vía/otro), *distancia diaria recorrida*, *tiempo de máquina encendida por día*, *consumo semanal de combustible*, *propósito del uso de vehículo por frecuencia semanal* (trabajo/estudio/recreación/gestiones), Número de ocupantes promedio del vehículo, Fecha y lugar de la realización de la encuesta y Realizador de la encuesta.

Las imágenes evidencian la aplicación de las encuestas en los sitios indicados.



Pontificia Universidad Javeriana Cali, (4/12/2013)



Alameda - Centro de Cali (6/12/2013)



Centro Comercial Palmetto Plaza (7/12/2013)



Galería Santa Helena (10/12/2013)



Centro Comercial La 14 Pasoancho (11/12/2013)



Centro Comercial La 14 Calima (11-12/12/2013)

2.1.2. Procesamiento y análisis de resultados obtenidos

Los datos recolectados en las encuestas fueron tabulados utilizando la hoja de cálculo Excel. Los resultados generados, a partir de este procesamiento, se presentan en la Figuras 4, 5, 6, 7 y 8.

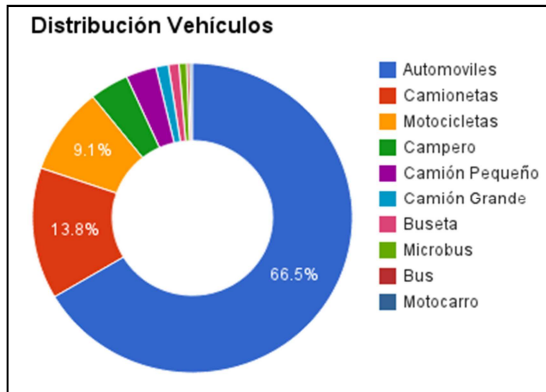
Figura 4. Distribución de vehículos según lugar de aplicación de la encuesta

Lugar	Tipo de Vehículo										
	Automovil	Bus	Buseta	Camion Grande	Camion Pequeño	Camioneta	Campero	Microbus	Moto Carro	Motocicleta	NS/NR
Alameda Calles 8 y 9	44			1	10	20	4		1	24	
Berchmans	12					2				2	
C.C. Palmetto	110					24	5	1		11	
Comfenalco	53					9	2			9	
Galería Santa Helena	21			1	7	8	16	1		10	
La 14 - Calima	139		1	8	9	29	7	3	2	4	57
La 14 - Lili	52		2			12	1			1	
La 14 - Pasoancho	33		1	2	4	8				4	
Parque Cial Rio Cauca	13			1	1	3	1			15	1
PUJ	102	3	1			26	5			13	1
Terminal	110		6		1	3		3		1	

19

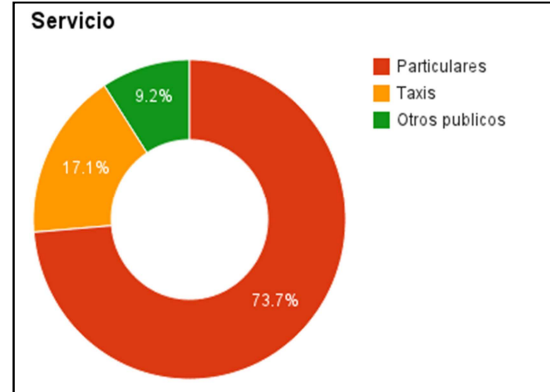
Los automóviles, camionetas y motos predominan en Cali. El centro comercial, La 14 Calima se destaca por su carácter plural en cuanto presencia de clases de vehículos.

Figura 5. Caracterización de la Flota Vehicular



Los automóviles y camionetas son el 80% del total de vehículos encuestados, seguidos de las motocicletas con un 9% y siendo el 11% el resto de vehículos.

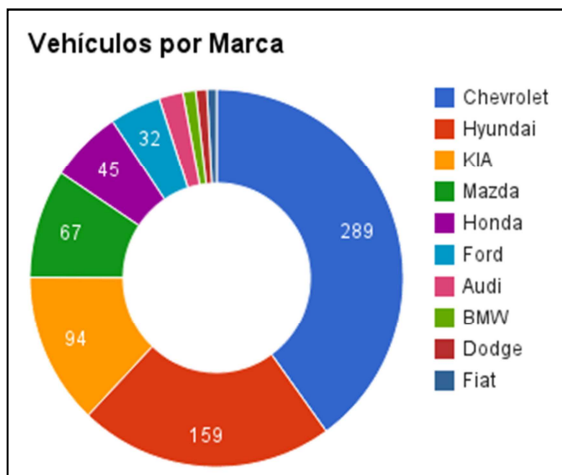
Figura 6. Tipo de servicio que prestan los vehículos



El número de vehículos particulares son equivalentes a 8 veces los vehículos públicos y a 4 veces el número de taxis. Este hallazgo orientará la campaña de sensibilización hacia el sector de vehículos particulares.

20

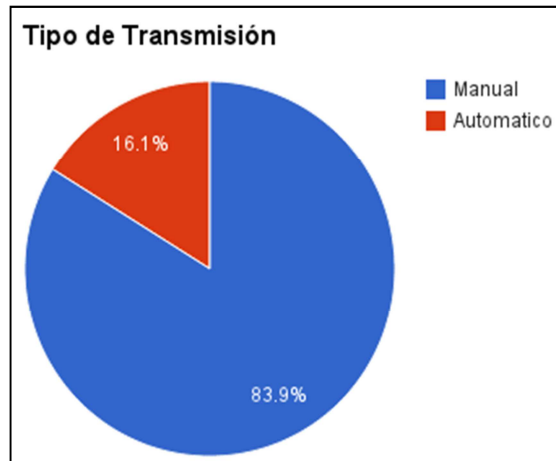
Figura 7. 10 marcas con mayor número de vehículos



El número de vehículos marca Chevrolet y Hyundai supera al resto de marcas.

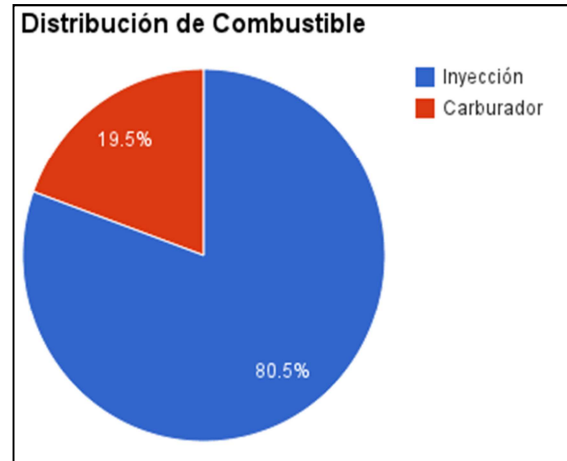
Esto podría indicar uniformidad en el tipo de vehículos que utilizan los caleños.

Figura 8. Tipo de transmisión



Predomina el tipo de transmisión manual. Hay una relación de 5 a 1 entre vehículos de transmisión manual y automática.

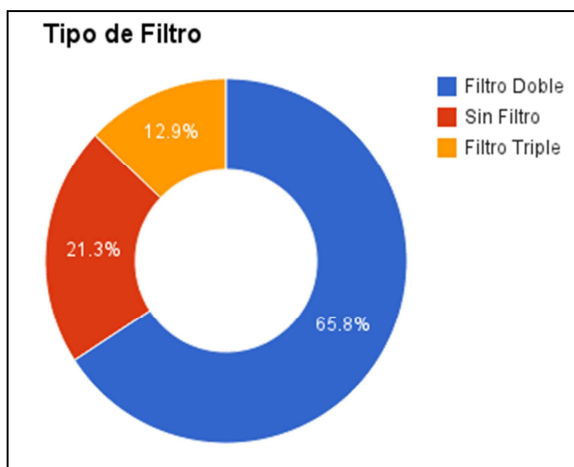
Figura 9. Distribución de Combustible



La distribución de combustible tipo inyección (80,5%) supera notablemente a la inyección por carburador, en una proporción de 4 a 1.

21

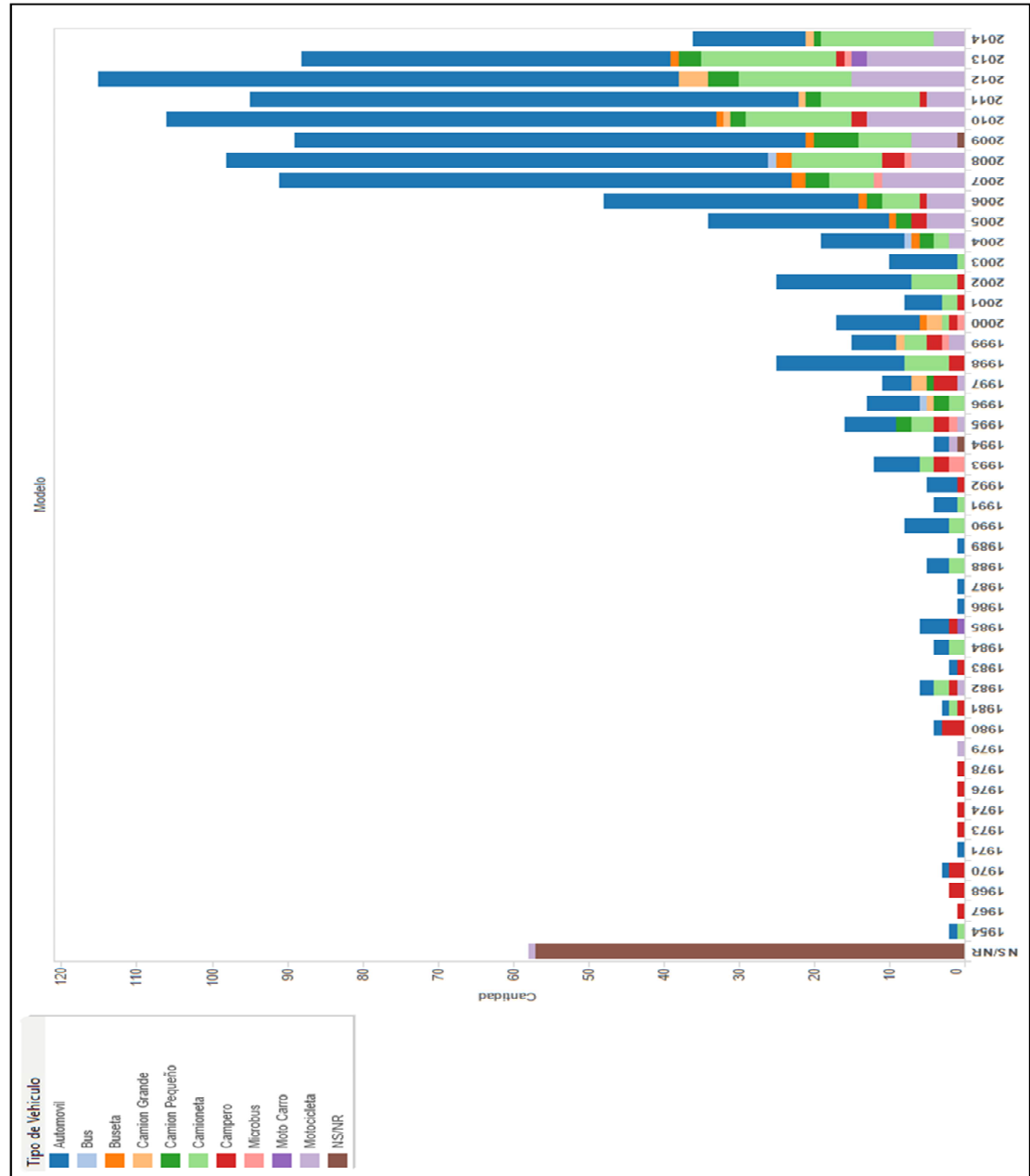
Figura 10. Tipo de filtro



Evidentemente los vehículos con doble filtro (65,8%) superan a los restantes en todo su conjunto.

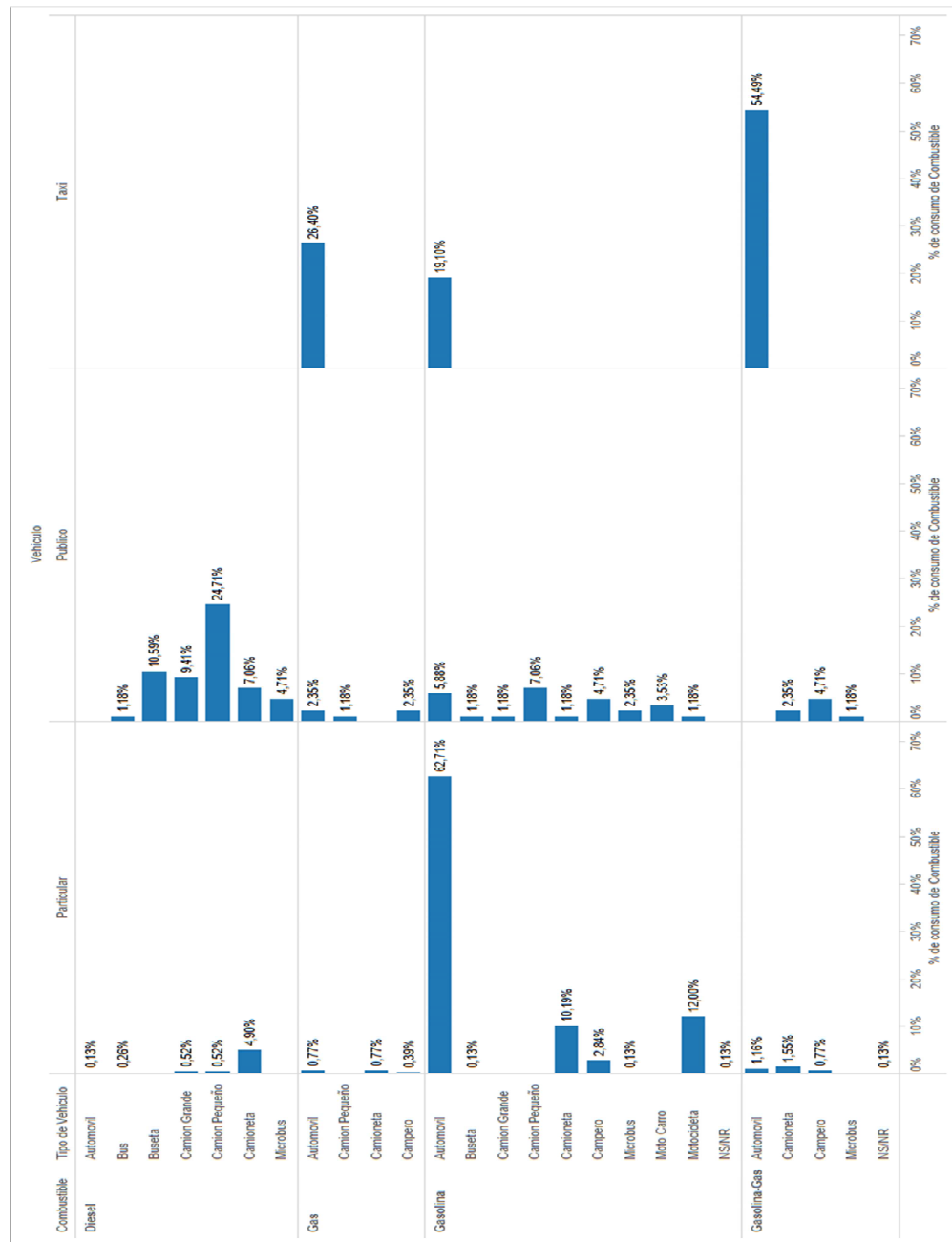
La Figura 11 muestra cómo, desde el 2007, los vehículos particulares han tenido un gran aumento en la contribución al total de vehículos en Cali, pudiendo afirmar que desde ese año se ha presentado un aumento significativo en el parque automotor caleño. El crecimiento de motocicletas llama la atención. Esto indica que el parque vehicular es joven, sobre todo en el segmento de las motos.

Figura 11. Cantidad de vehículos por modelo (año)



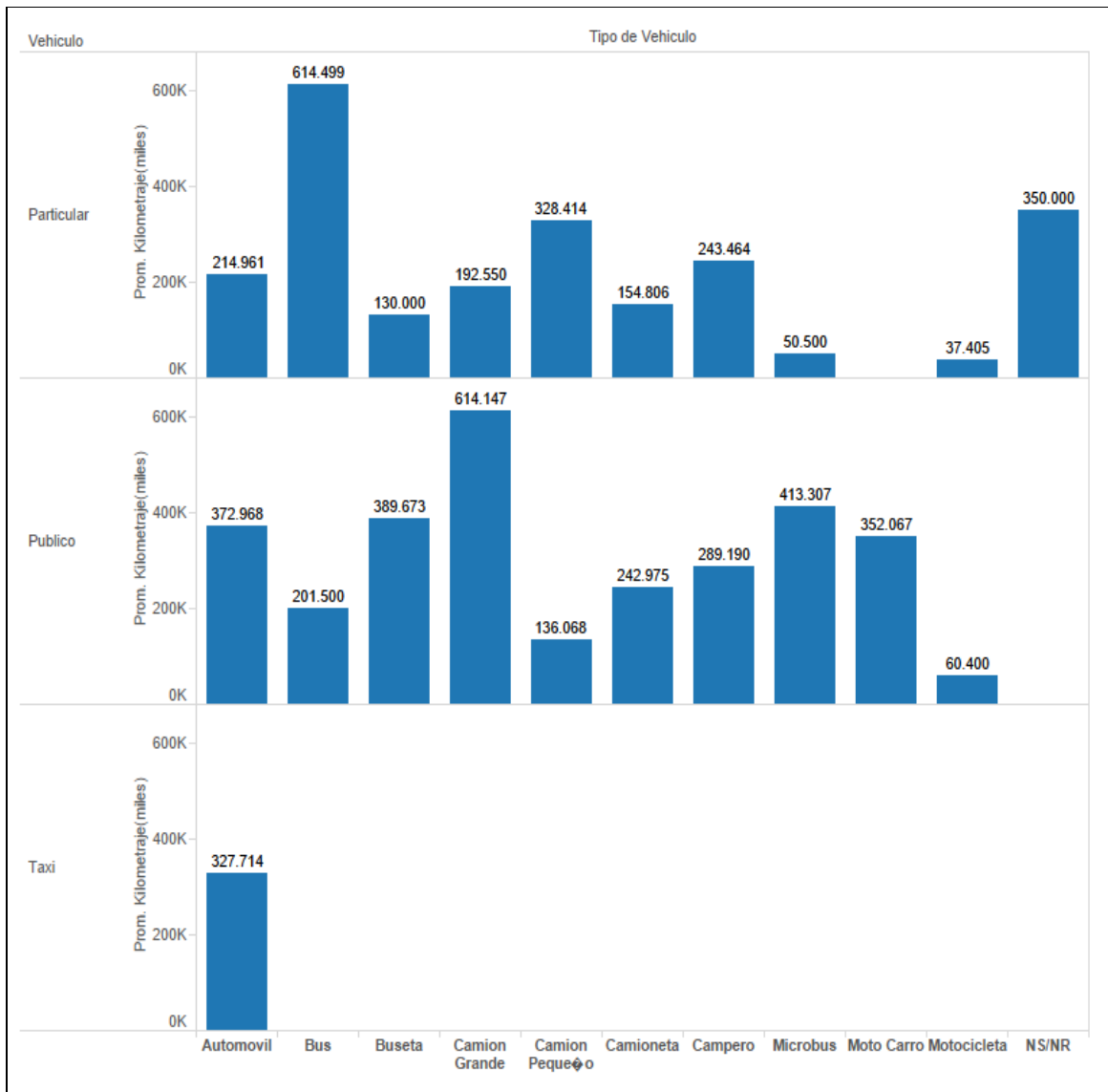
La gasolina es el combustible más utilizado por el sector vehicular en Cali. Se estima que el 44,7% de los camiones y busetas utilizan principalmente Diesel como combustible, tal como lo refleja la Figura 12.

Figura 12. Consumo de tipo combustible por tipo de vehículo



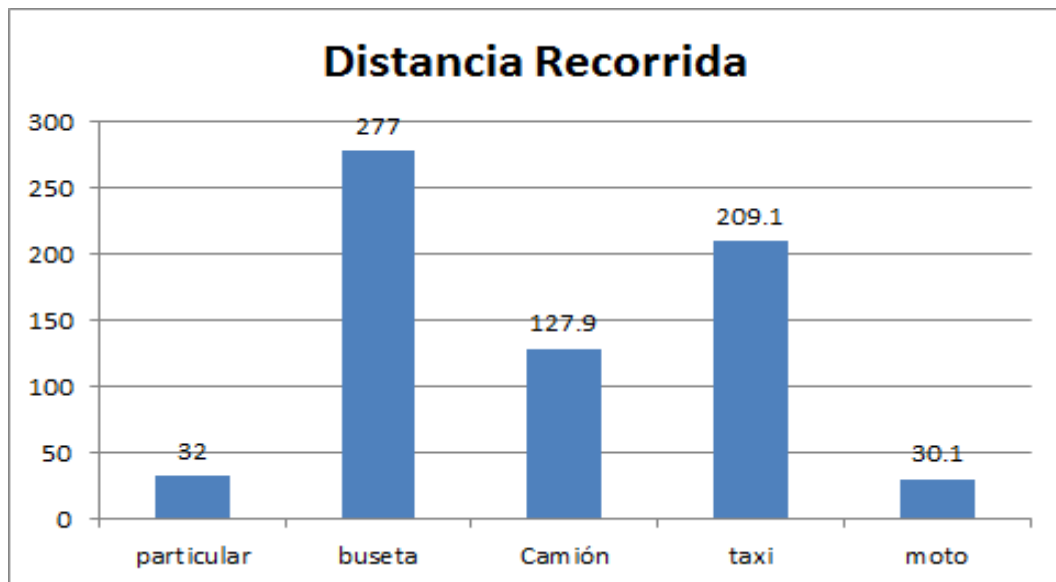
La Figura 13 muestra que los taxis tienen kilometrajes promedio de recorrido relativamente altos, como era de esperarse. Los valores mayores a 600.000 km no son representativos porque corresponden a bajas cantidades de vehículos que contienen registros extremos. A pesar de la fuerte presencia de motos en la ciudad, no presentan un kilometraje promedio alto.

Figura 13. Distancia recorrida (km/día)



En relación con el recorrido diario, la información recolectada por la aplicación de encuestas a los conductores muestra que las motocicletas y vehículos particulares tienen un recorrido diario bastante similar, de alrededor de 30 km /día. Los vehículos públicos restantes presentan valores mayores de recorrido diario (Figura 14). Esto obliga a considerar las emisiones de estos vehículos públicos que, a pesar de no ser tan numerosos como los vehículos particulares realizan un recorrido diario superior. Tal es el caso de los taxis, cuyo kilometraje diario es equivalente al de 6,5 vehículos particulares.

Figura 14. Distancia recorrida por tipo de vehículo (km/día)



25

Los resultados anteriores permiten confirmar que la mayoría de la flota caleña está constituida por automóviles particulares. Aproximadamente el 80% del parque automotor distribuye su combustible por inyección, tienen algún tipo de filtro y su transmisión es mecánica.

De los tipos de vehículos encuestados, taxis y camionetas merecen especial atención; ambos segmentos tienen representaciones significativas de cerca del 10%, los taxis tienen recorridos diarios mayores que cualquier otro vehículo y las camionetas registran mayor cilindraje.

El drástico aumento del parque automotor, especialmente vehículos particulares y camionetas, podría incrementar tanto los problemas de movilidad al sobrepasar la capacidad actual de las vías como el congestionamiento y las emisiones atmosféricas.

2.2. RECOLECCIÓN DE DATOS POR VIDEO AFORO

Siguiendo la metodología sugerida por el software IVE se seleccionaron nueve lugares en la ciudad que representan los distintos sectores socio-económicos de la misma a fin de evaluar los diferentes tipos de uso vehicular en estos sectores. Cada filmación se realizó durante un periodo continuo de tiempo de 30 a 35 minutos, superando el mínimo recomendado de 20 minutos. Los sectores se clasifican de acuerdo al ingreso económico así:

Sector A: ingreso económico medio-bajo

Sector B: ingreso económico medio-alto

Sector C: netamente comercial.

Atendiendo la consulta hecha a Metrocali y a la sección de movilidad del Departamento de Planeación Municipal, en los sectores A y B se eligieron tres tipos de vías: Tipo Autopista (1), Arteria Principal (2) y Residencial (3).

Con los lugares de video aforo definidos, se realizó una visita de campo a cada lugar para identificar las necesidades técnicas y de seguridad. A continuación se registra evidencia de la visita realizada a algunos sitios seleccionados para el proceso de video aforo:



Cañas Gordas
Pontificia Universidad Javeriana



Autopista, frente a la Sijín



Carrera 15 con calle 9

El manual del software IVE recomienda filmar de 6:00 a 20:00 horas, sin embargo por consideraciones de seguridad se acordó filmar de 6:00 a 19:00 horas.

Los lugares específicos para recolección de datos por video aforo se muestran en las Tablas 2 y 3 y en la Figura 15.

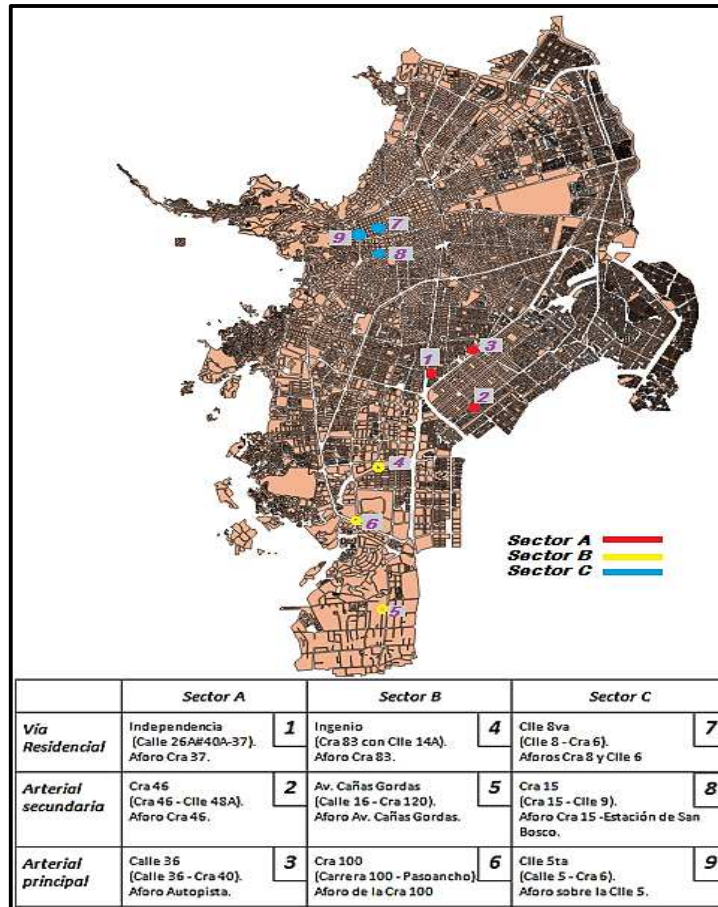
Tabla 2. Programación de recolección de datos por video aforo

Hora	Sector A 4/03/2014	Sector B 5/03/2014	Sector C 6/03/2014
6:00	Carrera 46	PUJ	Calle 8ª.
7:00	Autopista Simón Bolívar	Calle 5ª. – Sur	Calle 5ª. - Centro
8:00	Barrio la Independencia	Barrio el Ingenio	Carrera 15
9:00	Carrera 46	PUJ	Calle 8a
10:00	Autopista Simón Bolívar	Calle 5ª. – Sur	Calle 5ª. - Centro
11:00	Barrio la Independencia	Barrio el Ingenio	Carrera 15
12:00	Carrera 46	PUJ	Calle 8a
13:00	Autopista Simón Bolívar	Calle 5ª. – Sur	Calle 5ª. - Centro
14:00	Barrio la Independencia	Barrio el Ingenio	Carrera 15
15:00	Carrera 46	PUJ	Calle 8a
16:00	Autopista Simón Bolívar	Calle 5ª. – Sur	Calle 5ª. - Centro
17:00	Barrio la Independencia	Barrio el Ingenio	Carrera 15
18:00	Carrera 46	PUJ	Calle 8ª

Tabla 3: Los sectores específicos de Video Aforo

Vía	Sector A	Sector B	Sector C
Residencial	Barrio Independencia (Calle 26 A No. 40A37) Aforo sobre Carrera 40	Barrio El Ingenio (Carrera 83 Calle 14A) Aforo sobre la Carrera 83.	Calle 8a. Carrera 6a. Aforos sobre la Carrera 8a y la Calle 6a por ser vías en un solo sentido.
Arterial Secundaria	Carrera 46 Calle 48a. Aforos sobre Carrera 46.	Calle 16 Carrera 120. Aforo sobre la Avenida Cañas Gordas.	Carrera 15 Calle 9a. Aforo sobre la Carrera 15 en la estación del MIO San Bosco.
Arterial Principal	Calle 36 Carrera 49. Aforo sobre la autopista.	Carrera 100 con Pasoancho. Aforo sobre la Carrera 100, diagonal a estación del MIO Univalle.	Calle 5a. Carrera 6a. Aforo sobre la Calle 5a.

Figura 15. Ubicación de lugares donde se realizó el video aforo



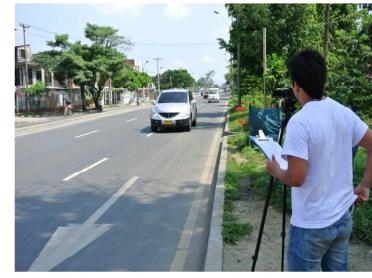
El registro fílmico diario se llevó a cabo de las 6:00 a las 19:00 horas en cada sector, mediante el desplazamiento de las cámaras en un circuito conformado por vía residencial, seguida de arterial secundaria, finalizando en la vía arterial principal. Esto permite la captura de datos, para un mismo sector, en diferentes horarios durante un mismo día. Tal es el caso de la Autopista Simón Bolívar (Sector A), Calle 5ª. Sur (sector B) y Calle 5ª. Centro (Sector C) donde se realizaron filmaciones a las 7:00, 10:00, 13:00 y 16:00 horas, durante 35 minutos en cada caso. Se presenta evidencia fotográfica de este proceso



Vía Residencial - Sector A, barrio Independencia.



Vía Arterial - Sector A, Ciudad Córdoba sobre la Carrera 46



Vía Autopista, Sector A, cerca a la Sijí



Vía residencial, Sector B, Barrio El Ingenio



Vía arterial, Sector B, Av, Cañasgordas frente a la PUJ



Vía Autopista, Sector B, Cra 100 Av. Pasoancho, Est MIO



Vía Arterial, zona comercial. Sector C. Calle 8a Carrera 6ª



Vía arterial - Sector C. estación MIO de San Bosco.



Sector C, Calle 5 Cra 6 Puente

Para el proceso de filmación se utilizaron dos cámaras, la primera genera el video en formato digital (memoria SD) y la segunda graba en un cassette digital (formato miniDV). En algunas vías se utilizaron las dos cámaras simultáneamente. Se realizaron 46 filmaciones (32 cassettes, y 14 archivos tipo MOV). En la sala de nuevos medios de la Pontificia Universidad Javeriana se realizó el transfer entre los cassettes digitales y DVDs y el registro del conteo de vehículos en un formato diseñado para tal fin. (Ver anexo Emisiones).

2.3. RECOLECCIÓN DE DATOS MEDIANTE GPS

El proceso se realizó mediante la instalación de un equipo GPS en cada tipo de vehículo y la asignación de ruta fija para la circulación de un vehículo particular, un taxi y una motocicleta y de ruta libre para camiones, taxi y motocicleta, transporte público y transporte del sistema masivo (MIO), durante tres días. Para este proceso se adquirieron tres logger GPS (QSTARZ referencia Q1000-TX) con frecuencia de registro de hasta 1 Hz, y capacidad de grabación de 400.000 puntos. Se capacitó al personal mediante los programas Qtravel y posteriormente se fijaron las rutas de recorrido.

2.3.1. Procedimiento

La selección de rutas se realizó bajo los mismos criterios aplicados en el video aforos, incluyendo los puntos de aforo. Para las rutas fijas se estableció nuevamente un circuito incluyendo los sectores A, B y C. Las rutas libres no tienen limitaciones buscando generar información de un día “típico” de recorrido para el tipo de vehículos asignado. La Tabla 4 presenta una breve descripción de cada ruta:

30

Tabla 4 Rutas para toma de datos con GPS

SECTOR A	Arterial Secundaria	Inicia en la carrera 46 con calle 36 y finaliza en la calle 54, continua en sentido sur hasta la carrera 28C y retorna sobre la misma ruta en dirección opuesta hasta el punto de inicio.
	Arterial Primaria	Inicia en la calle 36 con carrera 46 y continua hasta la glorieta Alfonso López y retorna por la misma ruta.
	Residencial	Inicia en el barrio La Independencia, continúa por la Calle 27 y en Puerto Rellena toma la transversal 25 hacia la Calle 50 y al llegar a la carrera 27 retorna al punto inicial de partida.
SECTOR B	Arterial Secundaria	Inicia en la carrera 83, sigue por la calle 16 hasta la carrera 105 y retorna por la misma ruta hacia el punto inicial.
	Arterial Primaria	Inicia en la carrera 100, toma la calle 5a. Luego toma la carrera 80 hasta la Autopista Simón Bolívar para retornar al punto inicial por la carrera 85E.
	Residencial	Inicia en la Carrera 83 con Calle 16 y se da circuito al barrio el Ingenio para salir a la Carrera 86 (barrio Capri), tomar la calle 42 retornar al punto inicial.
SECTOR C	Arterial Secundaria	Inicia en la calle 8 con carrera 10, continua por la carrera 20 para tomar la carrera 4a. y llegar nuevamente a la Calle 8 para terminar el circuito.
	Arterial Primaria	Inicia en la calle 9a con carrera 10 y se continúa hasta la calle 25, luego toma la carrera 15 para retornar a la calle 9a.
	Residencial	Inicia en la calle 5 con carrera 13, sigue hasta la carrera 27. Retorna por la calle 5a a tomar la carrera 1a y retorna por la calle 5a hasta la carrera 13.

2.3.2 Rutas Fijas

Las rutas fijas fueron cubiertas por un taxi y una motocicleta (señor Cesar Barona). Los distintos sectores cubiertos por estas rutas se muestran en la Tabla 5 y Figuras 16, 17 y 18.

Tabla 5. Rutas fijas para circulación con GPS

Hora	Sector A - 4/03/2014	Sector B - 5/03/2014	Sector C - 6/03/2014
6:00	Carrera 46	Calle 16	Calle 8a.
7:00	Calle 36	Calle 5a.Sector sur	Calle 5a. Sector centro
8:00	Independencia	Barrio el Ingenio	Carrera 15
9:00	Carrera 46	Calle 16	Calle 8a.
10:00	Calle 36	Calle 5a.Sector sur	Calle 5a. Sector centro
11:00	Independencia	Barrio el Ingenio	Carrera 15
12:00	Carrera 46	Calle 16	Calle 8a.
13:00	Calle 36	Calle 5a.Sector sur	Calle 5a. Sector centro
14:00	Independencia	Barrio el Ingenio	Carrera 15
15:00	Carrera 46	Calle 16	Calle 8a.
16:00	Calle 36	Calle 5a.Sector sur	Calle 5a. Sector centro
17:00	Independencia	Barrio el Ingenio	Carrera 15
18:00	Carrera 46	Calle 16	Calle 8a.

Figura 16. Ruta Sector A - Oriente de la ciudad

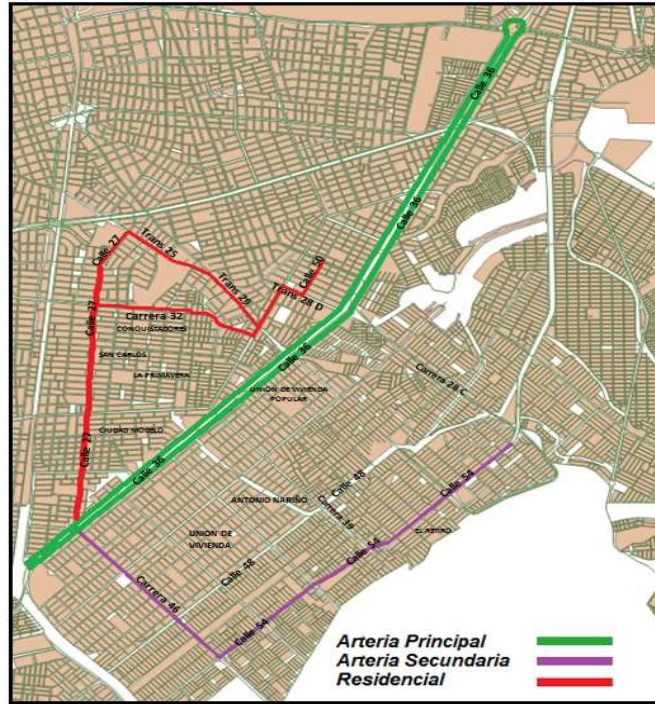


Figura 17. Ruta sector B – Sur de la ciudad

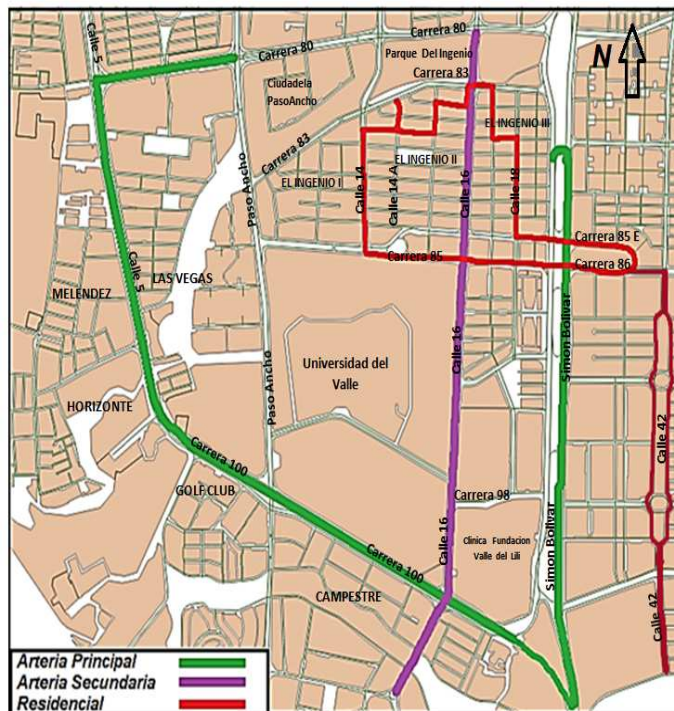
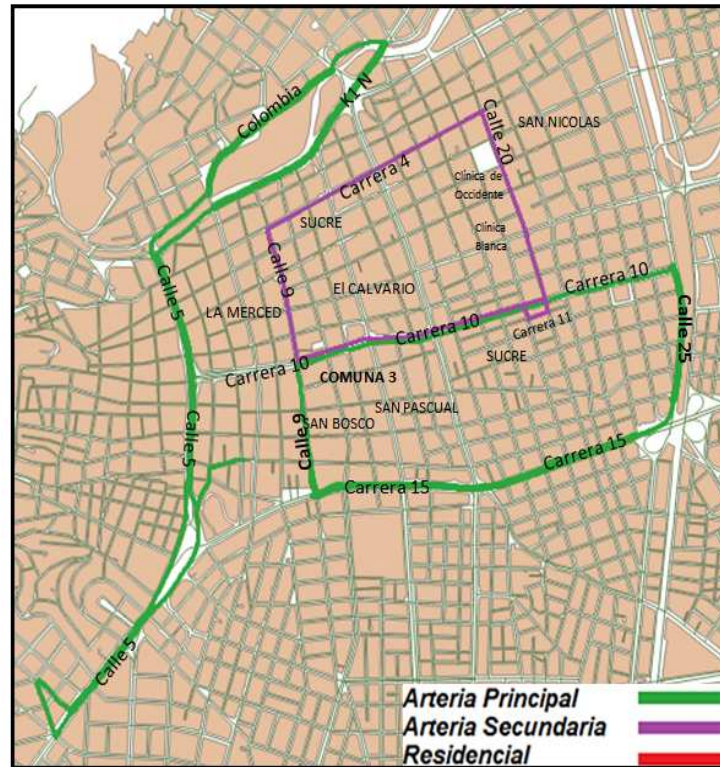


Figura 18. Ruta en el sector C, centro de la ciudad



2.3.3 Rutas Libres

Las rutas libres fueron cubiertas por un camión, una motocicleta y un taxi y vehículos de transporte público (articulado del MIO, busetas Ermita ruta 1, placa VCA-135 y busetas Recreativo ruta 1 placa VCD-522).

Para el procesamiento de los datos georeferenciados en el caso del camión, el articulado MIO y las busetas, consistió en filtrar los datos donde, por intervalos considerables de tiempo, no hubo movimiento; pues corresponden a tiempos donde el motor no está funcionando. Estos casos corresponden a momentos donde el taxista almuerza o el motociclista realiza un trámite bancario, etc.

Para las rutas el procedimiento requiere dividir en distintos archivos csv, para cada tipo de vía y hora, de esta manera se obtiene 36 archivos distintos. Las Figuras 19, 20 y 21 registran el recorrido realizado.

Figura 19. Ruta libre del camión

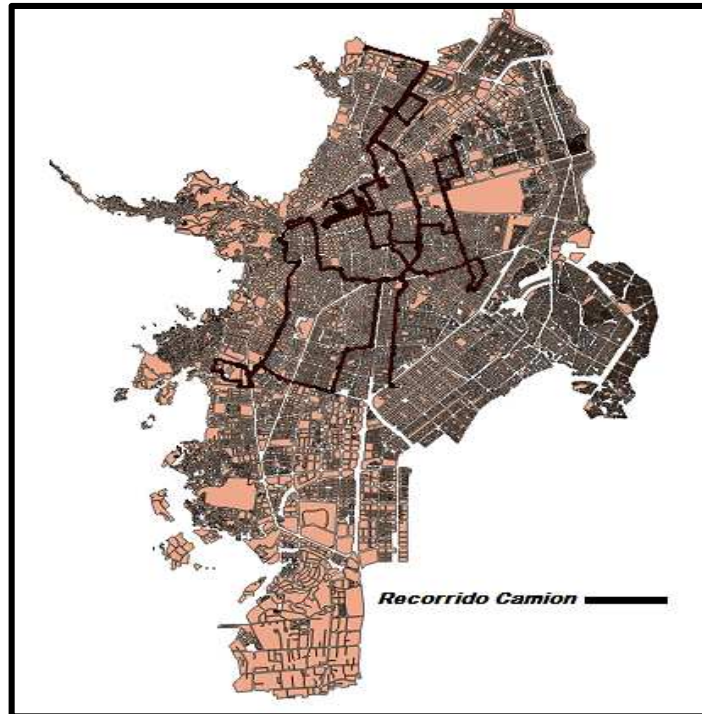


Figura 20. Ruta libre de la buseta

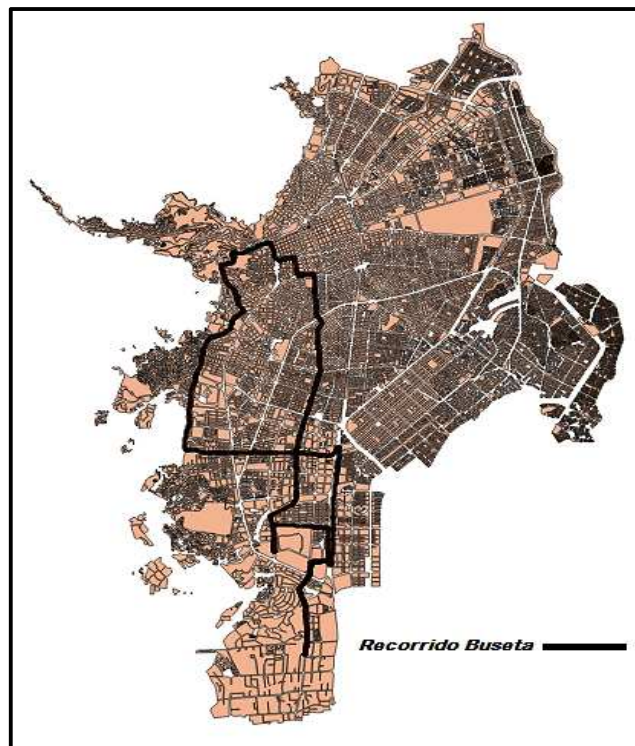
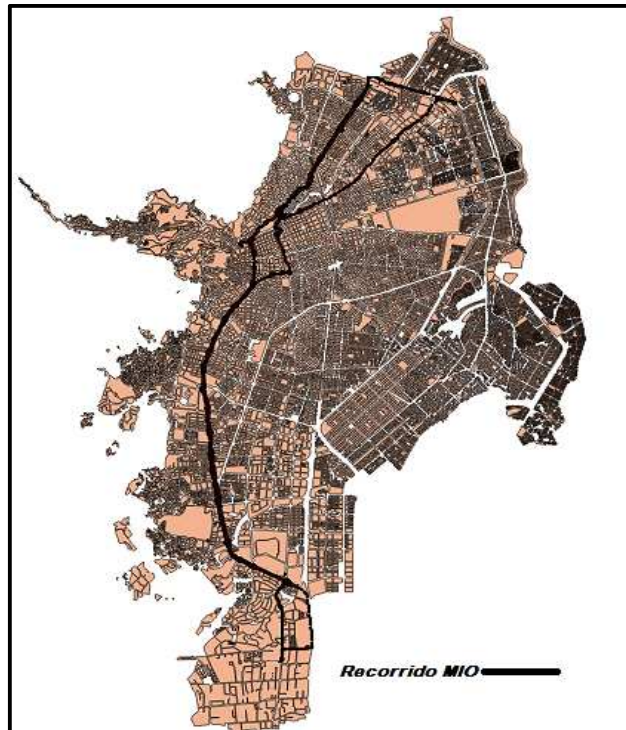


Figura 21. Ruta del MIO



35

2.3.4 Procesamiento y análisis de resultados obtenidos

El dispositivo de GPS se ajustó a una frecuencia de 1 Hz para tomar registros de fecha, hora, latitud, longitud, altitud, velocidad en cada punto del recorrido. Ello generó archivos desde 30.000 hasta 800 datos. Los datos recopilados para el camión, taxi, motocicleta, transporte público (MIO y busetas) conformaron un archivo de donde es posible estimar, de manera confiable, el patrón de conducción del vehículo.

De un total de 83 archivos, el procesamiento de los datos tomados para rutas fijas, representados en 78 archivos, provee información sobre patrones de conducción en los distintos tipos de vías (arterial principal, secundaria y vía residencial), los distintos tipos de sectores socio-económicos (A, B y C) y las distintas horas de tráfico (de 6:00 a 19:00).

La Tabla 6 muestra el tipo de vehículo, la velocidad promedio encontrada en este estudio, la velocidad promedio calculada por el estudio del inventario realizado en 2012 por la empresa K2 Ingeniería (Bucaramanga) y el calculado en el Inventario

2005 realizado para Bogotá. La hora “0:00/all day” es el valor que se asigna cuando se cuenta con un solo registro de patrón de conducción, o el valor de la velocidad cuando hay circulación registrada a media.

Tabla 6 Comparativo de velocidad promedio

Tipo vehículo	Velocidad (km/h)		
	Para este estudio	Inventario Bogotá 2005	Para estudio anterior (K2 Ingeniería Bucaramanga)
Camión (0:00/all day)	13,6	11,7	65,0
Buseta (0:00/all day)	20,4	32,7	65,0
Particular - vía arterial primaria (8:00 a.m.)	25,6	33,0	65,0
Motocicleta - vía arterial primaria (8:00 a.m.)	26,8	26,0	35,0

36

La velocidad promedio del sistema integrado MIO es de 18,4 km/h registrada en este estudio es muy similar a la reportada por Metrocali S.A. en su “Informe de Gestión de Metas del Plan de Desarrollo Municipal a Diciembre 2013. Calida Movilidad para todos” de 18,4 km/h.

2.3.4.1. Conteo horario de vehículos por sector. Como resultado de los videos se condensa en las Tablas 7, 8 y 9 el conteo de vehículos por hora correspondientes a cada zona examinada. En su mayoría, las vías se filmaron en sus dos direcciones. Los términos 2R o 3R hacen referencia a motocicletas y motocarros y se observa que la cantidad motocarros es muy pequeña comparada con la de motocicletas.

Tabla 7. Resultados de conteo de vehículos/hora para el sector A

Lugar	Hora	TIPO DE VEHÍCULO							Total
		2R o 3R	Ligero	Taxi	Camioneta	Buseta	MIO	Camión	
Carrera 46	06:00	576	218	182	38	126	24	14	1178
Calle 36	07:00	0	0	0	0	0	0	0	0
Barrio Independencia	08:00	168	92	88	30	8	0	6	392
Carrera 46	09:00	834	290	362	120	140	62	24	1832
Calle 36	10:00	1122	720	426	290	134	34	234	2960
Barrio Independencia	11:00	158	54	66	28	8	0	2	316
Carrera 46	12:00	1016	256	204	56	100	32	48	1712
Calle 36	13:00	1684	998	492	352	222	30	436	4214
Barrio Independencia	14:00	170	114	84	22	18	0	8	416
Carrera 46	15:00	0	0	0	0	0	0	0	0
Calle 36	16:00	1520	1020	592	414	242	36	262	4086
Barrio Independencia	17:00	188	66	82	14	14	0	12	376
Carrera 46	18:00	514	262	234	78	70	70	40	1268

37

Tabla 8. Resultados de conteo de vehículos/hora para el sector B

Lugar	Hora	TIPO DE VEHÍCULO							Total
		2R o 3R	Ligero	Taxi	Camioneta	Buseta	MIO	Camión	
Carrera 100	07:00	1014	1578	600	544	314	44	44	4138
Barrio el Ingenio	08:00	298	502	88	166	42	0	18	1114
Calle 16	09:00	316	800	114	300	96	16	30	1672
Carrera 100	10:00	486	938	200	354	28	42	42	2090
Barrio el Ingenio	11:00	134	472	154	384	26	0	16	1186
Calle 16	12:00	428	1356	192	248	168	24	18	2434
Carrera 100	13:00	790	1248	340	452	148	66	56	3100
Barrio el Ingenio	14:00	244	436	122	164	32	0	14	1012
Calle 16	15:00	452	740	162	124	130	44	10	1662
Carrera 100	16:00	1086	1640	386	684	150	86	68	4100
Barrio el Ingenio	17:00	302	478	796	130	16	0	8	1730
Calle 16	18:00	330	794	76	366	106	24	4	1700

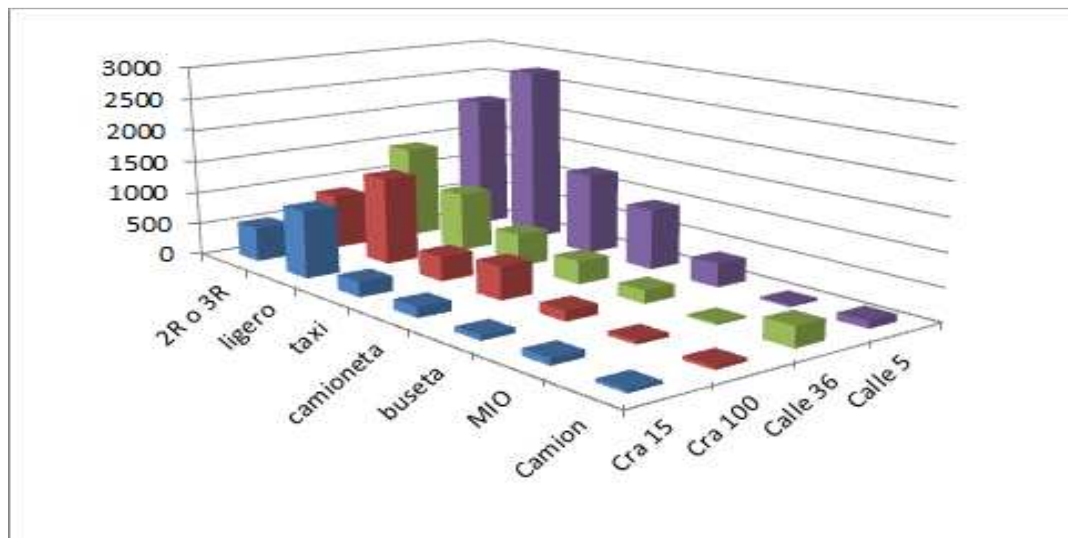
Tabla 9. Resultados de conteo de vehículos/hora para el sector C

Lugar	Hora	TIPO DE VEHÍCULO							Total
		2R o 3R	Ligero	Taxi	Camioneta	Buseta	MIO	Camión	
Calle 5a	07:00	2462	3540	1164	1124	412	52	106	8860
Carrera 15	08:00	556	2358	270	196	186	52	102	3720
Calle 8a	09:00	508	290	372	120	12	14	6	1322
Calle 5a	10:00	1412	1998	1170	824	320	50	154	5928
Carrera 15	11:00	488	404	262	136	22	96	30	1438
Calle 8a	12:00	582	596	356	186	56	12	4	1792
Calle 5a	13:00	1942	2494	1248	698	384	20	74	6860
Carrera 15	14:00	560	360	168	146	24	158	12	1428
Calle 8a	15:00	536	372	318	126	22	14	6	1394
Calle 5a	16:00	2578	2942	1444	1108	336	24	106	8538
Carrera 15	17:00	0	0	0	0	0	0	0	0
Calle 8a	18:00	576	504	284	42	18	12	4	1440

El flujo promedio en vías arterias principales se presente en la Figura 22 resalta el alto flujo de vehículos ligeros (particulares) en la calle 5a, seguido de motocicletas y taxis. La calle 36 (a la altura de la autopista) oriental, presenta un mayor flujo de motos que de automóviles. En la carrera 100, a la altura de la avenida Pasoancho predominan vehículos ligeros, pero la cantidad de camionetas supera la de taxis, lo que probablemente se explique por el estrato socio-económico del sector. La carrera 15 tiene el menor flujo, sin embargo el aporte del MIO es significativo.

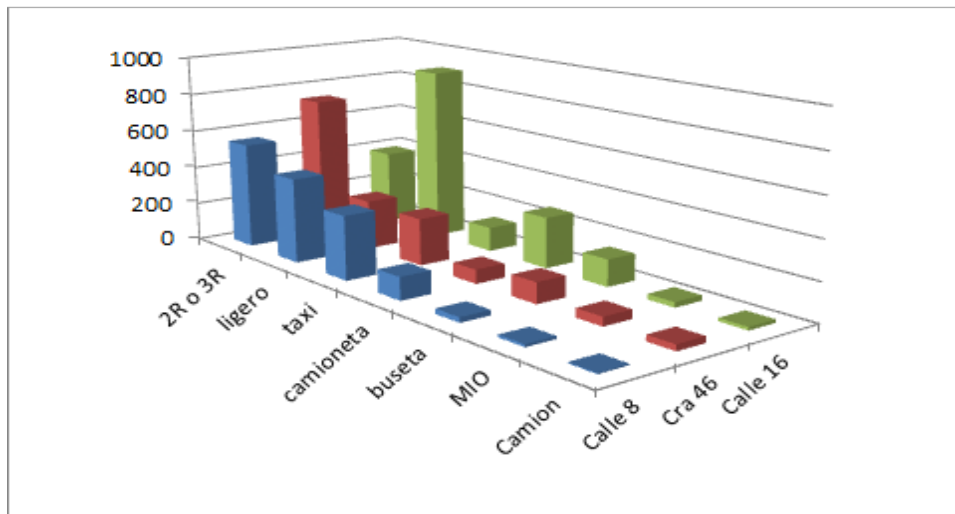
38

Figura 22. Flujo promedio en vías arterias Primarias (vehículos/hora)



La Figura 23 muestra el comportamiento vehicular en vías arterias secundarias. En este caso en la calle 16 (zona sur) hay predominio de automóviles, mientras que en la carrera 46 (zona oriente) y en la calle 8ª (zona centro) la cantidad de motocicletas supera cualquier otro tipo de vehículos.

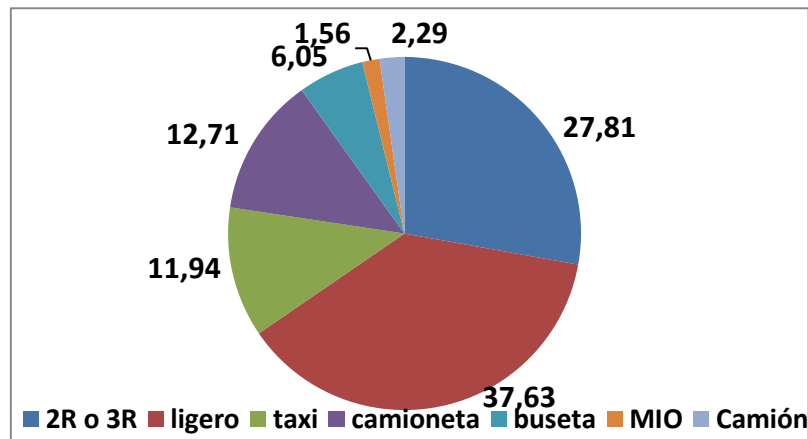
Figura 23. Flujo promedio en vías arterias secundarias (vehículos/hora)



39

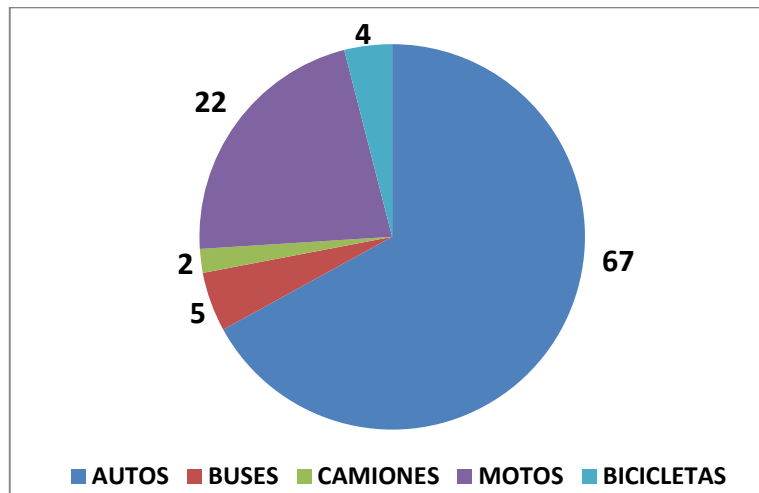
2.3.4.2. Composición de flota vehicular. La composición de la flota vehicular en el municipio de Santiago de Cali muestra que el 65% está representado por vehículos ligeros y motocicletas y menos del 2% por transporte articulado (MIO), Figura 24. Estos resultados podrían explicar parcialmente el nivel de congestión vehicular, la necesidad de fortalecer el transporte público masivo y la adecuación de espacios para la circulación de motocicletas.

Figura 24. Composición de la flota vehicular de Cali de acuerdo al aforo



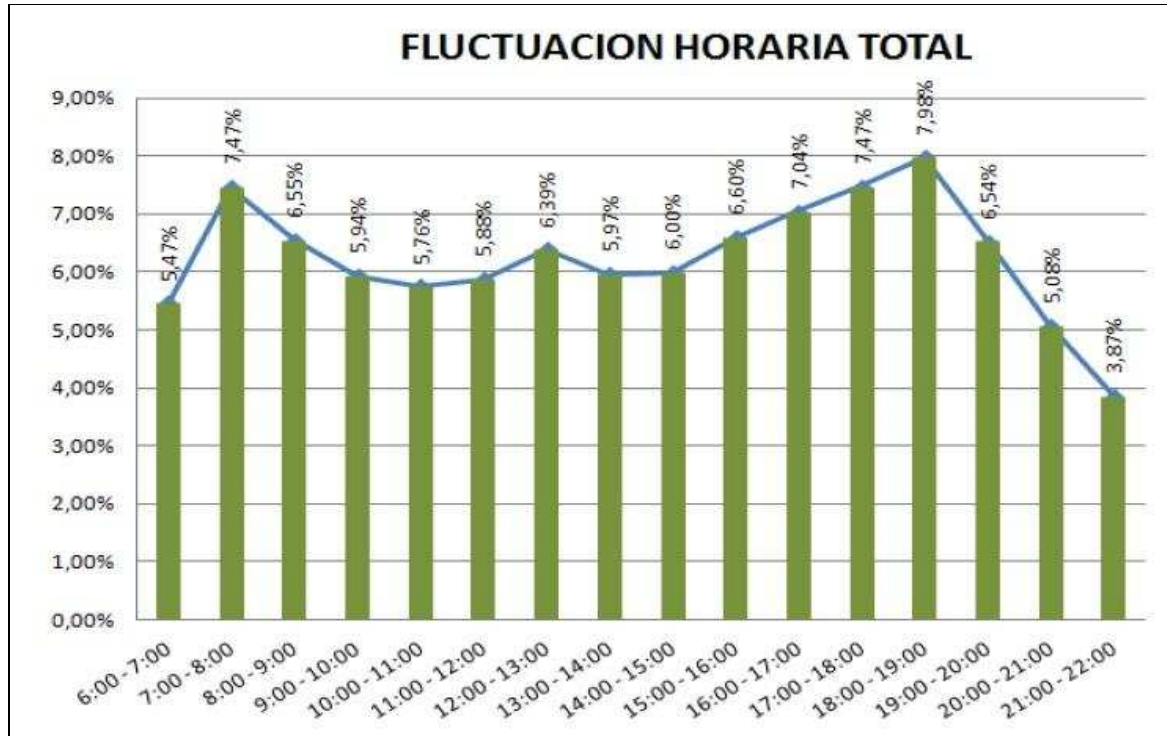
Los resultados anteriores pueden compararse con el estudio del Plan Integral de Movilidad Urbana PIMU (Figura 25). Se observa que los valores para automóviles son bastante similares a los encontrados en este estudio (62,3% en este estudio, frente a 67% de PIMU), la misma tendencia se nota en las motocicletas (27,8% este estudio, contra 22% de PIMU) y en los camiones (2,3% este estudio contra 2% PIMU), las busetas no son comparables por su reducción durante el último año, y las bicicletas no son de interés para este inventario, pero alteran los demás valores reduciéndolos, y ayudando a explicar las diferencias.

Figura 25. Composición vehicular. PIMU datos 2009-2013 (%)



2.3.4.3 Curva de tráfico. Esta etapa incluye datos vehiculares de 25 vías con mayor flujo. Siete de ellas corresponden a vías donde se realizó el video aforo y las dieciocho restantes fueron tomadas de aforos realizados en horas pico de la mañana por el equipo del PIMU. La conversión de flujos de hora pico en flujos totales requiere de la curva de tráfico PIMU. Los resultados de esta conversión se muestran en el Figura 26.

Figura 26. Curva de flujo vehicular. PIMU datos 2009-2013



En los aforos realizados en la jornada de la mañana por el PIMU, se nota que el 7.47% del flujo vehicular ocurre entre la 7:00 y 8:00 horas. Esta información se tomó como base para complementar la información recolectada por el aforo de este estudio.

Para estimar la distancia total recorrida (km) en el municipio de Cali se utiliza la información del Plan Integrado de Movilidad Urbana (PIMU) que estipula que, entre arterias principales, secundarias y colectoras en Cali existen 975 km de longitud con un flujo promedio de 1941 vehículos/hora en hora pico de la mañana, lo que indicaría que en Cali el kilometraje total recorrido diario por el parque automotor es aproximadamente 25.333.425 km.

Con este insumo y asumiendo la distribución vehicular encontrada en los aforos, se estima la distancia diaria recorrida por los diferentes tipos de vehículos automotores en la ciudad de Santiago de Cali que se presenta en la Tabla 10. Esta información permite modelar el flujo vehicular en la ciudad de Santiago de Cali.

Tabla 10. Distancia diaria recorrida (km) por tipo de vehículo

	Tipo vehículo							
	Camión	Buseta	Moto	Particular	Taxi	Camioneta	MIO	TOTAL
km/día	578.957	1.533.000	7.046.256	9.533.006	3.024.950	3.221.102	396.155	25.333.425

De acuerdo a los hallazgos en los aforos realizados, el recorrido diario promedio por taxi es de 209,1 km y el kilometraje total correspondiente al total diario de taxis es de 3.024.950 km, lo cual permite estimar que en Cali circulan 14.466 taxis. El artículo del 11 de octubre de 2010 publicado en el periódico El País y titulado “*La mancha amarilla de taxis satura las calles de la ciudad*” hace referencia a la presencia de 16.485 taxis existente en la ciudad. Descontando el 20% por efectos de Pico y Placa, se concluye que diariamente circulan alrededor de 13.188 taxis, lo que produce una diferencia de tan solo el 9,7% con los valores resultantes del aforo.

42

2.4. RECOLECCIÓN DE DATOS DE PATRONES DE ENCENDIDO (UNIDADES VOCE)

Las unidades VOCE permiten determinar las características de operación del vehículo. Se realizó el trámite para la adquisición de las unidades VOCE mediante contacto con el ingeniero Mauricio Osses del International Sustainable Systems Research (ISSRC), institución creadora del IVE para tal fin (ver anexo Emisiones unidades VOCE), pero los tiempos requeridos para su importación estuvieron por fuera del tiempo contemplado para la realización del presente proyecto, razón por la cual se desechó esta posibilidad.

El estudio “*Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes (2005, Universidad de los Andes)*” determina los patrones de encendido para esa ciudad y dado que no existen estudios recientes en Colombia que determinen estos valores, fueron utilizados en el presente estudio.

2.5. RECOLECCIÓN DE DATOS POR FUENTES INDIRECTAS

Para aquella información que no fue posible identificar directamente en la fuente, se recurrió a fuentes alternas. De este modo se utilizó la información recopilada en Plan Integrado de Movilidad Urbana (PIMU) del departamento de Planeación Municipal y Metrocali sobre distancia recorrida por tipo de vehículo, la información meteorológica disponible en el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) en su Informe Anual Calidad del Aire 2012, los patrones de encendido registrados en el Informe Emisiones Bogotá 2005 (citado anteriormente), la composición de combustibles indicada por el Instituto Colombiano de Petróleos (ICP) y el Informe final fortalecimiento tecnológico de la red de monitoreo de calidad del aire y evaluación de la contaminación atmosférica de la ciudad de Santiago de Cali, elaborado por la firma K2 Ingeniería (Bucaramanga 2012).

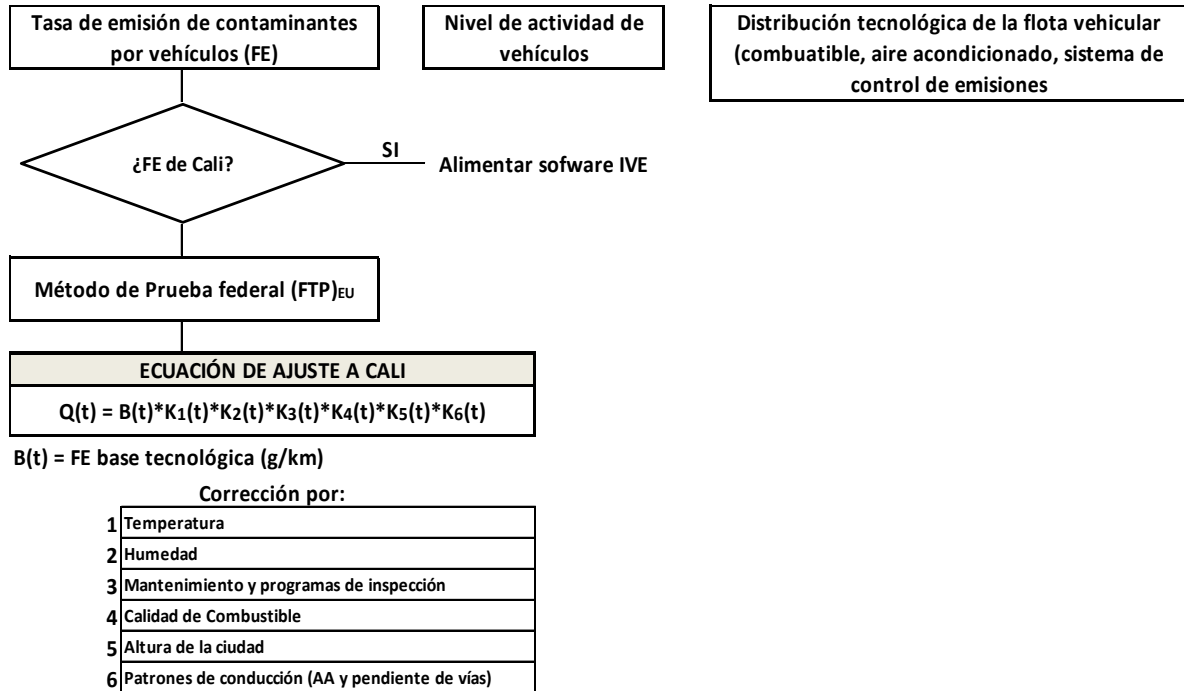
2.6. CALCULO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS MEDIANTE USO DE SOFTWARE IVE

43

El modelo IVE es una herramienta que tiene por objetivo apoyar ciudades y regiones en el desarrollo de estimación de emisiones para enfocarse en las estrategias más efectivas de control y planeación de transporte, predecir como diferentes estrategias afectarían las emisiones locales y medir el progreso en la reducción de emisiones en el tiempo.

Requiere de tres componentes necesarios para desarrollar un inventario de emisiones de fuentes móviles: Factores de emisión, Actividad vehicular y distribución de la flota vehicular. El modelo IVE está diseñado para usar información existente o datos que pueden ser recolectados fácilmente para cuantificar estos tres componentes. Una vez que esté disponible esta información, es posible obtener un inventario de emisiones de fuentes móviles fiable. La Figura 27 presenta el esquema general del IVE incluyendo la ecuación de ajuste para Cali y los elementos de corrección.

Figura 27. Esquema general de la metodología IVE



A continuación se detallan los módulos fundamentales del modelo IVE.

2.6.1. Módulo Flota

El modelo IVE admite distintos tipos de vehículo clasificados de acuerdo a las emisiones que genera. El módulo “Flota” permite identificar la proporción de participación de cada tipo de vehículo y el porcentaje de los que tienen aire acondicionado. En este estudio se consideran los siguientes tipos de vehículos: motocicletas (incluyen carramotos), automóviles particulares, taxis, camionetas, busetas, buses del MIO y camiones.

La flota del modelo IVE admite 1.374 índices de vehículos que se clasifican según: vehículo (moto, automóvil, camión, etc.), combustible (gasolina, GNV, diesel), peso según cilindraje o toneladas de peso, distribución de combustible (inyección, carburador, etc.), filtro de emisiones, controles evaporativos y antigüedad del

vehículo de acuerdo a tres clases de kilometraje (menores a 79.000 km, entre 80.000 km y 160.000 km y mayores a 160.000 km). La Tabla 11 registra los índices utilizados en este estudio

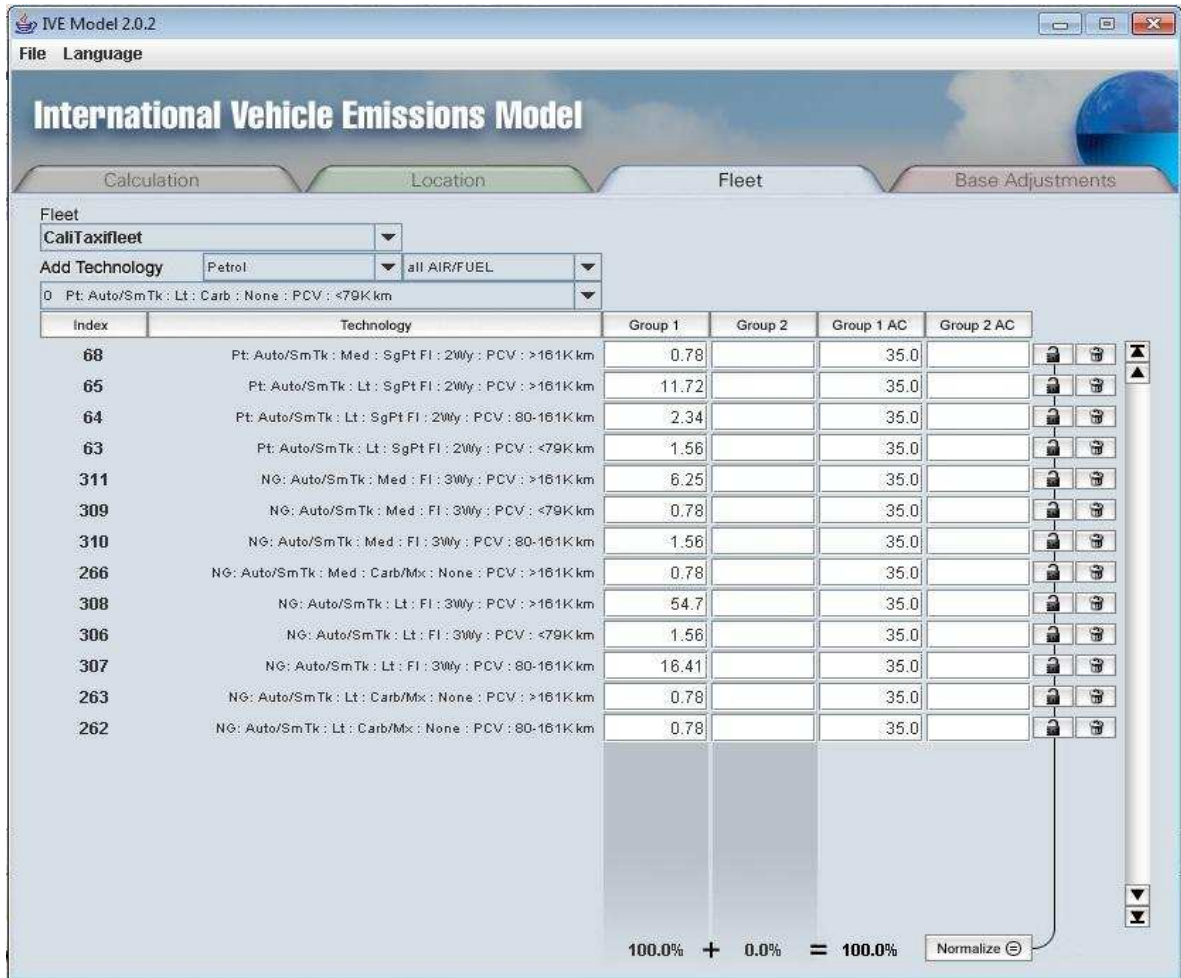
Tabla 11. Índices IVE utilizados

Tipo Vehículo	Fuente Información (encuestas)	Índice IVE
Motocicleta	97	1206, 1207, 1208, 1209, 1210, 1211, 1212, 1213
Auto Particular	551	0, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 14, 16, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 53, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 81, 82, 84, 85, 87, 263, 265, 266, 268, 269, 307, 308, 309, 310, 311.
Taxi	179	63, 64, 65, 68, 262, 263, 266, 306, 307, 308, 309, 310, 311
Camioneta	144	265, 266, 309, 311, 314, 759, 760, 761, 762, 763, 764
Buseta	22	883, 1080, 1082, 1085
Camión	45	882, 884, 900, 1080, 1081, 1082, 1083, 1084, 1085
MIO	Experto	1136, 1142

45

Un ejemplo de flota alimentada al programa IVE corresponde a Figura 28 para taxis. Se presentan los distintos índices asociados a los tipos de vehículos, el porcentaje de su participación y el porcentaje que cuentan con aire acondicionado, este caso es un 33%.

Figura 28. Formato para ingreso de datos



Index	Technology	Group 1	Group 2	Group 1 AC	Group 2 AC
68	Pt: Auto/SmTk : Med : SgPt FI : 2Wly : PCV : >161K km	0.78		35.0	
65	Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : 2Wly : PCV : >161K km	11.72		35.0	
64	Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : 2Wly : PCV : 80-161K km	2.34		35.0	
63	Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : 2Wly : PCV : <79K km	1.56		35.0	
311	NG: Auto/SmTk : Med : FI : 3Wly : PCV : >161K km	6.25		35.0	
309	NG: Auto/SmTk : Med : FI : 3Wly : PCV : <79K km	0.78		35.0	
310	NG: Auto/SmTk : Med : FI : 3Wly : PCV : 80-161K km	1.56		35.0	
266	NG: Auto/SmTk : Med : Carb/Mx : None : PCV : >161K km	0.78		35.0	
308	NG: Auto/SmTk : Lt : FI : 3Wly : PCV : >161K km	54.7		35.0	
306	NG: Auto/SmTk : Lt : FI : 3Wly : PCV : <79K km	1.56		35.0	
307	NG: Auto/SmTk : Lt : FI : 3Wly : PCV : 80-161K km	16.41		35.0	
263	NG: Auto/SmTk : Lt : Carb/Mx : None : PCV : >161K km	0.78		35.0	
262	NG: Auto/SmTk : Lt : Carb/Mx : None : PCV : 80-161K km	0.78		35.0	

100.0% + 0.0% = 100.0% Normalize

46

2.6.2 Módulo Localidad

En este módulo se ingresa la información sobre los patrones de conducción, las condiciones climáticas y la calidad del combustible, información que se obtuvo a partir de los registros de rutas por medio de georeferenciación por GPS y de fuentes externas, como estudios del DAGMA, el estudio IVE realizado en Bogotá 2005, informes de calidad de combustibles entre otros.

Cada Localidad corresponde a un comportamiento vehicular para cada tipo de vehículo y se asocia con la flota que describe al tipo de vehículo. Se consideraron tres tipos de comportamientos según el tipo de vía: Autopista (vía rápida), vía

arterial y vía general (combinación de comportamiento en autopista, arterial y residencial).

De esta manera el comportamiento de los vehículos particulares en autopista “CaliLigAutopLocalidad” se asocia a la flota de vehículos particulares denominada “Caliligero-fleet”.

2.6.3. Parámetros de corrección

En esta sección se incluyen los factores propios de la zona geoFigura donde se realiza el estudio que deben incluirse en los cálculos para generar resultados confiables y ajustados a la zona.

2.6.3.1. Altitud: Consultando la información en el documento Cali en Cifras del Departamento Administrativo de Planeación, Alcaldía de Cali, 2012, la altitud de Santiago de Cali es de 1.070 m.s.n.m.

2.6.3.2. I/M Class: En este aparte se identifica la clase de revisión técnico mecánica que se realiza al parque automotor. En Cali esta revisión es descentralizada ya que existen varios centros que realizan esta operación y de carácter pasivo por lo que identifica como “idle” sin poner carga en el motor y para vehículos de pasajeros, “idle decentralized (pass. veh.)”. Para el caso de motocicletas se asignó el valor ninguno “none” porque no están obligados a realizar la revisión técnico mecánica.

2.6.3.3. A/C Use at 27°C: Este parámetro hace referencia a la cantidad de vehículos que activan el aire acondicionado cuando se alcanza la temperatura de 27°C. No se encontró información al respecto y se dejó el valor de referencia.

2.6.3.4. Road Grade: A partir de la información tomada por los GPS se tienen las diferentes alturas en los distintos escenarios para cada tipo de vehículo. La Tabla 12 muestra la variación de altura para las motocicletas.

47

Tabla 12. Road Grade. Motocicletas

Sector	Residencial (m.s.n.m.)	Arterial (m.s.n.m.)	Autopista (m.s.n.m.)
A	965-1000	965-1037	974-1003
B	976-1005	995-1018	986-1020
C	994-1063	996-1034	996-1040

En el municipio de Cali predomina la topografía plana, salvo pequeñas zonas al occidente de la ciudad donde generalmente la circulación de vehículos es muy reducida. Esta situación se ve reflejada en la información suministrada por los GPS, por lo que se asume una pendiente de 0% para alimentar el software.

2.6.3.5 Características del Combustible. La resolución 1180 del 21 de Junio del 2006 establece los topes para ciertos compuestos en los combustibles. Para gasolina corriente: Plomo (0,013 g/L), Azufre (300 ppm), Benceno (1 %) y Oxígeno (3,5 %).

48

El instituto Colombiano de Petróleos hace estudios de la calidad de combustibles tomando muestras de diferentes regiones con cierta periodicidad. Según el último estudio reportado en la página oficial en agosto de 2013, se analizaron 166 muestras que incluyen algunas tomadas en Cali.

Para gasolina extra/corriente se encuentra un promedio de contenido de azufre de 0,0257 %m (257ppm), el benceno solo se analizó en Medellín dando como resultado un valor inferior al 0,8%vol. Para alimentar esta información al IVE se toma para la “Localidad” la gasolina con valores de azufre moderados de 300 ppm y un valor de benceno moderado de 1,50%.

La gasolina se asume moderada pre-mezclada “moderate/premixed”, porque en Cali no se mezcla la gasolina con ningún otro compuesto. Por otro lado la gasolina usada en Cali se asume de tipo E10 (Artículo 1, párrafo 1 del Decreto 4892 de 23 de Diciembre 2011), lo que significa que contiene un 10% vol de etanol y cuyo contenido de oxígeno es de 3,5% (RFA, Renewable Fuel Association, “Fuel Ethanol Industry Guideline, Specifications and procedures”. Diciembre 2010). Por lo anterior se asigna en “Localidad” el mayor valor de oxigenación de la gasolina de 2,5%. Para Diesel, el promedio de azufre es 21 ppm, con lo que se selecciona

en “Localidad” a Diesel como moderado “moderate” con un contenido de azufre de 50 ppm.

2.6.3.6 Factores Climáticos. Los factores climáticos requeridos por el software fueron tomados del documento “Informe Anual Calidad del Aire 2012” (DAGMA); los cuales corresponden a registros tomados en dos estaciones.

La temperatura promedio de Cali se obtuvo del documento Cali en cifras 2012. Para las localidades que solo requiere un valor diario promedio de temperatura y humedad se tomó la temperatura promedio de 25°C y h umedad relativa de 70%.

Para las localidades que requieren valores horarios de temperatura y humedad se toma la información publicado por el DAGMA. La información base de estos valores se presenta en las Figuras 29 y 30.

Figura 29. Comportamiento de la temperatura promedio de un año

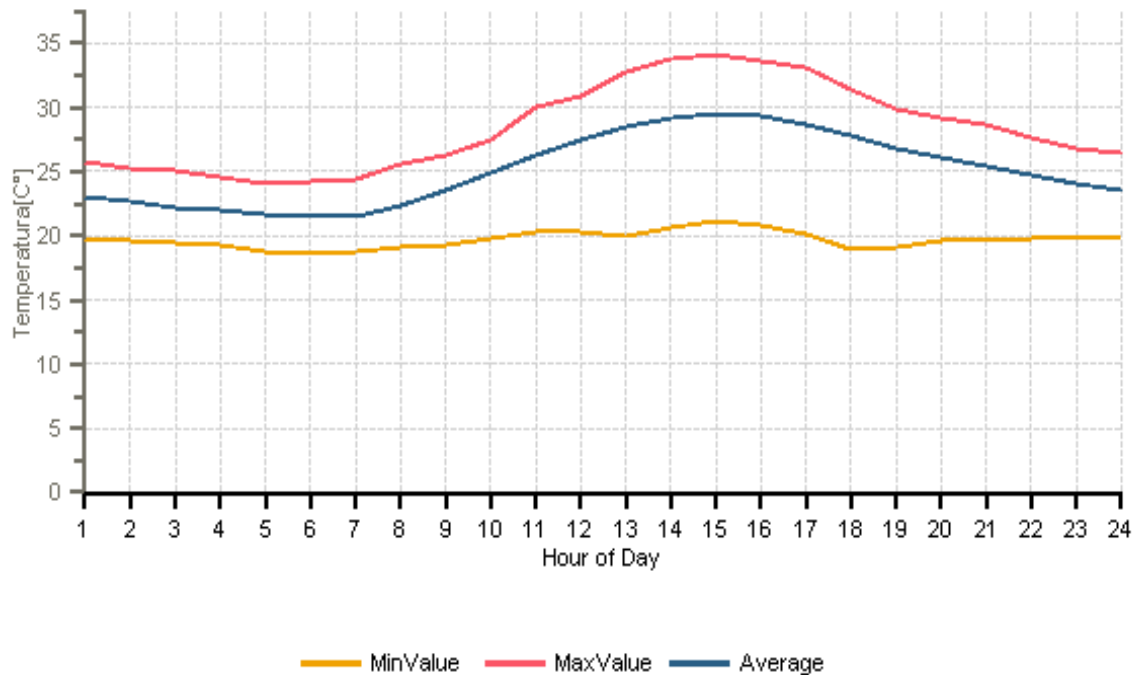
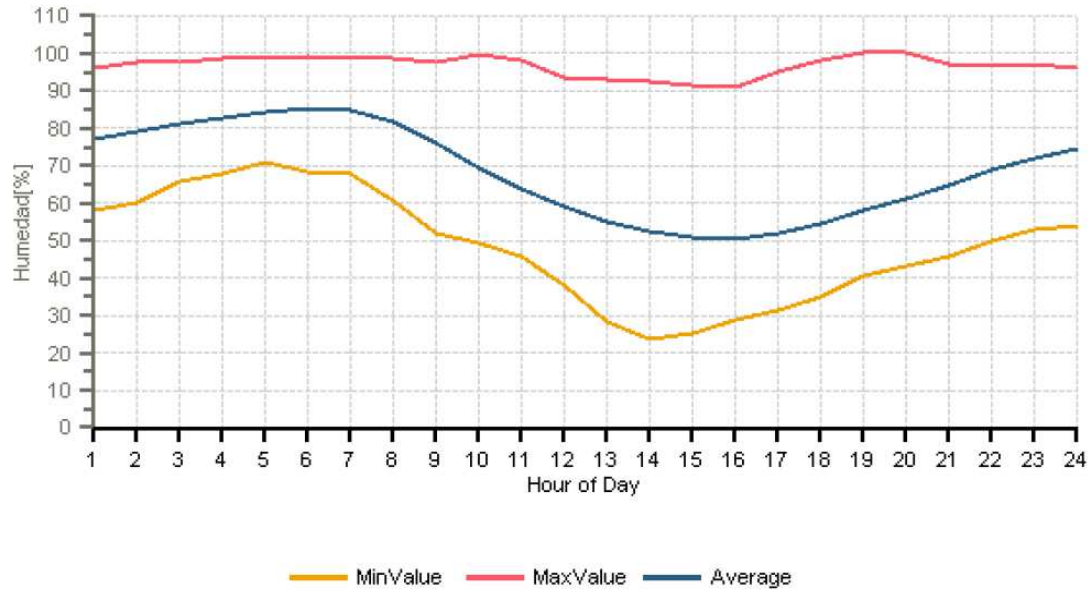


Figura 30. Valores promedio de humedad relativa en Cali



2.6.4 Distancia recorrida y número de encendidos

50

En este estudio se calcularon las emisiones por tipo de vehículo y kilómetro recorrido para modelar la dispersión utilizando el software Airviro. Para aquellos vehículos donde solo se tuvo información de forma de conducción en una hora (0:00/all day), se adjudicó una distancia piloto de 100 km, para resto se asignó 10.080 km. El número de encendidos, para todos los casos, se obtuvo del Informe Emisiones Bogotá 2005. A continuación se muestra lo valores en la Tabla 13

Tabla 13. Parámetros asignados por fuentes indirectas

Localidad	Distancia total (km)	km / Encendido
CaliBusLocalidad	100	58,82
CaliCamionLocalidad	100	9,17
CaliLigGenLocalidad	10.080	6,45
CaliMIOLocalidad	100	58,82
CaliMotoGenLocalidad	10.080	57,02

Los patrones de conducción georeferenciados generan una Tabla donde cada segundo corresponde a un punto que registra latitud, longitud, tiempo, altitud y velocidad. Con esta información se obtienen la velocidad promedio de los distintos vehículos. La Tabla que relaciona esos valores se encuentra en el apartado de análisis y validación para patrones de conducción (uso de GPS).

Las emisiones de la máquina de un vehículo son determinadas en gran medida por la velocidad que desarrolla, sin embargo, la aceleración, los cambios de marcha y la inclinación de la vía también juegan un papel importante por ello en el modelo IVE se propone conocer una variable que engloba esta información, el Poder Específico del Vehículo (VSP) que se expresa como:

Los BIN corresponden a los diferentes “compartimientos” de energía dependiendo de esfuerzo de la máquina y VSP:

$$\text{VSP} = v [1,1a + 9,81(\text{atan}(\text{sen}(\text{inclinación}))) + 0,132] + 0,000302v^3$$

Donde: inclinación = $(h_{t=0} - h_{t=1s}) / v$
v: velocidad (m/s)
a: aceleración (m/s^2)
h: altitud (m)

51

Esfuerzo de Máquina = $v / \text{Divisor de velocidad} + 0,08 \text{ VSP}$ (últimos 20 segundos)

Con los datos obtenidos mediante GPS en cada segundo, se calcula los VSP de todos los puntos registrados. También se requiere medir *Desempeño de máquina* (cambios de marcha que se producen):

Desempeño de máquina = $\text{RPMindex} + (0,08 \text{ ton/kW}) * (\text{PreaveragePower})$

PreaveragePower = Promedio ($\text{VSP}_{t=-5s \text{ a } t=-25s}$) kW/ton

RPMindex = $v / \text{Divisor de velocidad}$ (Mínimo Índice RPM = 0.9)

El Divisor de Velocidad es un número que depende de la velocidad y del VSP, (consultar ISSRC, Attachment C Characterizing Emission Variations due to Driving Behavior from On-Road Vehicles. International Vehicle Emission Model, IVE).

Con los valores de VSP y de desempeño del motor se asigna un determinado BIN a cada punto registrado. Posterior a la conversión de todos los puntos a BIN se

2.6.5 Inventario de Emisiones

Una vez alimentada la información al software IVE, genera las emisiones atmosféricas promedio de contaminantes por kilómetro recorrido para los tipos de vehículos referenciados y que se presentan en la Tabla 14 y Figuras 32, 33 y 34.

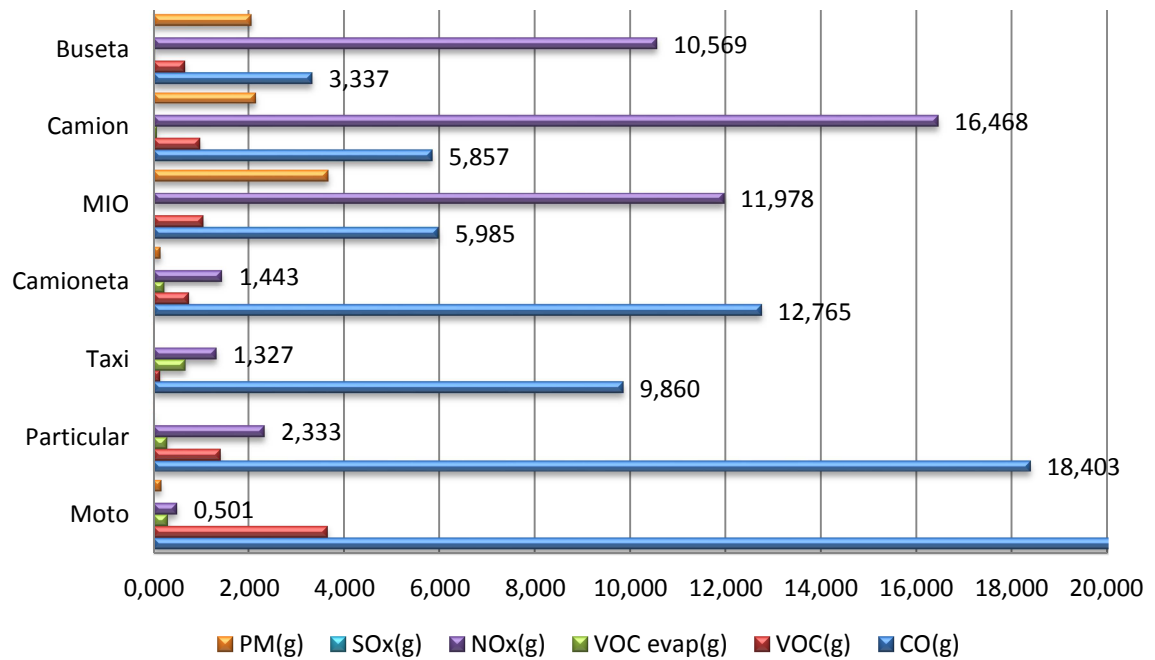
Los resultados muestran las variaciones de emisiones atmosféricas entre vías arteriales principales, secundarias y generales (principales, secundarias y residenciales) presentan pequeñas variaciones, posiblemente porque las velocidades promedio no tienen una variación considerable.

Tabla 14. Emisiones atmosféricas por kilómetro recorrido

	Vía	CO(g)	VOC(g)	VOC evap(g)	NOx(g)	SOx(g)	PM(g)
Moto	Art. Principal	20,170	3,659	0,305	0,501	0,007	0,169
	Art. Secundaria	21,386	3,931	0,324	0,537	0,008	0,182
	General	20,540	4,008	0,330	0,501	0,007	0,174
Particular	Art. Principal	18,403	1,415	0,291	2,333	0,031	0,006
	Art. Secundaria	17,441	1,400	0,291	2,191	0,030	0,006
	General	17,819	1,410	0,292	2,229	0,031	0,006
Taxi	Art. Principal	9,860	0,143	0,672	1,327	0,005	0,002
	Art. Secundaria	9,123	0,140	0,672	1,251	0,005	0,002
	General	9,361	0,141	0,675	1,272	0,005	0,002
Camioneta	Art. Principal	12,765	0,746	0,230	1,443	0,019	0,151
	Art. Secundaria	12,035	0,740	0,230	1,370	0,018	0,149
	General	12,315	0,745	0,231	1,390	0,018	0,150
MIO	Art. Principal	5,985	1,053	0,000	11,978	0,012	3,671
	Art. Secundaria	5,985	1,053	0,000	11,978	0,012	3,671
	General	5,985	1,053	0,000	11,978	0,012	3,671
Camion	Art. Principal	5,857	0,986	0,075	16,468	0,020	2,155
	Art. Secundaria	5,857	0,986	0,075	16,468	0,020	2,155
	General	5,857	0,986	0,075	16,468	0,020	2,155
Buseta	Art. Principal	3,337	0,669	0,038	10,569	0,013	2,057
	Art. Secundaria	3,337	0,669	0,038	10,569	0,013	2,057
	General	3,337	0,669	0,038	10,569	0,013	2,057

53

Figura 32. Emisiones en vía arterial principal por kilómetro recorrido



54

Figura 33. Emisiones en vía arterial secundaria por kilómetro recorrido

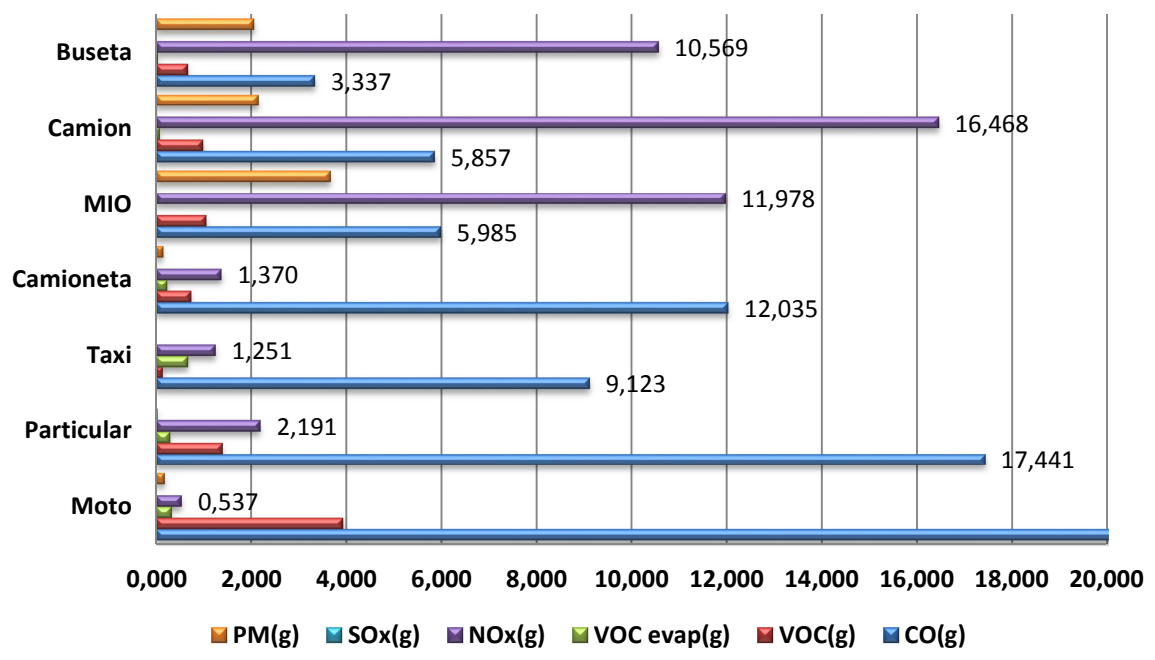
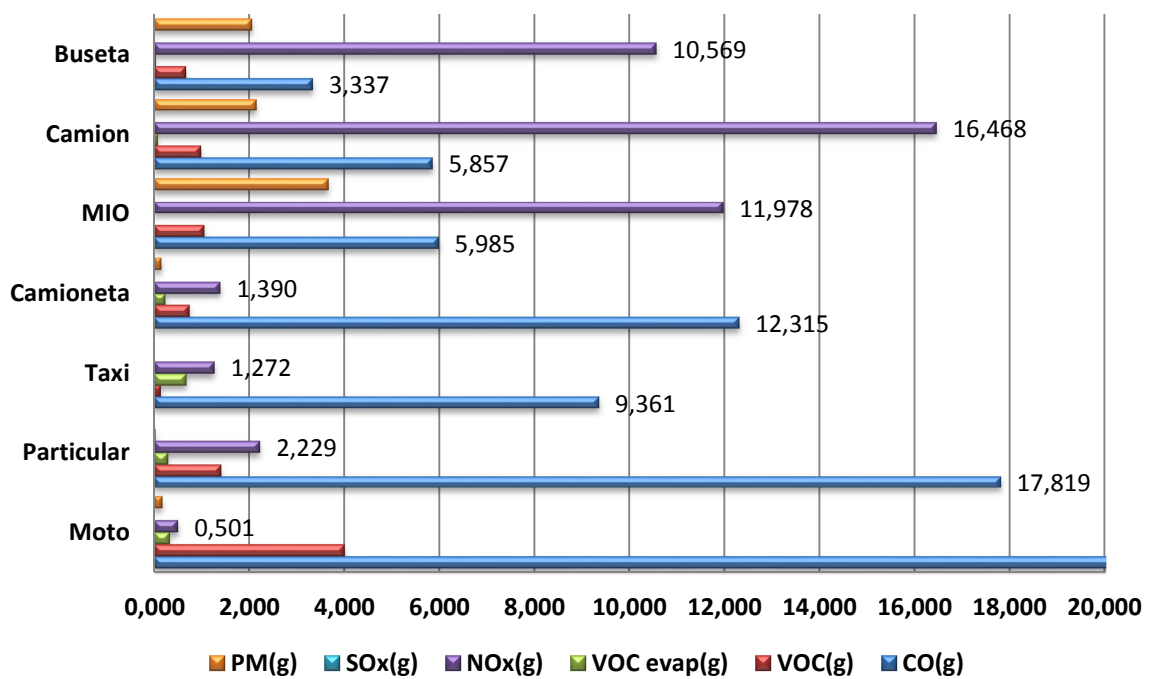


Figura 34. Emisiones en vía genera por kilómetro recorrido



Estas Figuras permiten realizar las siguientes observaciones:

- La mayor emisión de contaminantes por parte del parque automotor, por kilómetro recorrido en los distintos tipo de vías, se concentra en el monóxido de carbono (CO) especialmente por las motocicletas, seguido de vehículos particulares y camionetas y los óxidos de nitrógeno (NOx) en los camiones, busetas y MIO,
- Resalta el mayor valor de compuestos orgánicos volátiles (COV) para las motos en los distintos tipos de vías.
- Los vehículos particulares agregan cantidades importantes de CO y de VOC, y contrario a las motos sus emisiones se incrementan en vías principales.
- Los taxis presentan emisiones bastante modestas en todos los contaminantes criterio excepto en el CO. Este favorable perfil se puede explicar por el uso de GNV como combustible.
- Las camionetas son similares a los automóviles pero levemente menores.
- Los vehículos del MIO tienen emisiones promedio, excepto en el material particulado donde hacen la mayor contribución por kilómetro.

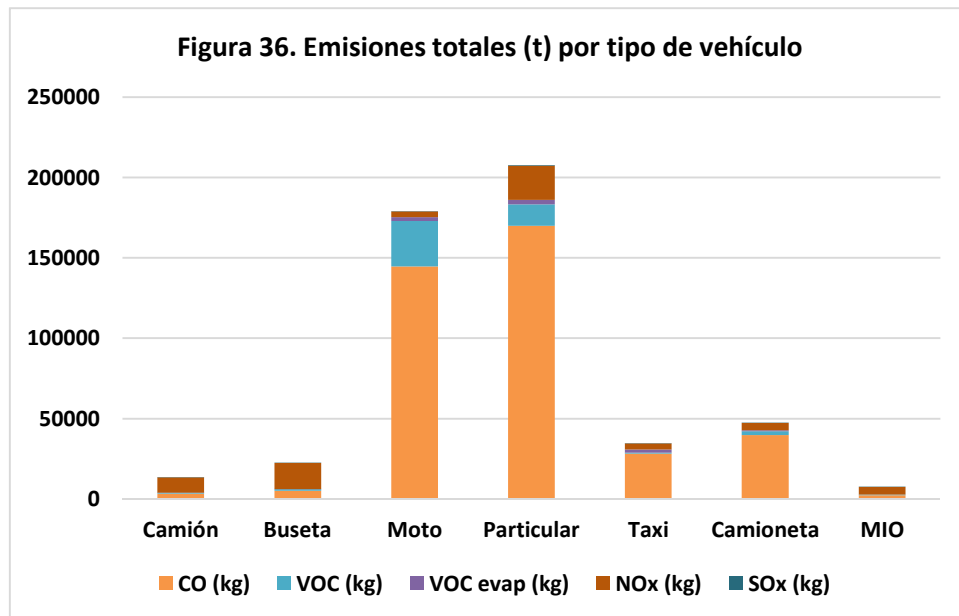
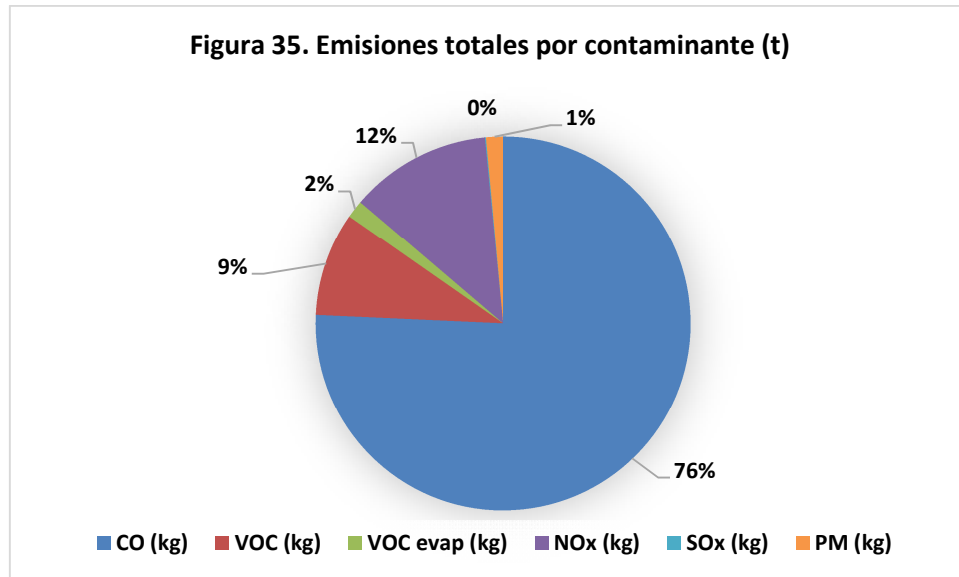
Para camión, buseta y MIO se dispuso de un solo registro para todos los tipos de vía y horas, lo cual generó un único valor de localidad y un solo valor para las emisiones por kilómetro en los distintos tipos de vías.

2.6.5.1. Emisiones totales. A partir del cálculo de los recorridos diarios en kilómetros por los distintos tipos de vehículos se estiman las emisiones diarias en kilogramos y las emisiones anuales en toneladas. La Tabla 15 y Figuras 35 y 36 presentan esta información

Tabla 15. Emisiones atmosféricas anuales (toneladas)

Vehículo	km recorridos	CO (kg)	VOC (kg)	VOC evap (kg)	NOx (kg)	SOx (kg)	PM (kg)
Camión	578957	3391,0	570,9	43,4	9534,3	11,4	1247,7
Buseta	1533000	5115,6	1025,6	57,9	16202,3	19,6	3153,4
Moto	7046256	144733,6	28244,2	2322,4	3530,2	52,6	1228,9
Particular	9533006	169868,7	13438,0	2787,1	21249,0	290,9	57,2
Taxi	3024950	28316,1	425,4	2041,3	3847,6	14,8	5,2
Camioneta	3221102	39667,2	2398,7	745,1	4477,5	59,2	482,6
MIO	396155	2371,0	417,2	0,0	4745,1	4,8	1454,3
Total día (kg)	25333425	393463,1	46519,8	7997,2	63585,9	453,3	7629,2
Total año (ton)	9246700125	143614	16980	2919	23209	165	2785

56



Se observan los siguientes elementos:

- Las motocicletas y automóviles particulares contribuyen con las emisiones de CO y de VOC en un 80% y en un 90% respectivamente.
- Los camiones, las busetas y los automóviles particulares representan el 74% de las emisiones de NOx.
- Los automóviles particulares contribuyen con un 64% de SOx.
- Las busetas agregan un 43% del material particulado emitido por fuentes móviles.

2.6.5.2 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Otro elemento importante es estimar la producción de gases de efecto invernadero. La Tablas 16 y 17 presentan los valores de emisiones por kilómetro recorrido y por año de cada tipo de vehículo en el escenario general. Las contribuciones de N₂O y de CH₄ son modestas en comparación a las de CO₂, cerca de 1% en los casos más altos.

La mayor producción de CO₂ está asociada a los camiones y a los buses del MIO, seguido de las busetas; esto tiene sentido porque son los vehículos de mayor cilindraje y consumo. Después vienen los automóviles particulares y las camionetas con valores bastante cercanos, después los taxis, con un valor 39% menor al de los automóviles particulares, y finalmente las motos que por su bajo cilindraje es de esperar que emitan menos.

Tabla 16. Emisión de gases efecto invernadero por kilómetro recorrido

Tipo Vehículo	CO ₂ (g/km)	N ₂ O(g/km)	CH ₄ (g/km)
Camión	1004,97	0,0075	0,0183
Buseta	657,83	0,0051	0,0135
Moto	82,30	0,0000	0,8800
Particular	296,32	0,0129	1,0043
Taxi	213,16	0,0095	1,8654
Camioneta	311,54	0,0139	1,5383
MIO	1191,00	0,16	0,00

58

Tabla 17. Emisiones anuales de gases efecto invernadero

Tipo de Vehículo	Recorrido	CO ₂ (kg)	N ₂ O(kg)	CH ₄ (kg)
Camión	578957	581835	4,34	10,59
Buseta	1533000	1008454	7,82	20,69
Moto	7046256	579888	0,09	6200,98
Particular	9533006	2824841	122,88	9574,06
Taxi	3024950	644798	28,84	5642,77
Camioneta	3221102	1003493	44,62	4955,02
MIO	396155	471821	64,5336	0,00
total día (t)	25333425	7115	0	26
total año (t)	9246700125	2597022	100	9638

2.6.5.3 Emisiones diarias de gases de efecto invernadero

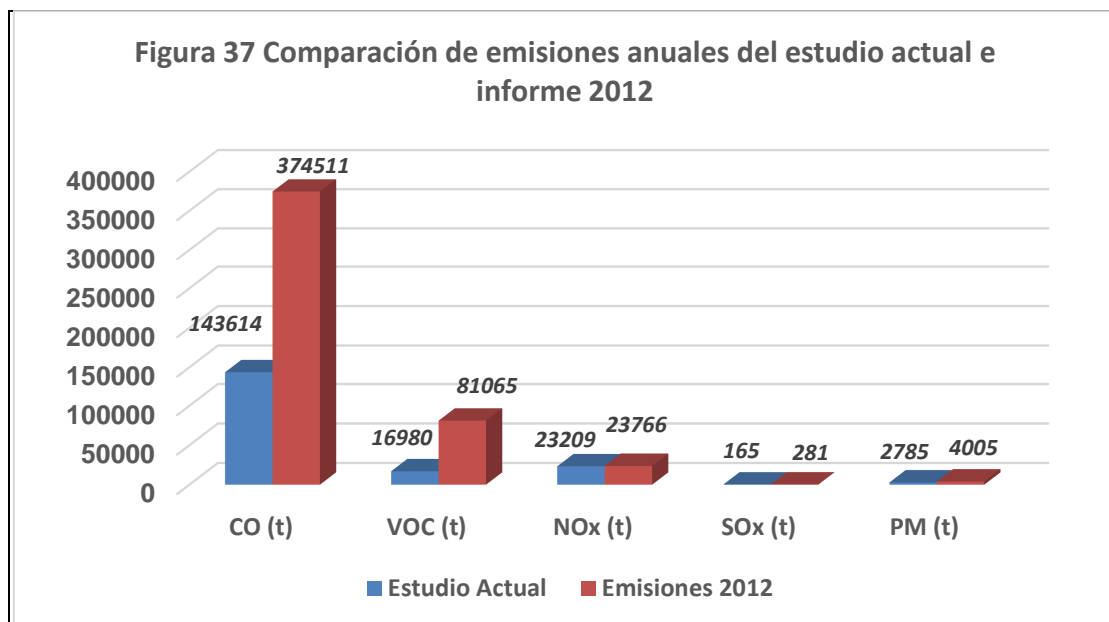
Los resultados muestran como la contribución diaria de los automóviles particulares suma un 40% del total, si se agregan las busetas y la camionetas cada una con un 14%, entre los tres tipos de vehículos generan el 68% del CO₂ emitido por fuentes móviles en Cali.

Las motocicletas a pesar de ser representar un volumen importante de vehículos no tienen una contribución apreciable de dióxido de carbono.

Se observa como anualmente se agregan por fuentes móviles 2.597.022 toneladas de CO₂ y 9.638 toneladas de CH₄ a la atmósfera.

2.6.5.4 Comparativo entre emisiones obtenidas y reportadas en el inventario 2012

Los resultados encontrados para la contaminación atmosférica de Cali 2012 en el proyecto realizado por la empresa K2 Ingeniería de la ciudad de Bucaramanga y los resultantes de este estudio se contrastan en la Figura 37.



Es de notar que los valores estimados en el Informe 2012 superan los estimados en este estudio, siendo CO superior en 2,6 veces. Esto podría explicarse por el tipo de flota vehicular que se asumió en ese estudio y que presenta algunas diferencias notables.

El tipo de flota vehicular según el uso de gasolina como se muestra en la Tabla 18. La información del Informe 2012 de la empresa K2.

Tabla 18. Flota vehicular y uso de gasolina

Tipo vehículo	Informe 2012	Informe Actual
Particular	99-100%	94%
Camión	74-84%	10%
Camioneta	92-100%	52%
Taxi	99-100%	19%

60

Es notorio encontrar que ambos informes encuentran una fuerte preponderancia en el uso de la gasolina para todos los vehículos, mostrando un comportamiento menos marcado en los camiones. En este estudio la suposición sobre el combustible en los vehículos particulares es cercana, sin embargo para camionetas se presenta una diferencia sustancial. Para camiones y taxis, donde el uso de Diesel y GNV aparecen como los combustibles principales la diferencia es menor.

Para corroborar lo anterior se puede observar los valores de emisión por kilómetro recorrido que arroja el IVE para vehículos particulares (mayoritariamente a gasolina), camiones (mayoritariamente a diesel) y de taxis (mayoritariamente a gas) estimados en el presente estudio presentes en la Tabla 19.

Tabla 19. Emisiones por kilómetro para distintos vehículos.

Vehículo	CO (mg/km)	VOC (mg/km)	NOx (mg/km)	SOx (mg/km)	PM (mg/km)
Particulares (gasolina)	17819	1410	2229	30,5	6,0
Camión (mayoría Diesel)	5857	986	16468	19,7	2155
Taxi (mayoría gas)	9361	141	1272	4,9	1,7

Se puede notar que los taxis presentan las menores emisiones, en especial comparando CO y VOC con los vehículos particulares.

Por otro lado en el Informe 2012 suponen que un 30% de los vehículos particulares distribuyen su combustible a carburador, mientras que en el presente estudio se obtuvo el 10%.

Estos dos elementos que diferencian la flota vehicular explican las diferencias en los valores registrados de los contaminantes totales.

Otra diferencia notoria está en el modelo de movilidad; en el Informe 2012 se asumen que los automóviles recorren anualmente 516.252.253 km al año (ver anexo 6, Emisiones “DB circulación de vías actualizado.xls”), en este estudio se encontró un recorrido de los automóviles de 3.479.547.105 km/año estimado a partir del recorrido promedio en vías principales y la curva de tráfico, del estudio de Movilidad del Departamento de Planeación Municipal; representando una relación de 1 a 7 y aún así las emisiones del Informe 2012 son mayores que las del presente estudio, lo que implica que los coeficientes de emisión por kilómetro utilizados fueron mucho mayores que utilizados en este estudio.

El Informe 2012 obtuvo sus datos de estudios realizados en Bogotá 2005, se cita el estudio en cuestión “se utilizaron los datos de tecnologías de acuerdo a la composición de la flota vehicular presentada por el modelo IVE para la Ciudad de Bogotá” (página 120); mientras los valores tomados en el presente estudio, se obtienen como ya se ha explicado, de un encuesta realizada en el Municipio de Cali.

MODELAMIENTO DE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES EMITIDOS POR FUENTES MÓVILES

Contenido

	Pág
3. MODELAMIENTO DE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES EMITIDOS POR FUENTES MÓVILES	65
3.1 MODELAMIENTO DE LAS EMISIONES EN VÍAS	65
3.2 MODELAMIENTO DE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES: ESCENARIO BASE	73
3.3 ESCENARIOS DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE	82
3.3.1. Escenario 1: conversión a gas natural vehicular de taxis	82
3.3.2. Escenario 2: restricciones vehiculares para motocicletas	83
3.3.3. Escenario 3: incremento en la utilización del MIO	85
3.3.4. Escenario 4: disminución del contenido de azufre en combustibles	86
3.4 CONCLUSIONES	88

62

Lista de Tablas

	Pág
Tabla 1	Las 25 vías de mayor flujo incorporadas en el estudio de dispersión 66
Tabla 2	Composición vehicular para los dos tipos de vías modeladas 67
Tabla 3	Factores de emisión (valores medios) en miligramos por kilómetro recorrido 68
Tabla 4	Emisiones medias totales provenientes de las 25 vías 68
Tabla 5	Modificación de los factores de emisión (valores medios) para taxis en el Escenario 1 82
Tabla 6	Emisiones medias totales 83
Tabla 7	Composición vehicular para los dos tipos de vías modeladas en el Escenario 2, con un 20% menos de motocicletas 84
Tabla 8	Emisiones medias totales (en gramos por segundo) provenientes de las 25 vías en el Escenario 2 y su variación respecto al escenario base 84
Tabla 9	Composición vehicular para los dos tipos de vías modeladas en el Escenario 3 85
Tabla 10	Emisiones medias totales (en gramos por segundo) provenientes de las 25 vías en el Escenario 3 y su variación respecto al escenario base 86
Tabla 11	Factores de emisión de SO _x para el Escenario 4 87
Tabla 12	Emisiones de SO _x (en gramos por segundo) provenientes de las 25 vías en el Escenario 4 y su variación respecto al escenario base 87

63

Lista de Figuras

	Pág
Figura 1 Las 25 vías con mayor flujo modeladas en el estudio de dispersión	66
Figura 2 Distribución espacial de las emisiones medias de CO en las 25 vías modeladas	69
Figura 3 Distribución espacial de las emisiones medias de VOC	70
Figura 4 Distribución espacial de las emisiones medias de NOx	71
Figura 5 Distribución espacial de las emisiones medias de SOx	72
Figura 6 Distribución espacial de las emisiones medias de PM	73
Figura 7 Rosa de Vientos en la Estación Éxito La Flora	74
Figura 8 Dispersión de CO en el escenario base	76
Figura 9 Dispersión de VOC en el escenario base	77
Figura 10 Dispersión de NOx en el escenario base	78
Figura 11 Dispersión de SOx en el escenario base	79
Figura 12 Dispersión de PM en el escenario base	80
Figura 13 Dispersión de CO para el escenario base en condiciones meteorológicas adversas	81
Figura 14 Distribución espacial de las emisiones medias de SOx en el escenario base y en el escenario de reducción de azufre en combustibles	87
Figura 15 Distribución espacial de las emisiones medias de SOx en el escenario base y en el escenario de reducción de azufre en combustibles	88

64

3. MODELAMIENTO DE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES EMITIDOS POR FUENTES MÓVILES.

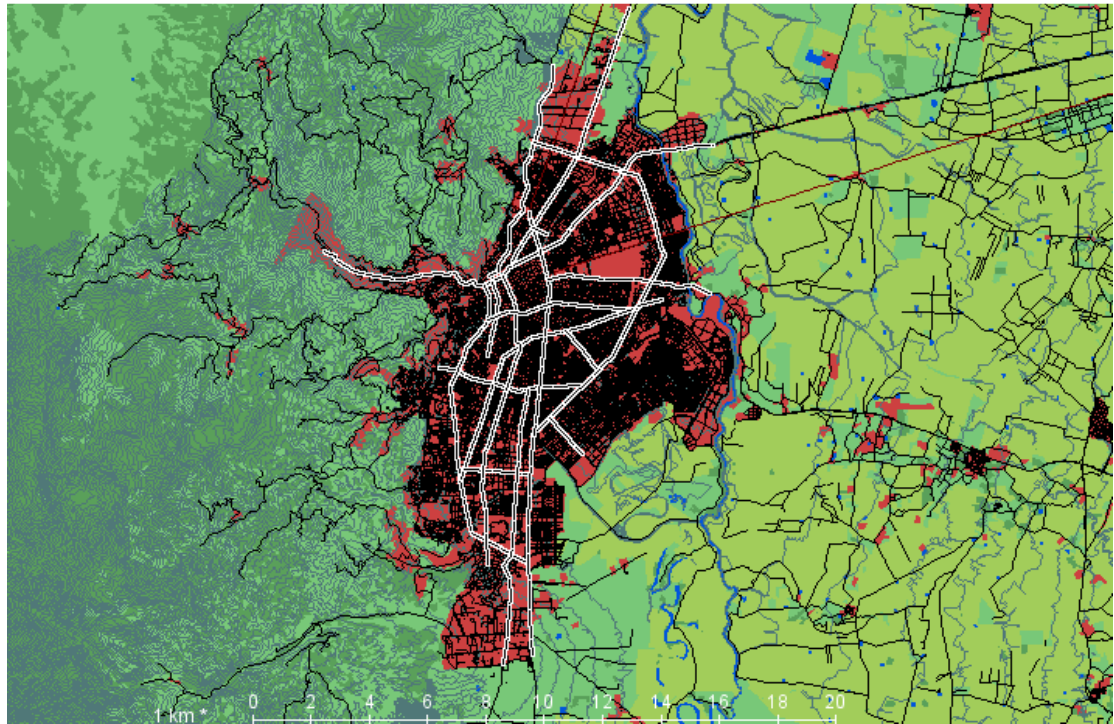
Para el modelamiento de la dispersión se utilizó el sistema integrado de software para la gestión de calidad del aire *AIRVIRO* (versión 3.20), con sus módulos *EDB* para la Base de Datos de Emisiones y *Dispersión* para el modelamiento de la dispersión. El acceso a este software se realizó con autorización de la CVC.

3.1. Modelamiento de las emisiones en vías.

Se modelaron con georreferenciación, como fuentes lineales de emisiones, las veinticinco vías de la zona urbana de Cali con mayor flujo vehicular, todas correspondientes a arterias principales o secundarias. Estas 25 vías contribuyen a la cuarta parte de las emisiones totales en Cali y se referencian sobre el mapa de Cali en la Figura 1 y se enumeran en la Tabla 1 y, la cual muestra la vía, su tipo (arteria principal o arteria secundaria, según la clasificación del municipio) con sus flujos horarios máximos y longitudes en metros.

La fuente especifica el origen de los datos: Los flujos fueron los determinados por el presente estudio (PUJ) o, en su defecto, los reportados en el informe de Planeación Municipal.

Figura 1. Las 25 vías con mayor flujo modeladas en el estudio de dispersión



66

Tabla 1. Las 25 vías de mayor flujo incorporadas en el estudio de dispersión.

VIA	Flujo máximo (vehículos/hora)	Tipo	Longitud (m)	Fuente	Notas
1 Calle 5	8860	Principal	8821	PUJ	
2 Calle 25	5512	Principal	7510	PM	Simón Bolívar
3 Calle 36	5270	Principal	3043	PUJ	
4 Carrera 15	4243	Secundaria	4916	PUJ	
5 Calle 26	4179	Principal	2261	PM	
6 Carrera 100	4138	Principal	2162	PUJ	
7 Calle 23	4131	Principal	5435	PM	
8 Carrera 23	4124	Principal	4957	PM	
9 Carrera 1	3979	Principal	9662	PM	
10 Diagonal 15	3676	Principal	795	PM	
11 Calle 70	3535	Principal	7807	PM	Autopista oriental

12	Calle 10	3480	Principal	4435	PM	Autopista sur
13	Calle 13	3150	Secundaria	10271	PM	Pasoancho
14	Avenida 3 Norte	3020	Principal	9569	PM	
15	Carrera 39	2959	Secundaria	5067	PM	
16	Avenida 6 Norte	2869	Secundaria	7956	PM	
17	Calle 16	2845	Secundaria	9584	PUJ	
18	Carrera 8	2833	Secundaria	5695	PM	
19	Transversal 29	2476	Secundaria	1770	PM	
20	Carrera 46	2304	Secundaria	1667	PUJ	B. Mariano Ramos
21	Calle 32 Norte	2275	Secundaria	512	PM	
22	Avenida 4 Oeste	2195	Secundaria	6105	PM	
23	Calle 8	2095	Secundaria	2610	PUJ	
24	Calle 70 Norte	1962	Secundaria	3226	PM	
25	Carrera 70	1851	Secundaria	2238	PM	

Fuentes: Este estudio ("PUJ") y Planeación ("PM").

A cada tipo de vía corresponde una distribución diferente según los tipos de vehículos. Dicha composición fue determinada como parte del actual estudio en el modelo IVE, y se muestra en la Tabla 2.

67

Tabla 2. Composición vehicular para los dos tipos de vías modeladas.

Vía	Motos 2 y 3 ruedas	Particular ligero	Taxi	Camioneta	Buses	MIO	Camiones
Arterial Principal	30,1%	37,9%	9,9%	11,5%	7,3%	2,1%	1,3%
Arterial Secundaria	25,6%	37,4%	14,0%	14,0%	4,8%	1,1%	3,3%

Para los factores de emisión por cada tipo de vehículo se utilizó el valor medio arrojado por el IVE en este estudio y se consideraron cinco contaminantes criterio: CO, VOC, NOx, SOx y PM. La Tabla 3 muestra los factores de emisión empleados, expresados en miligramos emitidos por kilómetro recorrido para cada tipo de vehículo.

Tabla 3. Factores de emisión (valores medios) en miligramos por kilómetro recorrido.

Tipo Vehículo	CO (mg/km)	VOC (mg/km)	NOx (mg/km)	SOx (mg/km)	PM (mg/km)
Camiones	5857	986	16468	19,7	2155
Buses	3337	669	10569	12,8	2057
Motos	20699	3866	513	7,35	175
Particulares	17888	1408	2251	30,62	6,02
Taxis	9448	141	1283	4,90	1,72
Camionetas	12372	744	1401	18,43	150
MIO	5985	1053	11978	12,20	3671

Para calcular las emisiones totales se tuvo en cuenta que los flujos de la Tabla 1 corresponden a valores máximos. En el caso de las otras horas del día, se utilizó (como en el IVE) el perfil de tráfico suministrado por Planeación Municipal para la fluctuación horaria total, el cual se mostró en la Figura 26. Dicho perfil es también uno de los insumos en la modelación de la base de datos de emisiones (EDB) en el sistema AIRVIRO. A partir de todos los datos anteriores, que constituyen el escenario base (2013), se calcularon las emisiones totales medias (anuales) de las veinticinco vías modeladas para los cinco contaminantes considerados. Ellas se expresan en gramos por segundo (g/s) y en toneladas por año (t/año) en la Tabla 4.

68

Tabla 4. Emisiones medias totales provenientes de las 25 vías.

	CO	VOC	NOx	SOx	PM
De 25 vías en g/s	1180	134	192	1,36	22,4
De 25 vías en t/año	37212	4226	6055	43	706

El módulo EDB de AIRVIRO también muestra en forma Figura la distribución espacial de las emisiones de cada contaminante, como se puede observar en las Figuras 2 a 6.

Figura 2. Distribución espacial de las emisiones medias de CO en las 25 vías modeladas. La escala de colores corresponde a la densidad de la tasa de emisiones, expresada en gramos por segundo por kilómetro cuadrado.

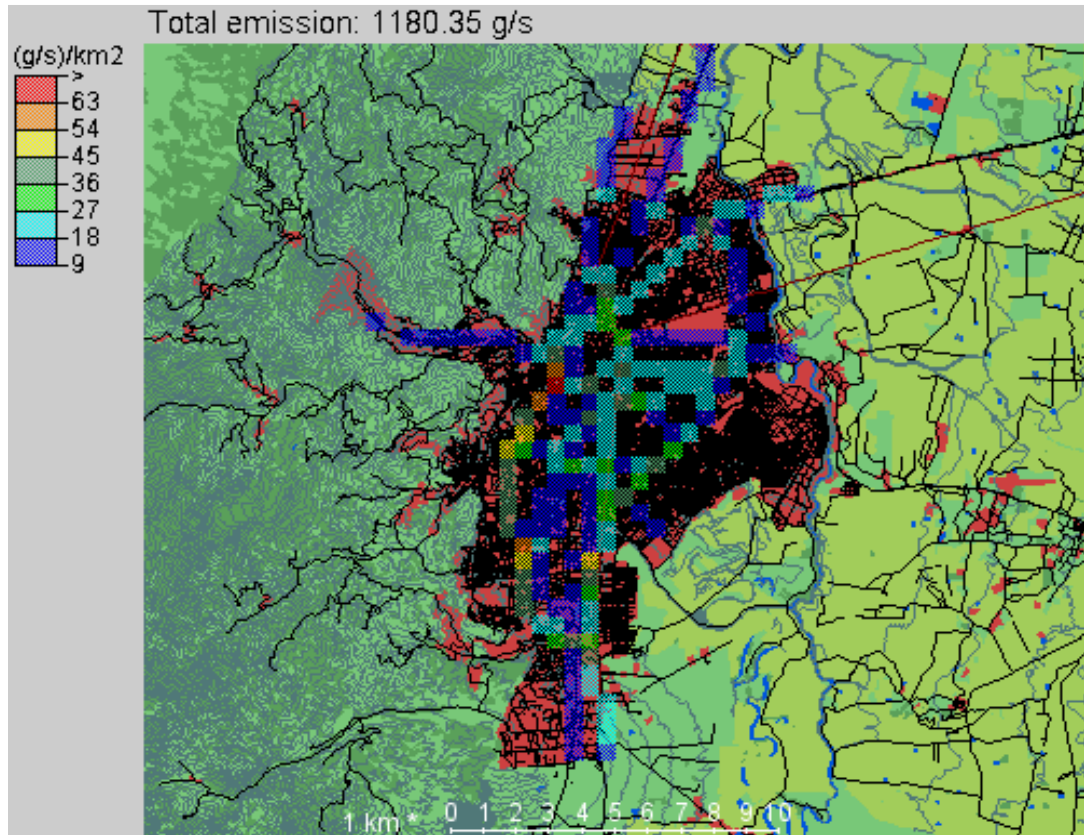


Figura 3. Distribución espacial de las emisiones medias de VOC

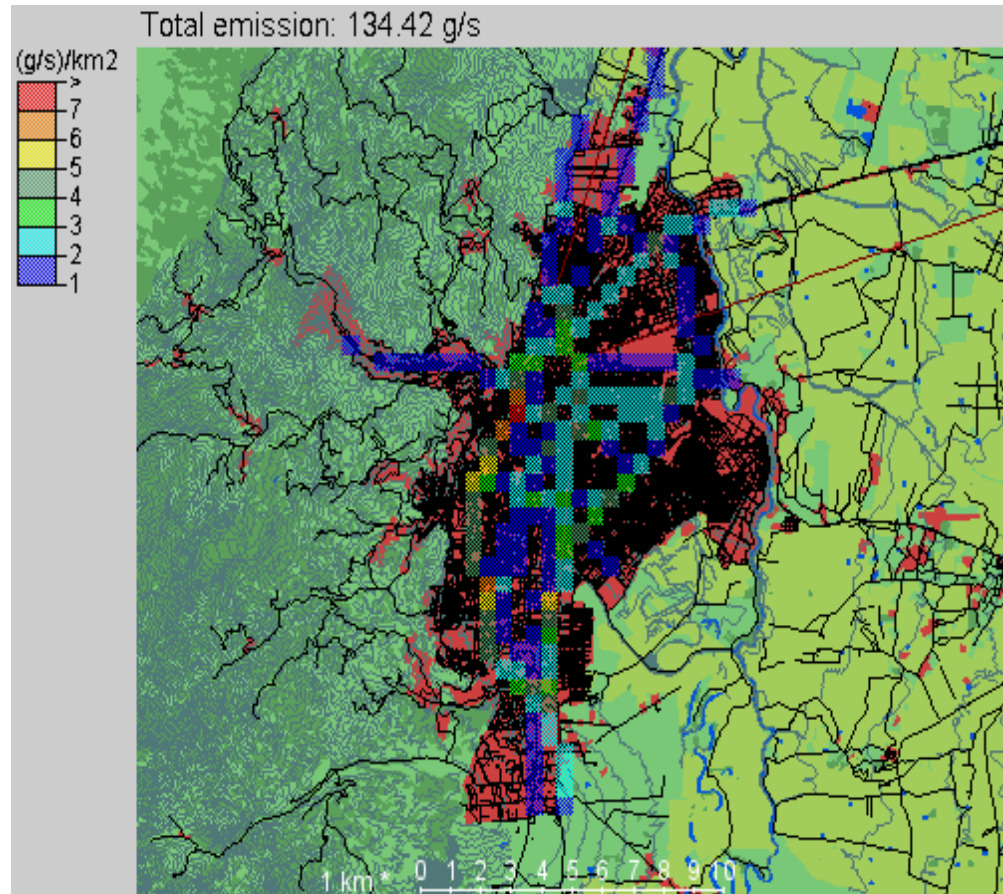


Figura 4. Distribución espacial de las emisiones medias de NOx.

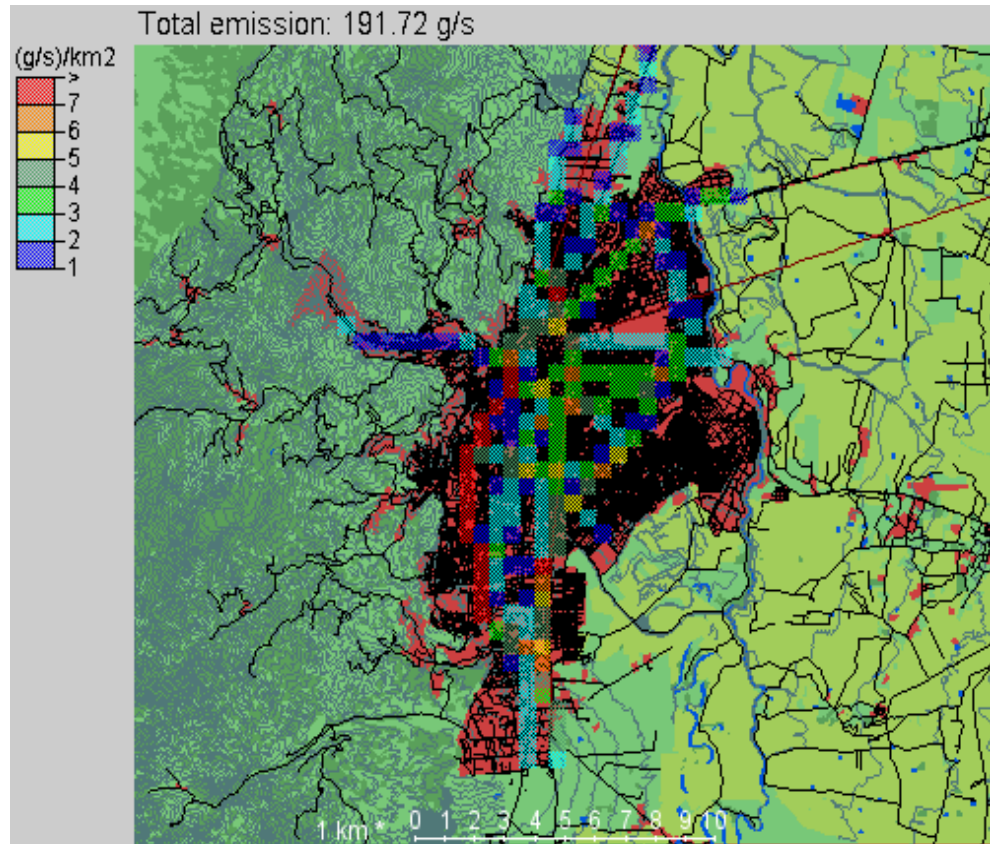


Figura 5. Distribución espacial de las emisiones medias de SOx.

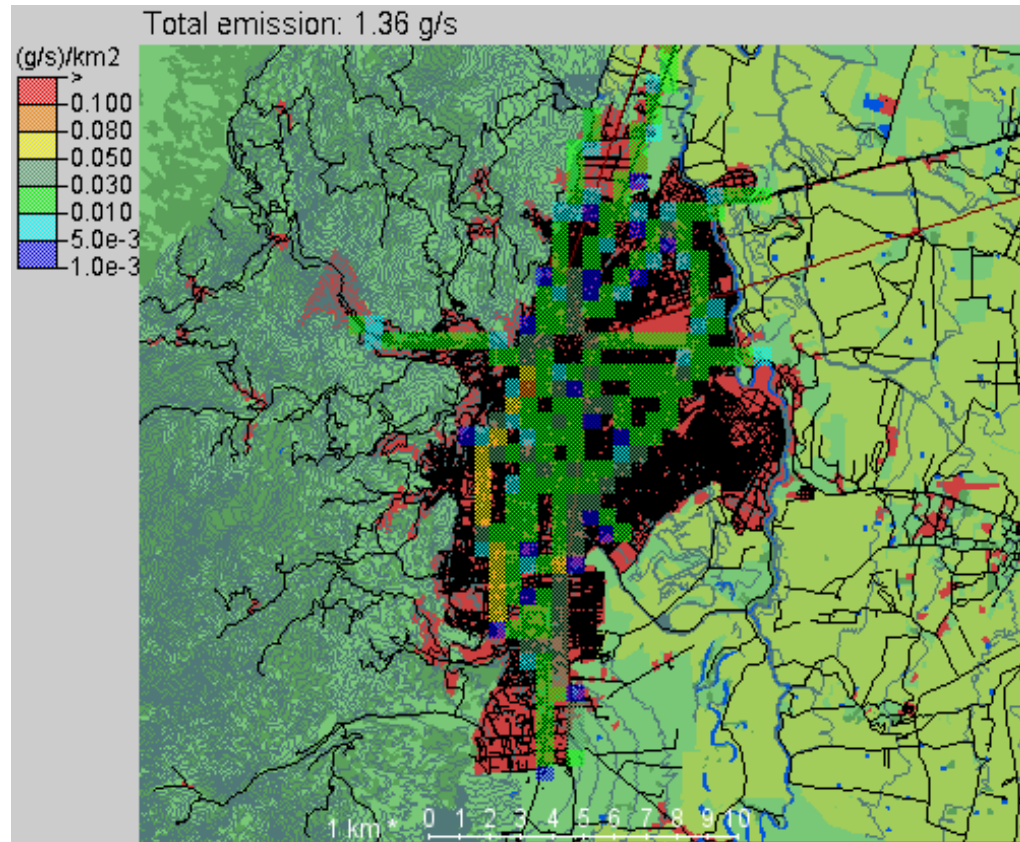
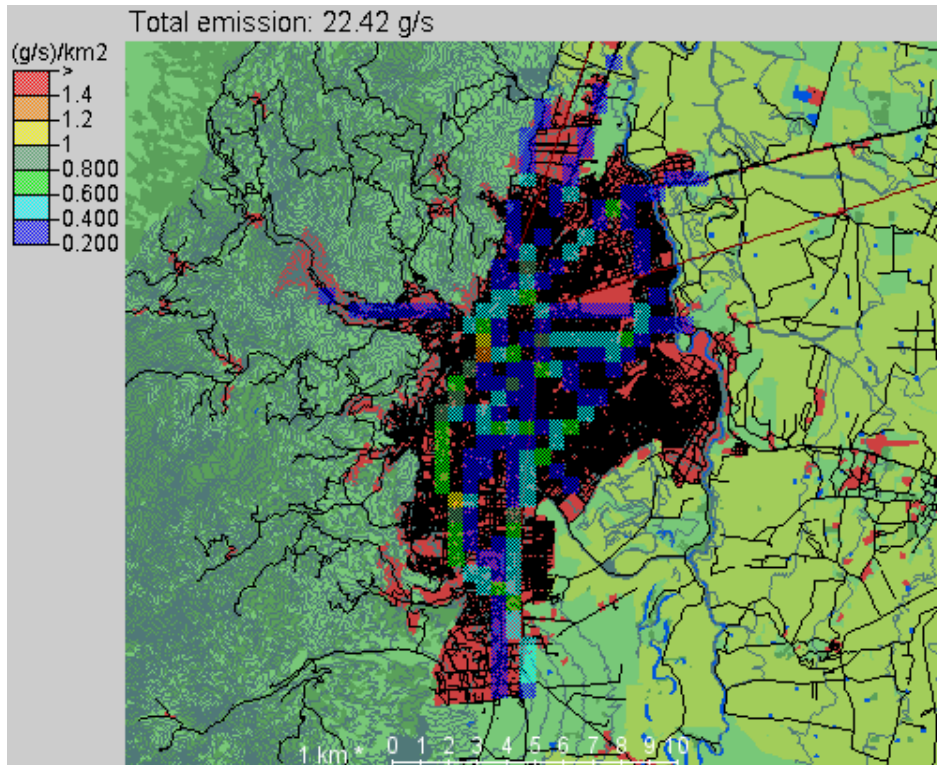


Figura 6. Distribución espacial de las emisiones medias de PM.



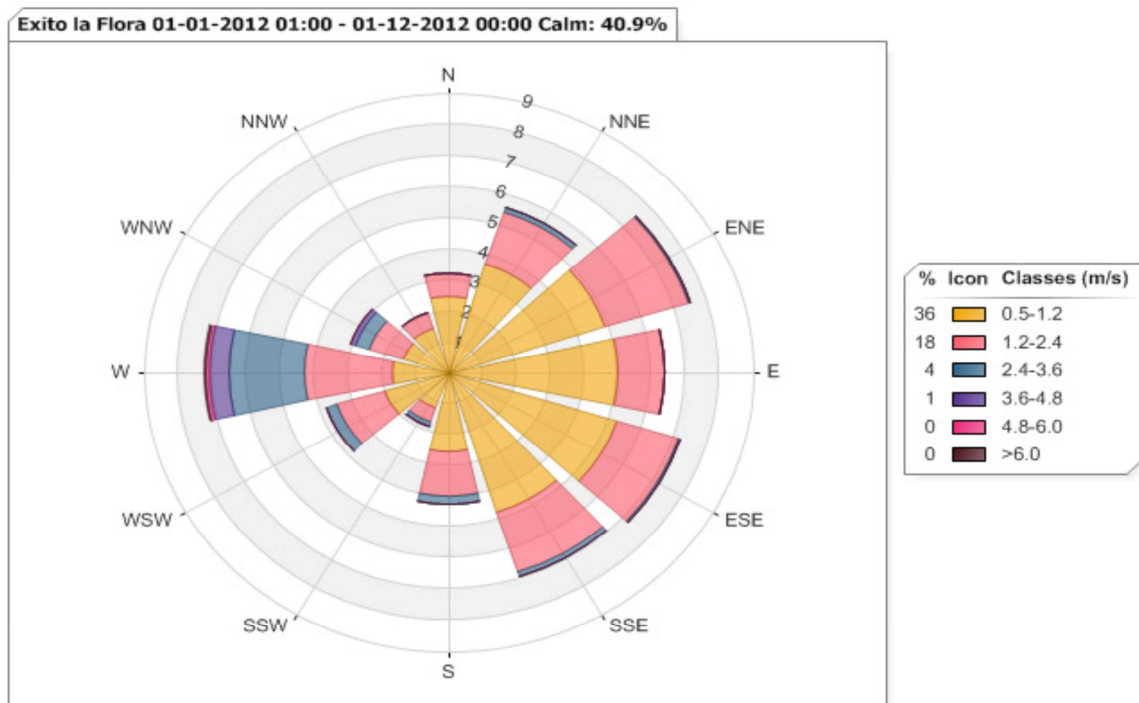
3.2. Modelamiento de la dispersión de contaminantes: escenario base.

Con el propósito de facilitar el análisis de los diferentes escenarios de mejoramiento de la calidad del aire relacionada con fuentes móviles, en todos los casos y escenarios que se estudiaron y que se describen a continuación se utilizó un mismo modelo de dispersión gaussiano disponible en el módulo *Dispersión* del sistema AIRVIRO, el *SMHI Gauss* con EDB, esta última correspondiente a la base de datos de emisiones que se describió en la sección anterior con variaciones según el escenario considerado. El modelo gaussiano es apropiado para valores medios de emisiones, que es lo que el modelo IVE calcula, y los resultados que arroja corresponden a estados estacionarios (no hay variación en el tiempo de ningún parámetro ni variable).

También con el propósito de facilitar el análisis, de forma que no intervengan demasiadas variables en el cálculo de las concentraciones de contaminantes como consecuencia de los procesos de dispersión, en todos los casos se partió de las mismas condiciones meteorológicas que se tomaron como típicas para la ciudad. En el modelo empleado, dichas condiciones se especifican con la dirección y velocidad del viento, y la estabilidad atmosférica, considerados como uniformes en toda la extensión espacial del cálculo. La estabilidad atmosférica tiene seis categorías posibles: inestable, moderadamente inestable, neutra negativa, neutra positiva, moderadamente estable y muy estable. NOTA: las concentraciones calculadas siempre se expresan siempre en unidades de microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Para el análisis se escogieron condiciones típicas de la ciudad en un día moderadamente soleado durante las horas de la tarde, con atmósfera inestable y viento de 2.0 m/s proveniente del oeste. La Figura 7 muestra la rosa de los vientos para la Estación Éxito La Flora en Cali en el promedio de enero a noviembre (2012), según el Informe Anual de Calidad del Aire publicado por el DAGMA para 2012.

Figura 7. Rosa de Vientos en la Estación Éxito La Flora



Fuente: DAGMA. Enero-Noviembre de 2012.

En todos los cálculos de dispersión con el modelo descrito se citan como referencia las condiciones en un mismo punto receptor R, situado al oriente de la ciudad en las coordenadas 3.4237N, 76.4656W, aproximadamente en la Calle 121 con Carrera 26. Lo que se expresa allí es la contribución de las emisiones por fuentes móviles de las 25 vías a la concentración del contaminante considerado, expresada en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, bajo las condiciones atmosféricas típicas anteriormente descritas. Dicha contribución se compara con la norma colombiana anual para ese contaminante (cuando ella existe). La norma anual es la relevante pues el modelo trabaja con emisiones promedio.

Las Figuras 8 (CO), 9 (VOC), 10 (NOx), 11 (SOx) y 12 (PM) muestran los resultados del modelo de dispersión para los cinco contaminantes considerados en el escenario base. Las unidades de la escala de niveles de concentración (colores) son $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 8. Dispersión de CO en el escenario base. Se muestra la localización del receptor de referencia R, en el cual el modelo calcula una contribución de las 25 vías a la concentración de CO de $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

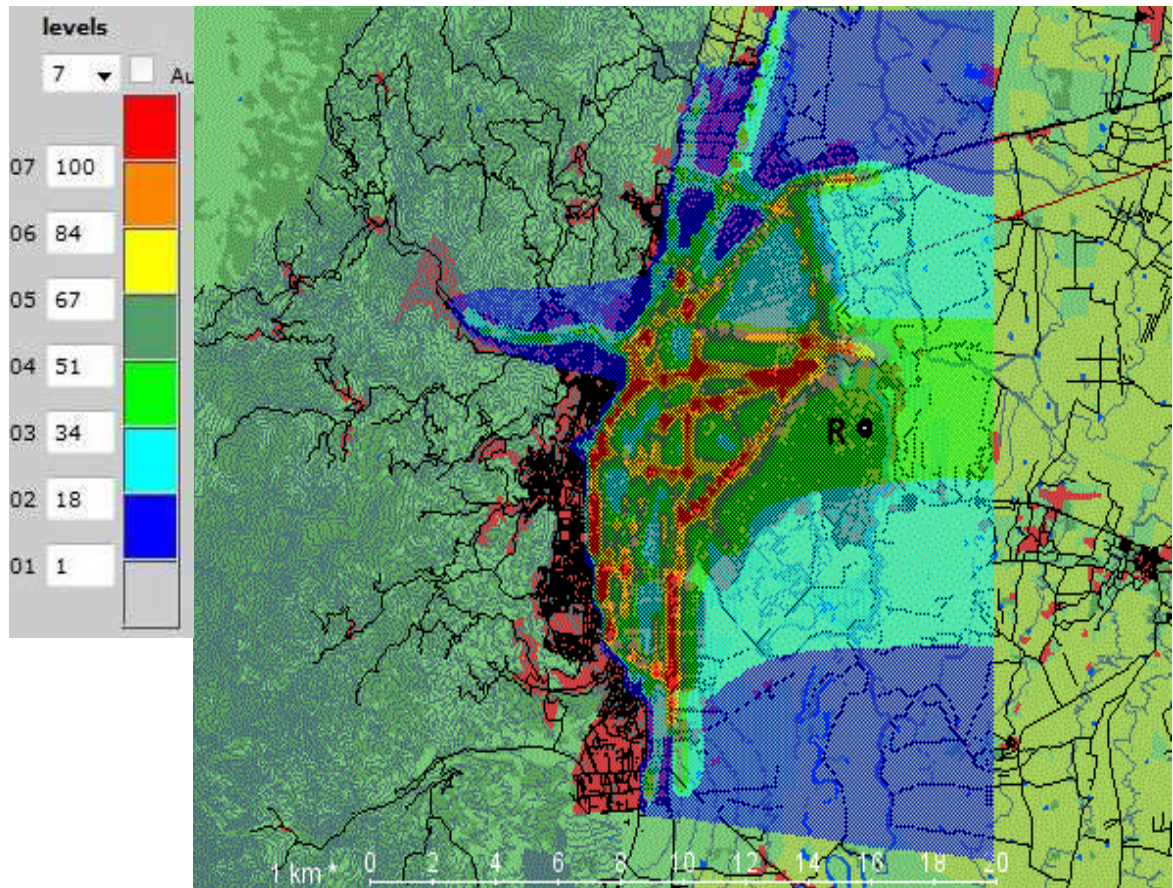
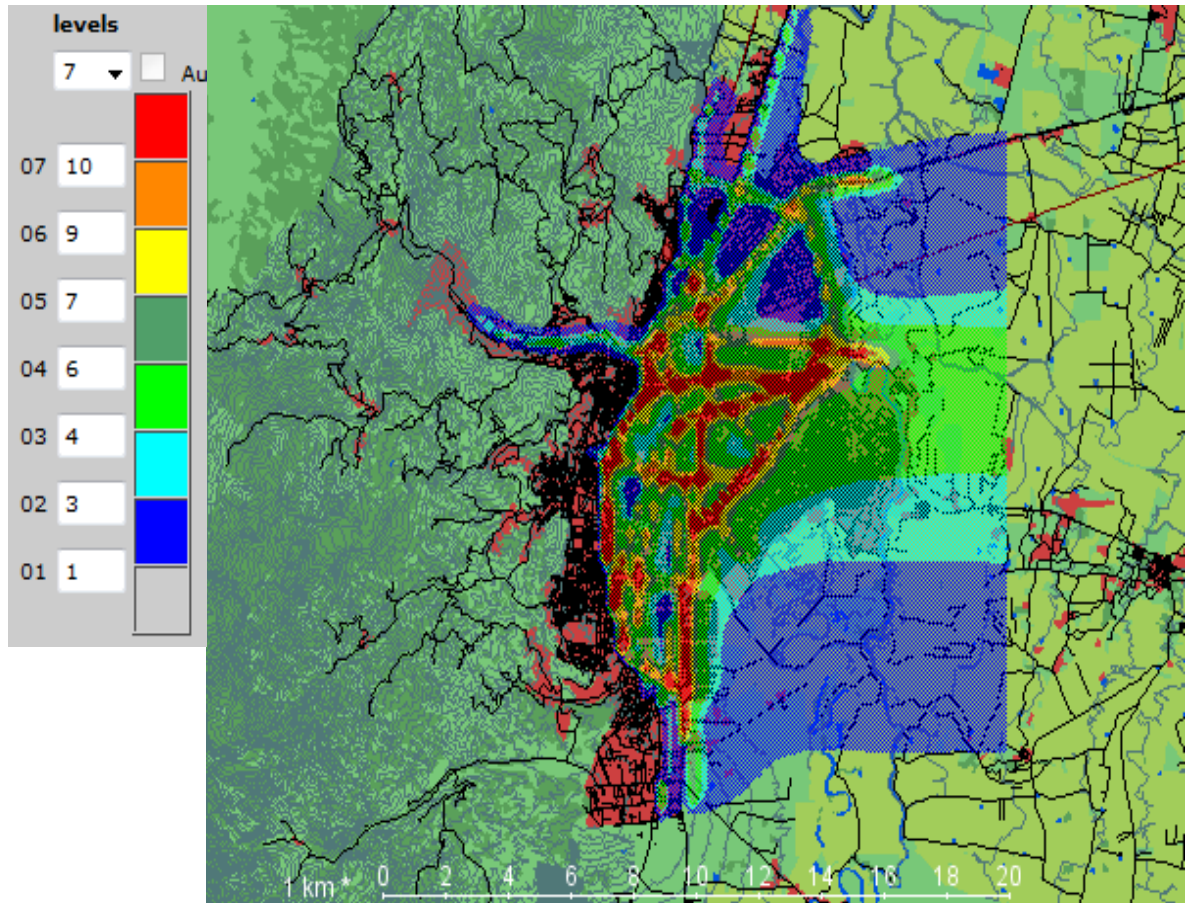


Figura 9. Dispersión de VOC en el escenario base. La concentración en el receptor de referencia es $4.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



77

Figura 10. Dispersión de NOx en el escenario base. La concentración en el receptor de referencia es $6.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La norma anual es $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

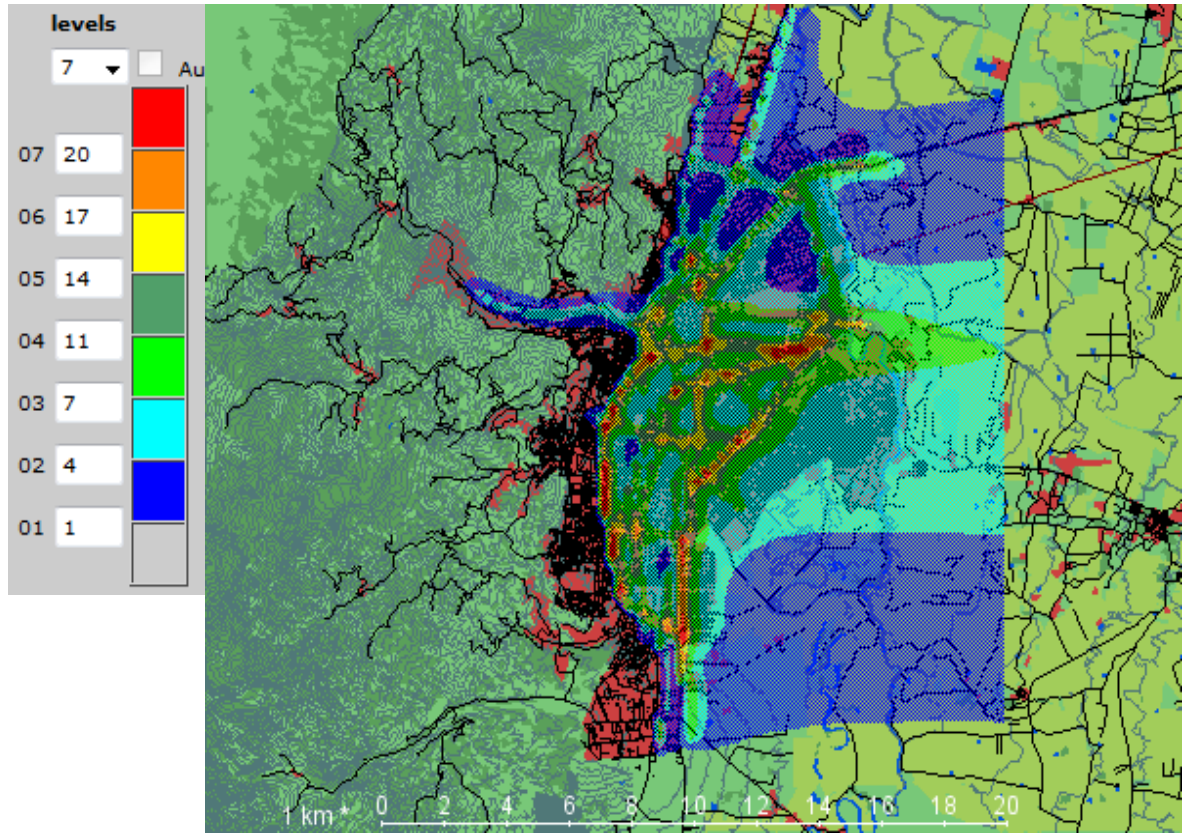


Figura 11. Dispersión de SO_x en el escenario base. La concentración en el receptor de referencia es 0.035 µg/m³. La norma anual es 80 µg/m³.

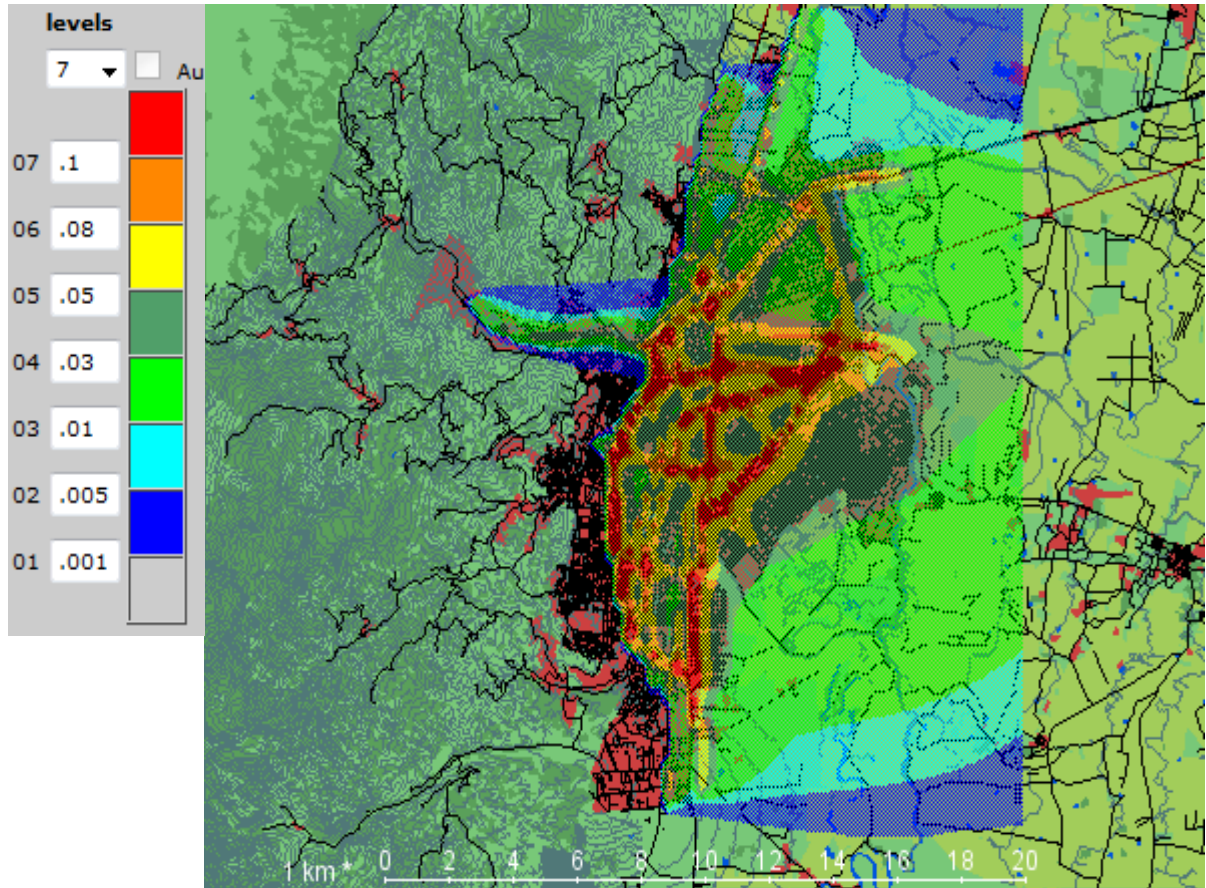
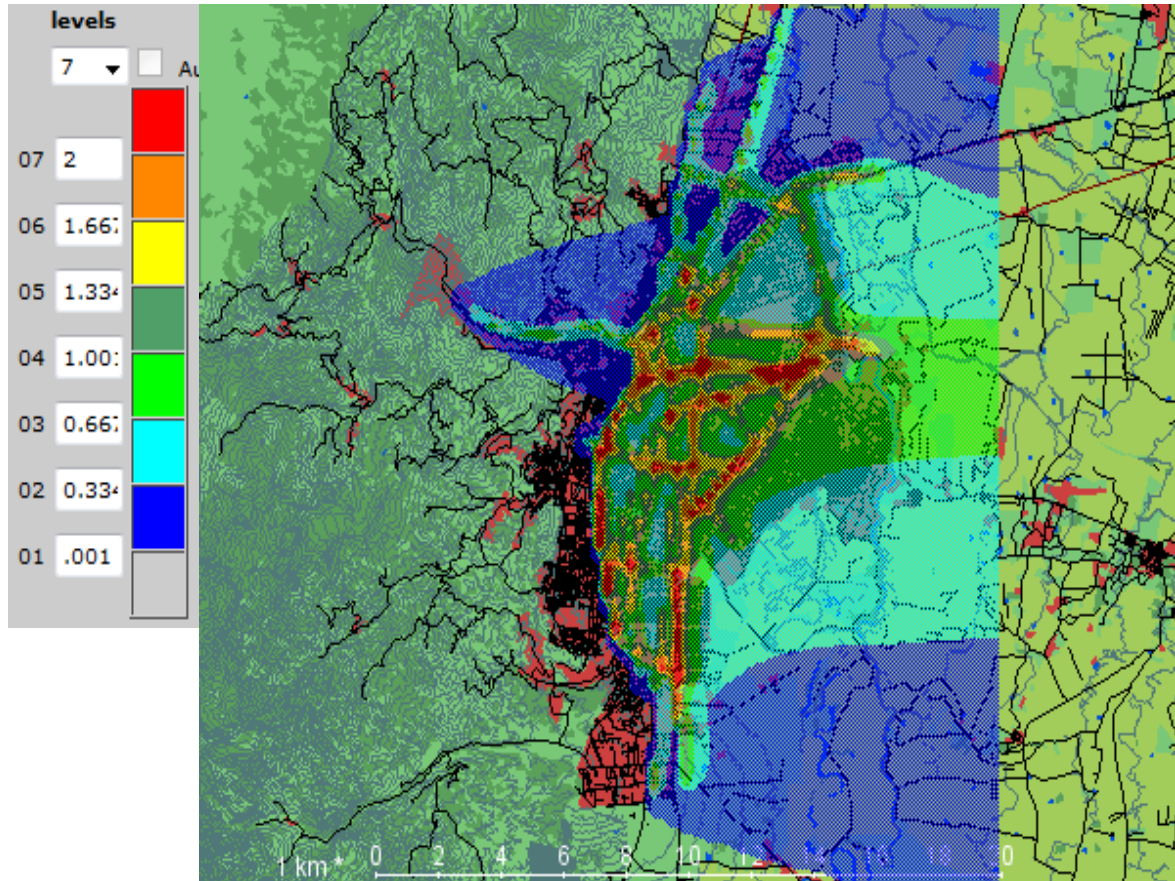


Figura 12. Dispersión de PM en el escenario base. La concentración en el receptor de referencia es $0.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La norma anual es $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



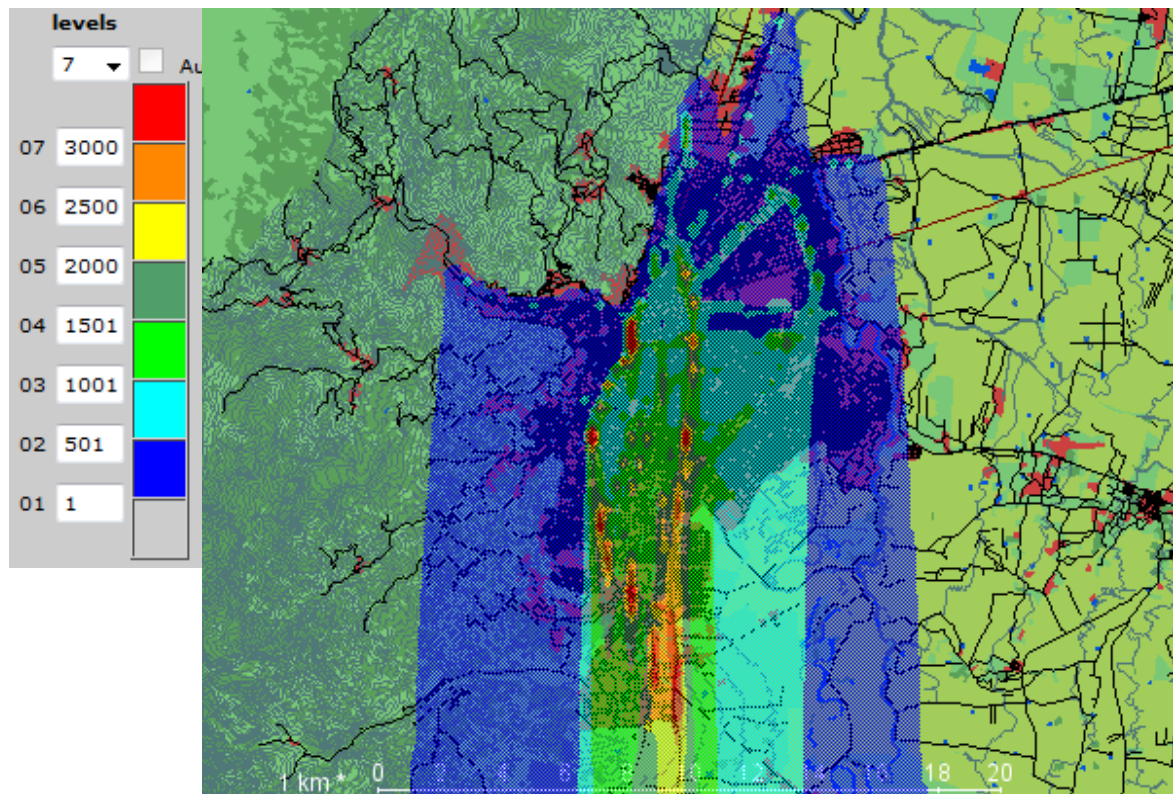
80

Los resultados anteriores deben entenderse en el contexto del modelo elegido, pues los valores de las concentraciones calculadas en las Figuras 9 a 13 son en general pequeños comparados con los que se miden en las estaciones de monitoreo de calidad del aire o con las normas existentes para ésta. Pero debe recordarse que nuestro modelo no incluye las fuentes fijas, las concentraciones de fondo, ni el resto de las fuentes móviles.

Como ya se anotó, las 25 vías contribuyen apenas la cuarta parte de las emisiones móviles que arroja el IVE. Por otra parte se está contemplando condiciones casi ideales para la calidad del aire (atmósfera inestable y viento de 2.0 m/s desde el oeste).

Si se corre el escenario base asumiendo condiciones adversas: viento mínimo (0.5 m/s es el límite inferior que admite el modelo gaussiano de AIRVIRO) desde el norte, con atmósfera MUY ESTABLE (el otro extremo), se encuentran concentraciones máximas de CO de hasta 3500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en algunos puntos de la ciudad (ver Figura 13). Considerando el 75% restante de emisiones de las demás vías no incluidas, sería factible acercarse a concentraciones del orden de 10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que corresponde a la norma para 8 horas (no hay norma anual para CO). Así que se puede concluir, a partir del modelo, que los vehículos existentes Cali, en condiciones meteorológicas adversas, tienen la capacidad de causar (sin más fuentes) la violación de las normas de calidad de aire, al menos para CO.

Figura 13. Dispersión de CO para el escenario base en condiciones meteorológicas adversas: atmósfera MUY ESTABLE con viento mínimo de 0.5 m/s proveniente del norte. En algunas zonas (en rojo) se calculan concentraciones de hasta 3500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



3.3. Escenarios de mejoramiento de la calidad del aire.

Se consideran en este estudio cuatro escenarios realistas de mejoramiento, uno a corto plazo y tres a mediano plazo: conversión a gas natural vehicular (GNV) de la totalidad de la flota de taxis; restricción de tráfico (pico y placa) a motocicletas; incremento del uso del MIO por pasajeros de vehículos particulares; y reducción del contenido de azufre en los combustibles.

3.3.1. Escenario 1: conversión a gas natural vehicular de taxis.

En general el GNV es un combustible más limpio que la gasolina E10 o el diesel, así que es pertinente considerar el impacto de su mayor utilización. Según el presente estudio, el 81% de los taxis de la ciudad utilizan GNV. El escenario considerado supone que, a mediano plazo, el 19% restante realiza la conversión, de forma que la totalidad de la flota de taxis use GNV como combustible exclusivo en dicho escenario.

Bajo este supuesto, el modelo IVE arroja una modificación de los factores de emisión promedio para taxis (q.v.), presentada en la Tabla 5.

82

Tabla 5. Modificación de los factores de emisión (valores medios) para taxis en el Escenario 1.

Escenarios	CO (mg/km)	VOC (mg/km)	NOx (mg/km)	SOx (mg/km)	PM (mg/km)
81% de taxis con GNV (Escenario base)	9448	141	1283	4,90	1,72
100% de taxis con GNV (Escenario 1)	9439	47,2	1093	0,55	0,45

Puede apreciarse que casi todos los factores mejoran, incluyendo VOC, PM y especialmente SOx.

Una vez se modifica el escenario base según la Tabla anterior, el módulo EDB de AIRVIRO arroja los siguientes resultados para las emisiones totales de las 25 vías consideradas: en CO, VOC, NOx y PM la reducción (respecto al escenario base) es insignificante (menos del 1%), pero para SOx hay una reducción del 3%, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Emisiones medias totales (en gramos por segundo) provenientes de las 25 vías en el Escenario 1 y su variación respecto al escenario base.

Emisiones totales (g/s)	CO	VOC	NOx	SOx	PM
Escenario base	1180,35	134,42	191,72	1,36	22,42
Escenario 1	1180,26	133,53	189,91	1,32	22,41
Variación	-0,008%	-0,662%	-0,944%	-2941%	-0,045%

Al modelarse la dispersión de SOx con los mismos parámetros descritos en la sección anterior, se encuentra que la contribución a la concentración de ese contaminante por las 25 vías consideradas en el modelo en el punto receptor de referencia R cae de 0.035 a 0.032 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Si se tiene en cuenta que las 25 vías generan aproximadamente el 25% de las emisiones vehiculares totales, puede inferirse que el Escenario 1 supondría una reducción del orden de 0.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en R. En otro punto al nor-orienté (NO) de R donde las concentraciones son máximas, la reducción total es de 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para valorar qué tan significativa sería esta reducción es necesario conocer las contribuciones de las fuentes fijas. Como no se dispone de ello en este estudio, es posible, sin embargo, comparar esta reducción con la norma anual colombiana, que es de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, o con las concentraciones promedio que se miden en la ciudad, las cuales están alrededor de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ según el más reciente informe anual (DAGMA, INFORME ANUAL DE CALIDAD DE AIRE, ESTACIONES: ESCUELA REPUBLICA DE ARGENTINA & ÉXITO LA FLORA, Periodo Enero – Noviembre 2012). Se observa que en las circunstancias del modelo (que con atmósfera inestable genera las menores concentraciones para unas emisiones dadas), el impacto sobre la calidad del aire de implementar la alternativa analizada es mínimo, aún para las concentraciones de óxidos de azufre.

83

3.3.2 Escenario 2: restricciones vehiculares para motocicletas.

Ahora se considera un escenario a corto plazo, la restricción a la movilidad de motocicletas. En Cali dicha restricción está implementada actualmente solo para automóviles particulares (no puede circular un 20% de esa flota durante las horas pico de lunes a viernes), para taxis (20% todo el día toda la semana) y los colectivos urbanos (10% lunes a viernes entre las 10:00 y las 16:00). Las

motocicletas no están sujetas a estas medidas, y sin embargo constituyen una proporción cada vez mayor del parque automotor, con altos factores de emisión de CO y VOC especialmente.

El Escenario 2 considera el efecto en el modelo de una restricción vehicular para motocicletas análoga a la de vehículos particulares, prohibiendo el tránsito del 20% de ellas durante las horas de mayor tráfico, que corresponden precisamente a los valores de los flujos vehiculares que se alimentan en el modelo de base de datos. En el escenario simplemente se reduce en un 20% la fracción de motocicletas para cada uno de los dos tipos de vías, ignorando otros efectos (como el incremento del flujo de otros vehículos). EL cambio con relación al escenario base consiste, entonces, en modificar la Tabla 2 para obtener los resultados mostrados en la Tabla 7.

Tabla 7. Composición vehicular para los dos tipos de vías modeladas en el Escenario 2, con un 20% menos de motocicletas. Nótese que ahora los porcentajes no suman 100%.

Escenario 2 Vía Arterial	Motos 2 y 3 ruedas	Particular ligero	Taxi	Camioneta	Buses	MIO	Camiones
Principal	24,08%	37,90%	9,90%	11,50%	7,30%	2,10%	1,30%
Secundaria	20,48%	37,40%	14,00%	14,00%	4,80%	1,10%	3,30%

84

Una vez se modifica el escenario base según la Tabla anterior, el módulo EDB de AIRVIRO arroja los resultados registrados en la Tabla 8 para las emisiones totales de las 25 vías consideradas:

Tabla 8. Emisiones medias totales (en gramos por segundo) provenientes de las 25 vías en el Escenario 2 y su variación respecto al escenario base.

Emisiones totales (g/s)	CO	VOC	NOx	SOx	PM
Escenario base	1180,35	134,42	191,72	1,36	22,42
Escenario 2	1095,36	118,54	189,61	1,33	21,7
Variación	-7,2%	-11,8%	-1,1%	-2,2%	-3,2%

A diferencia del Escenario 1, el esquema de restricción vehicular para motocicletas tiene un impacto importante en las emisiones totales de VOC (disminución del 12%) y CO (disminución del 7%).

Al correr el modelo de dispersión con los parámetros habituales (“favorables”) se encuentra que la contribución a la concentración de CO por las 25 vías consideradas en el modelo en el punto receptor de referencia R cae de 37 a 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y la de VOC disminuye de 4.2 a 3.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Debe recordarse, sin embargo, que estas reducciones no corresponden en las mismas proporciones a las que se tendrían para las concentraciones que incluyen el efecto de todas las demás fuentes que no se consideran en el modelo, tanto móviles como fijas.

3.3.3 Escenario 3: incremento en la utilización del MIO

Ahora se considera un escenario a mediano plazo en el cual disminuye un 10% el flujo de vehículos particulares (incluyendo camionetas) como consecuencia del incremento del uso del MIO por esos usuarios. En este escenario se tiene en cuenta el aumento correspondiente de la flota del MIO para acomodar esos pasajeros. El cálculo en el modelo IVE (*q.v.*) arroja que son 67000 usuarios que pasarían al MIO, lo cual supone un incremento del 13.6% en el flujo del sistema de transporte masivo. Para implementar este escenario en el módulo EDB de AIRVIRO, entonces, el cambio con relación al escenario base consiste en modificar la Tabla 2, arrojando los resultados presentados en la Tabla 9.

85

Tabla 9. Composición vehicular para los dos tipos de vías modeladas en el Escenario 3, con un 10% menos de particulares (ligeros y camionetas), y el correspondiente incremento del 13.6% en el MIO.

Escenario 3	Motos 2 y 3 ruedas	Particular ligero	Taxi	Camioneta	Buses	MIO	Camiones
Arterial principal	30,10%	34,11%	9,90%	10,35%	7,30%	2,13%	1,30%
Arterial secundaria	25,60%	33,66%	14,00%	12,60%	4,80%	1,11%	3,30%

Una vez se modifica el escenario base según la Tabla anterior, el módulo EDB de AIRVIRO arroja los resultados registrados en la Tabla 10 para las emisiones totales de las 25 vías consideradas:

Tabla 10. Emisiones medias totales (en gramos por segundo) provenientes de las 25 vías en el Escenario 3 y su variación respecto al escenario base.

Emisiones totales (g/s)	CO	VOC	NOx	SOx	PM
Escenario base	1180,35	134,42	191,72	1,36	22,42
Escenario 3	1116,51	129,63	183,99	1,25	22,3
Variación	-5,4%	-3,6%	-4,0%	-8,1%	-0,5%

El mayor impacto de este escenario es la reducción de un 8% en emisiones totales de SOx. También se reducen las emisiones de CO en algo más del 5% y 4% las de NOx. El efecto en las emisiones de PM es casi nulo.

Al correr el modelo de dispersión con los parámetros habituales (“favorables”) se encuentra que la contribución a la concentración de SOx por las 25 vías consideradas en el modelo en el punto receptor de referencia R cae de 0.035 a 0.030 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que este escenario sería una estrategia viable para reducir las concentraciones de este contaminante.

86

3.3.4. Escenario 4: disminución del contenido de azufre en combustibles

Considerando finalmente un escenario a mediano plazo en el cual se mejora el contenido de azufre tanto en la gasolina E10 como en el diesel. En el escenario base (y en el modelo IVE) se tomó como referencia un contenido de azufre de 300 ppm para la gasolina y de 50 ppm para el diesel. En este escenario 4 se supone que disminuye a 50 ppm en la gasolina y a 15 ppm en diesel. Para implementar este escenario en AIRVIRO, en el módulo EDB del modelo base se modifica en la Tabla 3 los factores de emisión para SOx según el cálculo del IVE de la reducción indicada se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Factores de emisión de SOx para el Escenario 4.

Escenario 4	Camiones	Buses	Motos	Particulares	Taxis	Camionetas	MIO
SOx (mg/km)	4,5	2,9	1,27	5,23	1,21	3,37	3,6

Una vez se modifica el escenario base según la Tabla anterior, el módulo EDB de AIRVIRO arroja los siguientes resultados para las emisiones totales de SOx presentes en la Tabla 12

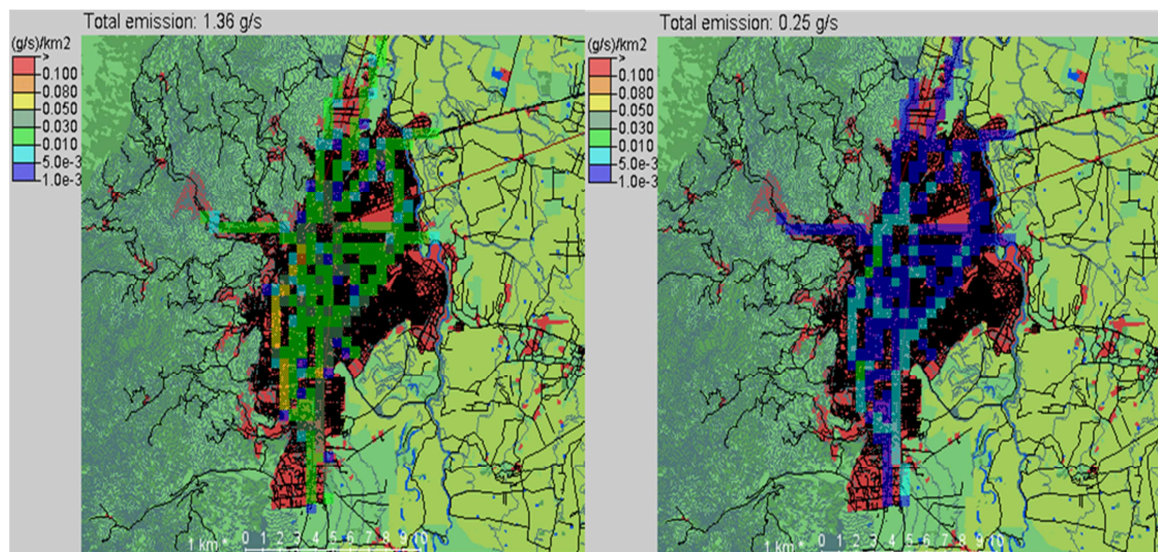
Tabla 12. Emisiones de SOx (en gramos por segundo) provenientes de las 25 vías en el Escenario 4 y su variación respecto al escenario base.

Emisiones totales (g/s)	Escenario base	Escenario 4	Variación
SOx (g/s)	1,36	0,25	-81,60%

Como era de esperarse, la disminución en el contenido de azufre de los combustibles tiene un gran impacto en las emisiones de SOx, lográndose una reducción del 80% sobre escenario base. La Figura 14 compara la distribución de emisiones de SOx en los dos escenarios, con la misma escala de niveles.

87

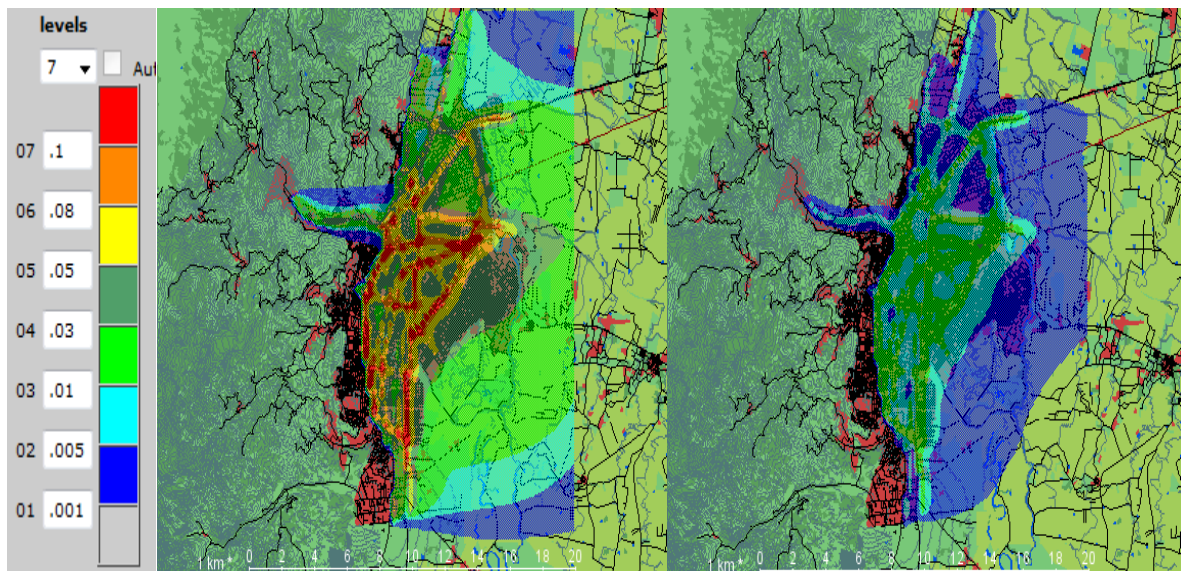
Figura 14. Distribución espacial de las emisiones medias de SOx en el escenario base (izquierda) y en el escenario de reducción de azufre en combustibles (Escenario 4) (derecha).



Las concentraciones del contaminante también disminuyen significativamente: corriendo el modelo de dispersión con las mismas condiciones de viento y estabilidad atmosférica del escenario base en el punto receptor de referencia R caen de a 0.035 a 0.0026 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y los contornos de concentración son muy diferentes, como se puede apreciar en la Figura 15.

Figura 15. Distribución espacial de las emisiones medias de SOx en el escenario base (izquierda) y en el escenario de reducción de azufre en combustibles (Escenario 4) (derecha).

. Las condiciones atmosféricas son las mismas en ambos casos y la escala de niveles es la misma en ambas Figuras.



88

3.4. Conclusiones.

De los cuatro escenarios considerados, el de mayor impacto en el mejoramiento de la calidad del aire es el número 4 (disminución de azufre en combustibles), que según el modelo contribuye a una disminución del 80% en las emisiones de SOx.

El de menor impacto es el Escenario 1 (conversión a GNV de taxis), debido a que actualmente el 80% de esa flota funciona con dicho combustible. En el Escenario 2 (restricción vehicular para motocicletas) se prevén mejoramientos modestos (del orden del 10%) en las emisiones de CO y VOC, pero no en las demás.

Finalmente, el Escenario 3 (incremento del uso del MIO por particulares) se prevé una disminución del 8% en las emisiones totales de SO_x, y considerablemente menos en los demás contaminantes.

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD PROCESO DE ACREDITACIÓN DEL SVCASC

Contenido

	Pág
4. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD PROCESO DE ACREDITACIÓN DEL SVCASC	92
4.1. ACTUALIZACIÓN DE DOCUMENTOS	100
4.1.1. Formatos técnicos	100
4.1.2. Procedimientos técnicos	101
4.1.3. Hojas de vida de equipos	101
4.1.4. Creación de instructivos	101
4.1.5. Revisión de documentos	102
4.1.6. Organización de carpetas	102
4.2. REUNIONES	102

90

Lista de Tablas

		Pág
Tabla 1	Estaciones SVCA	92
Tabla 2	Lista de verificación para el diagnóstico del sistema de gestión del SVCA en base a la NTC/ISO 17025:2005	93
Tabla 3	Nivel de cumplimiento de los requisitos de la NTC/ISO 17025:2005 de acuerdo con el diagnóstico inicial realizado	99
Tabla 4	Cronograma de reuniones	103

4. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD PROCESO DE ACREDITACIÓN DEL SVCASC

Con el objetivo de continuar con el proceso de acreditación de la SVCA (Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire) bajo la norma NTC-ISO 17025:2005 se llevó a cabo un diagnóstico del estado inicial del sistema de calidad y la revisión de los documentos existentes con los que cuenta el grupo de Calidad del Aire del DAGMA en la ciudad de Cali, con el fin de establecer, cuáles de ellos deberían modificarse y cuales crearse en base a los requerimientos de la norma.

El alcance del sistema de gestión de calidad para la acreditación de bajo la norma NTC/ISO 17025:2005 incluye las estaciones de monitoreo de la calidad del aire las cuales se describen en la Tabla 1 a las cuales se está implementando el sistema de gestión de calidad.

Tabla 1. Estaciones SVCA

Nombre de la Estación	Coordenadas		Comuna	Dirección
	Latitud	Longitud		
Base Aérea	3°27' 25,66"	76°30' 8,29"	7	Carrera 8 No 58-67
Pance	3°18' 19,22"	76°31' 57,29"	Corregimiento	Kilómetro 17 vía a Jamundí
Universidad del Valle	3°22'40.48"	76°32'1.72"	22	Calle 13 No 100-00
Compartir	3°25'42.20"	76°28'0.12"	21	Calle 112 con Carrera 25

92

Las actividades realizadas en la implantación del sistema de gestión de la calidad bajo la norma 17025:2005 para el SVCA se centraron en la ejecución de las siguientes actividades:

Diagnóstico del estado inicial del sistema de gestión del SVCA: Para determinar el estado actual del sistema de gestión de la calidad del SVCA se realizó un diagnóstico, los ítem de la lista de verificación se relacionaron con los documentos existentes del SVCA, suministrados por la Ing. Gisela Arizabaleta (Director Técnico) del SCVA en la Tabla 2.

Tabla 2. Lista de verificación para el diagnóstico del sistema de gestión del SVCA en base a la NTC/ISO 17025:2005

	REQUISITOS	NA	NO	IDEA	DOCUME NTADO	IMPLE NTADO	REGISTR OS DE IMPLE
4	REQUISITOS DE GESTIÓN						
4.1	ORGANIZACIÓN						
4.1.1	¿Está establecida la responsabilidad legal, existe algún documento que lo acredite como legalmente responsable?					x	
4.1.2	Se han identificado requisitos de la Norma ISO/IEC x7025:2005, necesidades del cliente, autoridades reglamentarias u organizaciones que otorgan reconocimiento				x		
4.1.3	Se ha establecido el alcance Instalaciones permanentes, sitios fuera de sus instalaciones permanentes, o instalaciones temporales o móviles				x		
4.1.4	Se ha establecido Responsabilidades del personal clave				x		
4.1.5	se han establecido los deberes del laboratorio				x		
a)	se han establecido el personal administrativo y técnico				x		
b)	El laboratorio se encuentra libres de presiones internas y externas ¿Que mecanismo existe para garantizar que el personal se encuentra libre de presiones que afecte la idoneidad de los ensayos y resultados?			x			
c)	¿Qué medidas se han implementado con el fin de proteger la confidencialidad de los resultados?			x			
d)	Se tienen políticas y procedimientos para evitar involucrarse con actividades inapropiadas			x			
e)	Está definida la estructura de gestión del laboratorio, su ubicación dentro de la organización superior y las relaciones entre la gestión de la calidad, las operaciones técnicas y los servicios de apoyo?			x			
f)	Se han identificado la responsabilidad, autoridad e interrelaciones del personal				x		
g)	Se realiza supervisión del personal que ensaya o calibra			x			
h)	Se ha identificado dirección técnica				x		
i)	Se ha seleccionado el responsable de la calidad				x		
j)	se han establecido los sustitutos			x			
k)	Conciencia del personal				x		
4.1.6	Se han establecido los procesos de comunicación dentro del laboratorio			x			
4.2	SISTEMA DE GESTIÓN						
4.2.1	¿La documentación del sistema de gestión es comunicada, comprendida, y se encuentra disponible e implementada?			x			
4.2.2	Tienen un manual de calidad?				x		
	Se tiene una política de la calidad?				x		
a)	Se tiene un compromiso de la dirección con la buena práctica profesional y la calidad de sus ensayos y calibraciones durante el servicio a sus clientes?				x		
b)	Se tiene una declaración de la dirección con respecto al tipo de servicio ofrecido por el laboratorio?				x		
c)	Se tiene un propósito del sistema de gestión concerniente a la calidad?				x		

93

	Se tiene PROCEDIMIENTO(S) para la selección y compra de servicios y suministros			x			
	se tiene una metodología para la compra, recepción y almacenamiento de reactivos y materiales consumibles que se necesiten			x			
4.6.2	¿Se mantiene un registro de las inspecciones/ verificaciones realizadas a los suministros, reactivos y productos consumibles para comprobar que se cumplen los requisitos establecidos?			x			
4.6.3	Se hace una Descripción de los servicios y suministros solicitados en los documentos de compra?			x			
	se tiene una metodología para la revisión técnica y aprobación de las órdenes de compra			x			
4.6.4	¿Dispone el laboratorio de un listado de los proveedores de consumibles, suministros y servicios críticos evaluados y aprobados así como registros de su evaluación?			x			
4.7	SERVICIO AL CLIENTE						
4.7.1	Se han establecido los procesos de comunicación con el cliente?			x			
4.7.2	Se tiene información de retorno tanto positiva y negativa de los clientes (en cuenta de satisfacción, revisión de informes de ensayo etc.) ?			x			
	Se utiliza y analiza la información de retorno?			x			
4.8	QUEJAS						
	Se tiene una política para la solución de quejas			x			
	Existe un procedimiento para la solución de quejas			x			
	Se mantiene registro de quejas, investigaciones y acciones correctivas			x			
4.9	CONTROL DE TRABAJO DE ENSAYOS NO CONFORMES						
4.9.1	Se tiene una política para trabajo no conforme?			x			
	Se tiene un procedimiento para trabajo no conforme?			x			
	Se tiene identificado las responsabilidades y autoridades para la gestión del trabajo no conforme?			x			
4.10	MEJORA						
	Existe mejora demostrable a través de las auditorías internas?			x			
	Existe mejora demostrable a través de la política de calidad?			x			
	Existe mejora demostrable a través de los objetivos de calidad?			x			
	Existe mejora demostrable a través del análisis de los datos?			x			
	Existe mejora demostrable a través de las acciones correctivas?			x			
	Existe mejora demostrable a través de las acciones preventivas?			x			
	Existe mejora demostrable a través de la revisión por la dirección?			x			
4.11	ACCIONES CORRECTIVAS						
	Se tiene un procedimiento para la implementación de acciones correctivas?				x		
	Se tiene una política para la implementación de acciones correctivas?				x		
	Existe una metodología para el análisis de las causas, investigación para determinar las causas raíz del problema?			x			
4.11.4	Se realiza seguimiento de las acciones correctivas?			x			

4.12	ACCIONES PREVENTIVAS						
4.12.1	Se han identificado las necesidades de mejoras y potenciales fuentes de no conformidades?			x			
	Se tienen planes de acción?			x			
4.12.2	Se tiene procedimiento (s) para acciones preventivas?			x			
	CONTROL DE REGISTROS						
4.13.1.1	Se han establecido los registros que evidencian el cumplimiento de los requisitos técnicos y de calidad?			x			
	Los registros son almacenados en un ambiente adecuado para prevenir los daños, el deterioro y las pérdidas.			x			
4.13.1.2	Se ha establecido el tiempo de retención de registros			x			
4.13.1.3	Seguridad y confidencialidad de los registros			x			
4.13.1.4	Tienen procedimientos para proteger y salvaguardar los registros electrónicos			x			
	REGISTROS TÉCNICOS						
4.13.2.1	Se tiene registros de calibración?			x			
	Se mantiene una copia de cada informe de ensayos?				x		
4.13.2.2	Se tiene registro de las observaciones, datos y cálculos?				x		
4.13.2.3	Se tiene una metodología para la Corrección de errores?				x		
4.14	AUDITORIAS INTERNAS						
4.14.1	Se ha elaborado un programa y plan de auditorías internas de calidad?				x		
4.14.3	Se mantienen los registros de la auditoría interna				x		
4.14.4	Se realizan actividades de seguimiento a la auditoría			x			
4.15	REVISIONES POR LA DIRECCIÓN						
4.15.1	Se han establecido las entradas, los resultados y otras características del proceso de revisión por la dirección?			x			
4.15.2	Se registran los hallazgos de las revisiones por la dirección y las acciones que surgen de ello?			x			
5.0	REQUISITOS TÉCNICOS						
5.2	Se ha determinado la competencia del personal que realiza trabajos que afectan a la calidad del producto/servicio?				x		
	Existe una metodología que permita identificar las necesidades de formación y suministrar la misma al personal del sistema de gestión?				x		
	Se mantienen registros que evidencien la educación, formación, habilidades y experiencia?				x		
5.3	Instalaciones y condiciones ambientales						
	Conocen cuales son las condiciones ambientales que pueden afectar la calidad requerida de las mediciones			x			
5.3.2	Realizan seguimiento, control y registro de las condiciones ambientales			x			
5.3.3	se tiene una separación eficaz entre áreas vecinas incompatibles			x			
5.3.4	Se tiene control de acceso y uso de las áreas que afectan a la calidad de los ensayos			x			
5.3.5	Existen medidas para asegurar orden y limpieza			x			
5.4	Métodos de ensayo y validación de métodos						
5.4.1	Se utilizan métodos y procedimientos apropiados?				x		
	Existen instructivos sobre el uso y funcionamiento del equipo pertinente y sobre manipulación y preparación?				x		
	Los documento (instructivos, procedimientos, manuales) se encuentran actualizados y disponibles?				x		
5.4.2	Los métodos de ensayo y/o calibración cumplen con las necesidades del cliente?				x		

	Se hace uso de la última edición de una norma			x		
	Se realiza la selección del método cuando el cliente no lo especifica				x	
	El Método elegido por el laboratorio; es informado al cliente			x		
	Se realiza notificación al cliente sobre métodos no normalizados			x		
	Métodos no normalizados, que diseña o desarrolla el laboratorio han sido validados antes de su utilización			x		
5.4.5.2	Se mantienen Registros de validación			x		
5.4.6.1	Se tiene un procedimiento para estimar la incertidumbre de la medición			x		
5.4.7	Se realiza verificación de los Cálculos y transferencia de datos				x	
5.4.7.2	Se asegura que los computadoras o equipos automáticos son adecuado para el uso				x	
	Se han implementado procedimientos para proteger los datos?				x	
	Se hace mantenimiento de las computadoras y los equipos automatizados?				x	
5.5	Equipos					
	Se cuenta con los equipos de medición o ensayo requeridos?				x	
	Existe programas de mantenimiento y calibración?				x	
	Se realiza Calibración del equipo antes de ser puesto en servicio?				x	
5.5.3	Los equipos son operados por personal autorizado y entrenado?				x	
	Existen instrucciones actualizadas sobre uso y mantenimiento ?				x	
5.5.4	Existe una Forma única de identificación del equipo?			x		
5.5.5	Se mantienen Registros de los equipos?				x	
5.5.6	Se tienen procedimientos para la manipulación segura, transporte, almacenamiento, uso y mantenimiento planificado?				x	
5.5.7	Existe una metodología para el control de uso de equipos defectuoso, manipulación inadecuada, sobrecargado o de resultados dudosos?			x		
5.5.8	Se tiene una Indicación del estado de calibración?			x		
5.5.12	Existe una metodología para la protección de los equipos contra ajustes de hardware como software, que pudieran invalidar los resultados?				x	
5.6	Trazabilidad de las mediciones					
	Existe un procedimiento establecido para la calibración de los equipos?			x		
	Se ha participado en un programa de comparaciones interlaboratorio?			x		
	Se utilizan patrones de referencia y materiales de referencia?			x		
5.6.3	Se tiene un programa y procedimiento para la calibración de los patrones de referencia?			x		
5.7	Muestreo					
	Se tiene un plan y procedimientos para el muestreo				x	
	Se encuentra disponibilidad del plan de muestreo y del procedimiento de muestreo en el sitio donde se realiza				x	
	Se han identificado las Desviaciones, adiciones o exclusiones del procedimiento de muestreo			x		
	Se tiene un procedimiento para registro de datos y operaciones del muestreo				x	
5.8	Manipulación de los ítems ensayo					
5.8.1	Se tiene unos procedimientos para el transporte, recepción, manipulación, protección, almacenamiento, conservación o disposición final de los ítems de ensayo o de calibración?				x	
5.8.2	Se tiene un Sistema para identificar los ítems de ensayo?				x	
5.8.3	Se tiene Registro de anomalías o desvíos de las condiciones normales o especificadas en el momento de la recepción			x		

5.8.4	Se tiene Procedimientos e instalaciones apropiadas para evitar deterioro, pérdida o daño del ítem de ensayo o calibración			x			
	Se realiza Mantenimiento, seguimiento y registro de las condiciones ambientales del almacenamiento?				x		
5.9	Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración						
	Se tiene Procedimientos de control de calidad				x		
	Se detectan tendencias y aplicación de técnicas estadísticas			x			
	Se hace uso regular de materiales de referencia certificados o control de calidad interno utilizando materiales de referencia secundarios			x			
	Se ha participado en comparaciones interlaboratorios o programas de ensayos de aptitud			x			
	Se realiza el análisis de los datos de control de calidad			x			
5.10	Informe de resultados						
	Los resultados son informados en forma exacta, clara, no ambigua y objetiva, de acuerdo con los métodos					x	
	Los informes incluyen toda la información requerida por el cliente, la necesaria para la interpretación de los resultados y toda la información requerida por el método utilizado					x	
	Se tienen Informes simplificados para clientes internos o por un acuerdo escrito con el cliente			x			
NA	Requisito no aplicable bajo los parámetros de exclusión de ISO 17025:2005						
NO	Requisito aplicable, pero no diseñado, ni desarrollado, ni implementado						
IDEA	Requisito en proceso de diseño o desarrollo como especificación del Sistema de Gestión de Calidad						
DOCUMENTADO	Requisito Implementado, con resultados, registros y evidencias						
IMPLEMENTADO	Requisito Implementado y auditado con resultados conformes						
REGISTROS DE IMPLEMENTACIÓN	Requisito auditado y en proceso de mejoramiento continuo						

A continuación se presenta en la Tabla 3 la información consolidada del nivel de cumplimiento de los requisitos generales relativos a la gestión y técnicos, con el fin de visualizar el estado inicial de cada requisito (ver anexo Calidad).

Tabla 3. Nivel de cumplimiento de los requisitos de la NTC/ISO 17025:2005 de acuerdo con el diagnóstico inicial realizado

Numeral	Requisito relativos a la gestión (NTC-ISO/IEC 17025:2005)	Porcentaje Cumplimiento del requisito	
		Inicial	Actual
4.1	Organización	41%	75%
4.2	Sistema de gestión	48%	75%
4.3	Control de documentos	36%	75%
4.4	Revisión de los pedidos, ofertas y contratos	25%	75%
4.5	Sub contratación de ensayos y calibraciones	Excluido	Excluido
4.6	Compra de servicios y suministros	25%	75%
4.7	Servicio al cliente	25%	75%
4.8	Quejas	25%	75%
4.9	Control de trabajo de ensayos no conformes	25%	75%
4.10	Mejora	25%	75%
4.11	Acciones correctivas	25%	75%
4.12	Acciones preventivas	25%	75%
4.13	Control de registros	25%	75%
4.13	Registros técnicos	44%	75%
4.14	Auditorías internas	42%	42%
4.15	Revisiones por la dirección	25%	70%
5.2	Personal	50%	75%
5.3	Instalaciones y condiciones ambientales	25%	75%
5.4	Métodos de ensayo y validación de métodos	40%	75%
5.5	Equipos	43%	75%
5.6	Trazabilidad de las mediciones	25%	75%
5.7	Muestreo	44%	75%
5.8	Manipulación de los ítems ensayo	40%	75%
5.9	Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración	30%	75%
5.10	Informe de resultados	58%	75%

El requisito 4.5 Subcontratación de ensayos y/o calibraciones se excluyó debido a que el SVCA no realiza esta actividad. Los resultados del diagnóstico permitieron evaluar el estado inicial del Sistema de Gestión de Calidad para el desarrollo adecuado de los procedimientos y documentos del SCVA según los requerimientos de la Norma NTC/ISO 17025:2005

Una vez realizada la etapa del diagnóstico, fue necesario llevar a cabo la actualización de formatos, instructivo y procedimientos técnicos, hoja de vida de los equipos, entre otros. A continuación se hace la descripción de estos procedimientos:

4.1. ACTUALIZACIÓN DE DOCUMENTOS

4.1.1 Formatos técnicos

Los formatos técnicos fueron actualizados con el fin de cumplir con los requisitos técnicos señalados en la Norma NTC/ISO: 17025:2005 para la acreditación del SVCA. Los formatos fueron revisados por el señor Jairo Copete y por la Ing. Gisela Arizabaleta director técnico del laboratorio.

100

- SVCASC.FT.01 Autorización de personal
- SVCASC.FT.02 Evaluación de desempeño
- SVCASC.FT.03 Evaluación de actividad de formación
- SVCASC.FT.04 Formato control de acceso a estaciones de monitoreo
- SVCASC.FT.05 Formato control de condiciones ambientales
- SVCASC.FT.06 Formato de verificación calibración analizadores de gases
- SVCASC.FT.07 Calibración Verificación monitores de partículas
- SVCASC.FT.08 Calibración Analizador de partículas
- SVCASC.FT.09 Inventario Interno de Equipos
- SVCASC.FT.10 Hoja de Vida de Equipo
- SVCASC.FT.11 Traslado de Equipos
- SVCASC.FT.12 Formato Visita Estación Monitoreo(Check List)

4.1.2. Procedimientos técnicos

Se realizó la actualización de los procedimientos técnicos puesto que los existentes en el SVCA hacían referencia a equipos viejos y desde enero 2013 se incorporaron nuevos equipos para realizar las mediciones.

- SVCASC.PT.02 Procedimiento análisis de ozono en aire
- SVCASC.PT.03 Procedimiento análisis de óxidos de nitrógeno en aire
- SVCASC.PT.05 Procedimiento análisis semiautomático de material particulado PM10 y PM2.5

4.1.3. Hojas de vida de equipos

Se actualizaron las fotografías de los equipos, se estableció la ubicación actual del equipo y corrigió el número de serial para las siguientes hojas de vida de equipos:

- Hoja-de-API-100A
- Hoja-de-API-200A
- Hoja-de-API-300
- Hoja-de-API-700
- Hoja-de-Vida-API-701
- Hoja de Vida CO
- Hoja de Vida NOx
- Hoja de Vida O₃
- Hoja de Vida SO₂
- Hoja de Vida Calibrador

101

4.1.4. Creación de instructivos

Creación de instructivos de los nuevos equipos incorporados para realizar las mediciones.

- Instructivo NOx
- Instructivo O₃
- Instructivo SO₂

- Instructivo Calibrador

4.1.5. Revisión de documentos

Se realizó la lectura de cada uno de los siguientes documentos del sistema de gestión para verificar el cumplimiento de los requerimientos del sistema de gestión:

- Plan anual de formación de personal
- Plan mantenimiento, verificación y calibración de equipos

4.1.6 Organización de carpetas

Con el fin de organizar la información que debe permanecer en cada estación, se establecieron las carpetas físicas por estación las cuales contienen las hojas de vida e instructivos de los equipos, formatos relacionados y procedimientos de los ensayos realizados en cada estación.

102

4.2. REUNIONES

Se realizaron reuniones generales e individuales con el objetivo de motivar la participación de cada miembro en el desarrollo del proyecto, conceptualizar el significado del proyecto para la organización y explicar las nuevas funciones y responsabilidades como resultado de la elaboración y modificación de los procedimientos y registros del Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio. En estas reuniones se acordaron los siguientes puntos (Tabla 4):

- Adquisición de Termohigrómetros para cada estación (2 equipos donados por la Pontificia Universidad Javeriana, Cali)
- Adquisición de extinguidor para cada estación (2 unidades donadas por la Pontificia Universidad Javeriana Cali)
- Captura de datos en los formatos
- Compra de consumibles, insumos y materiales necesarios para el mantenimiento de los equipos en cada estación
- Calibración de los equipos
- Actualización de las hojas de vida y perfiles de cargos
- Programación del mantenimiento preventivo

Tabla 4. Cronograma de reuniones

Fecha	Tema	Asistentes	Firma
25/11/2013	Actualización formatos y diagnóstico	Ing. Gisela Arizabaleta Jairo copete	
6/11/2013	Compra Termohigrómetros	Ing. Gisela Arizabaleta	
23/10/2013	Visita estación Univalle	Ing. Gisela Arizabaleta Jairo copete	
28/10/ 2013	Actualización formatos	Ing. Gisela Arizabaleta Jairo copete	

CAMPAÑA DE SENSIBILIZACION HACIA UNA MOVILIDAD SUSTENTABLE

Contenido

	Pág
5. CAMPAÑA DE SENSIBILIZACION HACIA UNA MOVILIDAD SUSTENTABLE	107
5.1. FASE 1	107
5.1.1. Reuniones representantes de la administración municipal	108
5.1.2. Reuniones con representantes de la comuna 22	108
5.1.3. Reuniones con representantes de la comuna 22	108
5.2. Reuniones con directivas de la Pontificia Universidad Javeriana	109
5.2.1. Jornada de sensibilización para los directivos de las entidades educativas de la zona sur de Cali	110
5.2.2. Jornada de sensibilización para los directivos de las entidades educativas de la zona sur de Cali	110
5.2.3. Campaña de un día desarrollada por estudiantes de comunicación de diseño vidual	114
5.2.4. CURSO TALLER DE DISEÑO URBANO Y MOVILIDAD CON SEGURIDAD VIAL	115
5.3. VISITA A ENTIDADES DE LA COMUNA	115
5.4. DISEÑO DE LA CAMPAÑA	116
5.4.1. Objetivo general	116
5.4.2. Objetivos específicos	116
5.4.3. Objetivos específicos	116
5.4.4. Metodología	117
5.4.5. Propuesta campaña	118
5.4.5.1. Llévame	118
5.4.5.1.1. Fase1: Lanzamiento	118
5.4.5.1.2. Fase 2: Identificación del sistema	118
5.4.5.2. Llévate	118
5.4.5.3. Llévalo	119
5.4.5.4. Déjate llevar	120
5.4.5.4.2. Información y educación Contexto	120
5.4.5.4.1. Lanzamiento	121
5.5. Conclusiones	121

Lista de tablas

	Pág
Tabla 1 Indicadores y metas de la fase I	107

5. CAMPAÑA DE SENSIBILIZACION HACIA UNA MOVILIDAD SUSTENTABLE

El objetivo del módulo de la campaña se orientó hacia la planeación y ejecución de estrategias de transporte alternativo y prácticas amigables con el medio ambiente, mediante la sensibilización de la comunidad sobre los aspectos contextuales, sociales y culturales de la movilidad para reducir el uso del carro, mejorar el comportamiento en las vías y disminuir la contaminación al aire producida por este factor y así, entre todos, aportar por un ciudad con una movilidad fluida y un mejor aire para respirar.

El proceso general de la campaña se llevó a cabo en dos fases. La fase 1 se orientó a sensibilizar a los representantes, directivos y funcionarios responsables de la movilidad en las instituciones de la comuna 22 y la fase 2 generó el despliegue de información, mensajes, piezas de comunicación e intervenciones en el espacio público y posteriormente se propone realizar actividades complementarias que permitan generar experiencias que refuercen los mensajes emitidos y que le permitan a la comunidad apropiarse de la idea de la cultura del encuentro.

106

5.1. FASE 1

Las líneas de acción de la campaña en esta fase incluyeron las siguientes estrategias y la Tabla 1 muestra los indicadores, participantes y metas.

- Elaboración de formatos sobre intensidad de movilidad y diligenciamiento de éstos por parte de cada una de las instituciones de la comuna 22 con el propósito de que cada una de ellas revise su gestión sobre el uso del transporte al interior de la misma.
- Realización de reuniones con residentes de la comuna 22 para comprometer su participación en las acciones que se tomen conjuntamente con las instituciones, para conocer sus problemas de movilidad y para tomar en cuenta sus particularidades dentro de la propuesta de campaña que se genere.
- Implementación del curso de movilidad sustentable con el fin de presentar a los actores puntuales de la movilidad en Santiago de Cali herramientas en este campo.

- Presentación de jornadas de sensibilización con el propósito de motivar a los asistentes sobre el uso racional del transporte dentro del contexto de movilidad sustentable.
- Realización de reuniones con grupos focales para revisar estrategias en común que permitan disminuir en el uso del carro en sectores como el de las universidades y colegios.
- Planeación y diseño de campaña publicitaria cuyo objetivo es el hacer uso de herramientas de comunicación para la publicidad de la campaña: logos, slogan, stickers, etc.

Tabla 1. Indicadores y metas de la fase I

Indicador	Participantes	Meta
11 Reuniones de socialización realizadas	3 Reuniones con Personal de Administración Municipal 3 Reuniones con representantes de la comunidad-residentes. 2 Reuniones con representantes de las universidades de la comuna. 3 Reuniones con directivos de la Pontificia Universidad Javeriana	Presentar el proyecto Revisar estrategias y compromisos de la comunidad
2 Jornadas de sensibilización	1. Comunidad en general 1. Directivos de la Pontificia Universidad Javeriana. (Asistencia: 157 personas) 1 Jornada producto de un trabajo de la cátedra de diseño	Presentación de la importancia de la movilidad sustentable y de sus estrategias.
1 Curso internacional de movilidad y transporte	35 Representantes de la comuna 22, Representantes de las constructoras de la ciudad Representantes de la Administración Municipal, Estudiantes de pregrado de Ingeniería Civil, Profesores de la Universidad Javeriana e Integrantes del proyecto en mención.	Curso internacional de movilidad y transporte de una semana (48 horas), dictado en la Pontificia Universidad Javeriana para conocer las tendencias y conceptos estrategias de la movilidad sustentable
1 Trabajo de diseño de la campaña	Participantes: 2 Profesores y Estudiantes de diseño visual, Comunicadora social y Representantes del proyecto	1. Diseño slogan. 2. Diseño de estrategias publicitarias. 3. Diseño métodos de aplicación.
53 Visitas a entidades y empresas de la comuna 22.	6 visitas a Universidades comuna 22. 38 visitas a Colegios de la comuna 22 5 visitas a los Centros de salud 4 visitas a Centros Comerciales Comuna	Visita a diferentes entidades de la comuna 22. Solicitar datos de movilidad que permitieran conocer los polos de entrada de la comuna.

5.1.1. Reuniones representantes de la administración municipal.

Los temas tratados en estas reuniones fueron:

- Alcances de la campaña, recalando que la fase 1 se orientará sensibilizar a los representantes o directivos de las organizaciones.
- Necesidad de diseño y adecuación de andenes y ciclovías asociadas al Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM- MIO).
- Importancia del mejoramiento de la calidad en la prestación del SITM – MIO (frecuencia, cobertura, parqueaderos).
- Formulación de una propuesta en conjunto para presentar a Clean Air Institute, interesado en acciones conducentes al mejoramiento de la movilidad. Ver anexo Campaña

5.1.2. Reuniones con representantes de la comuna 22

En reunión realizada con representantes de la administración municipal y Dagma se acordó seleccionar como área piloto de la campaña, en su primera fase, a la comuna 22, debido a que presenta uno de los mayores problemas de movilidad en la ciudad.

La Comuna 22 ubicada en el sur del municipio de Santiago de Cali, concentra alrededor de 40 Colegios, 13 Instituciones de Educación Superior, 5 Centros Comerciales, más de 10 entidades bancarias, clínicas, centros recreacionales, numerosos concesionarios vehiculares, restaurantes, etc. Diariamente, en las horas pico, circulan cerca de 17.000 vehículos, en su mayoría por las dos únicas vía principales de la comuna. Ver anexo Campaña

- Fomentar en todos los establecimientos el “Comparte Tú Carro”.
- Carnetización de carros de estudiantes para facilitar el carpooling.
- Desarrollo de medidas internas en las universidades (organización de espacios de acuerdo a características de movilidad, cobro de parqueadero, escalonar las horas de llegada y salida de centros educativos, etc.)
- Difusión de información educativa y de sensibilización en los medios universitarios, foros de sensibilización transporte sustentable, etc.
- Jornadas de Información sobre opiniones, actitudes e implicación de estudiantes en el desarrollo sostenible mediante trabajos o proyectos dirigidos por profesores en cátedras específicas.



5.1.3 Reuniones con directivas de la Pontificia Universidad Javeriana

Siendo la Universidad Javeriana quien lidera la campaña, se hace importante adquirir compromisos que generen sinergias con el resto de la comunidad educativa de la comuna 22, con este fin se realizaron reuniones con la representación de sus directivas. En ellas se trabajaron aspectos como:

- Conocimiento del proyecto “campaña de movilidad sustentable, fase I”
- Diseño de alternativas de redunden en la mejor movilidad desde y hacia la Pontificia Universidad Javeriana de Cali
- Estrategias para organización de jornadas futuras de sensibilización.
 - Invitación a los diferentes representantes de la Administración Municipal.
 - Realización de proyectos de movilidad de diferente índole liderados al interior de los programas académicos (Diseño de vías peatonales sobre la avenida Cañas Gordas, redes de ciclovías, etc.).
 - Organización de grupo de movilidad al interior de la Universidad.
 - Realización de reuniones con representantes de otras universidades para toma de decisiones de manera conjunta. Anexo Campaña.



Conferencia sobre Movilidad sustentable dictada a personal directivo de la Pontificia Universidad Javeriana

5.2. JORNADAS DE SENSIBILIZACION.

Las distintas jornadas realizadas pretenden, además de ser informativas, generar un cambio de conducta en el uso de los distintas formas de movilidad y de los espacios urbanos para tal fin. En tal sentido se llevaron a cabo las siguientes actividades:

110

5.2.1 Jornada de sensibilización para los directivos de las entidades educativas de la zona sur de Cali.

Durante la jornada efectuada en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali (Auditorio 5 del edificio Almendros), contó con la asistencia de diversas universidades de la comuna 22, estudiantes, profesores y residentes de la comuna. En esta jornada se presentaron los objetivos de la campaña y las características de una movilidad sustentable. Alrededor de la conferencia se plantearon propuestas de acción al interior de universidades, colegios y residentes de la comuna. (Ver Anexo Campaña).

5.2.2 Jornada de sensibilización para los directivos de las entidades educativas de la zona sur de Cali.

Jornada se denominó “*La movilidad, un asunto de todos*”. La convocatoria se realizó a través de todos los medios a la comunidad en general y se llevó a cabo con la asistencia de 157 participantes en el auditorio los Almendros de la Pontificia Universidad Javeriana. El propósito de la jornada se orientó hacia:

- **La movilidad desde la planeación.** Conferencia dictada por representante de Planeación Municipal
- **La movilidad desde la calidad del aire.** Conferencia a cargo de la ingeniera Gisela Arizabaleta, representante del Dagma.
- **La movilidad y sus estrategias.** Conferencia ofrecida por el arquitecto James Gómez. Director Regional Suroccidente de la Corporación Fondo de Prevención Vial

La siguiente secuencia, muestra la importancia del evento visibilizada en distintos medios de comunicación y evidencias fotoFiguras



MOVILIDAD: ASUNTO DE TODOS

Conversatorio

31 Jueves 13 de Marzo

Aud. Almendros

8:30 am
(Toda la mañana)

Invitados

León Darío Espinosa
Director depto. de planeación vial

James Gómez
Sub. director regional fondo de prevención vial



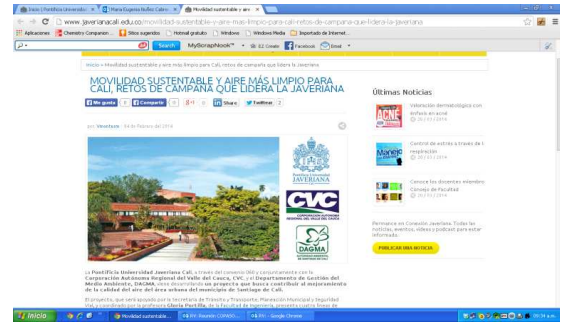
PROMOCION DE LA CAMPAÑA POR MEDIOS

Página Web de la universidad

Noticiero 90 minutos



<http://www.youtube.com/watch?v=bNE6eijdbcU>



Informativo EL tiempo



<http://www.javerianacali.edu.co/movilidad-sustentable-y-aire-mas-lim-pio-para-cali-retos-de-campana-que-lidera-la-javeriana>



http://www.eltiempo.com/colombia/cali/comuna-22-de-cali-preocupada-por-la-calidad-del-aire_13651181-4

Periódico El País



<http://www.elpais.com.co/elpais/90-minutos/videos/impulsan-campana-comparte-tu-carro-comuna-22-cali>

112



Auditorio Javeriano: **“La Movilidad, un asunto de todos”**

INVITADOS ESPECIALES A LA JORNADA



Ingeniero Fernando Martínez
 Departamento Administrativo de Planeación Municipal
 Conferencia : **Visión de la movilidad en el POT**

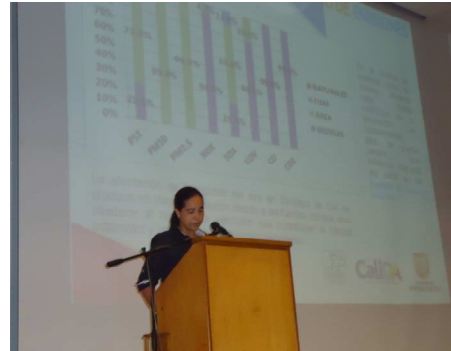


Ingeniero: James Gomez G.
 Director Regional Suroccidente de la Corporación Fondo de Prevención Vial
 Conferencia: **“La movilidad como derecho: retos y desafíos”.**

INVITADOS ESPECIALES A LA JORNADA



Directora del Dagma : Dra Martha Cecilia Landazabal M
Presentación: Importancia de la campaña de sensibilización



Ingeniera Gisela Arizabaleta (Dagma)
Conferencia Transporte y sustentabilidad

5.2.3 Campaña de un día desarrollada por estudiantes de comunicación de diseño vidual.

114

Un grupo de estudiantes del programa académico de Comunicación en Diseño Visual de la Pontificia Universidad Javeriana realizó la actividad de "Comparte el Carro" donde presentaron a los usuarios de los parqueaderos la posibilidad de comprar su carro con otros estudiantes para optimizar su uso. Esta actividad implicó el diseño de un logo, slogan y aplicativo. Fue aceptada de muy buen forma por la comunidad que ese día compartió el carro y opinó sobre esta problemática con quienes utilizaron su transporte.



Comparte tu Carro
"Javeriano ayuda a Javeriano"

5.2.4 CURSO TALLER DE DISEÑO URBANO Y MOVILIDAD CON SEGURIDAD VIAL

Se realizó un curso de cuarenta horas sobre movilidad y transporte sustentable, dictado por invitados internacionales y dirigido a la comunidad interesada y de alguna manera responsable de la movilidad. El encuentro se llevó a cabo en la Pontificia Universidad Javeriana con la asistencia de representantes de la Administración Municipal, Profesores y estudiantes del programa de Ingeniería Civil, representantes de las constructoras y residentes la comuna 22. Ver anexo Campaña.



Comunidad académica y sector de Constructoras de la comuna 22

115

5.3. VISITA A ENTIDADES DE LA COMUNA

Con el fin de sensibilizar a cada institución con relación a la movilidad que cada una genera, se visitaron las instituciones para conformar una base de datos que incluye aspectos de movilidad. Entre ellas se incluyen 38 Colegios, 6 Universidades, Centros comerciales, Clubes, Centros de salud.

A cada institución se le hizo entrega de un formato para registrar la movilidad que genera incluyendo el número de buses, busetas, carros particulares y número de peatones que ingresan a la institución en las diferentes franjas horarias y se reportaron a la coordinación del proyecto vía electrónica. El anexo Campaña presenta el mensaje enviado y los formatos diligenciados.

5.4. DISEÑO DE LA CAMPAÑA

Los diseñadores visuales Dr. Diego Giovanni Bermúdez y Fernando Arboleda A, profesores del programa de Diseño de Comunicación Visual formularon el trabajo de diseño concerniente a la campaña como resultado de su participación en diversas reuniones de sensibilización para la ciudad de Cali.

5.4.1 Objetivo general

Generar conciencia en la comunidad caleña sobre el uso de alternativas de movilidad responsable y sustentable que ayuden a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad de Cali. (Ver Anexo Campaña componentes)

5.4.2 Objetivos específicos

- Fomentar el uso de alternativas de movilidad sustentables entre los habitantes de la ciudad de Cali.
- Crear espacios de inclusión y encuentro entre los habitantes de Cali, que les permitan fortalecer la confianza en el otro.
- Replicar el modelo de sensibilización propuesto en otras instituciones y sectores de la ciudad.

116

5.4.3 Objetivos específicos

La contaminación ambiental causada principalmente por la emisión de gases generados por vehículos motorizados, genera un detrimento en la salud de las personas sin contar con los grandes problemas de movilidad que se generan en la ciudad.

La Pontificia Universidad Javeriana Cali, la CVC y el DAGMA, se unieron para desarrollar un proyecto que busca contribuir al mejoramiento de la calidad del aire del área urbana del municipio de Santiago de Cali.

5.4.4 Metodología

La campaña se realizará en dos fases: la primera comprenderá el despliegue de información, mensajes, piezas de comunicación e intervenciones en el espacio

público, que informen sobre la campaña y fomenten las cuatro prácticas sobre las que se fundamenta la propuesta: Compartir el automóvil, utilizar la bicicleta y caminar, uso responsable del automóvil y transporte público. En la segunda se propone realizar actividades complementarias, pedagógicas e integradoras (evento de lanzamiento, festivales itinerantes y espacios recreativos) que a partir de la lúdica permitan generar en la comunidad experiencias que generen conciencia sobre la importancia de los hábitos amigables con el medio ambiente y sobre la cultura del encuentro.

5.4.5 Propuesta campaña

Nombre: “Plan Lleva”, Programa de movilidad sustentable para Cali

El Plan Lleva es una campaña que busca fomentar el uso de alternativas de movilidad amigables con el medio ambiente, a través de espacios de encuentro en los que se reivindique la identidad del ‘ser caleño’, de recorrer y disfrutar la ciudad, de jugar en los parques y de compartir con el otro.

En el Plan se reforzarán cuatro componentes:

- Compartir el automóvil: Llévame, me llevas, te llevo
Color identificador: Amarillo
- Uso de transporte masivo: Déjate llevar
Color identificador: Azul
- Uso de bicicleta y hábito de caminar: Llévate
Color identificador: Verde
- Uso responsable del automóvil: Llévalo
Color identificador: Rojo

La implementación del Plan debe estar articulada a una política concreta, gubernamental y de largo plazo, que involucre a todos los actores del proyecto e incluya mejoras en infraestructura, seguridad y sistema de transporte masivo, entre otros.

Durante la implementación del Plan se desplegarán piezas publicitarias en puntos estratégicos de la ciudad (estaciones del sistema masivo, eucoles, vallas, centros comerciales, etc. Ver detalles en anexo Campaña).

5.4.5.1 Llévame. Este componente del Plan consiste en fomentar el hábito de compartir el carro para desplazarse hacia su lugar de estudio, trabajo o vivienda. Además de mejorar la situación de movilidad de la ciudad, se fortalecen los nexos de ciudadanía.

5.4.5.1.1. Fase1: Lanzamiento. Se hará el lanzamiento del Plan en una fiesta por la vida, que convoque a los diferentes actores de la comunidad, en este caso de la Comuna 22 de Santiago de Cali, y que permita un espacio de encuentro en el que la comunidad conocerá el Plan y se motivará a ser replicador de la campaña.

5.4.5.1.2. Fase 2: Identificación del sistema. Se definirán puntos de encuentro (para recoger a las personas que tomen la misma ruta del conductor) a través de un sistema de comunicación (contacto personal, referido y redes sociales) que permita socializar las necesidades de transporte de la comunidad y se demarcarán con el identificador de la campaña.

Dentro de cada institución u organización se delimitará con una textura en stencil, una zona de parqueo privilegiada (por cercanía, ubicación o comodidad) exclusiva para llevar a cabo la acción. Para acceder a esta zona las personas deben llegar con un mínimo de dos personas en sus carros.

Recomendación: Para optimizar la estrategia de compartir el carro, se debe diseñar e implementar una aplicación para teléfonos inteligentes, que permita la comunicación directa entre los carpoolers, para conocer rutas, puntos de encuentro y demás.

5.4.5.2 Llévate. Este componente del plan consiste en incentivar el caminar y el uso de la bicicleta en la comunidad caleña, con el propósito de reducir la cantidad de carros en las vías de la ciudad y evitar la congestión en horas pico en los paraderos de los alimentadores del sistema de transporte masivo (MIO).

Para incentivar este componente, se recomienda a la ciudad y a las instituciones vinculadas propiciar las condiciones favorables para hacerlo, tales como mejorar la infraestructura de las ciclorutas, adaptar espacios para parqueo las bicicletas y brindar seguridad y acompañamiento a quienes lo hagan.

El club, como primer punto se busca identificar a las personas que en cada institución participante (universidad, colegio, empresa, etc.) que actualmente se movilizan en bicicleta, con esto se les invitará a ser parte del club Llévate.

Este club tendrá como fin incentivar la cultura del uso de bicicleta y el caminar la ciudad como medios de movilización, lo cual propiciará un sentido de pertenencia frente a la ciudad. El club buscará masificar el uso de la bicicleta y generar conciencia sobre medios alternativos de movilidad, para esto se proponen varias actividades:

- Se creará una página en Facebook que mantenga informada a la comunidad, para esto se debe hacer un plan de contenidos, al inicio se harán concursos para ganar likes dentro de la página.
- Las bicicletas tendrán elementos distintivos que las identificarán como integrantes del club.
- Planear recorridos por la ciudad con el fin de fortalecer el reconocimiento del club entre los caleños y generar lazos de inclusión, solidaridad y comunidad.
- Realizar una camiseta representativa del club
- Mostrar a la bicicleta como una alternativa amigable, divertida y segura de transporte.

119

Se difundirá por diferentes medios, información comparativa que demuestre que una persona en bicicleta llega más rápido a cualquier parte de la ciudad en hora pico que una persona en su carro, además de que el uso de la bicicleta contribuye con la salud del ser humano.

5.4.5.3 Llévalo. Este componente del Plan Lleva consiste en motivar a aquellos que tienen automóvil para que lo mantengan en buen estado mecánico. El mensaje será el siguiente:

Si tienes carro, además de compartirlo y utilizarlo lo menos que puedas, debes mantenerlo en buen estado para minimizar el impacto ambiental que genera. Revísalo constantemente, hazle mantenimiento y mantén al día su revisión técnico-mecánica; estos son tus deberes mínimos con el medio ambiente.

Para llevar a cabo esta etapa, se recomiendan la realización de las siguientes actividades:

- Entrega de material informativo sobre la campaña, contando en qué consiste, cómo puede cada uno aportar con el cuidado de su automóvil, qué se está haciendo sobre el tema desde la política pública, etc.
- Jornada de cuidado del carro: Promociones en lavadas, revisión de emisiones (alianza con centros de diagnóstico, venta de seguro del carro, revisión de extintores, etc.).
- Entrega de calcomanías a quienes hagan las revisiones del carro, que certifiquen que ese carro es amigo del ambiente y parte del Plan Lleva.
- Entrega de piezas Figuras en las que a través de datos se comunique cuánto contamina un carro, el espacio que ocupa frente a las bicicletas y el transporte masivo, etc.

5.4.5.4 Déjate llevar. Esta parte del Plan Lleva se centra en invitar a la población caleña a encontrar en el uso adecuado del transporte público, una opción de movilidad urbana más allá de la utilización del automóvil particular. Por ello, se pretende desarrollar una propuesta de carácter pedagógico que incentive la decisión de bajarse del automóvil para subirse al transporte público (MIO).

Déjate llevar es una estrategia de sensibilización del uso responsable del transporte público y para su buen desarrollo debe ir acompañado de acciones concretas por parte del gobierno de la ciudad para mejorar la prestación actual del servicio de transporte urbano (construcción del portal sur, ampliación de frecuencias, adecuación del sistema, etc.) ya que es muy difícil incentivar el uso de un servicio que se presta de manera deficiente. Esta iniciativa se propone llevar a cabo en las siguientes fases:

5.4.5.4.1 Información y educación | Contexto: Más allá de llevar a cabo acciones dedicadas a generar expectativa en la población, se puede llegar a resultados similares con la emisión de mensajes que informen sobre las ventajas de dejar el auto en casa para transportarse en el MIO (economía, comodidad, seguridad, rapidez, eficiencia, etc., todas por mejorar), pero ante todo educar a las personas para que utilicen bien el transporte público, respetando las normas de convivencia en el sistema que hagan su uso más amigable para todos. Por ejemplo, hacer que la frase “dejar salir es entrar más rápido” se convierta en un estribillo que todos digamos en las estaciones al entrar y salir de los buses; ello permitiría organizar esta etapa que en muchos casos es caótica, ante todo en horas pico. La clave es conocer el sistema y sus reglas porque en muchos casos la

gente las desconoce, igualmente las cifras de cobertura, cómo funciona el sistema, etc. Para ello se proponen piezas impresas (postales, volantes, separadores de página, etc.).

El otro punto esencial es invitar a los caleños a que piensen en su transporte público como una oportunidad para el encuentro, para que dejemos de pensar solo en nosotros sino en colectivo, como un grupo que nos emparentamos a partir de nuestras diferencias. Allí, el reto radica en presentar el sistema como un amigo que te abriga y te sirve. Con ello, podemos lograr sentido de pertenencia como lo han logrado sistemas de transporte masivo como Transmilenio y el metro de Medellín.

5.4.5.4.2 Lanzamiento. Al nacer el proyecto de un juego, la idea es invitar a los caleños a hacerse partícipes para que todos asumamos roles, por ejemplo, los conductores son los que *“la llevan”* y nos llevan, por lo cual tendrían un distintivo que dijera algo como *“yo te llevo”*. Igualmente los usuarios asumiríamos el rol de policías cívicos, velando por el buen uso del sistema como lo propone la campaña Inteligencia Vial del Ministerio de Transporte. La idea no es castigar sino hacer reflexionar. Se recomienda pensar en estrategias pedagógicas de comunicación donde la clave es trabajar de manera personalizada para que el usuario se sienta partícipe de la propuesta. En todo ello, el bus azul del MIO podría pensarse como un personaje amigable que nos permite llegar a casa, conocer nuestra ciudad y encontrarnos con los demás.

121

El anexo Campaña se hace la presentación de la propuesta incluyendo los elementos descritos en cada una de las etapas del “Plan Lleva”.

5.5. Conclusiones

La comunidad en general tiene un conocimiento fragmentado y superficial sobre el desarrollo sostenible y la actual problemática ambiental que genera la movilidad No sustentable. La cultura del uso del carro de manera individual requiere de constantes y diferentes estrategias para su implementación y seguimiento.

Aproximadamente 500 personas recibieron información personal de los objetivos de la campaña. La fase I de la campaña, logro poner en contexto a varios sectores de la comunidad sobre los aspectos que representa una movilidad sustentable.

Los directivos de universidades reconocieron la necesidad de crear sinergias para establecer propuestas comunes, que redunden en la disminución del uso del carro pero se nota resistencia a implementar acciones de manera particular a cada institución.

Los representantes de las diversas instituciones participantes de las actividades programadas, muestran su disposición a actuar en pro de la mejora en la movilidad y del medio ambiente, pero reclaman para ello información útil y pautas concretas de actuación que puedan desarrollar de manera conjunta.

ANEXOS

El conjunto de anexos se encuentran en medio digital, distribuidos en cinco carpetas correspondientes a cada uno de los cuatro procesos, y una con las presentaciones de las reuniones del equipo de trabajo y denominados de la siguiente manera:

EMISIONES: Contiene información referenciada en este documento relativa al módulo de Emisiones Atmosféricas por Fuentes Móviles

DISPERSIÓN: Contiene información referenciada en este documento relativa al módulo de Modelación de la Dispersión de Contaminantes y Análisis de Escenarios para el mejoramiento de la calidad del aire

CALIDAD. Contiene información referenciada en este documento relativa al módulo de Aseguramiento de calidad proceso de acreditación del SVCASC.

CAMPAÑA: Contiene información referenciada en este documento relativa al módulo de Campaña de sensibilización hacia una movilidad sustentable donde se encuentra, en detalle, los componentes de la campaña “LLEVA”

REUNIONES: Registra las presentaciones de los temas revisados en las reuniones de trabajo.

123