
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Selección del punto de medición y muestreo para la caracterización de material particulado más representativo de la ciudad de Bogotá y sus inmediaciones, como inicio de la primera fase del proyecto de investigación 002 (2015-2016) de la Universidad ECCI

Hillary Alexander Barreto Rincón
Liliana García Vega

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ, D.C.
2017

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Selección del punto de medición y muestreo para la caracterización de material particulado más representativo de la ciudad de Bogotá y sus inmediaciones, como inicio de la primera fase del proyecto de investigación 002 (2015-2016) de la Universidad ECCI.


Hillary Alexander Barreto Rincón
Liliana García Vega

Proyecto de Investigación

BERYINY RUIZ CAÑÓN
ESP. EN INGENIERÍA AMBIENTAL

HÉCTOR ENRIQUE ROJAS PARADA
MSC. INGENIERÍA QUÍMICA

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2017

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Agradecimientos

“En primer lugar, queremos agradecer a Dios y nuestras familias por su apoyo constante e incondicional y por ser el motor continuo que nos permite cosechar logros como los que estamos cumpliendo en este momento de nuestras vidas.

Queremos agradecer especialmente a nuestra querida guía y profesora Beryiny Ruiz Cañón ya que sin ella el presente trabajo no hubiera sido posible; valoramos todo el tiempo, dedicación y colaboración permanente en el desarrollo de nuestro proyecto, sus consejos, sus enseñanzas quedarán en nosotros por el resto de nuestras vidas, y ten la seguridad profe que aplicaremos todo lo aprendido contigo en nuestras vidas profesionales; agradecemos también al profesor Enrique Rojas quien también nos brindó su tiempo y conocimiento para este trabajo.

Queremos agradecer al grupo de investigación por brindarnos la oportunidad de realizar un proyecto de tal magnitud y a la Universidad ECCI por habernos permitido aportar en este proceso investigativo relativo a la Calidad del Aire y por aportar un granito de arena en esta carrera tan maravillosa como lo es la Ingeniería Ambiental.

Agradecemos a los diferentes docentes que nos brindaron sus conocimientos y su apoyo en este proceso de formación profesional y personal.

Y para finalizar, un agradecimiento al Ingeniero Camilo Lenguas por su colaboración al facilitarnos la información de la CAR, y a William Herrera, colega nuestro egresado de la Universidad ECCI por suministrarnos material de la estación móvil de la RMCAB.”

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	9
1 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	10
2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	10
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	10
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	11
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	12
4.1 JUSTIFICACIÓN	12
4.2 DELIMITACIÓN	12
5 MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN	13
5.1 MARCO TEÓRICO	13
5.2 MARCO CONCEPTUAL.....	16
5.3 MARCO LEGAL.....	19
5.4 MARCO HISTÓRICO	22
6 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	24
7 DISEÑO METODOLÓGICO	25
8 DEMOGRAFÍA.....	28
9 SALUD PÚBLICA.....	32

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

9.1	CONSOLIDADO ENFERMEDADES RESPIRATORIAS AGUDAS (ERA'S).....	37
9.2	MORBILIDAD	38
9.3	CONSULTAS.....	39
9.4	EMERGENCIAS	40
9.5	INDICADOR: ENFERMEDAD / NÚMERO DE HABITANTES	41
9.6	COMENTARIOS SOBRE SALUD PÚBLICA.....	44
10	INVENTARIOS DE EMISIONES	46
10.1	INVENTARIOS DE EMISIÓN EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.....	48
10.2	INVENTARIOS DE EMISIÓN EN MUNICIPIOS ALEDAÑOS A BOGOTÁ	52
10.3	COMENTARIOS RESPECTO LOS INVENTARIOS DE EMISIONES	54
11	CALIDAD DEL AIRE EN BOGOTÁ.....	56
11.1	RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	56
11.2	COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE PM ₁₀	57
11.3	EXCEDENCIAS DE PM ₁₀ EN BOGOTÁ	64
12	METEOROLOGÍA	72
12.1	ESTACIÓN KENNEDY	73
12.2	ESTACIÓN CARVAJAL-SEVILLANA.....	76
12.3	PLAN DECENAL DE DESCONTAMINACIÓN DEL AIRE	82
	12.3.1 INFORMES DE LA CONTRALORÍA	83
	12.3.2 INFORMES DE LA SDA	83
12.4	COMENTARIOS RESPECTO A LA CALIDAD DEL AIRE.....	85

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

12.4.1	ZONA CRÍTICA	89
13	EQUIPOS.....	91
13.1	ESTACIÓN CALIDAD DEL AIRE.....	91
13.2	ESTACIÓN METEOROLÓGICA	93
14	MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE.....	94
14.1	PREPARACIÓN DE LOS FILTROS.....	94
14.2	CALIBRACIÓN EQUIPO DE CALIDAD DEL AIRE	95
14.3	TOMA DE MUESTRA.....	99
14.3.1	CAMBIO DEL FILTRO.....	100
14.4	POSTERIOR A LA TOMA DE MUESTRA	101
14.4.1	MANEJO DE FILTROS.....	101
15	CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN DE PM ₁₀ A CONDICIONES ESTÁNDAR	102
16	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS.....	103
17	CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL MP	106
17.1	ANÁLISIS EN EL LABORATORIO DE ESPECTROFOTOMETRÍA	106
18	CONCLUSIONES	108
19	RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS	109

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación Calidad de Aire- Enfermedades Respiratorias Agudas	15
Tabla 2. Normatividad Calidad del aire vigente	20
Tabla 3. Tipo de Investigación	24
Tabla 4. Distribución poblacional	29
Tabla 5. Nomenclatura de la Ilustración 6	34
Tabla 6. Boletines epidemiológicos aportados por cada hospital ESE	35
Tabla 7. Número total de casos reportados de ERA'S en Boletines epidemiológicos.....	37
Tabla 8. Consolidado General de ERA's	39
Tabla No. 9. Consultas por ERA's.....	40
Tabla 10. Urgencias / Emergencias por ERA's	41
Tabla 11. Consolidados inventarios de emisiones de Bogotá	48
Tabla 12. Puntos críticos de emisión correspondiente a la Ilustración 8.....	52
Tabla 13. Consolidados inventarios de emisiones de Cundinamarca.....	53
Tabla 14. Estaciones de Monitoreo de Bogotá.....	57
Tabla 15. Análisis de Excedencias por estación	65
Tabla 16. Histórico Rosa de vientos 2005-2010 Estación Kennedy	73
Tabla 17. Histórico Rosa de vientos 2005-2010 Estación Carvajal	77
Tabla 18. Ladrilleras y Cementeras de Usme	86
Tabla 19. Concentración PM10.....	103
Tabla 20. Métodos de caracterización de PM10 - Metales Pesados	107
Tabla 21. Resultados de caracterización de PM10 - Metales Pesados	107

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Distribución del número de partículas en función del diámetro	14
Ilustración 2. Diseño metodológico	25
Ilustración 3. Habitantes por localidad 2015.....	28
Ilustración 4. Mapa de los Hospitales ESE.....	33
Ilustración 5. Indicador Bronquiolitis por cada 10.000 Habitantes	42
Ilustración 6. Indicador SBO por cada 10.000 Habitantes	43
Ilustración 7. Indicador EPOC.....	44
Ilustración 8. Puntos de críticos de emisión	52
Ilustración 9. Mapa SDA- Estaciones de calidad del aire y parámetros meteorológicos.....	56
Ilustración 10. Comportamiento histórico de PM ₁₀ 2005-2015.....	60
Ilustración 11. Comparativo estaciones Kennedy-Carvajal.....	61
Ilustración 12. Modelo de dispersión de PM ₁₀ para el año 2015.....	63
Ilustración 13. Porcentaje de excedencia por estación en Bogotá.....	64
Ilustración 14. Rosa de vientos sobre puesta en Bogotá Estaciones Carvajal- Sevillana, Kennedy	81
Ilustración 15. Mapa ladrilleras y cementeras localidad Usme	87
Ilustración 16. Transporte de MP por acción de los vientos provenientes de Usme	88
Ilustración 17. Componentes equipo Hi-Vol	91
Ilustración 18. Ubicación equipo Hi Vol.....	92
Ilustración 19. Lugar estación Meteorológica	93
Ilustración 20. Ubicación de equipos del proyecto	94
Ilustración 21. Kit de Calibración.....	95
Ilustración 22. Temporizador Manual equipo Hi-Vol.....	101
Ilustración 23. Concentración PM ₁₀	104

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es una problemática latente a nivel mundial que incide directamente en la calidad de vida de la población, siendo uno de los mayores retos que enfrentan los gobiernos actualmente. Esta problemática se ha incrementado cada vez más gracias al desarrollo económico de las ciudades que se enfoca en el crecimiento de los procesos industriales, principalmente de los sectores manufacturero y en especial, el sector transporte, que genera un gran aporte de contaminantes por la utilización de combustibles fósiles.

El presente trabajo inicialmente consolida la revisión bibliográfica relacionada con la epidemiología de Bogotá, de acuerdo a los casos reportados por Enfermedades Respiratorias Agudas ERA's de los hospitales públicos de la ciudad, identificando las zonas con mayores problemáticas de morbilidad por ERA's que podría estar asociada a mayores concentraciones de material particulado.

Posteriormente, se realiza la revisión de los inventarios de emisiones de Bogotá y algunos inventarios de emisiones de los municipios aledaños a la capital, con el fin de reconocer las principales fuentes generadoras tanto fijas como móviles, y estimar las emisiones que generan a la atmósfera. Luego, se presenta el estudio meteorológico que se enfoca en la dinámica de la velocidad y dirección del viento que incide en el transporte y dispersión de los contaminantes. De forma paralela, se realiza el estudio multianual de las concentraciones de PM₁₀ de las doce estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB), identificando las zonas de la ciudad con mayores concentraciones.

Con esta información recopilada, se analizan las diferentes áreas resultantes para definir por su importancia el punto idóneo para el monitoreo de PM₁₀ con la instalación de un equipo Hi-Vol de alto flujo y de una estación meteorológica. Con estos equipos se busca recolectar información propia de las concentraciones de PM₁₀ y obtener la caracterización química del material particulado colectado por el equipo de calidad del aire.

El presente trabajo hace parte de la primera fase del proyecto de investigación 002 (2015-2016) de la Universidad ECCI: *Uso de materiales adsorbentes (Carbón activado, gel de sílice y material vegetal) para determinar la composición química y la eficiencia de remoción del material particulado en la Ciudad de Bogotá; el cual constituye la base de la investigación para dar una visión general de la problemática de emisiones de material particulado en la ciudad, dando paso a la búsqueda de alternativas innovadoras que permitan el mejoramiento de la calidad del aire de la Bogotá.*

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

1 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

Selección del punto de medición y muestreo para la caracterización de material particulado más representativo de la ciudad de Bogotá y sus inmediaciones, como inicio de la primera fase del proyecto de investigación 002 (2015-2016) de la Universidad ECCI.


2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación del aire es una problemática latente relacionada con la salud pública, las enfermedades respiratorias asociadas a los diferentes contaminantes presentes en el aire respirable son una constante en las salas de urgencias de los hospitales de la ciudad de Bogotá. Las afectaciones a la salud derivadas de la contaminación del aire, inciden directamente en la calidad de la vida de las personas, en el aumento de la morbilidad y mortalidad en la población susceptible (niños, adultos mayores), en ausentismos laborales que repercuten en la productividad de las empresas y por ende en la productividad del país. En el año 2014 la Organización Mundial de la Salud (OMS) determino en sus estudios que cerca del 92% de la población vivía en lugares donde no se cumplían los lineamientos estipulados sobre calidad del aire por la OMS y que cerca de un 88% de las muertes prematuras de la población infantil vulnerable corresponde a países en vía de desarrollo (OMS, 2016). De esta manera las iniciativas por parte de la academia en el desarrollo de estrategias en el ámbito científico experimental son vitales para dar respuesta a las necesidades ambientales y sociales de la ciudad. La identificación de alternativas que promuevan una mejora en las condiciones de vida de la población o un menor impacto sobre la salud de las personas, en relación a la calidad del aire respirable, son fundamentales y en el presente proyecto se establece el primer avance del estudio investigativo de la Universidad ECCI, con miras a la caracterización de material particulado en una zona representativa de la ciudad de Bogotá, para el posterior análisis de materiales que puedan adsorber este contaminante disperso en el ambiente.

Por otro lado, para desarrollar el proyecto de investigación interna 002 (2015-2016) de la Universidad ECCI: *Uso de materiales adsorbentes para determinar la composición química y la eficiencia de remoción del Material Particulado en la ciudad de Bogotá*, se plantean tres etapas que se describen brevemente a continuación:

- Selección del lugar más representativo de la ciudad de Bogotá para muestrear y realizar la medición permanente de material particulado (PM₁₀).
- Caracterizar químicamente el material particulado recolectado.
- Identificar la eficiencia de remoción de material particulado en diferentes materiales adsorbentes.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

El presente proyecto de grado corresponde al desarrollo de la primera etapa, y para ello, se tomará en cuenta la información meteorológica de al menos diez años, la información de la calidad del aire de Bogotá y sus alrededores durante el mismo periodo, y la información epidemiológica relacionada con la calidad del aire del sector de estudio.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La selección del sitio de muestreo debe guardar ciertos criterios de representatividad, como por ejemplo que el lugar esté afectado por diversas fuentes de contaminación tanto por fuentes fijas como por fuentes móviles, también debe estar ubicado en un lugar de fácil de acceso y que brinde seguridad para la instalación del equipo. En este proceso de selección se tomarán en cuenta los estudios epidemiológicos de la ciudad de Bogotá, junto con los factores meteorológicos que tienen directa influencia sobre la dispersión o concentración del contaminante Material Particulado (MP), también se recopilan los estudios científicos relacionado con la calidad del aire respecto al material particulado en la ciudad y sus inmediaciones.

3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el área más representativa en la ciudad de Bogotá para la toma de muestras de Material Particulado

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el **Hot Spot** de PM₁₀ para la ciudad de Bogotá, considerando lo siguiente: análisis multianual (10 años) de concentración PM₁₀, epidemiología, fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos más relevantes, y, condiciones meteorológicas.
- Efectuar el monitoreo de calidad del aire del contaminante PM₁₀ en el lugar más representativo seleccionado, aplicando las metodologías avaladas por el IDEAM.
- Identificar la presencia de metales pesados en el material particulado recolectado en la fase operativa.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

4 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 JUSTIFICACIÓN

La contaminación del aire en relación al material particulado (MP) está directamente relacionada con la calidad de vida de la población, ya que la salud se ve afectada por la presencia de este contaminante en el aire respirable como lo menciona (Cancino, Gaitán, & Behrentz, 2007) la población se ve expuesta durante el 90% del año a concentraciones diarias de MP que exceden los $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ (máximo anual permitido), dato preocupante si se tiene en cuenta que la Organización Mundial de la Salud considera perjudicial una exposición permanente a $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP anual (OMS, 2005).

Causa principal de esto, es el desarrollo de la ciudad que ha traído consigo un crecimiento en el sector industrial y en el sector transporte, teniendo como consecuencia directa la generación de un mayor número de emisiones de diferentes contaminantes, pero especialmente del material particulado (Secretaria Distrital de Ambiente, 2010).

De forma paralela en el año 2010 se celebró el 4° Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad del Aire y Salud Pública (CASAP) donde se evidenció la necesidad de mayores investigaciones relacionadas con la caracterización química del material particulado.

De esta manera el aporte del proyecto en el ámbito académico e investigativo, es la de contribuir a la identificación de la zona de la ciudad de Bogotá de mayor problemática de calidad del aire por PM_{10} , para efectuar el monitoreo de concentración y la caracterización de este contaminante.

4.2 DELIMITACIÓN

El presente trabajo hace parte de la primera fase del proyecto de investigación de convocatoria interna 002 (2015-2016) de la universidad ECCI, que presenta la propuesta de selección y análisis de diferentes materiales para la adsorción de material particulado. Por lo cual, el alcance de la primera fase del proyecto, está dado por la definición de la zona más representativa de la ciudad de Bogotá para llevar a cabo el monitoreo de material particulado.

Paralelo a esta actividad se estará caracterizando químicamente el material recolectado, para ello se utilizarán diferentes técnicas como son la espectrofotometría de absorción atómica y método de digestión por microondas.

Como agentes limitantes del desarrollo de este proyecto se identifican los siguientes aspectos que, aunque se garantizaron en el desarrollo de la convocatoria interna 002 (2015-2016), es posible que su disponibilidad no sea inmediata y se retrase el cronograma establecido:

- La compra del equipo Hi-VOL y todos sus accesorios y consumibles
- La disponibilidad de la estación de meteorología
- La disponibilidad de laboratorios y reactivos

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- La elección de un punto representativo de la ciudad para la medición que brinde seguridad para la instalación del equipo

5 MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 MARCO TEÓRICO

El material particulado en términos generales se define como un conjunto de partículas tanto sólidas como líquidas de tipo orgánico e inorgánico y con diferentes distribuciones granulométricas que se encuentran suspendidas en la atmósfera. El término también aplica para partículas sedimentables de un diámetro mayor a 20 μ g que permanecen durante unas pocas horas en la atmósfera (Ayora Ibáñez, 2004). Estas pueden ser provenientes de fuentes naturales como de fuentes antropogénicas, siendo estas últimas las de especial interés por sus riesgos a la salud humana. La formación de estas partículas puede estar dada por la emisión puntual de una fuente generadora o puede formarse directamente en la atmósfera gracias a la interacción de diferentes sustancias y reacciones químicas que se dan entre ellas (Ayora Ibáñez, 2004). Este contaminante se puede expresar en forma de concentración de masa (μ g/m³). Entender cuál es su composición química permitirá identificar cuáles son las fuentes de generación y que tipo de partículas son las más aportantes (Vargas & Rojas, 2010). Algunos estudios realizados hasta el momento, sugieren de forma general la composición química del material particulado, este puede estar compuesto de material mineral y aerosoles (en los que se incluyen las partículas sedimentables, en suspensión y los humos) cuando es de origen natural, o compuestos de Azufre (S), compuestos de Carbono (C) y metales pesados cuando es de origen antropogénico (Ayora Ibáñez, 2004), siendo para (Hena Martínez, Quijano Vargas, & Quijano Parra, 2010) la principal composición del MP de metales pesados y compuestos orgánicos.

El tamaño de las partículas puede estar comprendido entre nanómetros (nm) y decenas de micras (μ g), siendo característica principal de la fuente generadora, junto con la composición química del mismo (Ayora Ibáñez, 2004). En la siguiente figura se puede ver de forma general la clasificación granulométrica de acuerdo al número de partículas.


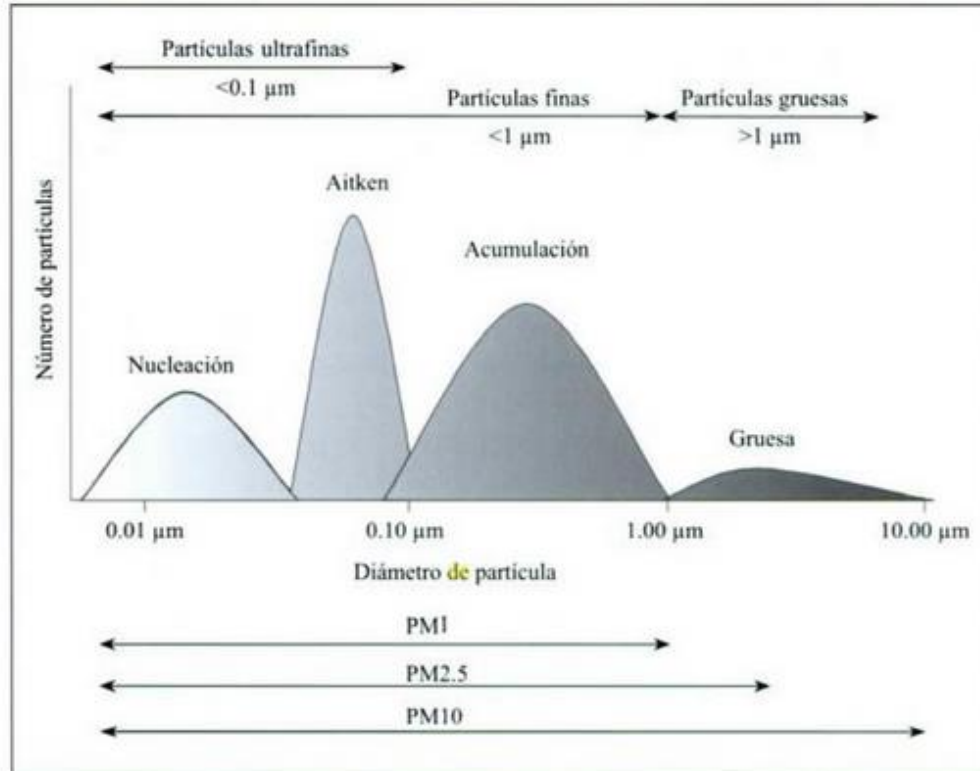
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Ilustración 1. Distribución del número de partículas en función del diámetro



Fuente: Ayora, 2004 (modificado de EPA, 1996)

El material particulado inferior a 10 micras (PM_{10}) resulta ser el principal problema relacionado con la calidad del aire, ya que es el contaminante que presenta mayores concentraciones en la ciudad de Bogotá (Vargas & Rojas, 2010).

El factor meteorológico resulta ser fundamental a la hora de hablar de la dispersión, concentración y transporte del MP, siendo la velocidad y dirección del viento, radiación solar, la temperatura del aire y la precipitación determinantes principales para su variación espacial y temporal (Sanfeliu Montolio, Jordán Vidal, & Boix Sanfeliu, 2005). Una mayor velocidad del viento favorece la dispersión del contaminante, existiendo una correlación negativa. Cuando hay altas precipitaciones y altas velocidades del viento se dispersa el contaminante, y viceversa, cuando hay bajas precipitaciones y bajas velocidades de viento existe mayor concentración del MP (Silva Vinasco & Canchala Nastar, 2013).

Existe relación directa entre un aumento de la temperatura y un aumento en las concentraciones de MP. Según estudios realizados se concluye también que la humedad influye en la formación de partículas inferiores a $10\mu g$, promoviendo la suspensión sobre el suelo y dificultando su re-suspensión en el aire (Silva Vinasco & Canchala Nastar, 2013).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

En materia legislativa se clasifican diferentes tamaños de material particulado distinguiéndose el PM_{10} y $PM_{2.5}$, que corresponde al tamaño de diámetro de la partícula, éste material se considera como uno de los principales problemas de contaminación debido a que son fácilmente respirables (Díaz Suárez & Páez Pérez, 2006). Esta partícula en su gran mayoría tiene un pH básico, pero las $PM_{2.5}$ son de pH ácidas, este tamaño de partícula es respirable para el ser humano en el 100%.

En relación a las enfermedades respiratorias y el MP, se han realizado varios estudios epidemiológicos que muestran un incremento de morbilidad y mortalidad de la población sensible (niños menores de 5 años y adultos mayores), donde las partículas menores a $10\mu m$ son las más perjudiciales, ya que pueden ingresar al cuerpo humano fácilmente a través de las vías respiratorias y adherirse al pulmón depositándose en los bronquios y bronquiolos, acumulándose en el sistema respiratorio y generando problemas de salud (Díaz Suárez & Páez Pérez, 2006). La exposición de MP se ha asociado al incremento de las consultas hospitalarias por síntomas de asma y otros síntomas de afecciones respiratorias, incluso infiriendo efectos tales como la aparición de cáncer de pulmón y en otros órganos del sistema respiratorio (Londoño Toro, Rodríguez, & Herrera Carrascal, 2006). Desde hace unas décadas existen estudios científicos que respaldan esta relación, pero aún no se tiene la certeza de los efectos que provocan ciertas sustancias químicas que se encuentran en el MP y que pueden afectar a los organismos (Fernando García, Rubén, & Jiménez, 2006).

Una medida importante para estudiar el MP son los inventarios de emisión, que se consideran como un instrumento para la gestión de la calidad del aire y permiten conocer las fuentes emisoras de los contaminantes y su origen (Semarnat, 2013), en él se relacionan variables meteorológicas que se pueden usar como base para realizar estudios de simulación de transporte, dispersión, transformación y deposición de MP presente en la atmósfera (Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito, 2006). Los inventarios están integrados por fuentes de tipo puntual (industrias), fuentes móviles, fuentes de área y fuentes naturales. Inicialmente para ello se requiere la recopilación de diversos datos de entrada (Guio, 2012) los cuales tienen un grado de incertidumbre debido a las múltiples fuentes emisoras de la zona estudiada que deben tenerse en cuenta (Quiñones Cantor, 2012). Luego de ello, se dispone de la información sobre la contribución de MP de cada tipo de fuente contaminante para su análisis de impacto sobre la calidad del aire. Este tipo de estudios pueden ser de interés científico o encaminados hacia políticas ambientales y urbanas, con el fin de generar estrategias destinadas a la prevención y reducción de la contaminación, así mismo pueden servir como indicadores de calidad del aire. (Jaramillo, Núñez, Ocampo, Pérez, & Portilla, 2004).

La tabla No. 1 presenta las conclusiones de varios estudios realizados en torno a la calidad del aire y al incremento de ERA's, específicamente de las reportadas en los boletines epidemiológicos.

Tabla 1. Relación Calidad de Aire- Enfermedades Respiratorias Agudas

ENFERMEDAD	RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AIRE	FUENTE
Rinofaringitis	No se establece una relación directa, ya que esta enfermedad se transmite a través de partículas generadas al respirar, toser, estornudar, hablar. Los individuos con infecciones, de acuerdo a varios estudios, producen partículas con un tamaño que oscila entre 0.05 and $500 \mu m$; los patógenos no se dispersan exclusivamente por vía aérea o por gotas de saliva, sino por ambos métodos, de	(Uribarren Berrueta, 2015)

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ENFERMEDAD	RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AIRE	FUENTE
	manera simultánea. Debe considerarse también el contacto directo, la transmisión por el empleo de pañuelos y otros fómites contaminados por secreciones de personas infectadas.	
Bronquiolitis	Estudios previos han demostrado una correlación significativa entre el aumento de la concentración de partículas en el aire con disminución de la función pulmonar de niños, encontrando que la contaminación ambiental es capaz de accionar crisis bronquiales obstructivas en niños con síntomas respiratorios.	(Zamorano W., Aránguiz R, Bedregal G., Sánchez D., & Márquez U., 2003).
Síndrome Bronco Obstructivo (SBO)	1. Estudios nacionales han encontrado que un aumento de la concentración de PM _{2.5} por encima de 70 µg/m ³ genera un aumento de las consultas por neumonías infantiles. Un aumento de 10 µg/m ³ en el promedio diario de PM _{2.5} se asoció a un aumento de 5% del riesgo de <i>Síndrome Bronquial Obstructivo</i> . La asociación entre PM _{2.5} y SBO se mantuvo hasta con 9 días de rezago y fue más evidente en lactantes con historia de asma familiar que en lactantes sin este antecedente. 2. El estudio se centró en verificar la severidad de los casos ERA's en los centros de salud del estudio en Santiago de Chile donde concluyen que la morbilidad respiratoria tiene un claro componente estacional, donde la proporción de consultas de morbilidad respiratoria en niños por SBO y neumonía son significativamente mayores en el Cerro Navia - CA (mayor presencia de MP) en comparación con la Región Metropolitana. En el adulto mayor, la enfermedad respiratoria de la vía aérea inferior, también es mayor en el CA. Todos estos hallazgos podrían estar relacionados con las concentraciones elevadas de PM ₁₀ . Estas aproximaciones descriptivas pueden dar lugar a nuevas investigaciones que permitan a través de promedios móviles, y análisis de regresión múltiple, aislar las diferentes variables para determinar el peso de los contaminantes en la morbilidad respiratoria a nivel local.	(Oyarzún G., 2010) (Prieto C., Mancilla F., Astudillo O., Reyes P., & Román A., 2007)
Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)	En el estudio realizado en el Valle de Aburra se concluye que hay un exceso de riesgo en los expuestos a contaminación de sufrir afecciones obstructivas pulmonares.	(Muñoz, Paez V., & Quiroz P., 2007)

Fuente: Los Autores

5.2 MARCO CONCEPTUAL

Aire: Es el fluido que forma la atmósfera de la Tierra, constituido por una mezcla gaseosa cuya composición es, cuando menos, de veinte por ciento (20%) de oxígeno, setenta y siete por ciento (77%) de nitrógeno y proporciones variables de gases inertes y vapor de agua, en relación volumétrica. (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*)

Área fuente: Es una determinada zona o región, urbana suburbana o rural, que, por albergar múltiples fuentes fijas de emisión, es considerada como un área especialmente generadora de sustancias contaminantes del aire. (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*)

Atmósfera: Capa gaseosa que rodea la Tierra. (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*)

Bronquiolitis: “se define como el primer episodio agudo de sibilancias, una infección del tracto respiratorio inferior que afecta principalmente a la vía aérea pequeña (bronquiolos), es una causa frecuente de enfermedad y hospitalización en lactantes que origina una gran demanda asistencial en todos los niveles asistenciales. Se caracteriza por inflamación, edema y necrosis de las células epiteliales con aumento de la producción de moco y broncoespasmo” (Pediatria Integral, 2016).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Concentración de una sustancia en el aire: Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen del aire en la cual está contenida. (*Decreto 1076 de 2015 título 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*)

Condiciones de referencia: Son los valores de temperatura y presión con base en los cuales se fijan las normas de calidad del aire y de las emisiones, que respectivamente equivalen a 25°C y 760mmHg. (*Decreto 1076 de 2015 título 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*)

Contaminación atmosférica: Es el fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes en el aire. (*Decreto 1076 de 2015 título 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*)

Contaminantes: Son fenómenos físicos, o sustancias, o elementos en estado sólido líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que solos, o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de éstas. (*Decreto 1076 de 2015 título 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*)

Emisión fugitiva: Es la emisión ocasional de material contaminante. (*Decreto 1076 de 2015 título 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*)

Emisión: Es la descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de éstos, proveniente de una fuente fija o móvil. (*Decreto 1076 de 2015 título 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*)

Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC): *“La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica se caracteriza por la presencia de obstrucción crónica y poco reversible al flujo aéreo asociada a una reacción inflamatoria anómala principalmente frente al humo del tabaco. Factores, tales como la exposición pasiva al humo del tabaco, la contaminación del aire, el bajo peso al nacer y otras infecciones pulmonares, también pueden hacer que la persona sea más susceptible de padecer EPOC”* (Hospital de Suba, 2014).

Espectrofotometría de absorción atómica: La espectrofotometría de absorción atómica con llama es el método más empleado para la determinación de metales en una amplia variedad de matrices; su principal objetivo es evaluar la concentración de una muestra basándose en gran medida en la ley de Beer-Lambert. donde los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía; Esta cantidad de energía se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento (FAO, 2017).

Episodio o evento: Es la ocurrencia o acaecimiento de un estado tal de concentración de contaminantes en el aire que, dados sus valores y tiempo de duración o exposición, impone la declaratoria por la autoridad ambiental competente, de alguno de los niveles, de contaminación, distinto del normal. (*Decreto 1076 de 2015 título 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*)

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Fuente de emisión: Es toda actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*).

Fuente fija dispersa o difusa: Es aquella en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión, como en el caso de las quemas abiertas controladas en zonas rurales (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*).

Fuente fija puntual: Es la fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*).

Fuente fija: Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*).

Fuente móvil: Es la fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*).


Laringitis obstructiva (CRUP): *“es la inflamación aguda de la laringe y la gravedad está dada por el grado de obstrucción de la vía aérea. Caracterizado por tos laríngea (tos perruna). La enfermedad inicia con congestión nasal, estornudos y fiebre, luego aparece la tos “perruna” y puede presentarse diversos grados de dificultad respiratoria”* (Hospital de Suba, 2014).

Microscopía Electrónica de Barrido (SEM): Utiliza electrones en lugar de luz para formar una imagen. Para lograrlo, el equipo cuenta con un dispositivo (filamento) que genera un haz de electrones para iluminar la muestra y con diferentes detectores se recogen después los electrones generados de la interacción con la superficie de la misma para crear una imagen que refleja las características superficiales de la misma, pudiendo proporcionar información de las formas, texturas y composición química de sus constituyentes. (Instituto de ciencia de materiales de Madrid, 2017).

Modelo de dispersión: es un conjunto de ecuaciones matemáticas que ayudan a interpretar y predecir el comportamiento de los contaminantes dispersos en el aire, teniendo en cuenta el componente atmosférico como la velocidad y dirección del viento (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Consultado en 2017).

Nivel Normal (Nivel I): Es aquél en que la concentración de contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración son tales, que no se producen efectos nocivos, directos ni indirectos, en el medio ambiente, o la salud humana (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*).

Nivel de prevención (Nivel II): Es aquél que se presenta cuando las concentraciones de contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración, causan efectos adversos y manifiestos, aunque leves, en la salud humana o en el medio ambiente tales como irritación de las mucosas, alergias, enfermedades leves de las vías respiratorias, o efectos dañinos en las

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

plantas, disminución de la visibilidad u otros efectos nocivos evidentes (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*).

Nivel de alerta (Nivel III): Es aquél que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su duración o tiempo de exposición, puede causar alteraciones manifiestas en el medio ambiente o la salud humana y en especial alteraciones de algunas funciones fisiológicas vitales, enfermedades crónicas en organismos vivos y reducción de la expectativa de vida de la población expuesta (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*).

Nivel de emergencia (Nivel IV): Es aquél que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración, puede causar enfermedades agudas o graves u ocasionar la muerte de organismos vivos, y en especial de los seres humanos (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*).

Norma de calidad del aire o nivel de inmisión: Es el nivel de concentración legalmente permisible de sustancias o fenómenos contaminantes presentes en el aire, establecido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el fin de preservar la buena calidad del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*).

Norma de emisión: Es el valor de descarga permisible de sustancias contaminantes, establecido por la autoridad ambiental competente, con el objeto de cumplir la norma de calidad del aire (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*).

Punto de descarga: Es el ducto, chimenea, dispositivo o sitio por donde se emiten los contaminantes a la atmósfera (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*).

Rinofaringitis: “Es también conocida como resfrío común, es la infección más frecuente en los niños y se caracteriza principalmente por rinorrea, obstrucción nasal, estornudos, malestar general, dolor de cabeza, ardor de garganta, tos. Su causa es predominantemente viral, encontrándose ocasionalmente agentes bacterianos. La transmisión viral se produce por vía aérea desde un enfermo o portador a un individuo susceptible” (Hospital de Suba, 2014).

Sustancias peligrosas: Son aquellas que aisladas o en combinación con otras, por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas, pueden causar daño a la salud humana, a los recursos naturales renovables o al medio ambiente (*Decreto 1076 de 2015 titulo 5 Artículo 2.2.5.1.1.2.*).

5.3 MARCO LEGAL

La siguiente es la normatividad aplicable al presente proyecto:

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Tabla 2. Normatividad Calidad del aire vigente

<i>NORMA</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>APLICACIÓN AL PROYECTO</i>
DECRETO 2811 DE 1974	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente	<p>Artículo 7: derecho a disfrutar de un ambiente sano.</p> <p>Artículos 8: Se entiende por contaminación la alteración del ambiente con sustancias o formas de energía puestas en él, por actividad humana o de la naturaleza, en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y la fauna, degradar la calidad del ambiente o de los recursos de la nación o de los particulares.</p> <p>Se entiende por contaminante cualquier elemento, combinación de elementos, o forma de energía que actual o potencialmente puede producir alteración ambiental de las precedentemente escritas. La contaminación puede ser física, química, o biológica</p> <p>Artículo 75: Para prevenir la contaminación atmosférica se dictarán disposiciones concernientes a: Los métodos más apropiados para impedir y combatir la contaminación atmosférica; El empleo de métodos adecuados para reducir las emisiones a niveles permisibles; Establecimiento de estaciones o redes de muestreo para localizar las fuentes de contaminación atmosférica y detectar su peligro actual o potencial.</p>
LEY 9 DE 1979	Por la cual se dictan Medidas Sanitarias	<p>Artículos del 41 del 49: relacionados con las emisiones atmosféricas.</p> <p>Artículo 45: Cuando las emisiones a la atmósfera de una fuente sobrepasen o puedan sobrepasar los límites establecidos en las normas, se procederá a aplicar los sistemas de tratamiento que le permitan cumplirlos</p>
LEY 30 DE 1990	Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, Viena, 22 de marzo de 1985	Artículo 3: (Las partes se comprometen, según proceda, a iniciar investigaciones y evaluaciones científicas y a cooperar en su realización, directamente o por conducto de órganos internacionales competentes)
DECRETO 948 DE 1995	Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73,74, 75 y 76 del Decreto - Ley 2811 de 974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.	<p>Artículo 3: (Tipos de Contaminantes del Aire)</p> <p>Artículo 5: (De las distintas clases de Normas y Estándares)</p> <p>Artículo 8: (De las Normas de Emisión)</p> <p>Artículo 9: (Del Nivel Normal de Concentraciones Contaminantes)</p> <p>Artículo 18: (Clasificación de Fuentes Contaminantes)</p> <p>Artículo 37: (Sustancias de Emisión Controlada en Fuentes Móviles Terrestres)</p>
Documento CONPES 3344 de 2005	Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire	Presenta antecedentes de la gestión sobre la calidad del aire y todos los lineamientos para la formulación de la política.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

<i>NORMA</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>APLICACIÓN AL PROYECTO</i>
DECRETO 979 DE 2006	Por el cual se modifican los artículos 7°, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995.	<p>Artículo 1: (Modificación del artículo 7° del Decreto 948 del 5 de junio de 1995 sobre las clases de normas de calidad del aire o de los distintos niveles periódicos de inmisión)</p> <p>Artículo 2: (Modificación del artículo 10 del Decreto 948 del 5 de junio de 1995 sobre niveles de prevención, alerta y emergencia por contaminación del aire)</p> <p>Artículo 3: (Modificación del artículo 93 del Decreto 948 del 5 de junio de 1995 sobre Medidas para la atención de episodios)</p> <p>Artículo 5: (Modificación del artículo 108 del Decreto 948 del 5 de junio de 1995 sobre Clasificación de áreas-fuente de contaminación)</p>
DECRETO 244 DE 2006	Por el cual se crea y reglamenta la Comisión Técnica Nacional Intersectorial para la Prevención y el Control de la Contaminación del Aire, Conaire.	<p>Artículo 2: (CONAIRE tiene carácter eminentemente asesor, y las decisiones que se adopten no son obligatorias...)</p> <p>Artículo 5: (Funciones)</p>
RESOLUCIÓN 909 DE 2008	Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.	<p>Artículo 4: (Estándares de emisión admisibles para actividades industriales)</p> <p>Artículo 6: (Actividades industriales y contaminantes a monitorear por actividad industrial)</p>
RESOLUCIÓN 910 DE 2008	Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.	<p>Artículo 15: (Operativos de revisión)</p> <p>Artículo 20: (Emisiones evaporativas permisibles para vehículos con motor a gasolina)</p> <p>Artículo 33: (Evaluación de emisiones contaminantes de fuentes móviles)</p>
RESOLUCIÓN 0760 DE 2010	Por la cual se adopta el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas.	Artículo 1: Objeto. Adoptar a nivel nacional el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas.
RESOLUCIÓN 610 DE 2010	Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006.	<p>Artículo 4: (Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes Criterio)</p> <p>Artículo 5 (Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes No Convencionales con Efectos Carcinogénicos y Umbrales para las Principales Sustancias Generadoras de Olores Ofensivos)</p> <p>Artículo 6: (Procedimientos de Medición de la Calidad del Aire)</p>
RESOLUCIÓN 0650 DE 2010	Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.	Artículo 2: (Contenido del protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire)
RESOLUCIÓN 0651 DE 2010	Por la cual se crea el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE.	Artículo 5: (Periodicidad del reporte de la información de calidad del aire y de las variables meteorológicas).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

<i>NORMA</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>APLICACIÓN AL PROYECTO</i>
RESOLUCIÓN 6982 DE 2011	Por la cual se dictan normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire	Artículo 4: (Estándares máximos de emisión admisibles para equipos de combustión externa existentes) Artículo7: (Estándares de emisión admisibles para equipos de combustión externa nuevos) Artículo 9: (Estándares de emisión)
DECRETO 1076 DE 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Reglamentario Único del Sector Ambiente.	TÍTULO 5. (reglamento de protección y control de la calidad del aire)

Fuente: Los Autores

5.4 MARCO HISTÓRICO

Colombia ha demostrado su preocupación por la calidad del aire, reconociendo que la contaminación atmosférica tiene implicaciones serias sobre la salud humana y el medio ambiente. Esto ha sido demostrado en diferentes estudios académicos, científicos y epidemiológicos alrededor del mundo. El país, no ha sido ajeno a este reconocimiento, ya que en los últimos años ha legislado alrededor de la temática ambiental y su contenido sobre la calidad del aire está aún en desarrollo.

Desde el año 1967 se empezaron a instalar las primeras estaciones de monitoreo en Colombia, en colaboración con el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), conformando la REDPANAIRES, con el fin de determinar el estado de la calidad del aire (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Los resultados no fueron alentadores, y se evidenciaron excedencias a las normas establecidas, siendo a partir de entonces donde se empezaron a promover en el país diferentes instrumentos políticos, económicos, jurídicos en pro del mejoramiento de la calidad del aire. Prueba de ello en el ámbito jurídico, son el decreto 2811 de 1974 (Código de Recursos Naturales), la Ley 9 de 1979, en la cual se crea el Ministerio de Ambiente y el SINA y la Constitución Política de Colombia de 1991, que enmarcan el qué hacer ambiental de forma general para todos los componentes: aire, agua, suelo, biodiversidad.

La normatividad ambiental de Colombia en relación al componente aire se ha consolidado en dos grandes temas; la normatividad para emisión de contaminantes, que se entiende como la generada por las descargas de sustancias contaminantes a la atmósfera dada por fuentes fijas o móviles, y la normatividad para inmisión de contaminantes a la atmósfera, que corresponde a los contaminantes dispuestos en el aire respirable a la población.

La ciudad de Bogotá como distrito capital, ha desarrollado mayores iniciativas desde el año 2003 con la expedición de normatividad DAMA, y sus modificaciones en el 2011, sobre la prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire, donde se ve evidenciada la reglamentación con mayores controles sobre el perímetro de la capital. De forma paralela el ministerio de ambiente ha impuesto más restricciones sobre los máximos permisibles de inmisión de contaminantes a la atmósfera, en relación a los contaminantes criterio (PST, PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, NO₂, O₃).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

En la actualidad Bogotá cuenta con la Red de Monitoreo de la Calidad de Aire (RMCAB), en la cual se hace seguimiento en tiempo real de los contaminantes criterio mencionados anteriormente, y de las condiciones atmosféricas de la zona. Cabe aclarar, que no todas las estaciones miden los mismos parámetros, ya que se han instalado conforme a la necesidad del área monitoreada. En la actualidad los estudios sobre calidad del aire demuestran que se requiere de mayores medidas que permitan la identificación y posterior control de contaminantes en áreas de la ciudad en proceso de industrialización, como lo es Bogotá, donde no se habían identificado por su falta de monitoreo. Estas mediciones también contribuyen a la consolidación del inventario de emisiones de la ciudad (Gaitán, Cancino, & Behrentz, 2007).

Asímismo la CAR de Cundinamarca cuenta con 16 estaciones de tipo manual y automático, distribuidas entre los municipios donde el principal contaminante monitoreado es PM₁₀, ya que este ha tenido variaciones significativas y han ido aumentando considerablemente principalmente en Mosquera (IDEAM, 2012), gracias a los cambios de uso del suelo que consideran a este municipio como una zona de dotación urbana y es allí donde se ha traslado gran número de empresas antes ubicadas en Bogotá motivadas por los incentivos tributarios ofertados por el municipio (El Tiempo, 2010).

En el año 2001 la Universidad de los Andes junto con el DAMA y la escuela politécnica federal de Suiza, comenzaron con el inventario de emisiones en la ciudad buscando identificar las fuentes emisoras de contaminantes atmosféricos (Manzi, Belalcazar, Giraldo, Zarate, & Clappier, 2003). Con el fin de generar una articulación general en el ámbito direccional para la correcta implementación de la normatividad y demás medidas pertinentes en pro de la calidad del aire estipuladas por el Ministerio de Ambiente, se ve la necesidad de conformar una política que guíe el actuar de forma articulada entorno a la calidad del aire. De esta manera, para el año 2005, se aprueba el documento Conpes 3344 que contiene los lineamientos para la creación de la “Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire”, donde se establecen los objetivos, metas, actividades, indicadores y el cronograma al corto (2014), mediano (2016) y largo plazo (2019), para la implementación de medidas de prevención y control de la contaminación del aire. También se crea la Comisión Técnica Intersectorial para la Prevención y el Control del Aire (CONAIRE) por 4 años, con el fin de garantizar la implementación y seguimiento de dicha política, finalmente esta política sale a la luz en el año 2010 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Como resultado de la implementación de dicha Política, se evidencian los protocolos para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire formulados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, que son: El Manual para la elaboración de planes de gestión de la calidad del aire. De éste se gesta el Plan Decenal para la descontaminación del Aire para Bogotá; los Manuales de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire (SVCA) y su correspondiente Manual de Operación SVCA.

De esta manera el estado colombiano evidencia su preocupación por la problemática relacionada a la contaminación del aire ya que su incidencia sobre la calidad de vida de la población se hace cada vez más latente. Los costos atribuibles a esta problemática ambiental es la segunda más importante luego de los generados por la contaminación del recurso hídrico (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Desafortunadamente, luego de la implementación de la política se han detectado diferentes falencias que giran en torno a la desarticulación, falta de cooperación y de trabajo en conjunto de los diferentes actores, además de la falta de recursos destinados para la implementación de la política, la falta de normatividad estandarizada, la falta de mayor número de estudios científicos y epidemiológicos que relacionen la calidad del aire con enfermedades en la población, límites más restrictivos para contaminantes atmosféricos monitoreados, y de forma general el déficit de los instrumentos de seguimiento y control (Contraloría General de la República, 2012).


6 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La siguiente tabla demuestra los tipos de investigación a desarrollar en el presente proyecto:

Tabla 3. Tipo de Investigación

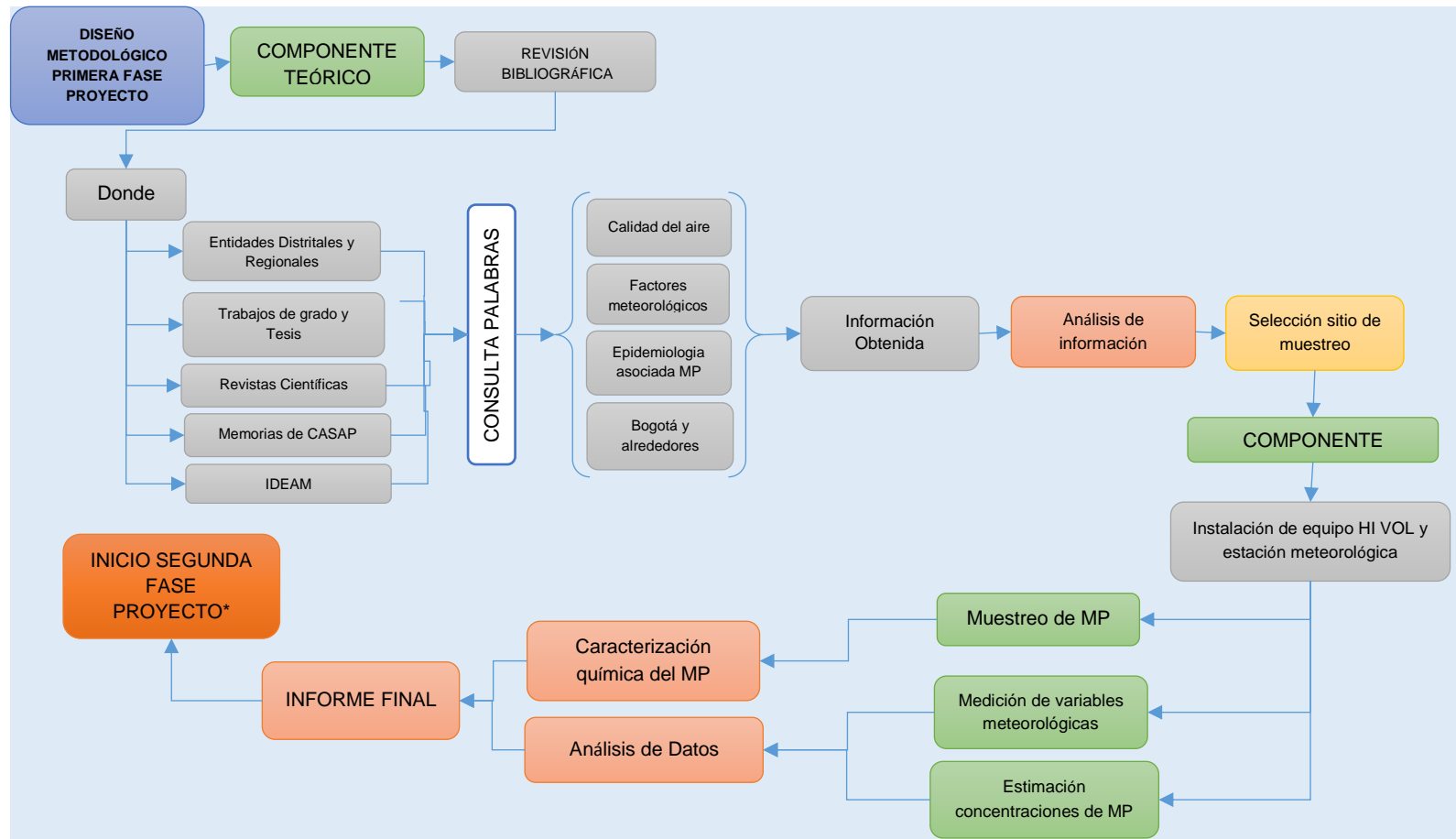
TIPO DE INVESTIGACIÓN	CARACTERÍSTICAS
DOCUMENTAL	<p>Para el desarrollo de este proyecto, se utilizará el método de investigación científico documental, que contempla principalmente la búsqueda, selección, recopilación y análisis de diferentes documentos como, revistas científicas, libros y demás material bibliográfico, relativo a la temática expuesta en el presente proyecto.</p> <p>Este consta de etapas esquemáticas que permiten obtener la información requerida como base de la problemática a abordar, exponiendo el dominio teórico del tema.</p> <p>Las siguientes son las etapas generales o fases de la metodología de investigación documental:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definición y alcance del tema: En este apartado se determina el problema a abordar o que se quiere investigar y que es lo que interesa saber. • Búsqueda y selección de fuentes: se utilizan diferentes recursos para ello, como internet, libros, revistas científicas, informes, normatividad del tema, bases de datos, entre otros. • Elaboración del plan de trabajo: en este se identifican las partes principales y las demás relacionadas con el problema a abordar. • Panorama general: con la información recopilada y seleccionada se tiene una visión general de la temática, se hace la documentación de la información requerida para el trabajo, se clasifica y codifica para dar prioridad a la información hallada, se organizan el cuerpo del documento final de acuerdo a la complejidad del problema a abordar. • Análisis de información útil: comprende una lectura y crítica cuidadosa de la información recolectada, de forma coherente • Redacción y presentación del informe: en este se exponen los resultados de toda la consulta bibliográfica con palabras propias del investigador, relacionando los diferentes aspectos de la temática abordada. Esta redacción se llevará a cabo inicialmente con un borrador y luego la redacción final (Hueramo Romero, Consultado en 2015).
DESCRIPTIVA	<p>De la mano del método documental, se trabajará también la metodología de investigación descriptiva, que busca la elaboración de un diagnóstico sobre el estado actual de la problemática abordada en el proyecto, permitiendo establecer relaciones con las diferentes variables estudiadas. De igual forma permitirá identificar la información relevante para llevarla a análisis.</p> <p>Este tipo de investigación descriptiva, sigue algunos lineamientos para su correcta ejecución:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Examinar las características del problema escogido. • Definir y formular hipótesis. • Enunciar los supuestos en que se basan las hipótesis y los procesos adoptados. • Elegir los temas y las fuentes apropiadas. • Establecer categorías de datos que se adecuen al propósito del estudio y permitan poner de manifiesto las semejanzas, diferencias y relaciones significativas. • Verificar la validez de las técnicas empleadas para la recolección de datos. • Realizar observaciones objetivas y exactas. • Describir, analizar e interpretar los datos obtenidos, en términos claros y precisos (Hueramo Romero, Consultado en 2015).

Fuentes: Adaptado por Los autores

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

7 DISEÑO METODOLÓGICO

Ilustración 2. Diseño metodológico



*** IMPORTANTE:** La segunda fase del proyecto no corresponde al alcance de este proyecto

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Partiendo de la identificación de la problemática a abordar, se empieza a buscar y recopilar información que de sustento teórico científico a los planteamientos empíricos de los autores. En primer lugar, se consulta con los tutores del proyecto de investigación para establecer la guía general de trabajo. En ella se establecen las sesiones semanales e intensidad horaria dedicada al proyecto en acompañamiento de los tutores, se establecen el objetivo general y objetivos específicos del proyecto, el cronograma general de actividades, los límites y alcance del proyecto, los recursos necesarios y el énfasis del mismo.

Para la búsqueda de información por internet se establecen las “palabras claves” como:

- Material particulado
- Bogotá, Soacha, Mosquera
- Estudios epidemiológicos
- Normatividad calidad del aire
- Historia de la calidad del aire de Bogotá
- Contaminación Atmosférica
- Aire metales pesados


La búsqueda se hará en las siguientes bases de datos, bibliotecas virtuales y memorias de investigación:

- SCOPUS
- e-libro
- VIRTUALPRO
- EBSCOhost
- Biblioteca de Los Andes, La Salle, Universidad Nacional, Universidad Distrital y Universidad ECCI
- Scielo
- Sciencedirect
- Memorias Congreso Colombiano y Conferencia Internacional Calidad del Aire y Salud Pública (CASAP)

Se consultará información en red e información en las bibliotecas de las siguientes instituciones públicas:


- Secretaria de Salud de Bogotá (SDS)
- Observatorio de salud ambiental de Bogotá (OSAB)
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)
- Secretaría Distrital de ambiente (SDA)
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Posterior a la recopilación de información, se realizará un análisis de la misma teniendo en cuenta los aspectos claves para escoger el punto de muestreo realizando un contraste entre la calidad del aire, meteorología y epidemiología.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Seleccionado el punto donde se instalará la estación de monitoreo de calidad de aire y de meteorología, se instalará el equipo el cual funcionará por 6 meses continuos, obteniendo el MP representativo para poder ser analizado en el laboratorio por medio del microscopio electrónico de barrido y espectrofotómetro de Absorción Atómica de la Universidad ECCI. Allí se realizará una caracterización química del MP.

Por último, se generará un informe final de esta primera fase del proyecto que servirá como base para continuar con el proyecto de investigación 002 (2015-2016) "Uso de materiales adsorbentes (Carbón activado, gel de sílice y material vegetal) para determinar la composición química y la eficiencia de remoción del material particulado en la Ciudad de Bogotá", de la Universidad ECCI.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CAPÍTULO 2. SALUD PÚBLICA RELACIONADA CON LA CALIDAD DEL AIRE

Luego de recopilar, seleccionar, tabular y descartar la información aportada por la Secretaría de Salud (SDS) mediante los boletines epidemiológicos y demás información consultada, se presenta a continuación la información consolidada y organizada.

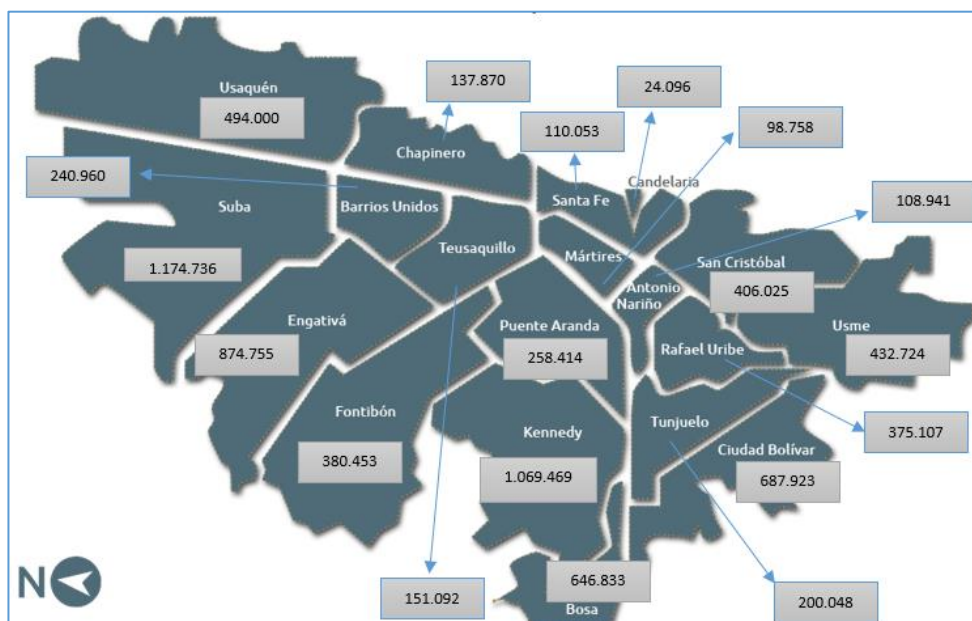
8 DEMOGRAFÍA

Se presenta la información de la población de Bogotá de diez años (2005-2015) con el fin de contrastarla con la información recopilada de los boletines epidemiológicos, determinando un indicador de Enfermedades Respiratorias Agudas.


Los datos de población fueron obtenidos del Convenio específico de cooperación técnica No 096-2007 del Departamento Nacional de Estadísticas (DANE) y la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá, quienes presentaron las proyecciones por localidades (Secretaría Distrital de Planeación SDP, 2007).

Esta población de la ciudad se encuentra distribuida en 20 localidades tal y como se observa en la ilustración 3.

Ilustración 3. Habitantes por localidad 2015



Fuente: ciudatos.com, modificado por los autores

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

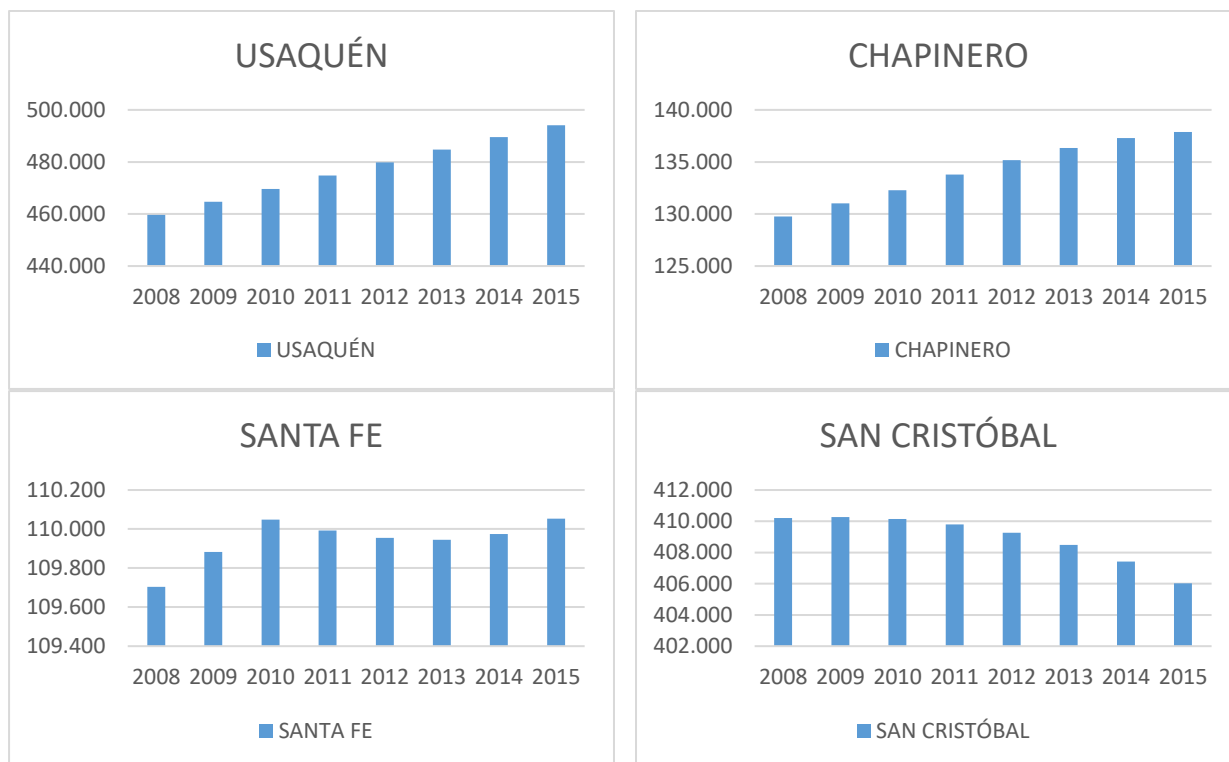
En la ilustración 3 se presentan las proyecciones de la población de la ciudad de Bogotá por localidad a partir del año 2008 hasta el 2015, en concordancia con los años de los boletines epidemiológicos que se trabajaron y que fueron suministrados por la SDS.

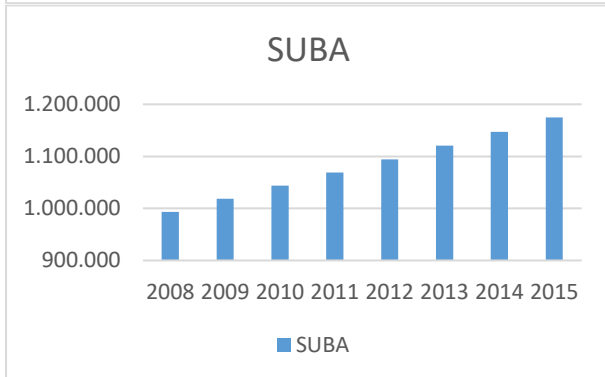
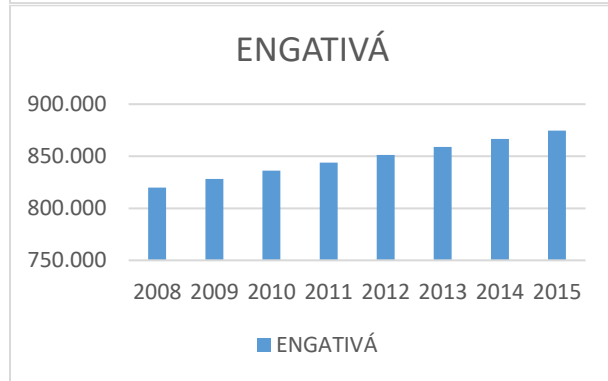
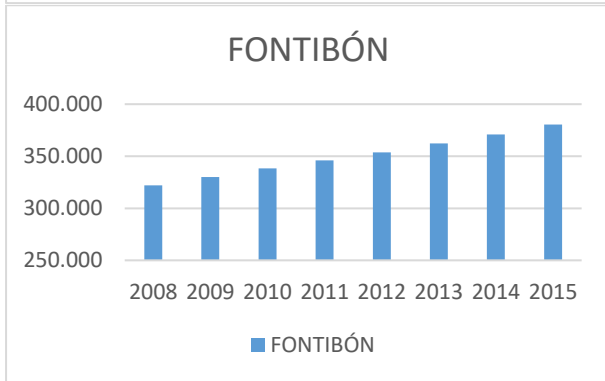
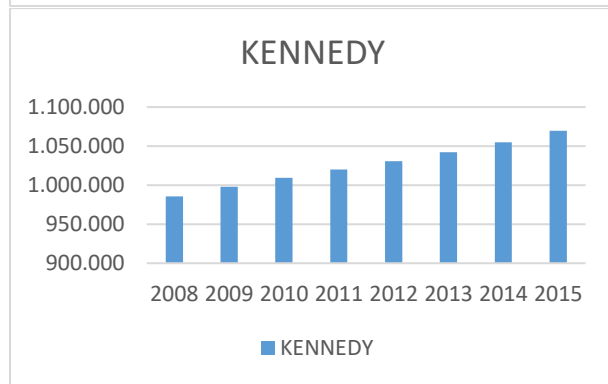
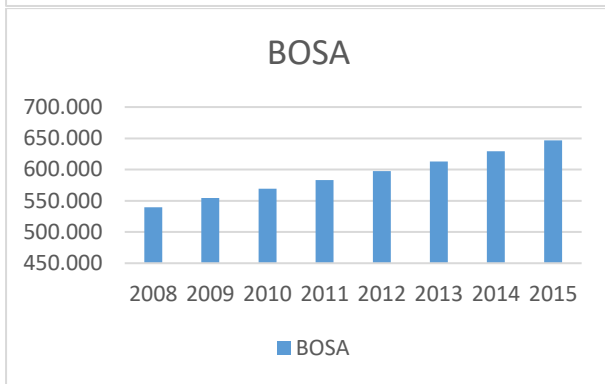
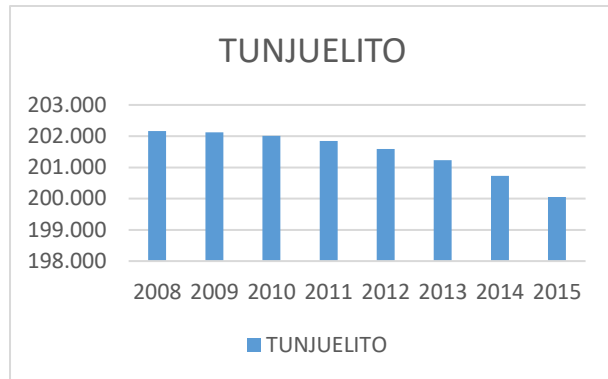
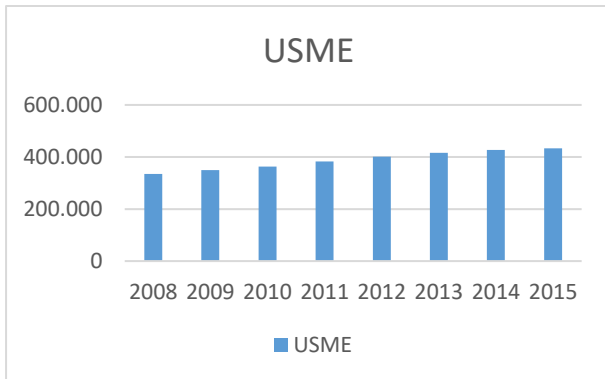
La metodología que fue aplicada por el DANE para las proyecciones de población corresponde a la relación de cohortes, método semidemográfico que permite tener en cuenta variables demográficas y que permite asegurar una relación entre la suma de las áreas intermedias y menores de un área de mayor tamaño, junto con las proyecciones ya conocidas de ella (Duchesne, 1987).

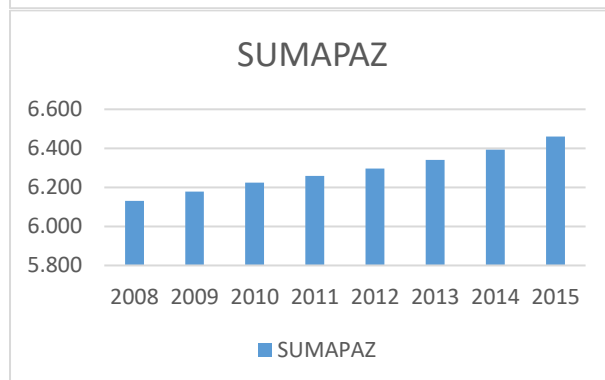
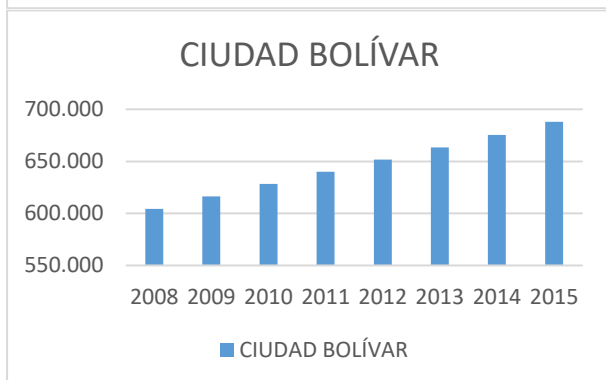
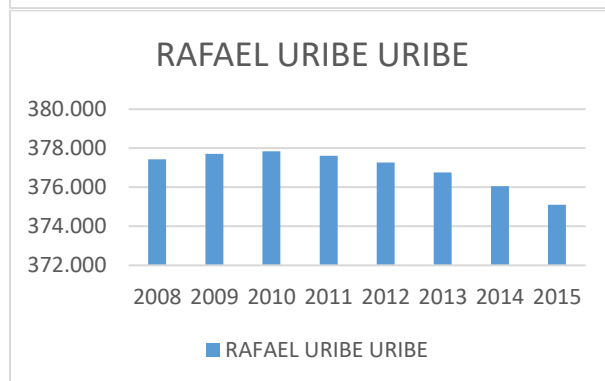
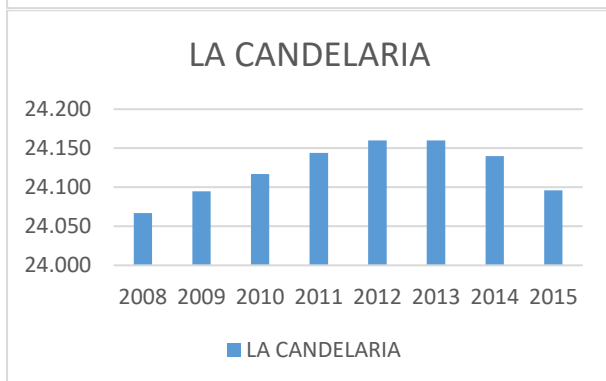
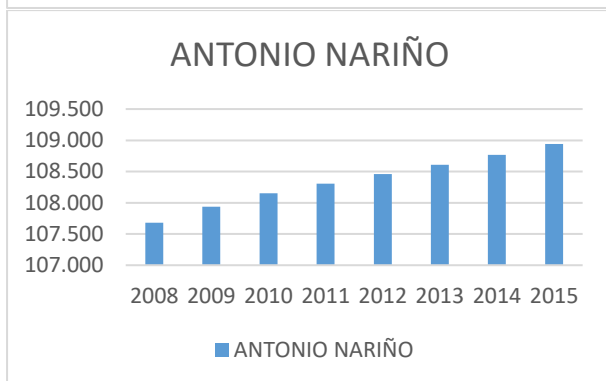
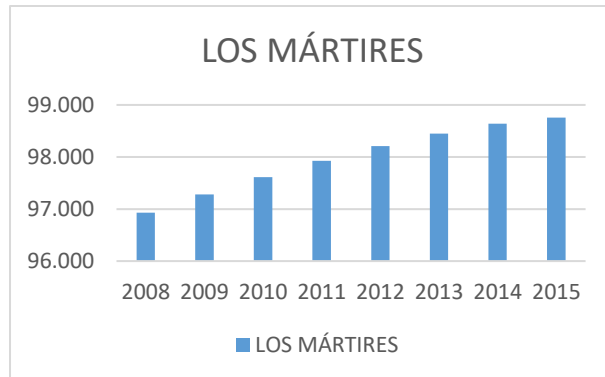
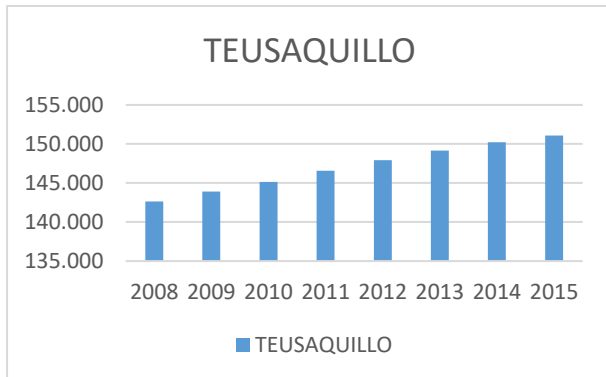
En la tabla 4 se ve un crecimiento paulatino de las poblaciones para las localidades de Usaquén, Los mártires, Suba, Chapinero, Fontibón, Bosa, Kennedy, Engativá, Ciudad Bolívar, Antonio Nariño. Por otro lado, las localidades de San Cristóbal, Tunjuelito y Rafael Uribe Uribe, presentan una tendencia de decrecimiento poblacional.

Las localidades de Santafé, Puente Aranda y La Candelaria presentan un comportamiento inusual a la tendencia de una ciudad en continuo crecimiento.


Tabla 4. Distribución poblacional







Fuente: Proyección de la SDP, modificado por los autores

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

9 SALUD PÚBLICA

Actualmente en la ciudad de Bogotá existen 22 hospitales públicos catalogados como Empresas Sociales del Estado (ESE) que conforme a la nueva estructuración de la red de Salud dada por el acuerdo 641 de 2016 del Concejo de Bogotá se define lo siguiente:


- La ciudad queda dividida en 4 subredes integradoras que son: la Subred de Salud del Sur, la Subred del Sur Occidente, la Subred del Norte y la Subred de Centro Oriente.
- Se modifica el Decreto 257 de 2006 capítulo 7 correspondiente al sector salud, con lo cual se pretende reducir inequidades en la prestación del servicio de salud entre las localidades de la ciudad, organizar de una mejor forma la oferta pública del servicio, mitigar la fragmentación generada por la presencia de múltiples instituciones públicas desarticuladas, y disminuir la tramitología (Consultor Salud, 2016).
- Se conformará una junta asesora comunitaria por cada hospital que conforma la red, que, entre otras funciones, las más relevantes son la de canalizar todas las inconformidades de los usuarios, proponer alternativas de mejora de prestación del servicio y servir de puente de comunicación hacia la comunidad.

Anterior al Acuerdo en mención, las entidades adscritas a la Secretaria Distrital de Salud (SDS), los hospitales ESE, no conformaban ninguna red de apoyo entre ellas, lo cual dificultaba su coordinación y acceso a la información, una de las falencias del sistema de salud actual, la cual se ve reflejada en la recopilación de información relacionada con los boletines epidemiológicos.

Actualmente la ciudad se encuentra bajo la Política Distrital de Salud Ambiental (2011-2023) adoptada por el decreto 596 de 2011, que tiene como objetivo principal la gestión integral distrital mediante diferentes estrategias, como el fortalecimiento institucional, la articulación administrativa, la creación de espacio de coordinación, investigación y participación de la comunidad en las diferentes líneas de intervención, en pro de la calidad de vida y de salud de los habitantes de la ciudad. Dentro de las 8 líneas de intervención se encuentra la Línea de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética, donde establecen instrumentos técnicos y normativos para la prevención, promoción y control en salud ambiental, relacionados con este componente.

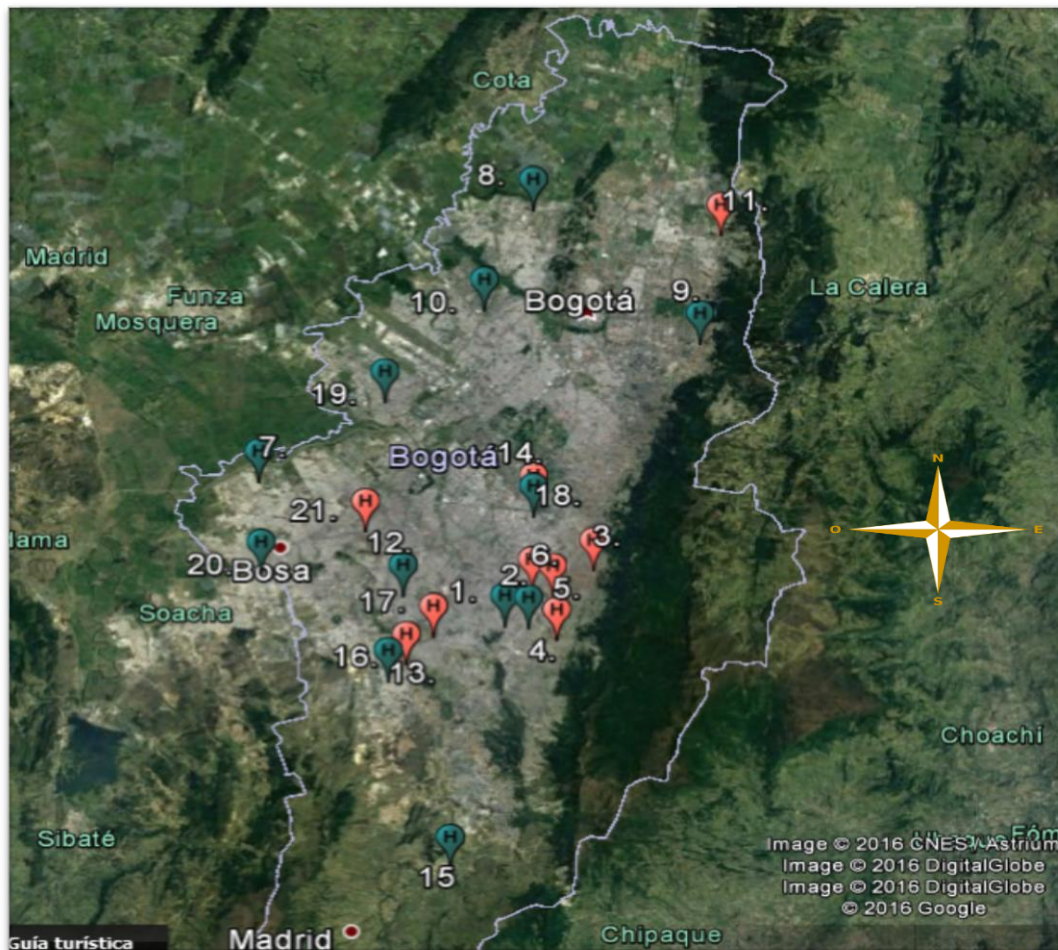
En este sentido, se le solicitó a la entidad rectora del sector salud en el distrito, la SDS, (quien recopila toda la información de su competencia y debe velar por la transparencia y acceso a la información a la comunidad), los boletines epidemiológicos mensuales de la línea de aire, ruido y electromagnetismo, que las UPGD (Unidades Primarias de Generación de Datos) reportan a esta entidad de salud. Se solicitó la información que reposaba en sus archivos desde el año 2005, de los cuales solo se recibieron los boletines de 10 hospitales ESE de los años 2008 hasta el 2015.

Las UPGD son las entidades que prestan servicios de salud tanto públicas como privadas que, de acuerdo al decreto 3518 de 2006 del Ministerio de la Protección Social en su artículo 39 tienen la obligación de reportar información veraz y de calidad sobre eventos de interés de salud pública, entre ellos comunicar a la comunidad sobre el comportamiento de la calidad del aire y factores de riesgo relacionados a ella, generando recomendaciones para la prevención del riesgo a la exposición.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

En la ilustración 4 se presenta la ubicación en la ciudad de los hospitales públicos Empresas Sociales del Estado. Las marcas de color azul corresponden a los hospitales de los que se encontraron boletines epidemiológicos, las marcas de color rojo corresponden a los hospitales de los cuales no se obtuvo información de boletines:

Ilustración 4. Mapa de los Hospitales ESE



Fuente: Google Earth - Modificado por los Autores

En la tabla 5 se presenta el listado del total de hospitales ESE, la localidad de ubicación o de la que reportan información en los boletines, también presenta la subred a la que pertenece en la actualidad, y la fuente de donde se obtuvieron los boletines.


	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Tabla 5. Nomenclatura de la Ilustración 6

No.	Nombre	Localidad	Sub Red Asociada	¿Reporta Informes a la SDS?	¿Hay informes en internet?
1	Hospital Rafael Uribe Uribe E.S.E.	Rafael Uribe Uribe	Subred Integrada de Servicios de Salud Centro Oriente E.S.E	SI	
2	Hospital San Cristóbal E.S.E.	San Cristóbal		NO	Si, Boletín de San Cristóbal
3	Hospital de Centro Oriente Nivel II.	Santa Fé - Candelaria		NO	NO
4	Hospital San Blas ESE II Nivel	San Cristóbal		NO	Si, Boletín de San Cristóbal
5	Hospital La Victoria ESE III nivel	San Cristóbal		NO	Si, Boletín de San Cristóbal
6	Hospital Santa Clara E.S.E.	Antonio Nariño		NO	NO
7	Hospital Chapinero E.S.E	Chapinero	Subred Integrada de Servicios de Salud Norte E.S.E	SI	
8	Hospital de Suba E.S.E.	Suba		SI	
9	Hospital de Usaquén I Nivel E.S.E.	Usaquén		SI	
10	Hospital Engativá E.S.E	Engativá		SI	
11	Hospital Simón Bolívar E.S.E.	Usaquén		NO	SI, Boletín de Usaquén
12	Hospital Tunjuelito II nivel E.S.E	Tunjuelito	Subred Integrada de Servicios de Salud Sur E.S.E	SI	
13	Hospital Vista Hermosa E.S.E. Nivel I	Ciudad Bolívar		SI	
14	Hospital Nazareth E.S.E. I Nivel	Sumapaz		NO	NO
15	Hospital de Usme E.S.E. I Nivel	Usme		NO	SI
16	Hospital Meissen E.S.E.	Ciudad Bolívar		NO	SI, Boletín de Hospital Vista Hermosa
17	Hospital El Tunal E.S.E.	Tunjuelito		NO	NO
18	Hospital del Sur E.S.E.	Kennedy - Puente Aranda	Subred Integrada de Servicios de Salud Sur Occidente E.S.E	SI	
19	Hospital Fontibón E.S.E.	Fontibón		SI	
20	Hospital Pablo VI Bosa E.S.E.	Bosa		SI	
21	Hospital Occidente de Kennedy E.S.E. III Nivel	Kennedy		NO	NO
22	Hospital de Bosa E.S.E.	Bosa		NO	NO

Fuente: Los Autores

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Luego de realizar la revisión de todos los 450 boletines epidemiológicos (Secretaría Distrital de Salud, 2005-2015) aportados por la Secretaria de Salud de Bogotá y los boletines consultados en las páginas de internet oficiales de los Hospitales Públicos (Hospital San Cristobal ESE, 2016), (Hospital de Usaquén I Nivel ESE, 2016), (Hospital Vista Hermosa ESE I Nivel, 2016) se hacen las siguientes apreciaciones:

- No se presenta un formato unificado o estandarizado para la presentación de dichos informes, ya que cada hospital maneja su propio modelo de reporte, manejan algunas similitudes, pero no tienen una estructura definida. Esto se debe a que no se ha establecido un protocolo de vigilancia para las Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA's), ni se ha contemplado un indicador básico en salud (IBS) relacionado a estas enfermedades.
- De los 22 hospitales ESE solo 10 (45%) elaboraron los boletines epidemiológicos y los reportaron a la SDS, no quiere decir esto, que la calidad de los informes presentados sea el óptimo.
- El Hospital del Sur es el que aportó mayoritariamente boletines con el 18% del total revisado (450 informes), seguido del hospital de suba con un 15% y del Hospital de Fontibón con un 14%. El hospital que menos boletines apporto fue el Hospital de Usme con un 1% (Tabla 6).

Tabla 6. Boletines epidemiológicos aportados por cada hospital ESE

Hospital E.S.E	No. de Boletines	%
Hospital del sur E.S.E.	83	18%
Hospital de Suba E.S.E.	68	15%
Hospital Fontibón E.S.E.	63	14%
Hospital Chapinero E.S.E	58	13%
Hospital de Usaquén I Nivel E.S.E.	47	10%
Hospital Vista Hermsa E.S.E	40	9%
Pablo VI Bosa E.S.E	32	7%
Hospital Tunjuelito II Nivel E.S.E	25	6%
Hospital Engativa E.S.E	12	3%
Hospital Rafael Uribe Uribe E.S.E.	10	2%
Hospital San Cristobal	8	2%
Hospital de Usme E.S.E.	4	1%
Total general	450	100%

Fuente: Los autores

- Hay falta de continuidad en la presentación de informes si se tiene en cuenta que, los boletines epidemiológicos más antiguos recopilados fueron del año 2008 y que por cada año deberían ser reportados 12 boletines mensuales, lo cual supondría que en total deberían encontrarse 960 (100%) boletines por los 10 hospitales que reportaron informes a la SDS; de estos solamente fueron suministrados por la Entidad de Salud 413 boletines epidemiológicos (43%), nuevamente, sin contar con la calidad de estos.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- 25 boletines no presentaron información relevante para el proyecto, porque no incluían ningún caso reportado por ERA's o quejas de la comunidad relacionadas con calidad del aire.
- La SDS no facilitó boletines de los Hospitales de San Cristóbal y del Hospital de Usme, pero en el motor de búsqueda de Google se encontraron 12 y 4 boletines respectivamente de esos hospitales. Esto indica que no se lleva control de la entidad de salud en relación a la presentación de dichos informes. Los informes recuperados de internet forman parte integral del presente estudio.
- Solo en algunos boletines los hospitales expresan de cuales centros de salud se toma la información, pero en la gran mayoría no se tiene esta claridad.¹
- Se tiene información epidemiológica relacionada con la línea aire, ruido y electromagnetismo del 73% (n=16) de los hospitales revisados, del restante 27% no se encontraron registros, estos hospitales son: Hospital Occidente de Kennedy III Nivel, Hospital El Tunal, Hospital Nazareth I Nivel, Hospital de Centro Oriente Nivel II, el Hospital Santa Clara y el hospital de Bosa.
- El 45% de los hospitales no presentan sus propios informes, algunos de los que no lo hacen los presentan a través de otras entidades.
- Las localidades sin reporte directo de información epidemiológica resultan ser 7 localidades; Sumapaz, Antonio Nariño, Santafé, Candelaria, Barrios Unidos, Teusaquillo y los Mártires.
- No se tiene claridad sobre las ERA's atendidas por morbilidad ya que, en muchos boletines esta información se presenta conjunta con los casos reportados en consultas recibidas o con casos atendidos por urgencias.
- En la gran mayoría de los boletines no se presentan reportes de quejas de la comunidad relacionadas con la calidad del aire, así que queda la incertidumbre de si el hospital no tiene en cuenta esta información para el informe, o si verdaderamente no se presentan quejas en la zona de cobertura del hospital.
La comunidad cuenta con diferentes alternativas para interponer sus quejas relacionadas con este tema. Pueden dirigirse o comunicarse a la línea de atención de la defensoría del pueblo², acudir a las autoridades ambientales competentes o a las alcaldías locales. También pueden hacer sus reclamos por la plataforma web del Sistema Distrital de servicio a la ciudadanía llamado Sistema Distrital de Quejas y Soluciones³.
- En algunos boletines mensuales los hospitales reportaron el mismo número de casos para las mismas ERA's en meses consecutivos. Lo cual puede suponer que dejan de efectuar la

¹ Por ejemplo, a) el hospital de Suba reporta casos del Cami de la Gaitana, el hospital de Usaquén acoge información de la UPA de codito, UPA de Buena Vista, Clínica del Bosque, Hospital Simón Bolívar, Reina Sofía y Cami Verbenal. b) El Hospital de vista hermosa recoge información de Cami Jerusalén, Cami Vista Hermosa, UPA Candelaria, UPA mochuelo, Cami Manuela. c) El Hospital Meissen II Nivel, y el hospital del sur presenta información conjunta de la IPS Compensar de Kennedy.

² Cuando se realiza por vía telefónica, el funcionario toma los datos de la persona y entrega un radicado. Cuando se hace en forma escrita esté es recibido e igualmente se entrega un radicado; con el número de radicado se podrá en cualquier momento consultar el estado de la solicitud.

³ Herramienta virtual para interponer quejas, reclamos, solicitudes de información, consultas, sugerencias, felicitaciones, denuncias por corrupción, que puedan afectar los intereses individuales o colectivos, con el objeto de que las entidades Distritales emitan una respuesta oportuna, o den inicio a una actuación administrativa según sea el caso.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

estadística del mes y presentan la de meses anteriores solo por cumplir con la emisión del boletín.⁴

- El Hospital del Sur recopila información sin diferenciar de las localidades de Kennedy y Puente Aranda. Aunque son localidades conjuntas tienen dinámicas diferentes: la localidad de Puente Aranda es reconocida por su actividad industrial, por otro lado, la localidad de Kennedy es una zona principalmente residencial/comercial.

9.1 CONSOLIDADO ENFERMEDADES RESPIRATORIAS AGUDAS (ERA'S)

El contenido de los boletines epidemiológicos constituye información de primera mano para el análisis de las enfermedades respiratorias que aquejan a la población del área de estudio, con el fin de establecer posibles relaciones con factores ambientales y la calidad del aire que puedan incidir en la generación de episodios de ocurrencia, incremento o disminución de ERA's.

En la tabla 7 se relacionan los casos totales de ERA's reportados en los boletines epidemiológicos en las modalidades de consultas atendidas, urgencias recibidas y morbilidad atendida, con sus respectivos porcentajes de participación total en cada una de las clasificaciones de atención en los centros de salud.


Tabla 7. Número total de casos reportados de ERA'S en Boletines epidemiológicos

Enfermedad	Consulta	%	Urgencia	%	Morbilidad	%	Totales
Rinofaringitis aguda	24.767	48%	13.294	49%		0%	38.062
CRUP		0%		0%	7.240	15%	7.240
SBO		0%		0%	16.824	34%	16.824
Bronquiolitis	8.773	17%	9.134	33%	23.213	47%	41.121
Neumonía		0%		0%	1.640	3%	1.640
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	5.344	10%		0%		0%	5.344
Faringitis aguda	2.186	4%	904	3%		0%	3.090
Rinitis alérgica		0%	1	0%		0%	1
Asma	2.728	5%	1.807	7%		0%	4.535
Bronquitis aguda	5.104	10%	2.129	8%		0%	7.233
Rinitis alérgica	3.060	6%		0%		0%	3.060
Totales	51.962		27.269		48.917		128.150

Fuente: Los Autores

En la tabla 7 se puede observar que la enfermedad que se presenta en los 3 escenarios es la Bronquiolitis con el 17% en consultas, 33% en urgencias y 47% en morbilidad atendida, siendo

⁴ Esto se evidenció principalmente en el boletín de agosto de 2014 del Hospital de Suba, que presenta la misma tabla de morbilidad atendida del mes de julio de 2014.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

esta última la participación más relevante en el escenario de morbilidad atendida. Fue la segunda más importante con el 17% de las consultas atendidas y de igual forma para las urgencias con el 33%.

La enfermedad más representativa en los escenarios de consultas atendidas y de urgencias resultó ser la Rinofaringitis aguda con un 48% para consultas y 49% para urgencias, sin participación en el escenario de morbilidad atendida.

La segunda enfermedad más representativa de morbilidad atendida fue el Síndrome Bronco Obstructivo (SBO) con un 34%. La enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica ocupa el tercer puesto en consultas atendidas con el 10%, siendo estos casos presentados en adultos mayores de 60 años en su totalidad.

9.2 MORBILIDAD

En la tabla 8 se presentan los casos consolidados de los boletines epidemiológicos trabajados, en relación a la morbilidad atendida en los hospitales ESE por localidad.

De ella se puede apreciar que la bronquiolitis es la ERA más relevante porque presenta la mayoría de los casos de forma general para las cuatro enfermedades reportadas en los boletines. Para la bronquiolitis la localidad que presenta más casos es la localidad de Chapinero con un 32%, seguida de la localidad de Suba con el 21%, y Ciudad Bolívar en el tercer lugar con el 20%. La segunda enfermedad de mayor importancia resulta ser el SBO con 16.824 casos reportados, siendo la localidad de Suba la que reporta el 34% de ellos, seguida de la localidad de Ciudad Bolívar con un 27% de los casos para esta enfermedad.

La ERA's que menos casos reportan es la neumonía con tan solo 1640 casos.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Tabla 8. Consolidado General de ERA's

Enfermedad	Consulta	%	Urgencia	%	Morbilidad	%	Totales
Rinofaringitis aguda	24.767	48%	13.294	49%		0%	38.062
CRUP		0%		0%	7.240	15%	7.240
SBO		0%		0%	16.824	34%	16.824
Bronquiolitis	8.773	17%	9.134	33%	23.213	47%	41.121
Neumonía		0%		0%	1.640	3%	1.640
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	5.344	10%		0%		0%	5.344
Faringitis aguda	2.186	4%	904	3%		0%	3.090
Rinitis alérgica		0%	1	0%		0%	1
Asma	2.728	5%	1.807	7%		0%	4.535
Bronquitis aguda	5.104	10%	2.129	8%		0%	7.233
Rinitis alérgica	3.060	6%		0%		0%	3.060
Totales	51.962		27.269		48.917		128.150

Fuente: Los autores

9.3 CONSULTAS

En la tabla 9 se presenta el consolidado de casos reportados por consultas por ERA's en los centros de salud ESE, discriminados por localidad reportadora. En ella se puede observar que la enfermedad más representativa en número de casos reportados es la rinofaringitis aguda con 24.767, y en ella la localidad que más reporta esta enfermedad es la localidad de Bosa con 46%, seguida con una marcada diferencia con la localidad de Suba y Usaquén con un 21% y 14% respectivamente.

En segundo lugar, se encuentra la enfermedad de Bronquiolitis con 8773 casos, en los cuales las localidades de mayor aporte de casos son Suba con un 34%, seguida de Bosa y Chapinero con un 31% y 24% respectivamente.

En tercer lugar, se encuentra la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) con una marcada diferencia muy lejos de las dos principales enfermedades atendidas por urgencias con 5.344 casos reportados. La localidad que más registra casos es Suba con el 54% seguida de Ciudad Bolívar con un 18%.

La enfermedad que menos casos reportan los centros de salud es la Faringitis aguda con 2.186 casos.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Tabla No. 9. Consultas por ERA's

Consulta							
Localidad	Bronquitis aguda	Rinitis alérgica	Faringitis aguda	Asma	Bronquiolitis aguda	Rinofaringitis aguda	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
BOSA	1.646	2.295	816	1.343	2.760	11.417	257
CHAPINERO	1.996	210	351	241	2.092	2.959	454
CIUDAD BOLIVAR	0	0	0	0	0	1.484	980
ENGATIVA							
FONTIBON	68	0	6	34	181	14	17
KENNEDY Y PUENTE ARANDA	350	348	515	424	328	0	275
RAFAEL URIBE URIBE	0	0	0	56	315	0	0
SAN CRISTOBAL	7	0	0	0	105	82	139
SUBA	774	134	98	522	2.958	5.320	2.862
TUNJUELITO	0	0	0	0	0	0	257
USAQUEN	251	73	400	95	15	3.405	46
USME	12	0	0	13	19	86	57
Totales	5.104	3.060	2.186	2.728	8.773	24.767	5.344

Fuente: Los autores

En la localidad de Bosa se presentaron más casos de Rinofaringitis aportando el 46% de los casos, seguida de la localidad de Suba con el 21%. Para la bronquiolitis las localidades que más reportaron casos fueron Suba, Bosa y Chapinero con el 38%, 31% y 24% respectivamente. La localidad de Bosa muestra una tendencia mayoritaria para 6 de las 7 enfermedades reportadas con consultas atendidas, seguida de la localidad de Suba.

9.4 EMERGENCIAS

En la tabla 10 se relacionan las enfermedades atendidas por la modalidad de urgencias en los centros de salud, dependiendo de la localidad del hospital en la cual este ubicado. En ella se puede observar que la enfermedad mayoritaria es la Rinofaringitis aguda con 13.294 casos, siendo la localidad de Bosa la más aportante con el 29% muy seguida de la localidad de Suba con el 28,5% de los casos para esta enfermedad.

La segunda enfermedad mayoritaria es la Bronquiolitis Aguda con 9.134 casos. De esta la localidad con mayores casos es Suba con el 37% seguida de Ciudad Bolívar con un 33%. Con estas dos enfermedades principales se obtiene el 82% de los casos atendidos por urgencias. La Rinitis alérgica presentó solo un caso reportado por el Hospital de Chapinero.


	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Tabla 10. Urgencias / Emergencias por ERA's

Urgencia / Emergencia												
Localidad	Faringitis aguda	%	Bronquiolitis aguda	%	Rinitis alérgica	%	Bronquitis aguda	%	Rinofaringitis aguda	%	Asma	%
BOSA	284	31%	895	10%	0	0%	792	37%	3.855	29%	922	51%
CHAPINERO	199	22%	384	4%	1	100%	451	21%	266	2%	149	8%
CIUDAD BOLIVAR	0	0%	3.046	33%	0	0%	0	0%	3.104	23%	0	0%
ENGATIVA	0	0%	246	3%	0	0%	0	0%	1.053	8%	0	0%
FONTIBON	3	0%	250	3%	0	0%	36	2%	452	3%	3	0%
KENNEDY Y PUENTE ARANDA	336	37%	219	2%	0	0%	224	11%	465	3%	40	2%
RAFAEL URIBE URIBE	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
SAN CRISTOBAL	0	0%	260	3%	0	0%	0	0%	0	0%	19	1%
SUBA	15	2%	3.377	37%	0	0%	516	24%	3.794	29%	621	34%
TUNJUELITO	2	0%	328	4%	0	0%	71	3%	25	0%	10	1%
USAQUEN	65	7%	112	1%	0	0%	17	1%	267	2%	0	0%
USME	0	0%	17	0%	0	0%	22	1%	13	0%	43	2%
Totales	904	100%	9.134	100%	1	100%	2.129	100%	13.294	100%	1.807	100%

Fuente: Los autores

Para la enfermedad rinofaringitis las localidades que presentan más casos son Bosa y Suba con el 29%, seguidas de Ciudad Bolívar con el 23%.

Para la bronquiolitis aguda la localidad que reporta más casos es suba y ciudad bolívar con el 37% y 33% respectivamente. La localidad de suba sigue presentando datos representativos en esta modalidad de atención.

9.5 INDICADOR: ENFERMEDAD / NÚMERO DE HABITANTES

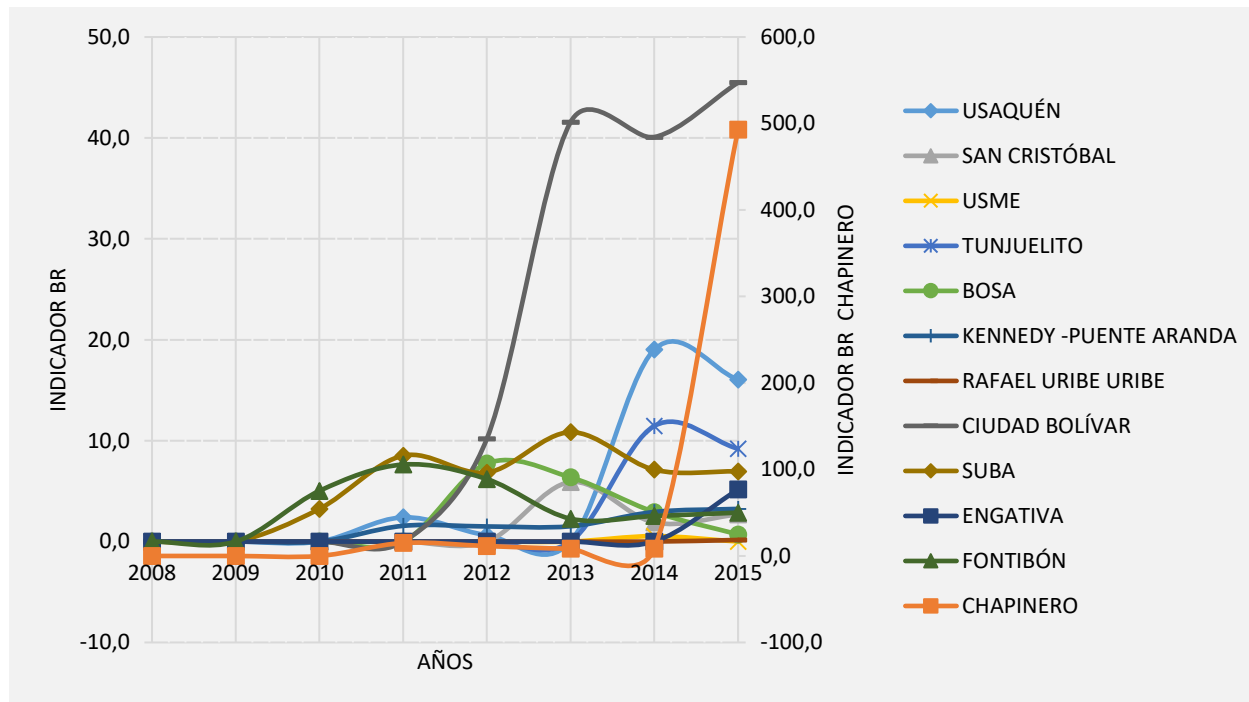
Para que los datos recopilados de los boletines epidemiológicos presenten una mayor claridad de la situación de salud por ERA's, y que dicha información pueda ser comparable con la población por localidades, se definió un indicador para cada una de las tres enfermedades más representativas que reportaron las UPGD en los boletines epidemiológicos. El indicador para las tres enfermedades tiene la misma estructura, siendo el siguiente:

$$\text{Indicador} = \frac{\# \text{ Casos}}{\text{Población}} * 10.000$$

La relación obtenida entre el número de casos por morbilidad atendida y población, es muy pequeño, lo que podría dificultar el análisis, por esa razón se propuso un factor de 10.000.


En primer lugar, se seleccionó la enfermedad bronquiolitis, ya que es una de las dos enfermedades mayoritarias que se presentaron en consultas atendidas y emergencia, además de ser la principal de morbilidad atendida. Esta enfermedad también se hacía presente en la bibliografía consultada porque se encuentra una relación entre el incremento de casos de esta enfermedad, cuando los niveles de MP en aire respirable aumentan.

Ilustración 5. Indicador Bronquiolitis por cada 10.000 Habitantes



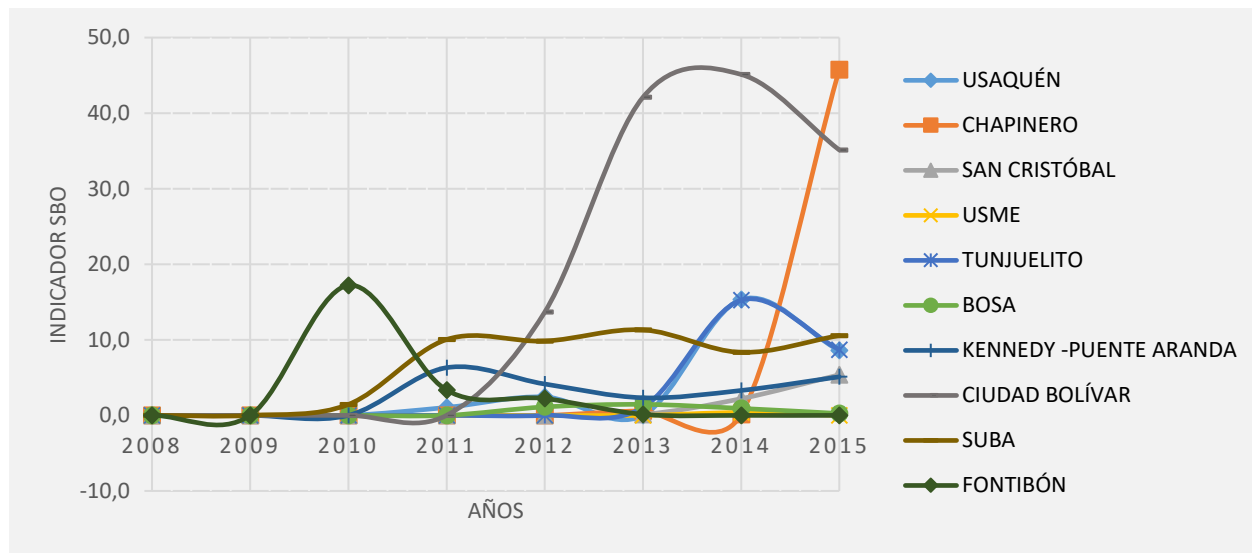
Fuente: Los Autores

En la ilustración 5 se muestra que los casos de morbilidad reportados por las UPGD para la enfermedad bronquiolitis desde los años 2008-2015 y distribuidos por localidad. La ilustración sugiere un incremento del indicador para morbilidad a partir del año 2010 para las localidades de Fontibón y Suba, para el año 2012 aumentan en la localidad de Bosa y Ciudad Bolívar. Esta última teniendo el indicador más representativo en comparación con las demás localidades. Las que más llaman la atención son las localidades de Chapinero, Usaquén y Ciudad Bolívar. Chapinero muestra un valor atípico en el año 2015 que no representa la tendencia que la localidad muestra en años anteriores, razón por la cual su representación gráfica se hizo en un eje secundario para no alterar el análisis frente a las demás localidades. Este dato puede atribuirse a que en la presentación de los boletines el Hospital de Chapinero no discriminó la población susceptible en niños menores de un año, niños menores a cinco años y adultos mayores de 60 años (como si se hace en los demás boletines), y presentaron toda la información conjunta de todos los casos. Otra posibilidad es que, como no se ha establecido una guía estandarizada para la presentación de dichos informes, la alta rotación en el personal encargado del área ambiental en el hospital de Chapinero (cada año), pudo presentar de forma incorrecta los informes, presentando los casos de morbilidad con los de consultas y urgencias. El Hospital de Vista Hermosa correspondiente a la localidad de Ciudad Bolívar aportó tan solo el 9% del total de boletines epidemiológicos, pero con gran cantidad de casos. Es por ello que su indicador llama tanto la atención.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

La localidad de Suba a pesar de que no se encuentra entre las tres mayoritarias, su indicador se mantiene con tendencia a aumentar para todos los años siguientes a 2010. Esto puede atribuirse a que es la localidad con mayor número de habitantes frente a las demás localidades y que el Hospital de Suba fue el segundo en aportar mayor cantidad de boletines epidemiológicos y por ende mayor información de casos reportados por morbilidad para esta ERA.

Ilustración 6. Indicador SBO por cada 10.000 Habitantes



Fuente: Los autores

En la ilustración 6 de SBO nuevamente se observa que la localidad de Ciudad Bolívar tiene el indicador más alto con tendencia de aumento desde el año 2011 en los casos de morbilidad atendida para el Síndrome Bronco Obstructivo. En la localidad de Tunjuelito se observa viene de un muy bajo indicador y se un incremento entre los años 2013-2014, bajando ligeramente en 2015. Nuevamente se observa que la localidad de Chapinero tiene un dato atípico en el año 2015 (este se graficó en el mismo eje). Fontibón presenta un valor llamativo para el año 2010, bajando en 2011 y manteniéndose muy bajo hasta el 2015. En Suba a partir del año se ve un incremento del indicador que se mantiene de forma regular durante los de 2011 a 2015. Las demás las localidades mantienen una tendencia regular.


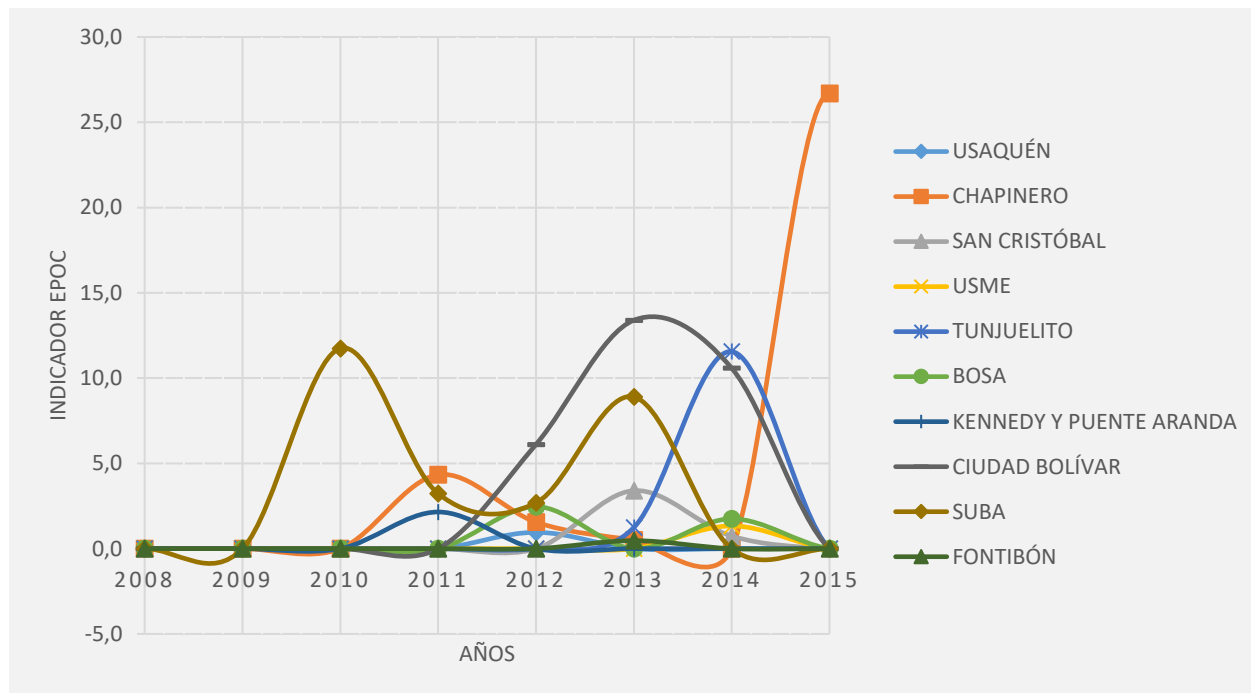
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Ilustración 7. Indicador EPOC



Fuente: Los Autores

En la ilustración 7 sobre EPOC se observa que las tendencias son muy variables, la localidad de Ciudad Bolívar y Tunjuelito sobresale a las demás en los últimos años, la localidad de Suba muestra dos años con índices altos en 2010 y 2013, pero que tienden a disminuir.

La localidad de chapinero nuevamente tiene un dato atípico en el año 2015, que podría atribuirse a que contemplan todas las edades sin discriminar la población más vulnerable o un cambio en el modelo de seguimiento. Por lo cual se descarta este dato en el análisis. Ciudad Bolívar presenta el mayor indicador en el año 2013 y para 2014. Las demás localidades presentan indicadores menores para los años de estudio.

9.6 COMENTARIOS SOBRE SALUD PÚBLICA

En el estudio de calidad del aire realizado por Martínez, concluye que existe una relación entre la enfermedad rinofaringitis y la contaminación del aire, y que tiene influencia la cantidad y la calidad del aire con el incremento en la morbilidad atendida por ERA's en los centros médicos, existiendo una afectación a la salud respiratoria de la población, en zonas donde hay mayor exposición a contaminantes (Martínez L., Quiroz, & Rúa, 2011). Otras postulaciones descartan esta hipótesis manifestando que esta enfermedad tiene otros mecanismos para adquirirse como enfermedad transmisible (Uribarren Berrueta, 2015).

Según el estudio realizado por Zamora, hay una correspondencia entre el aumento de la concentración de partículas contaminantes que están dispersas en el aire, con una disminución

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

de la función pulmonar en la población sensible, como niños y adultos mayores, hallando que la contaminación del aire puede accionar síntomas bronquiales obstructivos en la población con enfermedades respiratorias (Zamorano W., Aránguiz R, Bedregal G., Sánchez D., & Márquez U., 2003).

La Organización Mundial de la Salud establece relación entre el material particulado suspendido en el aire y sus efectos en la salud pública, principalmente en sistemas respiratorios y cardiovasculares (OMS, 2005). Aunque se cree que la morbilidad infantil está relacionada a la exposición a partículas suspendidas, esta asociación no ha sido estudiada a profundidad, se han asociado los principales contaminantes a efectos específicos estudiando los efectos a corto y a largo plazo (Oyarzún G., 2010) generando entre otros efectos el aumento de riesgo de bronquitis obstructiva crónica siendo los niños los más susceptibles a los efectos de los contaminantes (Miranda Romero & Ortiz Flores, 2008). En otro estudio, se evaluó la asociación existente entre las consultas a urgencias por enfermedades respiratorias en niños menores de 15 años y de adultos mayores a 60 años en Cali por medio de modelos matemáticos (Modelo aditivo generalizado) analizando las variables metodológicas y la concentración de PM_{10} . Resultado de este estudio se encuentra asociación significativa entre enfermedades respiratorias en niños menores de 15 años y la variación diaria de PM_{10} , pero no se encuentra la misma relación para los adultos mayores de 60 años (Jiménez Hernández, 2011). Otro estudio relacionado con la modelación matemática desarrollada para estimar la relación entre el PM_{10} y las enfermedades pulmonares da resultados de correlación directa de las variables planteadas (De la Pava, Salguero, & Fernández, 2008).

Desde el punto de vista de la epidemiología, la mejor ubicación de la estación de monitoreo de material particulado, sería entre la localidad de Ciudad Bolívar teniendo en cuenta el indicador desarrollado para la cada ERA. Este tiene en cuenta que número de casos por localidad, dando como resultado en los tres casos de ERA's a la zona de dichas localidades con mayor índice reportado. Se deja de lado de localidad de Chapinero pese a que también se encuentra entre las localidades con mayor índice, pero que presenta información atípica expuesta anteriormente para el año 2015.

Por número de casos reportados la localidad de Suba es la que mayoritariamente reporto casos, porque fue la que apporto mayor número de boletines. Sin embargo, la información aportada por los boletines epidemiológicos no tiene la confiabilidad requerida ni presentan consecución de la información en ninguno de los hospitales que reportaron. Esta localidad se encuentra presente con datos indicadores representativos frente a otras localidades manteniéndose entre las cuatro localidades principales.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CAPÍTULO 3. INVENTARIOS DE EMISIONES

10 INVENTARIOS DE EMISIONES


Los inventarios de emisiones son instrumentos de gestión de calidad del aire que permiten hacer una estimación de las emisiones atmosféricas por diferentes fuentes generadoras en un área delimitada. En este sentido, es importante tener claro cuál será el propósito principal para su realización, ya que de esto depende el tratamiento de la información recolectada para su modelación (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2016). El inventario de emisiones permite tener una idea sobre las fuentes generadoras de emisión de contaminantes atmosféricos, saber el tipo y cantidad de contaminantes que se está generando y también, dependiendo del propósito identificar si puede estar integrado por fuentes puntuales, móviles, de área y naturales (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013).

Existen varios métodos para realizar inventarios, pero estos básicamente dependen de la calidad de los datos y el costo para su realización. A continuación, se mencionan los métodos de menor a mayor confiabilidad. Los de menor confiabilidad representan un menor costo, por ende, los de mayor precio resultan mucho más confiables (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2016).

- Extrapolación
- Factores de emisión (basados en censos)
- Balances de materiales
- Encuestas
- Factores de emisión (basados en proceso)
- Modelos de emisión

Cada uno de estos modelos contempla un factor de error en sus ecuaciones en el cual la exactitud dependerá de la aplicación de las ecuaciones.

Su clasificación depende la de metodología utilizada, entre ellas están los métodos directos que incluyen mediciones directas en las fuentes emisoras del contaminante realizando estudios en campo, recolectando información como concentración del contaminante, tasa contaminante y volumen de aire que lo transporta, entre otros. En términos de confiabilidad y precisión este es el más adecuado pero sus costos son relativamente altos. Por otro lado, están los métodos indirectos los cuales se basan en la información que se tenga disponible sobre el comportamiento del contaminante, los procesos productivos asociados a la generación, equipos, entre otros, siendo estos mucho menos confiables que los métodos directos, pero con costos mucho más asequibles. Estos métodos pueden tener un grado de confiabilidad alto si la metodología se maneja adecuadamente.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Para generar un inventario de emisiones es necesario conocer la variedad de fuentes emisoras, los contaminantes, la cantidad de cada fuente, y por último y no menos importante un factor de emisión.


Para las fuentes fijas el protocolo más utilizado es el AP-42 creado por la EPA, en donde se listan una gran variedad de factores de emisión que fueron definidos por dicha organización con un arduo trabajo de investigación. Se clasifican de acuerdo a la actividad y el tipo de combustible que requieren. Estas estimaciones son ampliamente utilizadas en países en vía de desarrollo (Metropol, 2016).

En 2013 la Unidad de Planeación Minero Energética (UMPE) del Ministerio de Minas y Energía publico el documento “*Factores de emisión del sistema interconectado nacional Colombia*” como herramienta de cálculo para los proyectos en pro de la reducción de Gases de Efecto Invernadero –GEI (Mecanismo de Desarrollo Limpio-MDL) y para la consolidación de los inventarios de emisiones GEI (Unidad de planeacion minero energetica, 2016); Así mismo UPME creó una calculadora que cuenta con diferentes factores de emisión de CO₂ para combustibles colombianos y energía eléctrica, la herramienta contempla varios tipos de combustibles como sólidos, líquidos, gaseosos y eléctricos. Los factores son presentados en kg de CO₂ o SO₂ por unidad energética (TJ). (Unidad de planeación minero energetica, 2016).

Para los inventarios de emisión existen dos metodologías, la primera tipo arriba-abajo ya que para realizarla se necesita partir de datos y se aplica un modelo matemático cuyo resultado es una estimación de las emisiones, con él se puede comparar con los inventarios existentes para optimizar o generar un nuevo inventario de emisión, se realiza una estimación de la emisión local a partir de datos nacionales donde son llevados a factores de emisión relacionados con actividades económicas como el ingreso per cápita. (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2017). Estos factores se usan para estimar la emisión local; esta metodología se basa en estudios de emisión en túnel, modelación inversa y balance químico de masas; la segunda metodología se denomina de tipo abajo-arriba este parte de los factores de emisión, factores de actividad y numero de fuentes dando como resultado un inventario de emisiones totales; (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2017) en otras palabras se individualiza la fuente y la emisión a nivel local, donde se realiza una sumatoria de los reportes y se construye un inventario de emisiones más preciso y se desarrolla por medio de medición de emisiones en ruta, medición remota y ensayos dinamométricos (Metropol, 2016) .

La metodología que se realiza por medio de los estudios de túnel, involucra la simulación a escala del viento en cámaras que cuenten con la suficiente longitud para que fluya el viento y se puedan representar las características de la Capa Limite Atmosférica (CLA) (Wittwer, Camano Schettini, Loredó Souza, & Natalini, 2002). Esta CLA es la parte de la tropósfera que se ve influenciada directamente por la superficie, en donde se encuentran diferentes elementos de rugosidad y barreras que permite estudiar la velocidad de la emisión del contaminante con la velocidad del viento de la zona de estudio (Universia.net, 2012).

Por otro lado, la modelación inversa en los inventarios de emisiones, busca corregir errores o desviaciones generadas en la aplicación de los modelos convencionales de calidad del aire. Da solución a las diferencias que presentan los valores observados frente a los valores simulados

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

de dichos modelos, por medio de la aplicación de factores a escalamiento (Mendoza & García, 2011).

Por último, la metodología de balance químico de masas es un método estadístico lineal que requiere de insumo principal la información sobre composición de las fuentes de emisión de contaminantes del MP (entrada), que, combinado con la caracterización del MP en la parte práctica del estudio (salida), permite analizar la concentración y correlacionar los elementos encontrados en la caracterización de los elementos de entrada y salida del sistema (Secretaría Distrital de Ambiente, 2009).

10.1 INVENTARIOS DE EMISIÓN EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

En la recopilación de información sobre los inventarios de emisiones de Bogotá se encontraron estudios de este tipo desde el año 2004, que se consolidan en la tabla 11. En ella se menciona el propósito y el método que se utilizó para realizar cada uno, junto con los principales hallazgos.

Tabla 11. Consolidados inventarios de emisiones de Bogotá

NOMBRE DEL ESTUDIO / PROPÓSITO	METODOLOGÍA	ENTIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA / PRINCIPALES CONCLUSIONES	AÑO
Emisiones de gases invernadero y otros contaminantes por parte de la flota vehicular liviana de Bogotá	Cálculo directo	Universidad de los Andes	Realizado para determinar el aporte generado por los vehículos a gasolina de Bogotá. Utilizaron factores de emisión de California y realizaron pruebas dinamométricas para las que establecieron categorías comunes como el tamaño del motor, kilometraje, sistema de control de emisiones, entre otros, (Quiñones Cantor, 2012) identificaron los aportes de polución de los siguientes contaminantes así: "230.000 ton/año de CO, 3.000.000 ton/año de CO ₂ , 12.000 ton/año de NO _x , 25.000 ton/año de THC, 1.400 ton/año de CH ₄ y 90 ton/año de N ₂ O" (Peñalosa Pabón, 2010) (Secretaría Distrital de Ambiente, 2009).	2004
Modelo de emisiones vehiculares para la ciudad de Bogotá (EVB). Inventario de emisiones estimando las emisiones de CO, NO _x , VOC _s , PM _{2,5} y N ₂ O	Modelo matemático propuesto por IVE	Universidad de los Andes	Se desarrolló la metodología típica para realizar el inventario de emisiones recopilando información de los vehículos (clase de vehículo, tipo de combustible, tipo de servicio, características de la flota vehicular, entre otras). Se tomaron los factores de actividad del estudio de Giraldo, 2005. El objetivo de este estudio fue validar los resultados del estudio de Giraldo en el 2005 ya que habían encontrado errores en los cálculos. Se hicieron las correcciones y se compararon los resultados. El estudio concluyó que los resultados obtenidos eran coherentes y parecidos al de Giraldo. Recomienda seguir en la misma línea de investigación para poder consolidar un inventario de emisiones para Bogotá (Zarate E. , 2007).	2007

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

NOMBRE DEL ESTUDIO / PROPÓSITO	METODOLOGÍA	ENTIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA / PRINCIPALES CONCLUSIONES	AÑO
Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes	Modelo IVE	Universidad de los Andes	<p>Modelo internacional de emisiones vehiculares desarrollado por la U.S. EPA para países en vía de desarrollo. Consiste en un modelo computacional que incorpora la realización de mediciones de contaminantes en la zona de estudio junto con la aplicación de factores de emisión tomados de la literatura.</p> <p>Los resultados de emisiones fueron; 6 Ton/día de PM₁₀, 2.550 Ton para CO, 150 Ton para NOx, 7 Ton de SOx y 200 Ton para COV.</p> <p>Se incluyó información sobre las condiciones técnicas del parque automotor, factores de emisión, su tecnología, encuestas en campo, meteorología de la zona, entre otras características. Como resultado se estimaron las emisiones totales de los contaminantes criterio entre ellos PM₁₀. La flota de vehículos del transporte público como colectivos, buses y camiones junto con las motocicletas de dos tiempos son el grupo de vehículos que más aportan al inventario de emisiones con el contaminante de material particulado. Recomiendan seguir realizando más estudios sobre el tema (Giraldo Amaya, 2005).</p>	2005
<p>Understanding the Origins and Fate of Air Pollution in Bogota, Colombia.</p> <p>Inventario de emisiones de fuentes móviles, fijas y biogénicas</p>	Módulo de cálculo de emisiones AIREMIS (basado en la metodología CORINAIR)	<p>École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Escuela Politécnica Federal de Lausanne) de la Universidad de los Andes</p>	<p>Modelo desarrollado en Francia como software que requiere dos tipos de información; 1) consiste en recopilar datos de la actividad vehicular, como información de la malla vial georreferenciada, el parque automotor de la zona estudiada y de las variables de circulación y estacionamiento de los vehículos; 2), requiere de los factores de emisiones, es decir, la unidad másica (g/Km) de los contaminantes estudiados (González Acosta, 2003).</p> <p>Se realizó la evaluación y comparación de dos estimaciones de inventario de emisiones para la ciudad: la de CORINAIR que da una estimación espacial y temporal del aporte de PM₁₀, CO, NO_x, VOCs, SO₂, CH₄ y CO₂, (Quiñones Cantor, 2012), y la aplicación de un modelo inverso de dispersión en un cañón urbano con altas emisiones más la medición in-situ del tráfico vehicular. Se estudiaron diversas fuentes de contaminación entre ellas las de fuentes móviles (aéreas, terrestres) y fuentes fijas concluyendo que la principal contribución de emisiones corresponde a la del tráfico vehicular. De las emisiones de PM₁₀ evaluadas, el 99% corresponden al tráfico pesado (buses y camiones). Vale aclarar que en el estudio se especifica que solo el 5% de la flota vehicular corresponde a este tipo de vehículos. (Quiñones Cantor, 2012).</p>	2007

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

NOMBRE DEL ESTUDIO / PROPÓSITO	METODOLOGÍA	ENTIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA / PRINCIPALES CONCLUSIONES	AÑO
Actualización del inventario de emisiones para vehículos operados con gasolina y gas natural en Bogotá.	Metodología de cálculo directo	Universidad de los Andes	Mediciones en ruta de CO, NO _x , THC y CO ₂ con el fin de estimar FE específicos para Bogotá. La metodología fue seleccionar las categorías de los vehículos utilizando la base de datos de la secretaria distrital de movilidad de Bogotá, se escogió la ruta con una longitud aproximada de 10km, los vehículos seleccionados se les instalaba los equipos de medición, y se ponía en marcha sobre la ruta diseñada. Como conclusión se observó que la conversión de vehículos a gas natural no disminuyen las emisiones de HC y NO _x sino que aumentan.	2007
Actualización del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá a través de mediciones directas.	Metodología de cálculo directo Metodología IVE	Universidad de los Andes	Se realizó en dos etapas: 1) recolección de información sobre la flota vehicular, 2) realización de una campaña de medición con mediciones directas para obtener los factores de emisión de vehículos a gasolina, ACPM y gas natural, analizando también las medidas existentes y las posibles que se pueden implementar para la reducción de las emisiones. Dio como resultado que las Fuentes vehiculares anualmente emiten a la atmósfera más de 4,800,000 toneladas de CO ₂ ; 450,000 toneladas de CO; 30,000 toneladas NO _x ; 60,000 toneladas de THC y 1,100 toneladas de PM _{2.5} . de estos, los vehículos de transporte público son los más aportantes, intensificando las emisiones de PM, el principal contaminante del aire en la ciudad. Para ello se debe intensificar las estrategias para la chatarrización de los vehículos de servicio público que generan estas altas emisiones (Rodríguez & Behrentz, 2009).	2009
Actualización del inventario de misiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas en Bogotá a través de mediciones directas	Fotografías aéreas /Mediciones isocinéticas	Universidad de los Andes	Generaron los factores de emisiones para el inventario de emisiones mediante una gran campaña de mediciones de tipo isocinético para PM, NO _x y SO _x en las industrias de la ciudad en las localidades de Kennedy, Puente Aranda y Engativá. Recopilaron la información base sobre el tipo y cantidad de combustible utilizado por las industrias estudiadas. Para consolidar el inventario tomaron fotografías aéreas de alta resolución para identificar las chimeneas industriales. Su resultado indicó que la localidad de Puente Aranda es la que más concentra chimeneas industriales. Las cifras de emisiones son las siguientes: 1400 ton de PM, 2600 ton de NO _x , y 2200 ton de SO _x , y las actividades industriales que más aportan son la producción de ladrillos no tecnificada con 50% y las grandes calderas de carbón con el 25% de las emisiones. Cabe aclarar que este sector de ladrilleras representa el 4% del total de las industrias estudiadas y que, 35% del sector no se encuentra registrado legalmente ante la CCB. También destacan la falta de seguimiento y control por parte de la SDA a este tipo de industrias (Fandiño & Behrentz, 2009).	2009


	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

NOMBRE DEL ESTUDIO / PROPÓSITO	METODOLOGÍA	ENTIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA / PRINCIPALES CONCLUSIONES	AÑO
<p>Distribución espacial y temporal del inventario de emisiones provenientes de las fuentes móviles y fijas de la ciudad de Bogotá D.C.</p> <p>Inventario de emisiones distribuido espacial y temporal en un dominio de 55Km x 55Km</p>	Modelo EMISENS	Universidad Nacional de Colombia	<p>Las fases metodológicas se resumen en:1) recopilación información base para conformar la distribución espacial de las emisiones, 2) consolidación del inventario para fuentes móviles, 3) consolidación del inventario para fuentes fijas. Los factores de emisión utilizados fueron los desarrollados por Rodríguez en 2009 que se complementaron con los de COPERT IV para fuentes móviles (Peñalosa Pabón, 2010).</p> <p>El modelo EMISENS es un software que permite estimar emisiones generadas por fuentes móviles que se distribuyen a través de espacio y tiempo, este tipo de modelo requiere tres insumos de información: 1) la actividad de las fuentes móviles, 2) factores de emisión y 3) la desviación estándar de dicha información (Rojas N. Y., 2010). Para la estimación de las emisiones se tuvo en cuenta los FE y de las actividades para cada vía y categoría vehicular que se determinó en el estudio. También se consideran "los valores de error de estos dos parámetros de entrada, para el análisis de la incertidumbre de los resultados, se requirió de información de los segmentos de vía y la carga vehicular para cada celda y cada hora del dominio modelado, para poder distribuir las emisiones en el espacio y el tiempo" (Peñalosa Pabón, 2010). Como resultado se mostró que las emisiones de PM son producidas principalmente por los vehículos de carga pesada, de nuevo, los de transporte público colectivo con el 47.93% y los camiones con un 29.73%. También se presta atención al aporte de motocicletas con un 13.48% del total de emisiones de fuentes fijas (Peñalosa Pabón, 2010).</p>	2010

Fuente: (Quiñones Cantor, 2012) – **Adaptado por Los Autores**

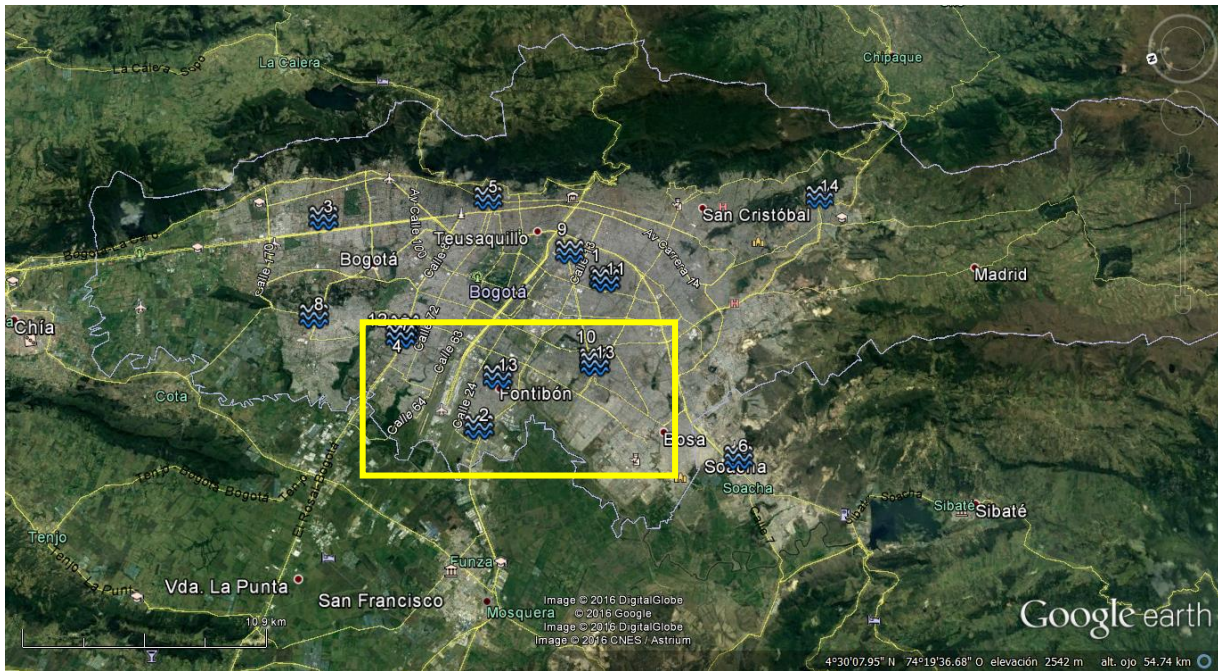
De acuerdo a la Tabla 11, se puede observar que el número de estudios desarrollados en la zona occidente de Bogotá son superiores a la zona sur, ya que se da especial interés a localidades de Kennedy, Puente Aranda y Fontibón, probablemente por su actividad industrial y por la presencia de un alto flujo vehicular. Además de las localidades anteriormente mencionadas, en la actualización del inventario de fuentes fijas realizado por Fandiño y Behrentz, los resultados obtenidos revelaron que la localidad de Usme es la aportante del 40% de las emisiones de Material Particulado, a pesar de contar con un número inferior de chimeneas, el aporte del contaminante es mucho más representativo en comparación con las localidades de Kennedy y Puente Aranda, que sin lugar a dudas, presentan un número mayor de fuentes generadoras. Este contaminante puede estar asociado a la actividad de producción no tecnificada de las ladrilleras (Fandiño & Behrentz, 2009).

En la ilustración 8 se ubican las zonas en donde se han realizado estudios sobre inventarios de emisión de acuerdo a la revisión bibliográfica consultada en este proyecto. El área marcada en el recuadro amarillo de la Ilustración 8 representa la zona de la ciudad con mayores estudios realizados sobre la calidad del aire, debido a que es una zona con un gran número de industrias

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

y corredores viales de alto flujo vehicular, por ende, supone una mayor generación de emisiones de contaminantes atmosféricos.

Ilustración 8. Puntos de críticos de emisión



Fuente: Google Earth - Modificado por los Autores

En la tabla 12 se relacionan las zonas estudiadas de los inventarios de emisiones de la ciudad de Bogotá que se observan en la ilustración 8.

Tabla 12. Puntos críticos de emisión correspondiente a la Ilustración 8

Nombre del estudio	Zonas Estudiadas
Understanding the Origins and Fate of Air Pollution in Bogota, Colombia.	1,2,3,4,5,6,
Zona de estudio Actualización del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá a través de mediciones directas.	7,8,9
Zona de estudio Actualización del inventario de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas en Bogotá a través de mediciones directas	10,11,12
Zona de estudio Distribución espacial y temporal del inventario de emisiones provenientes de las fuentes móviles y fijas de la ciudad de Bogotá D.C.	13

Fuente: Los Autores

10.2 INVENTARIOS DE EMISIÓN EN MUNICIPIOS ALEDAÑOS A BOGOTÁ

Luego de realizar la búsqueda de los inventarios de emisiones en la ciudad de Bogotá, se deberán también considerar los inventarios de emisiones de los municipios aledaños, como Soacha y

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Mosquera, que, por su continua interacción con la capital entre el tráfico, el desplazamiento población, la actividad comercial e industrial, la dispersión de los contaminantes puede verse influenciada por la acción del régimen de vientos, y por ende la calidad del aire de Bogotá.

Tabla 13. Consolidados inventarios de emisiones de Cundinamarca

NOMBRE DEL ESTUDIO / PROPÓSITO	METODOLOGÍA	ENTIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA / PRINCIPALES CONCLUSIONES	AÑO
Estimación de emisiones provenientes de fuentes móviles en el tramo vial Bogotá-Facatativá (Cundinamarca)	Modelo IVE Factores de emisión en ruta	Universidad Nacional de Colombia Revista Épsilon	Comparación de dos metodologías aplicadas: El modelo IVE requiere de dos tipos de información de entrada: 1) Descripción de la flota de vehículos y 2) La actividad vehicular de la zona de interés, y la otra metodología por factores de emisión por medición directa (en ruta). El estudio no dio alcance a la recolección de información en campo, sino que trabajó con la información recopilada por Giraldo en 2005. Como resultado se observó que las dos metodologías presentan grandes diferencias, con respecto al PM, siendo los vehículos de transporte público, motos y camiones lo mayores aportantes. El horario con las emisiones resulta ser el de mayor flujo vehicular entre las 6:00am y 9:00am y entre las 4:00pm y las 8:00pm (Dávila Pinzón, Rojas Pérez, & Rojas Roa, 2013).	2013
Estimación de Emisiones de Contaminantes Provenientes de Fuentes Móviles en la Jurisdicción CAR	Modelo IVE	Universidad Nacional de Colombia	Se realizó la campaña de recolección de datos de vías municipales como intermunicipales de la zona de jurisdicción de la CAR teniendo en cuenta la representatividad de los datos (actividad, distribución y caracterización del parque automotor y patrones de conducción por categorías vehiculares). Los factores de emisión obtenidos tienen en cuenta también la potencia específica vehicular, y las condiciones ambientales de la zona de estudio. El estudio se hizo para los contaminantes criterio teniendo como año base 2012. Se concluye en el estudio que los camiones son los que generan mayores emisiones por kilómetro recorrido para todos los contaminantes, con excepción de la generación de COV, que está en cabeza de las motocicletas. "Las categorías que operan con diésel presentan mayor generación de PM ₁₀ , NO _x y SO _x , mientras que los operados a gasolina generan principalmente CO y COV por kilómetro recorrido" (Rojas Pérez, 2015).	2015

Fuente: Los Autores

La recopilación de los inventarios de emisiones contenido en la Tabla 13. solo presenta la información de interés para el presente trabajo correspondiente a los contaminantes de material particulado y metales pesados realizados en el área de estudio analizada.

En la jurisdicción de Cundinamarca, en el 2012 Zafra & Rodríguez realizan el estudio de los metales pesados (Cd, Fe, Pb) en el Material Particulado del municipio de Soacha, por medio de espectrofotometría de masas. Como resultado se determinó que la concentración (mg/kg) de Fe es mayor al Cd en MP aumentando en temporada de sequía. La proporción de metales pesados es mayor en 2,21 veces en PM₁₀ que en PST. Las concentraciones de Pb y Cd son mayores 17,6 y 4,7 respectivamente, para las que están dispersas en aire en comparación a las presentes en

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

el sedimento vial. Dichos resultados están influenciados por la presencia del sector industrial y alto flujo vehicular (40.410 vehículos/día) (Zafra Mejía, Rodríguez Chitiva, & Torres Cabrera, 2012).


En Sibaté fue realizado un estudio encaminado a determinar niveles de Pb, Mg, Cd en la sangre de una muestra representativa de pobladores del municipio, con el fin de identificar la relación de esta concentración con la contaminación del Embalse del Muña. Aunque no se logró establecer una relación directa con casos asociados a esa exposición, si se puede apreciar un pequeño incremento en las alteraciones en las vías respiratorias superiores de los habitantes. Se hace énfasis en la necesidad de más estudios que profundicen en el tema ya que no se descartan posibles efectos nocivos a la salud por la exposición en pequeñas dosis de estos contaminantes (Combariza Bayona, 2007). Aunque este estudio no presenta cifras específicas sobre metales pesados, si muestra la posible relación entre la calidad del aire asociada a la presencia de metales pesados dispersos en el aire y la afectación a la salud de los habitantes del municipio. Se destaca también los esfuerzos adelantados por Sibaté y su contribución sobre investigaciones de este tipo.

Las actividades industriales como la fundición secundaria de metales no ferrosos como el aluminio, cobre y plomo, y la combustión de carbón, son las aportantes de metales pesados en la zona de la localidad de Puente Aranda cerca de la estación de La Merced, presentando también las emisiones vehiculares un aporte significativo de emisiones de metales pesados como el cobre y el cromo (Pérez Fadul & Hernández Hernández, 2006). Las concentraciones de metales pesados más altas encontradas en el mencionado estudio corresponden a hierro atribuible a la presencia de este contaminante en la corteza terrestre y también en algunos procesos industriales de la fundición secundaria de hierro y acero. El otro contaminante es el plomo asociado a actividades industriales que se desarrollan en hornos de fundición y a la fabricación de artículos de vidrio (Pérez Fadul & Hernández Hernández, 2006).

10.3 COMENTARIOS RESPECTO LOS INVENTARIOS DE EMISIONES

Bogotá no cuenta con un inventario actualizado, según el plan decenal 2010-2020 se basan en el inventario de emisión del año 2008 donde se tiene información de contaminantes primarios como PM₁₀, NO_x, THC, CO, CO₂. Tanto para fuentes móviles como para fuentes fijas y se realiza una proyección de estas para el periodo 2010-2020.

Aunque el contenido de metales pesados disperso en el aire no ha sido estudiado a profundidad, si existen algunos estudios zonales realizados en Bogotá, que permiten identificar las localidades más afectadas por la presencia de este tipo de contaminantes que se dispersan en el aire. El estudio realizado por (Gómez Sanabria & Martínez Gómez, 2008) incluyó la determinación de las concentraciones de mercurio en el PM₁₀, donde se concluye que unas de las zonas que presenta mayores concentraciones de mercurio atmosférico de PM₁₀ se encuentra en las inmediaciones del Hospital de Fontibón (localidad de Fontibón) y el “Colegio Silverio Espinosa de Rendón” (localidad de Puente Aranda), además, se establece la relación de altas concentraciones de este contaminante por la presencia de industrias (química, textil y metalúrgica) que aportan dichas emisiones en el sector. En las zonas con bajas concentraciones donde no hay industrias su presencia puede deberse a que está en fase gaseosa y en forma de material particulado, lo

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


cual facilita sus procesos de transporte y minimiza su actividad reactiva (Gómez Sanabria & Martínez Gómez, 2008).

Según la bibliografía consultada, no hay un inventario actualizado de emisiones para la ciudad de Bogotá; a pesar de ser la capital del país, se encuentra en mora para el desarrollo de estudios de este tipo, necesidad que es prioritaria, teniendo en cuenta la dinámica económica y su continuo crecimiento industrial y comercial. Según Rojas, en uno de sus estudios, el aporte que las industrias hacen sobre el MP es de alrededor del 60% (Rojas N. , 2007), un valor importante para una ciudad como Bogotá que concentra una población cercana a los 8 millones de habitantes, según las proyecciones realizadas (Secretaría Distrital de Planeación SDP, 2007). Es así también, que se aconseja realizar estudios e investigaciones sobre otros posibles focos de contaminación por MP en otras partes de la ciudad diferente a las localidades de Kennedy y Puente Aranda, como por ejemplo la localidad de Usme.

En los municipios aledaños a Bogotá, falta mayor interés para la consolidación de inventarios de emisiones, encaminados a caracterizar la carga contaminante emitida al ambiente que podría estar afectando de forma negativa la salud de la población.

Los estudios sobre metales pesados presentes en el MP, también son muy escasos, apenas y se lograron recuperar algunos estudios desarrollados en Bogotá y en municipios cercanos como Soacha. Estos indicaron que las vías con alto flujo vehicular y la presencia de industrias son factores incidentes en la generación de estos contaminantes al ambiente, especialmente las actividades industriales de la metalurgia y de manufactura de químicos.

La consolidación actualizada de un inventario de fuentes fijas y móviles es prioritaria para poder identificar las fuentes de mayor incidencia en la calidad del aire de la ciudad, y con ello generar acciones que permitan hacer una intervención en esta problemática.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

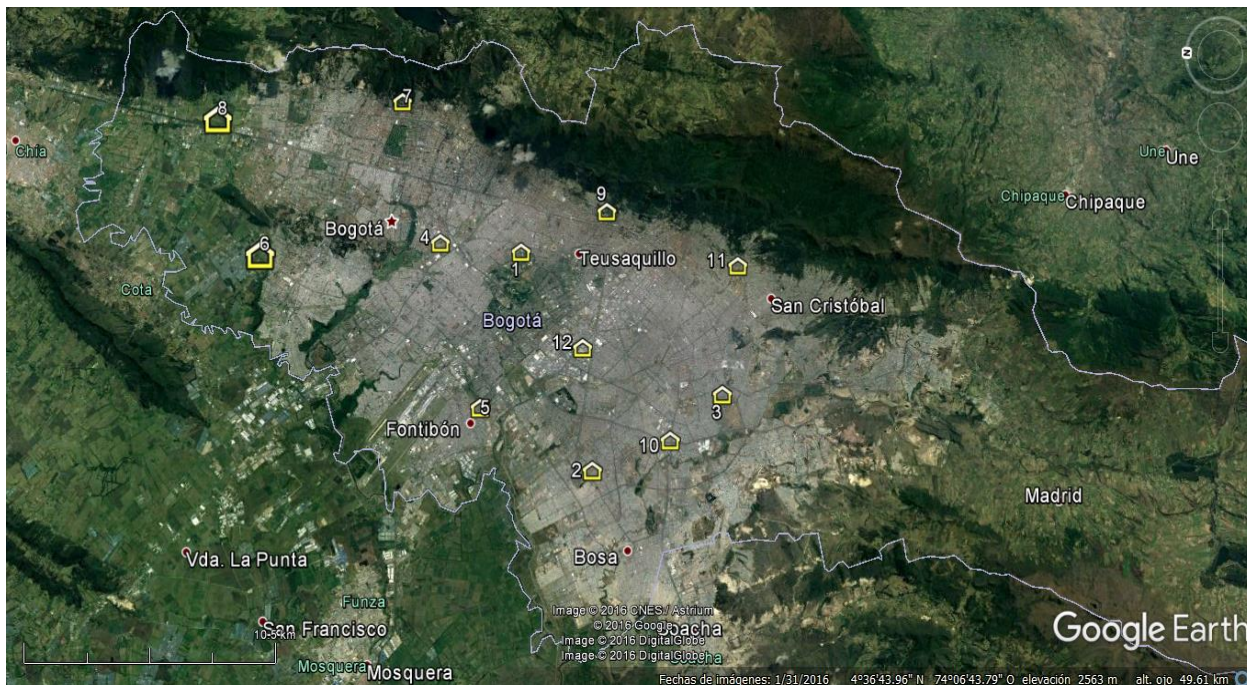
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS MULTIANUAL DE CALIDAD DEL AIRE

11 CALIDAD DEL AIRE EN BOGOTÁ

11.1 RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE

La RMCAB cuenta con información disponible de 12 estaciones de monitoreo de calidad del aire ubicadas estratégicamente en el territorio de la ciudad de Bogotá. Estas monitorean los contaminantes criterio y los parámetros meteorológicos como la temperatura, precipitación, dirección y velocidad del viento, entre otros, compilando información permanente durante las 24 horas al día (Secretaría Distrital de Ambiente, 2010). En la ilustración 9 y la tabla 14 se puede ver el detalle de parámetro que monitorea la RMCAB.

Ilustración 9. Mapa SDA- Estaciones de calidad del aire y parámetros meteorológicos



Fuente: Google Earth - Modificado por los Autores

En la tabla 14 se presentan las convenciones de la ilustración 9, además de la información de su localización, parámetros meteorológicos que miden y parámetros de calidad del aire:

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Tabla 14. Estaciones de Monitoreo de Bogotá

Estación	Nombre	Altitud (msnm)	Coordenadas		Parámetros Meteorológicos				Parámetros Calidad del Aire								
			Latitud	Longitud	Precipitación	Temperatura	Dirección del Viento	Velocidad del Viento	PM10	PM2.5	PST	CO	SO2	NOX	O3	NO	NO2
1	Centro de Alto rendimiento	2577	4°39'30,48" N	74°5'2,28" O	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
2	Kennedy	2580	4°37'30,18" N	74°9'40,8" O	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
3	Tunal	2589	4° 34'34,62" N	74° 7' 51,48" O	X	X	X	X	X	X				X		X	
4	Las ferias	2552	4°41'26,52" N	74°4' 56,94" O	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
5	Fontibón ⁵	2591	4°40'12,36" N	74°8' 29,58"O	X	X	X	X	X			X	X		X		
6	Suba	2571	4°45'40,86"N	74°5'36,54"	X	X	X	X	X	X			X		X		
7	Usaquén	2570	4°42' 37,26"N	74°1' 49,5" O	X		X	X	X	X		X			X		
8	Guaymaral	2580	4°47'1,44"N	74°2' 37,62" O	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X
9	Min. ambiente	2621	4°37'31,98" N	74°4' 0,72" O	X		X	X	X	X					X		
10	Carvajal	2563	4°35' 44,22" N	74°8' 54,9" O	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
11	San Cristóbal	2688	4° 34'21,54"N	74° 5' 1,68" O	X	X	X	X	X	X		X	X		X		
12	Puente Aranda	2590	4°37'54,36" N	74°7' 2,94" O	X	X	X	X	X			X	X	X	X		

Fuente: Los Autores

11.2 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE PM₁₀

Gracias a la información disponible en la página de la RMCAB, se descargaron los datos monitoreados de PM₁₀ para realizar el comparativo multianual desde el año 2005 a 2015 para las doce estaciones de calidad del aire de Bogotá que monitorean este contaminante, datos a los cuales, se le aplicaron metodologías estadísticas para el manejo e interpretación de datos, surgiendo los resultados presentados a continuación:

En la Ilustración 10, se presenta la gráfica resultante de la consolidación y organización de datos anuales de la RMCAB, frente al mínimo permitido de la normatividad Colombiana, 50µg/m³ para el tiempo de exposición anual, y 100µg/m³ para 24 horas.

Se puede apreciar que con el paso de los años las mediciones han adquirido una mayor confiabilidad, y los equipos e instrumentos utilizados en el monitoreo han sido más precisos

⁵ Estación Fuera de servicio actualmente

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

disminuyendo la dispersión de los datos. Un ejemplo claro de ello son las estaciones de Suba, Tunal y Puente Aranda, por mencionar algunas, las cuales presentaban en el 2005 una mayor dispersión de los datos frente a los nueve años siguientes. Se ve un comportamiento positivo en relación a la tendiente disminución generalizada en cada una de las estaciones estudiadas, presentando valores de PM_{10} mucho más concentrados por debajo de la norma de exposición de 24 horas. El promedio general para cada una de las estaciones se mantiene por debajo de los $100\mu g/m^3$, e incluso sobre los $50\mu g/m^3$ de la norma de exposición anual. A pesar de los diferentes esfuerzos que ha adelantado el Distrito en la materia, y de la aplicación de los protocolos de calidad del aire, las estaciones que siguen reflejando un comportamiento preocupante sobre los niveles de PM_{10} son las estaciones de Kennedy y Carvajal-Sevillana, que mantienen los valores del contaminante PM_{10} de los últimos años más cercanos a los $100\mu g/m^3$.


Para el periodo de estudio de 2005-2015 las estaciones de Usaquén, Min. Ambiente, Guaymaral, San Cristóbal y Centro de Alto Rendimiento presentan un comportamiento similar y aceptable con respecto a las concentraciones de PM_{10} , estando por debajo de los $100\mu g/m^3$. El promedio de estas estaciones se mantuvo sobre los $50\mu g/m^3$ para los primeros cinco años, luego tuvo la tendencia disminuir considerablemente estando por debajo de la norma para 24 horas de exposición. Esto no solo debe atribuirse por la inclusión de las diferentes políticas y programas en pro del mejoramiento de la calidad del aire adelantada por el Distrito, como la medida de pico y placa, los operativos en vía verificando la aplicación de la revisión técnico mecánica o los controles a fuentes industriales, en sino también al mejoramiento de las herramientas utilizadas para la captura y procesamiento de datos de las estaciones y la obtención de información más confiable (Secretaría Distrital de Ambiente, 2010).

La estación del Tunal durante los años 2007 y 2008 mantuvo su promedio sobre los $100\mu g/m^3$, el cual disminuyó considerablemente para quedar en un promedio igual o inferior en el 2015 de $50\mu g/m^3$.

La dispersión de los datos hasta el 2009 para la estación de Suba, fue bastante amplia, pero a partir del 2011 su promedio se estabilizó sobre los $50\mu g/m^3$ de PM_{10} .

La estación de Puente Aranda presenta al igual que las demás estaciones una ligera tendencia a la disminución del contaminante PM_{10} con el paso de los años. Esto puede atribuirse a los programas adelantadas por el Distrito para vigilar a las empresas industriales que generan emisiones en esta zona (Secretaría Distrital de Ambiente, 2010).

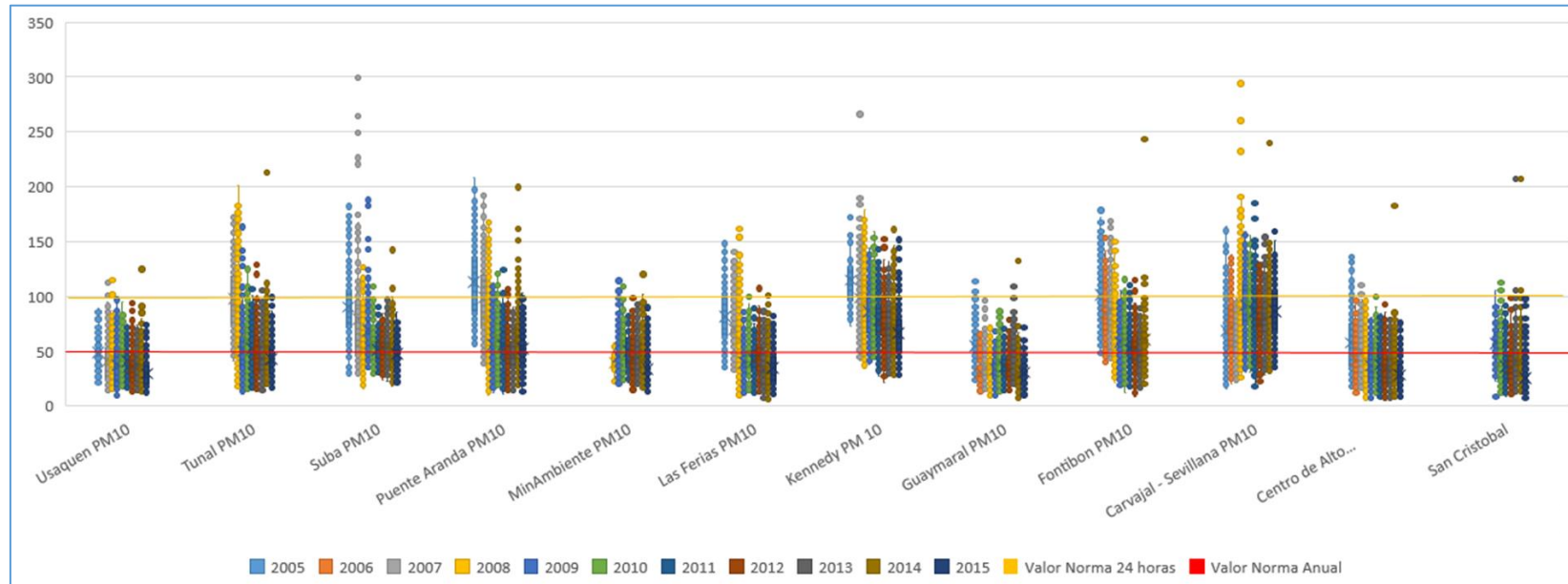
A pesar de ello, esta localidad siempre se ha caracterizado por la importante contribución de Material Particulado al aire de la ciudad. De acuerdo con el estudio que se basan los autores (Palacio Soto, Zafra Mejía, & Rodríguez Miranda, 2014) realizado en el año 2009 por el IDEAM sobre las emisiones de contaminantes criterio en esta localidad, se instaló un laboratorio móvil, y como resultado se obtuvo que el PM_{10} es el contaminante con mayor número de excedencias a la norma y por ende, con la aplicación de la evaluación de Calidad del Aire (ICA), se demostró que el contaminante genera efectos negativos sobre la salud, recomendando desarrollar acciones de prevención en esta localidad (Palacio Soto, Zafra Mejía, & Rodríguez Miranda, 2014).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

En el año 2014 la ligera tendencia a la disminución se ve afectada por un súbito aumento de las concentraciones de PM_{10} alcanzando valores de hasta los $300\mu g/m^3$, esto se ve reflejado por una notable dispersión de los datos en la ilustración 10. Esta situación puede atribuirse al incendio generado por el depósito de llantas en la localidad de Fontibón el 3 de noviembre de 2014. Esta es una de las localidades vecinas de Puente Aranda, ubicada a 7,9km de distancia. Por acción de los vientos estos pudieron conducir las emisiones producidas que fueron direccionadas para ser capturadas por la estación de calidad del aire (Secretaría Distrital de Ambiente, 2014). Pero, de forma general para los años estudiados, la estación mantiene un comportamiento entre el rango $50\mu g/m^3$ - $100\mu g/m^3$ de las concentraciones del PM_{10} .

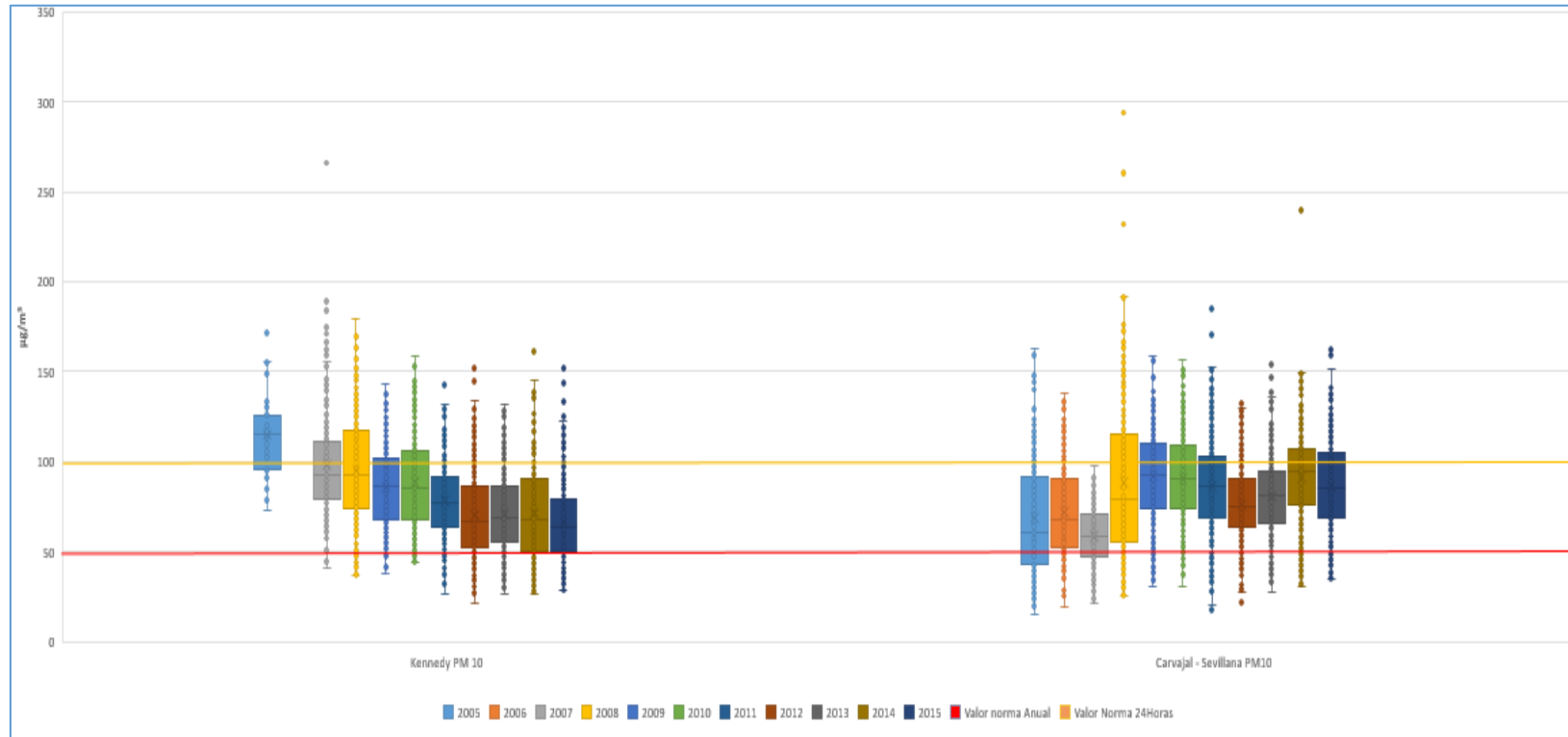
Para el año 2006 varias estaciones de monitoreo no registraron información, tales como Usaqué, Tunal, Suba, Puente Aranda, Las Ferias, Min. Ambiente, Kennedy y San Cristóbal. Esto puede deberse a dificultades técnicas que detuvieron el proceso de monitoreo. La estación del Tunal tampoco registró información en 2005 y la estación Min. Ambiente tampoco registro datos en los años 2005 y 2007, al igual que la estación de San Cristóbal.

Ilustración 10. Comportamiento histórico de PM₁₀ 2005-2015



Fuente: Los Autores

Ilustración 11. Comparativo estaciones Kennedy-Carvajal



Fuente: los Autores

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

De acuerdo a la ilustración 10 del estudio multianual se puede deducir que las estaciones de Kennedy y Carvajal-Sevillana ubicadas en la zona suroccidental de la ciudad presentaron las mayores concentraciones de PM_{10} . Es por ello que se presenta a mayor detalle las cajas de bigotes de estas dos estaciones en la ilustración 11.

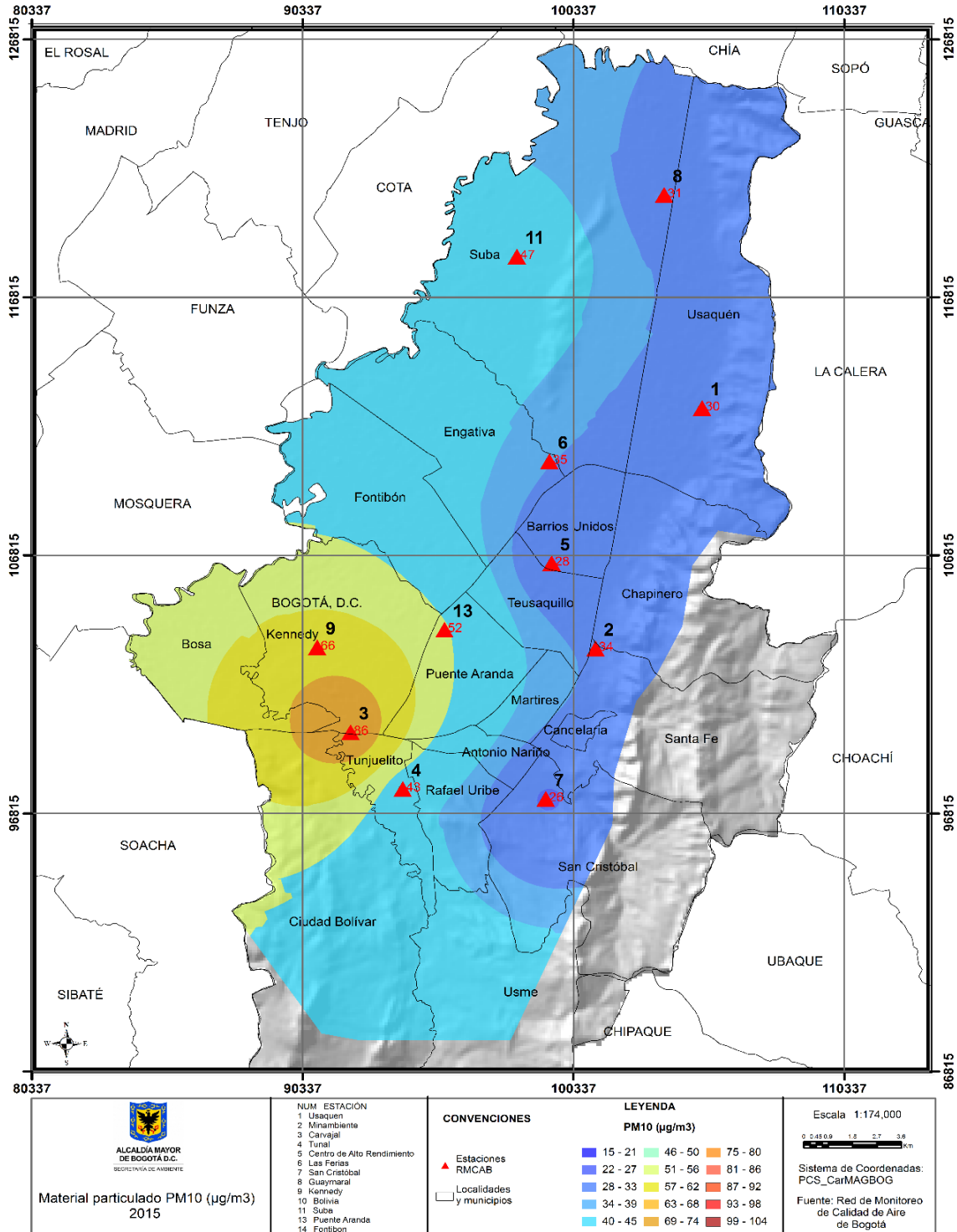
Se aprecia que la estación de Kennedy con el paso de los años ha disminuido su promedio de PM_{10} pero sigue manteniéndose arriba de los $50\mu g/m^3$. Para los años 2012, 2013 y 2014 la media de concentración de PM_{10} se ha mantenido constante frente a una pequeña reducción del año 2015. Por otro lado, la estación de Carvajal ha tenido un comportamiento diferente, en el año 2005 la captura de datos reflejaba un promedio de PM_{10} muy cercano a los $50\mu g/m^3$ que ha ido en acenso acercándose cada vez más al límite de concentración diaria, $100\mu g/m^3$.

Para el último año analizado se realiza una mayor profundidad en la información secundaria, para ello se hace una correlación de los datos analizados en este estudio, se trae a comparación la modelación de dispersión (*Interpolación espacial por el método Kriging de las concentraciones promedio anuales de PM_{10}*) que realizó la SDA en el año 2015, Ilustración 12. Esto permite visualizar los resultados de dicho modelo, en relación a las concentraciones de PM_{10} en la ciudad, dando al lector una imagen visual de la incidencia del contaminante y los puntos de mayor concentración, que coinciden con las estaciones Kennedy y Carvajal-Sevillana que fueron las estaciones resultantes en el presente trabajo como las de mayor carga contaminante y las zonas con mayor concentración de PM_{10} de Bogotá.


El modelo Kriging realiza la interpolación espacial de las concentraciones de PM_{10} , demostrando que, en las localidades de Kennedy, Tunjuelito, Bosa y la parte sur-occidental de Puente Aranda que delimita con Kennedy y Tunjuelito, se concentran las más altas concentraciones de PM_{10} , específicamente en la ubicación de la estación Carvajal, Sevillana.

En el informe presentado por el IDEAM en el 2016 sobre el Estado de la Calidad del Aire en Colombia, también refleja que estas dos estaciones presentan las mayores concentraciones, en el estudio de promedios anuales de PM_{10} frente al límite permisible anual ($50\mu g$), como se ve en la ilustración 11.

Ilustración 12. Modelo de dispersión de PM₁₀ para el año 2015



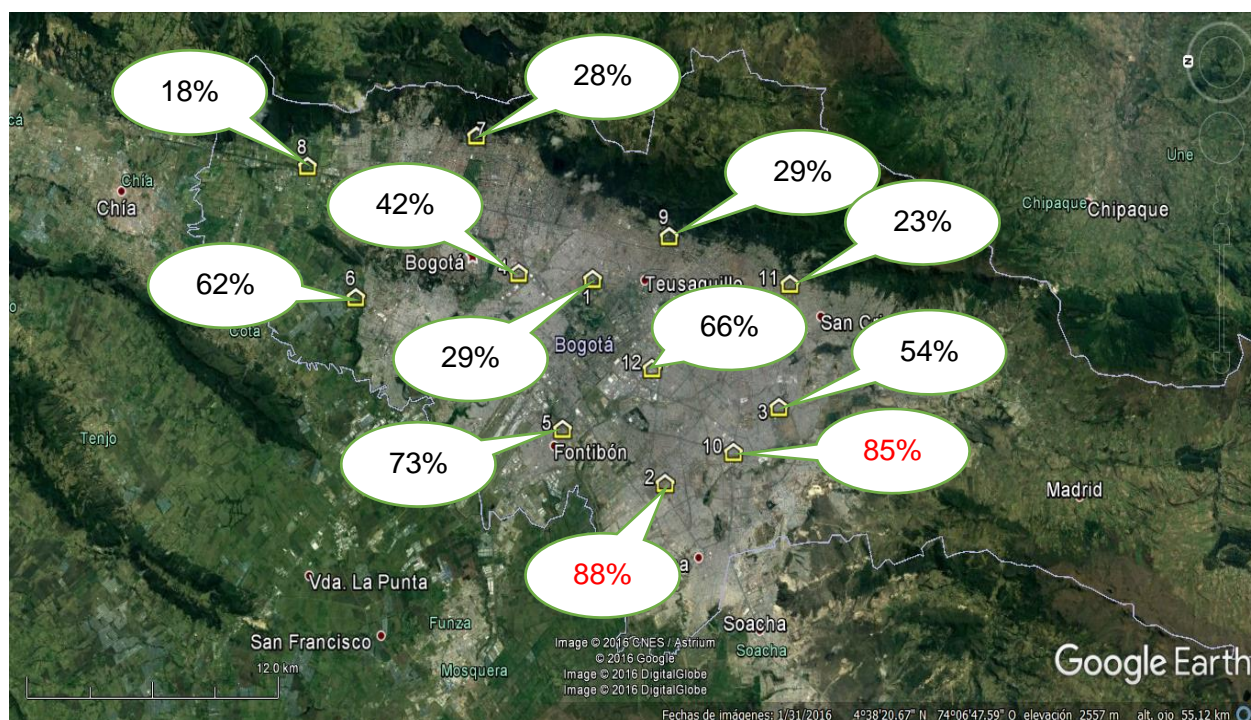
Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente, 2015)

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

11.3 EXCEDENCIAS DE PM₁₀ EN BOGOTÁ

Para tener un análisis a mayor profundidad sobre las concentraciones de PM₁₀ en las estaciones de la RMCAB, es importante analizar las excedencias a la norma que generó cada una de ellas dentro del periodo de estudio (2005-2015). Esto con el fin de poder establecer relaciones directas con el área-fuente de contaminación y poder proponer las medidas de manejo y de intervención adecuadas por parte de las autoridades ambientales competentes. Este ejercicio de análisis tiene un aporte significativo para el presente proyecto ya que sus resultados serán tenidos en cuenta en el momento de seleccionar el punto óptimo de monitoreo del proyecto. En la ilustración 13, se presenta el mapa de la ciudad del Bogotá frente al porcentaje de excedencias a la norma de calidad del aire por cada estación de la RMCAB.

Ilustración 13. Porcentaje de excedencia por estación en Bogotá



Fuente: Fuente: Google Earth - Modificado por los Autores

En la Tabla 15. se presenta el consolidado de las excedencias año por año para cada una de las estaciones de la RMCAB, junto con su clasificación de Áreas- Fuente según el Manual para la Elaboración de Planes de Gestión de la Calidad del Aire, del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. La clasificación fue determinada por el promedio de excedencias multianual (2005-2015) para cada estación. También se enuncian algunas observaciones al respecto (Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2009). Esta tabla también presenta la nomenclatura de la ilustración 13 para cada estación de monitoreo.


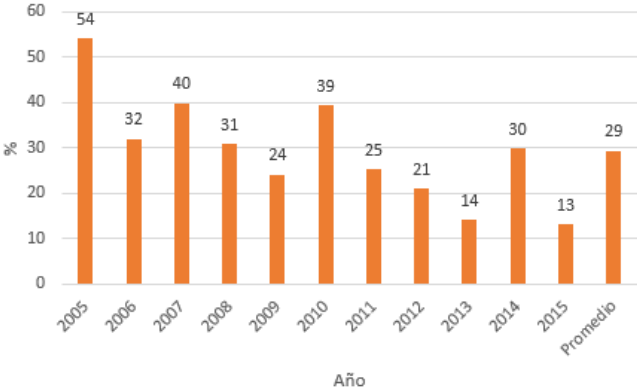
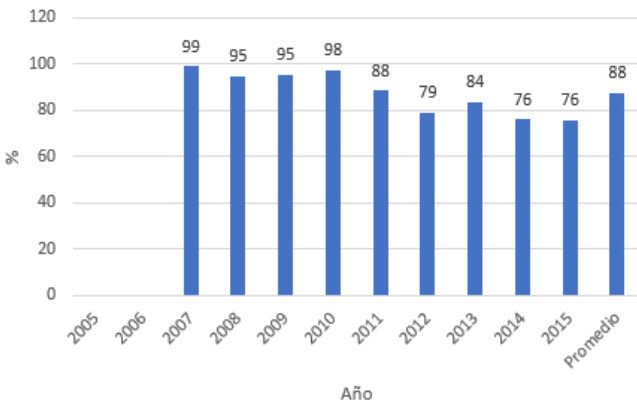
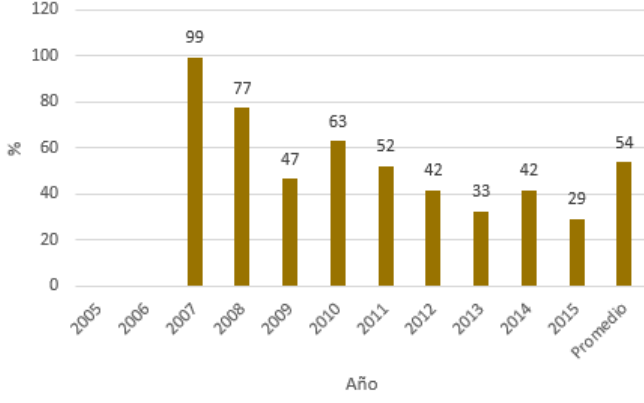
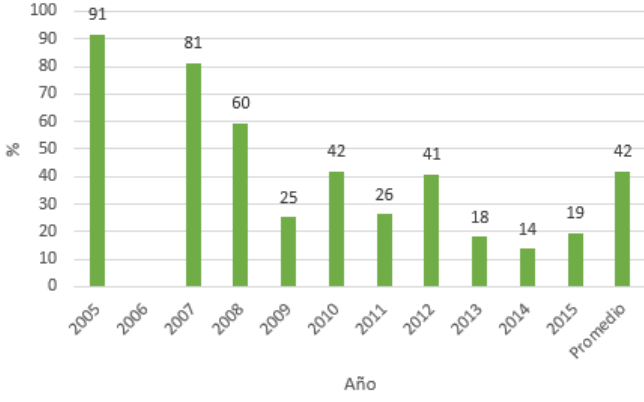
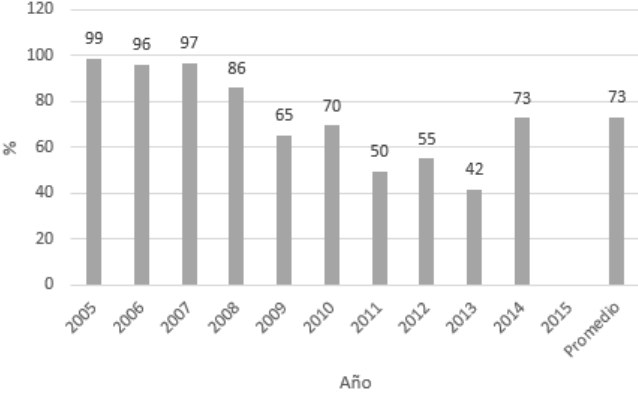
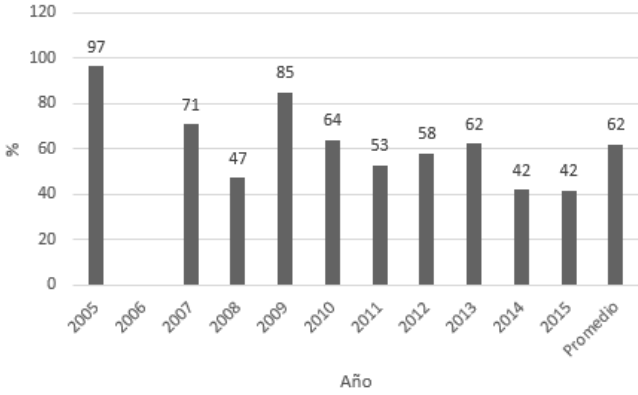
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

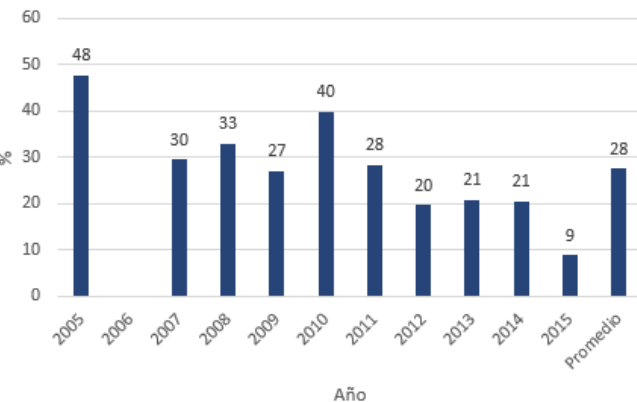
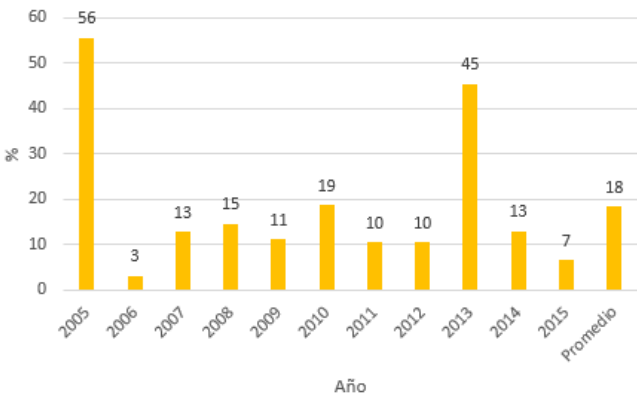
Tabla 15. Análisis de Excedencias por estación

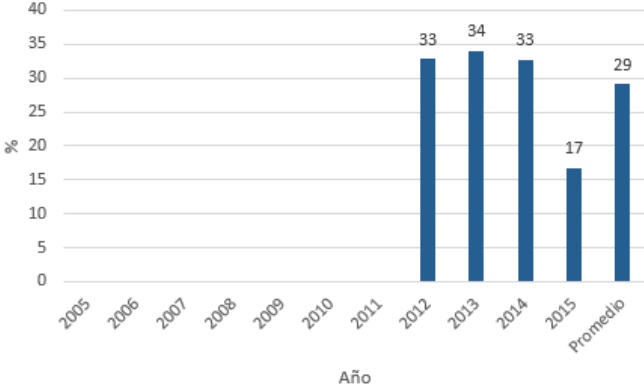
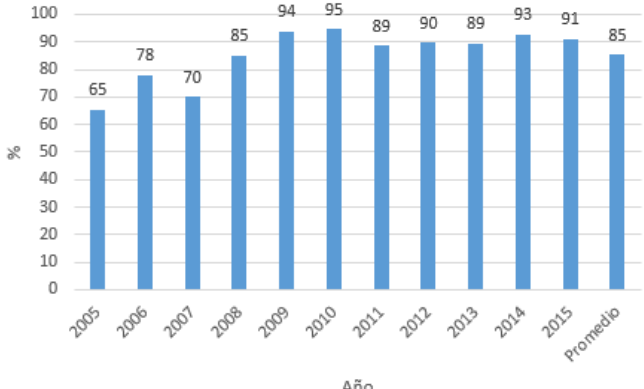
Nomenclatura a Estación	Nombre Estación RMCAB	Histórico excedencias de PM ₁₀ periodo 2005-2015	Clasificación / Observaciones																										
1	Centro de Alto rendimiento	<p style="text-align: center;">Centro de Alto Rendimiento</p>  <table border="1"> <caption>Data for Centro de Alto Rendimiento</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>% Excedencias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>54</td></tr> <tr><td>2006</td><td>32</td></tr> <tr><td>2007</td><td>40</td></tr> <tr><td>2008</td><td>31</td></tr> <tr><td>2009</td><td>24</td></tr> <tr><td>2010</td><td>39</td></tr> <tr><td>2011</td><td>25</td></tr> <tr><td>2012</td><td>21</td></tr> <tr><td>2013</td><td>14</td></tr> <tr><td>2014</td><td>30</td></tr> <tr><td>2015</td><td>13</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>29</td></tr> </tbody> </table>	Año	% Excedencias	2005	54	2006	32	2007	40	2008	31	2009	24	2010	39	2011	25	2012	21	2013	14	2014	30	2015	13	Promedio	29	<p>Clase III – Áreas de contaminación moderada</p> <p>La estación presenta una tendencia a la disminución de las excedencias que en el primer año de estudio fueron del 54% (el año de mayores excedencias). Se observan en los años 2007, 2010 y 2014 que se altera la tendencia a la disminución de dichas excedencias, lo cual indica que hubo eventos específicos que pudieron incidir en su incremento.</p>
Año	% Excedencias																												
2005	54																												
2006	32																												
2007	40																												
2008	31																												
2009	24																												
2010	39																												
2011	25																												
2012	21																												
2013	14																												
2014	30																												
2015	13																												
Promedio	29																												
2	Kennedy	<p style="text-align: center;">Kennedy</p>  <table border="1"> <caption>Data for Kennedy</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>% Excedencias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>99</td></tr> <tr><td>2006</td><td>95</td></tr> <tr><td>2007</td><td>95</td></tr> <tr><td>2008</td><td>98</td></tr> <tr><td>2009</td><td>88</td></tr> <tr><td>2010</td><td>79</td></tr> <tr><td>2011</td><td>84</td></tr> <tr><td>2012</td><td>76</td></tr> <tr><td>2013</td><td>76</td></tr> <tr><td>2014</td><td>88</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>88</td></tr> </tbody> </table>	Año	% Excedencias	2005	99	2006	95	2007	95	2008	98	2009	88	2010	79	2011	84	2012	76	2013	76	2014	88	Promedio	88	<p>Clase I – Áreas de contaminación alta</p> <p>Como era de esperarse la estación de Kennedy de acuerdo a su comportamiento constante de excedencias, se clasifica como un área de alta contaminación, con un promedio del 88% excedencias en los diez años de estudio. A pesar que no se registraron valores por encima de la norma en los dos primeros años de estudio. No se registran datos de monitoreo para el año 2006.</p>		
Año	% Excedencias																												
2005	99																												
2006	95																												
2007	95																												
2008	98																												
2009	88																												
2010	79																												
2011	84																												
2012	76																												
2013	76																												
2014	88																												
Promedio	88																												


Nomenclatura a Estación	Nombre Estación RMCAB	Histórico excedencias de PM ₁₀ periodo 2005-2015	Clasificación / Observaciones																										
3	Tunal	<p align="center">Tunal</p>  <table border="1"> <caption>Data for Tunal Station Exceedances</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>0</td></tr> <tr><td>2006</td><td>0</td></tr> <tr><td>2007</td><td>99</td></tr> <tr><td>2008</td><td>77</td></tr> <tr><td>2009</td><td>47</td></tr> <tr><td>2010</td><td>63</td></tr> <tr><td>2011</td><td>52</td></tr> <tr><td>2012</td><td>42</td></tr> <tr><td>2013</td><td>33</td></tr> <tr><td>2014</td><td>42</td></tr> <tr><td>2015</td><td>29</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>54</td></tr> </tbody> </table>	Año	%	2005	0	2006	0	2007	99	2008	77	2009	47	2010	63	2011	52	2012	42	2013	33	2014	42	2015	29	Promedio	54	<p>Clase II – Áreas de contaminación media</p> <p>La estación del Tunal registra en el año 2007 el mayor número de excedencias a la norma anual. Luego registra una disminución considerable quedando con un promedio del 54% para los diez años de estudio. Los años 2010 y 2014 registran aumentos que difieren de la tendencia. No se registran datos de monitoreo de los años 2005 y 2006.</p>
Año	%																												
2005	0																												
2006	0																												
2007	99																												
2008	77																												
2009	47																												
2010	63																												
2011	52																												
2012	42																												
2013	33																												
2014	42																												
2015	29																												
Promedio	54																												
4	Las ferias	<p align="center">Las Ferias</p>  <table border="1"> <caption>Data for Las Ferias Station Exceedances</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>91</td></tr> <tr><td>2006</td><td>0</td></tr> <tr><td>2007</td><td>81</td></tr> <tr><td>2008</td><td>60</td></tr> <tr><td>2009</td><td>25</td></tr> <tr><td>2010</td><td>42</td></tr> <tr><td>2011</td><td>26</td></tr> <tr><td>2012</td><td>41</td></tr> <tr><td>2013</td><td>18</td></tr> <tr><td>2014</td><td>14</td></tr> <tr><td>2015</td><td>19</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>42</td></tr> </tbody> </table>	Año	%	2005	91	2006	0	2007	81	2008	60	2009	25	2010	42	2011	26	2012	41	2013	18	2014	14	2015	19	Promedio	42	<p>Clase III – Áreas de contaminación moderada</p> <p>Para la estación de las Ferias, también se ve que en su primer año registró el mayor número de excedencias, con una tendencia a la disminución. Los años 2010 y 2012 registran aumentos inusuales que se salen de dicha tendencia. El promedio de excedencias para los diez años es del 42%. No se registran datos de monitoreo en el año 2006.</p>
Año	%																												
2005	91																												
2006	0																												
2007	81																												
2008	60																												
2009	25																												
2010	42																												
2011	26																												
2012	41																												
2013	18																												
2014	14																												
2015	19																												
Promedio	42																												

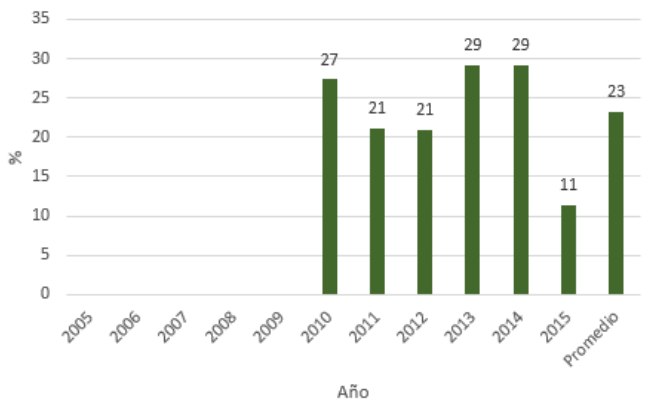
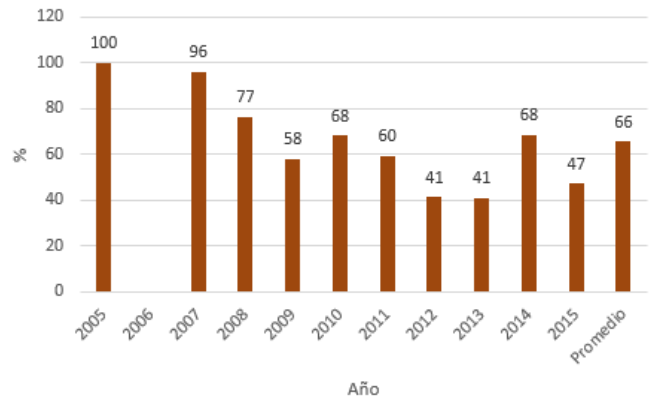
Nomenclatura a Estación	Nombre Estación RMCAB	Histórico excedencias de PM ₁₀ periodo 2005-2015	Clasificación / Observaciones																										
5	Fontibón ⁶	<p align="center">Fontibón</p>  <table border="1"> <caption>Data for Fontibón Exceedances</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>99</td></tr> <tr><td>2006</td><td>96</td></tr> <tr><td>2007</td><td>97</td></tr> <tr><td>2008</td><td>86</td></tr> <tr><td>2009</td><td>65</td></tr> <tr><td>2010</td><td>70</td></tr> <tr><td>2011</td><td>50</td></tr> <tr><td>2012</td><td>55</td></tr> <tr><td>2013</td><td>42</td></tr> <tr><td>2014</td><td>73</td></tr> <tr><td>2015</td><td>73</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>73</td></tr> </tbody> </table>	Año	%	2005	99	2006	96	2007	97	2008	86	2009	65	2010	70	2011	50	2012	55	2013	42	2014	73	2015	73	Promedio	73	<p>Clase II – Áreas de contaminación media</p> <p>La estación de Fontibón tiene un comportamiento elevado de excedencias a la norma anual, iniciando en 2005 con el mayor número de excedencias (99%). Aunque no tiene registros en 2015 de monitoreo de la estación, su promedio termina con 73% de excedencias en el 2014. En los años anteriores maneja una ligera disminución de excedencias subiendo considerablemente en el último año de registro.</p>
Año	%																												
2005	99																												
2006	96																												
2007	97																												
2008	86																												
2009	65																												
2010	70																												
2011	50																												
2012	55																												
2013	42																												
2014	73																												
2015	73																												
Promedio	73																												
6	Suba	<p align="center">Suba</p>  <table border="1"> <caption>Data for Suba Exceedances</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>97</td></tr> <tr><td>2006</td><td>-</td></tr> <tr><td>2007</td><td>71</td></tr> <tr><td>2008</td><td>47</td></tr> <tr><td>2009</td><td>85</td></tr> <tr><td>2010</td><td>64</td></tr> <tr><td>2011</td><td>53</td></tr> <tr><td>2012</td><td>58</td></tr> <tr><td>2013</td><td>62</td></tr> <tr><td>2014</td><td>42</td></tr> <tr><td>2015</td><td>42</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>62</td></tr> </tbody> </table>	Año	%	2005	97	2006	-	2007	71	2008	47	2009	85	2010	64	2011	53	2012	58	2013	62	2014	42	2015	42	Promedio	62	<p>Clase II – Áreas de contaminación media</p> <p>La estación de Suba reporta un promedio de excedencias del 62%. Inicia con el mayor número de excedencias de todos los años y termina con el menor. Presenta tendencia a la disminución con exceptuando los años de 2009, 2012 y 2013. No se registran datos de monitoreo para el año 2006.</p>
Año	%																												
2005	97																												
2006	-																												
2007	71																												
2008	47																												
2009	85																												
2010	64																												
2011	53																												
2012	58																												
2013	62																												
2014	42																												
2015	42																												
Promedio	62																												

⁶ Estación Fuera de servicio actualmente

Nomenclatura a Estación	Nombre Estación RMCAB	Histórico excedencias de PM ₁₀ periodo 2005-2015	Clasificación / Observaciones																										
7	Usaquén	<p align="center">Usaquén</p>  <table border="1"> <caption>Data for Usaquén Station</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>% Excedencias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>48</td></tr> <tr><td>2006</td><td>0</td></tr> <tr><td>2007</td><td>30</td></tr> <tr><td>2008</td><td>33</td></tr> <tr><td>2009</td><td>27</td></tr> <tr><td>2010</td><td>40</td></tr> <tr><td>2011</td><td>28</td></tr> <tr><td>2012</td><td>20</td></tr> <tr><td>2013</td><td>21</td></tr> <tr><td>2014</td><td>21</td></tr> <tr><td>2015</td><td>9</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>28</td></tr> </tbody> </table>	Año	% Excedencias	2005	48	2006	0	2007	30	2008	33	2009	27	2010	40	2011	28	2012	20	2013	21	2014	21	2015	9	Promedio	28	<p>Clase III – Áreas de contaminación moderada</p> <p>Esta estación maneja menores excedencias comparada con otras estaciones. Tiene un promedio de 28%, con tendencia a la disminución en todos sus años exceptuando 2010 representativamente. Cierra con 9% de excedencias, un valor positivo considerando que en 2005 inicio con 48%. No se registran datos de monitoreo para el año 2006.</p>
Año	% Excedencias																												
2005	48																												
2006	0																												
2007	30																												
2008	33																												
2009	27																												
2010	40																												
2011	28																												
2012	20																												
2013	21																												
2014	21																												
2015	9																												
Promedio	28																												
8	Guaymaral	<p align="center">Guaymaral</p>  <table border="1"> <caption>Data for Guaymaral Station</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>% Excedencias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>56</td></tr> <tr><td>2006</td><td>3</td></tr> <tr><td>2007</td><td>13</td></tr> <tr><td>2008</td><td>15</td></tr> <tr><td>2009</td><td>11</td></tr> <tr><td>2010</td><td>19</td></tr> <tr><td>2011</td><td>10</td></tr> <tr><td>2012</td><td>10</td></tr> <tr><td>2013</td><td>45</td></tr> <tr><td>2014</td><td>13</td></tr> <tr><td>2015</td><td>7</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>18</td></tr> </tbody> </table>	Año	% Excedencias	2005	56	2006	3	2007	13	2008	15	2009	11	2010	19	2011	10	2012	10	2013	45	2014	13	2015	7	Promedio	18	<p>Clase IV – Áreas de contaminación margina</p> <p>La estación de Guaymaral maneja las menores excedencias de todas las estaciones cerrando con un promedio anual del 18% excedencias. Los valores más inusuales se registraron en el año 2005 y 2013. En este último año su incremento puede atribuirse a eventos específicos que sucedieron en la zona.</p>
Año	% Excedencias																												
2005	56																												
2006	3																												
2007	13																												
2008	15																												
2009	11																												
2010	19																												
2011	10																												
2012	10																												
2013	45																												
2014	13																												
2015	7																												
Promedio	18																												

Nomenclatura a Estación	Nombre Estación RMCAB	Histórico excedencias de PM ₁₀ periodo 2005-2015	Clasificación / Observaciones																										
9	Min. Ambiente	<p align="center">M. Ambiente</p>  <table border="1"> <caption>Data for M. Ambiente</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>% Excedencias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>0</td></tr> <tr><td>2006</td><td>0</td></tr> <tr><td>2007</td><td>0</td></tr> <tr><td>2008</td><td>0</td></tr> <tr><td>2009</td><td>0</td></tr> <tr><td>2010</td><td>0</td></tr> <tr><td>2011</td><td>0</td></tr> <tr><td>2012</td><td>33</td></tr> <tr><td>2013</td><td>34</td></tr> <tr><td>2014</td><td>33</td></tr> <tr><td>2015</td><td>17</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>29</td></tr> </tbody> </table>	Año	% Excedencias	2005	0	2006	0	2007	0	2008	0	2009	0	2010	0	2011	0	2012	33	2013	34	2014	33	2015	17	Promedio	29	<p>Clase III - Áreas de contaminación moderada</p> <p>Se registran excedencias para los cuatro últimos años de estudio con un promedio del 29% excedencias frente a la norma anual. Se ve una notable reducción en 2015 con 17% de excedencias.</p> <p>No se registran datos de monitoreo para los años 2005-2006 y 2007.</p>
Año	% Excedencias																												
2005	0																												
2006	0																												
2007	0																												
2008	0																												
2009	0																												
2010	0																												
2011	0																												
2012	33																												
2013	34																												
2014	33																												
2015	17																												
Promedio	29																												
10	Carvajal-Sevillana	<p align="center">Carvajal - Sevillana</p>  <table border="1"> <caption>Data for Carvajal - Sevillana</caption> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>% Excedencias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>65</td></tr> <tr><td>2006</td><td>78</td></tr> <tr><td>2007</td><td>70</td></tr> <tr><td>2008</td><td>85</td></tr> <tr><td>2009</td><td>94</td></tr> <tr><td>2010</td><td>95</td></tr> <tr><td>2011</td><td>89</td></tr> <tr><td>2012</td><td>90</td></tr> <tr><td>2013</td><td>89</td></tr> <tr><td>2014</td><td>93</td></tr> <tr><td>2015</td><td>91</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>85</td></tr> </tbody> </table>	Año	% Excedencias	2005	65	2006	78	2007	70	2008	85	2009	94	2010	95	2011	89	2012	90	2013	89	2014	93	2015	91	Promedio	85	<p>Clase I - Áreas de contaminación alta</p> <p>Esta estación presente un alto número de excedencias en todos los años. A diferencia de las demás estaciones, esta presenta una tendencia al aumento del porcentaje de excedencias desde 2005. Presenta un promedio del 85% excedencias frente a la norma anual.</p>
Año	% Excedencias																												
2005	65																												
2006	78																												
2007	70																												
2008	85																												
2009	94																												
2010	95																												
2011	89																												
2012	90																												
2013	89																												
2014	93																												
2015	91																												
Promedio	85																												

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Nomenclatura a Estación	Nombre Estación RMCAB	Histórico excedencias de PM ₁₀ periodo 2005-2015	Clasificación / Observaciones																										
11	San Cristóbal	<p style="text-align: center;">San Cristobal</p>  <table border="1"> <caption>Data for San Cristobal Exceedances</caption> <thead> <tr><th>Año</th><th>%</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>0</td></tr> <tr><td>2006</td><td>0</td></tr> <tr><td>2007</td><td>0</td></tr> <tr><td>2008</td><td>0</td></tr> <tr><td>2009</td><td>0</td></tr> <tr><td>2010</td><td>27</td></tr> <tr><td>2011</td><td>21</td></tr> <tr><td>2012</td><td>21</td></tr> <tr><td>2013</td><td>29</td></tr> <tr><td>2014</td><td>29</td></tr> <tr><td>2015</td><td>11</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>23</td></tr> </tbody> </table>	Año	%	2005	0	2006	0	2007	0	2008	0	2009	0	2010	27	2011	21	2012	21	2013	29	2014	29	2015	11	Promedio	23	<p>Clase III – Áreas de contaminación moderada</p> <p>Esta estación presenta un comportamiento estable desde su funcionamiento en 2010. En 2015 registra una disminución considerable con 11% de excedencias. Tiene un promedio del 23% excedencias a la norma anual. No se registran datos de monitoreo para los años 2005-2006-2007 y 2008.</p>
Año	%																												
2005	0																												
2006	0																												
2007	0																												
2008	0																												
2009	0																												
2010	27																												
2011	21																												
2012	21																												
2013	29																												
2014	29																												
2015	11																												
Promedio	23																												
12	Puente Aranda	<p style="text-align: center;">Puente Aranda</p>  <table border="1"> <caption>Data for Puente Aranda Exceedances</caption> <thead> <tr><th>Año</th><th>%</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>2005</td><td>100</td></tr> <tr><td>2006</td><td>0</td></tr> <tr><td>2007</td><td>96</td></tr> <tr><td>2008</td><td>77</td></tr> <tr><td>2009</td><td>58</td></tr> <tr><td>2010</td><td>68</td></tr> <tr><td>2011</td><td>60</td></tr> <tr><td>2012</td><td>41</td></tr> <tr><td>2013</td><td>41</td></tr> <tr><td>2014</td><td>68</td></tr> <tr><td>2015</td><td>47</td></tr> <tr><td>Promedio</td><td>66</td></tr> </tbody> </table>	Año	%	2005	100	2006	0	2007	96	2008	77	2009	58	2010	68	2011	60	2012	41	2013	41	2014	68	2015	47	Promedio	66	<p>Clase II – Áreas de contaminación media</p> <p>La estación presenta un promedio del 66% excedencias a la norma. Inicia con 100 excedencias desde 2005 y cierra con un 47% en 2015. Tienen una tendencia a la disminución, pero en los años 2010 y 2014 aumentan las excedencias. No se registran datos de monitoreo para el año 2006.</p>
Año	%																												
2005	100																												
2006	0																												
2007	96																												
2008	77																												
2009	58																												
2010	68																												
2011	60																												
2012	41																												
2013	41																												
2014	68																												
2015	47																												
Promedio	66																												

Fuente: Los Autores

De acuerdo al consolidado de las excedencias multianuales de las estaciones de la RMCAB y a la revisión del artículo 2.2.5.1.10.4. del Decreto 1076 de 2015 MADS. Libro 2: Régimen reglamentario del sector ambiente. Parte 2 Reglamentaciones. Título 5: Aire sobre clasificación de áreas fuente de contaminación de define lo siguiente:

Se determinan como áreas-fuente Clase I de Alta contaminación las áreas en donde están las estaciones de Carvajal-Sevillana y Kennedy debido a que exceden con una frecuencia igual o superior al 75% de los casos la norma anual de calidad del aire de $50\mu\text{m}/\text{m}^3$ para PM₁₀. Para estos casos las autoridades ambientales competentes deberán implementar medidas de contingencia, suspendiendo el funcionamiento de las fuentes generadoras y adoptando programas de

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

reducción de la contaminación con un alcance de 10 años, de acuerdo a lo estipulado en el Protocolo de Calidad del Aire (Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2009).

La autoridad ambiental del Distrito, determinó mediante los Decretos Distritales 174 y 417 de 2006, unas zonas de la ciudad como áreas-fuente de contaminación alta clase I, pero no especificó qué medidas de contingencia se adoptaron para el contaminante PM₁₀. Las siguientes son zonas clasificadas: *“Localidades de Kennedy, Puente Aranda, Fontibón, Engativá, Tunjuelito, Rafael Uribe Uribe y a las UPZ 27, 28 y 71 de la localidad de Suba y la zona que se extiende al occidente de los cerros de Suba, hasta el perímetro urbano del Distrito Capital y entre la UPZ 27 y la calle 200”*.

Por otro lado, mediante el Decreto 623 de 2011, que deroga a los decretos distritales de 2006, y se reclasifican como áreas fuente de contaminación Clase Alta I, las siguientes *“las localidades de Puente Aranda, Kennedy, Bosa y Tunjuelito, así como las UPZ 76, 77 y 112 de la localidad de Fontibón, y las UPZ 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69 y 70 de la localidad de Ciudad Bolívar, comprendidas dentro del perímetro urbano de Bogotá D.C., por material particulado menor o igual a 10 micras (PM₁₀)”* (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011).

En relación a las acciones adelantadas por el distrito, el informe sectorial de la Secretaría de Ambiente de Bogotá elaborado en 2013 refleja la gestión realizada en el ámbito de calidad del aire, con las siguientes acciones adelantadas: reducción de la concentración de PM₁₀ en un 33% comparado con el año 2007, que fue posible gracias a los programas de autorregulación y a los controles sobre fuentes fijas y móviles del pacto con Ecopetrol (Secretaría Distrital de Ambiente, 2013), el aumento en la plantación y mantenimiento de 3.500 árboles en las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón principalmente, gracias al convenio con el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (Ecopetrol, 2014), también se desarrolló una herramienta de modelación meteorológica y de calidad del aire para el fortalecimiento de la RMCAB gracias al apoyo en conjunto con la Universidad Nacional de Colombia (Ecopetrol, 2014).

Siguiendo con la clasificación de áreas-fuente de contaminación, la Clase II corresponde a un área de contaminación media, que, de acuerdo al análisis de datos realizados en el presente trabajo, se encuentran las estaciones de Tunal, Fontibón, Suba y Puente Aranda, ya que su porcentaje de excedencias se encuentran en el rango de 50%-70% de los casos. Las medidas a desarrollar consisten en restringir el establecimiento de nuevas fuentes generadoras y se deberán adoptar programas de reducción con un alcance de 5 años (Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2009).

En la clasificación Clase III área de contaminación moderada, se encuentran las estaciones de Centro de alto rendimiento, Las ferias, Usaquén, Min ambiente y San Cristóbal por su porcentaje de excedencia de la norma entre el rango de 25%-50% de los casos. Para este tipo de áreas se deben adelantar medidas de control y programas de reducción con un alcance hasta de 3 años.

Por último, la clasificación más baja es Clase VI área de contaminación marginal, se encuentra la estación de Guaymaral con un porcentaje de excedencias entre un rango de 10%-25% de los casos, en donde se deberán adelantar medidas de control para que se mantengan estables los niveles de excedencias (Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2009).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

La bibliografía consultada y los informes oficiales de la SDA (Ver numeral 15.2.3) respaldan el análisis desarrollado frente al comportamiento del contaminante y las zonas con mayores concentraciones que son las localidades de Kennedy, Tunjuelito, Bosa y la parte sur-occidental de Puente Aranda que delimita con las localidades de Kennedy y Tunjuelito.


Otras zonas de la ciudad a las que se les debe prestar mayor atención son las zonas de ubicación de las estaciones del Tunal, Fontibón, Suba y Puente Aranda, que siguen en la clasificación de áreas-fuente Clase II. Artículos de la literatura consultada presentan en la mayoría de los casos a las localidades de Fontibón y Puente Aranda como focos importantes de contaminación por las emisiones de tipo industrial y de fuentes móviles en relación al MP. Se resalta que dicha atención haya tenido un impacto positivo en la localidad de Puente Aranda, ya que, las concentraciones han tenido una ligera disminución lo que le ha permitido de acuerdo al análisis de datos de las concentraciones, no clasificar como área-fuente clase I, teniendo un 66% de excedencias frente a la norma anual. Por otro lado, a la localidad de Fontibón no se le puede atribuir el mismo comportamiento, ya que ha faltado continuidad en la captura de datos que alteran el verdadero comportamiento del contaminante en esta zona. De igual forma presentó un porcentaje de 73% de excedencias, lo cual infiere que si se hubiera podido registrar los datos continuamente se podría clasificar como área-fuente Clase I. Las zonas de Suba y el Tunal requieren atención y mayor seguimiento ya que, para el caso de Suba, esta localidad presenta el mayor número de habitantes por localidad concentrando aproximadamente 1.200.000 habitantes. Esto junto con el continuo crecimiento comercial, alta afluencia vehicular, y las dinámicas de movilidad por ser frontera con los municipios de Cota, Chía directamente, y una vía conectora a la 170 y la Autopista Norte la convierten en una localidad con una alta probabilidad de seguir incrementando las concentraciones del contaminante MP. La estación del Tunal ubicada en la localidad de Tunjuelito puede verse afectada por su ubicación geográfica, próxima a las localidades de Puente Aranda y Kennedy en la zona suroeste de la ciudad.

12 METEOROLOGÍA

La RMCAB además de monitorear los contaminantes criterio en los distintos puntos de ubicación en la ciudad, también registra datos meteorológicos como la temperatura, la radiación solar, precipitación, dirección y velocidad del viento, entre otros. Estos parámetros también son registrados hora a hora durante el día (Secretaría Distrital de Ambiente, 2010).

Los parámetros de velocidad y dirección de viento toman relevancia debido a la acción de dispersión y transporte de los contaminantes en las corrientes de aire. El régimen de vientos de la capital está configurado en dos instancias: el régimen general y el régimen local. El primero está caracterizado por la influencia de los vientos alisios que manejan direcciones del noreste y suroriente, y el régimen local, que es mucho más variable y al cual no se puede determinar una dirección específica, depende de la distribución de las lluvias, predominando hacia el noreste, este y oeste en la segunda temporada de precipitaciones (Secretaría Distrital de Ambiente, 2010).

De acuerdo al comportamiento histórico de PM_{10} estudiado previamente, se analizaron los parámetros de velocidad y dirección del viento de las estaciones de Kennedy y Carvajal-Sevillana de la RMCAB. Se graficaron sus rosas de vientos durante el periodo de estudio 2005-2015, y de

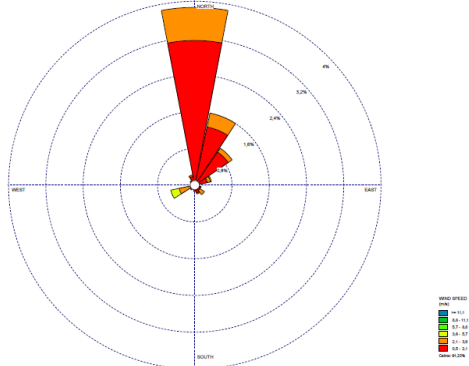
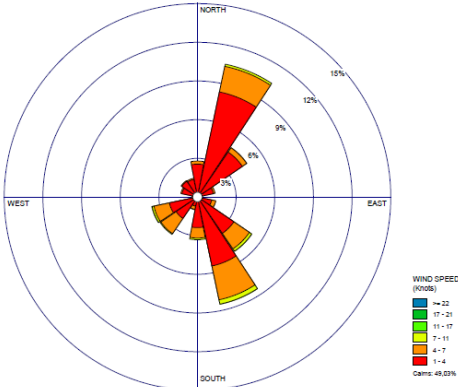
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

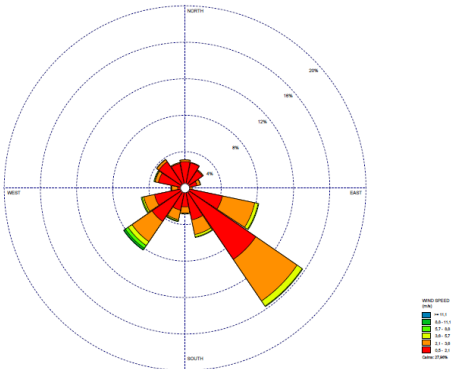
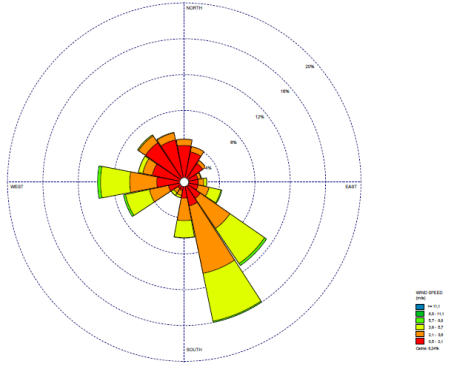
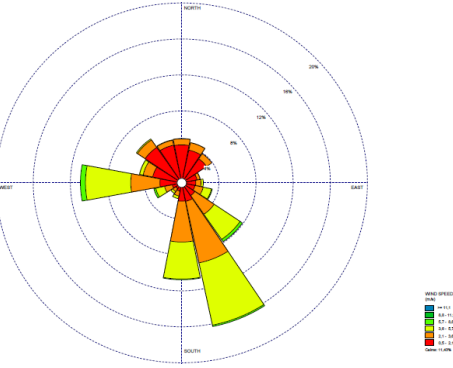
esta manera se buscó identificar la procedencia de los vientos e identificar la correlación existente entre el comportamiento de los vientos frente a la dispersión del contaminante, como uno de los objetivos que persigue el presente proyecto.

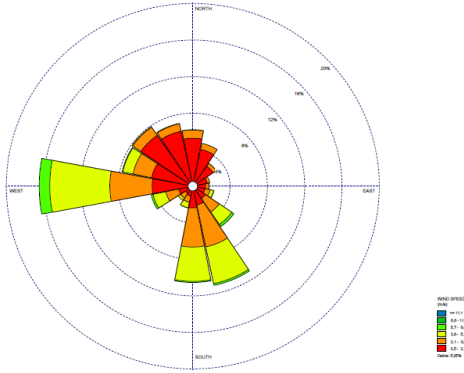
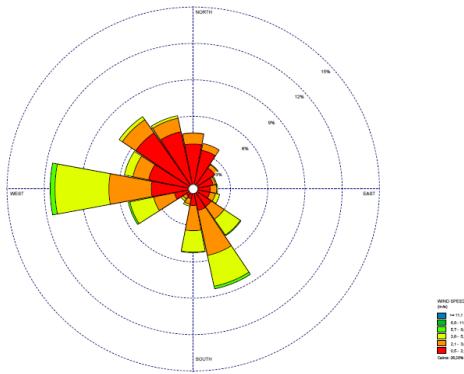
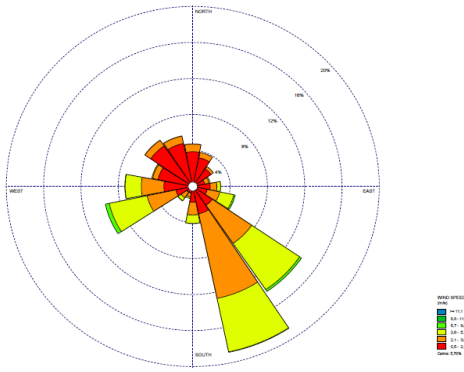
12.1 ESTACIÓN KENNEDY

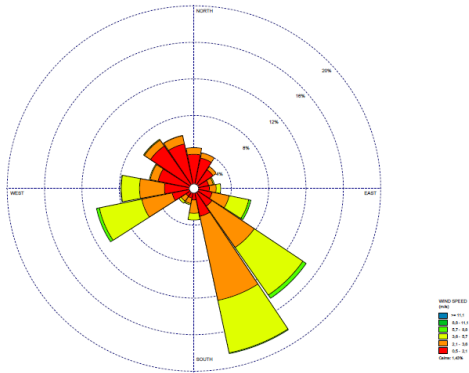
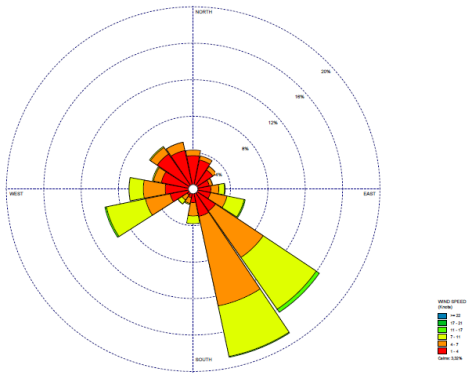
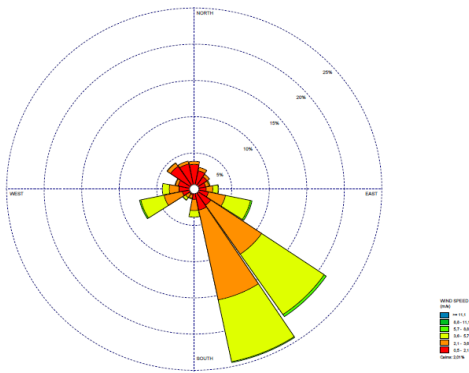
A continuación, se representan las rosas de viento de la estación de meteorología de Kennedy año a año, con el fin de comprender el comportamiento del viento en esta zona.

Tabla 16. Histórico Rosa de vientos 2005-2010 Estación Kennedy

AÑO	KENNEDY	ANÁLISIS
2005		<p>Vientos predominantes desde el norte de la ciudad, con un 91,22% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 0,13m/s. Para este año el promedio de PM₁₀ es altamente superior sobrepasado los límites permisibles estipulados para 24 horas (100µg/m³). Se deberá considerar también que la calidad y confiabilidad de los datos para este año son los mejores.</p>
2006		<p>Vientos predominantes desde el sur-oriente de la ciudad y del sur-oriente con un 49,03% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 0,77m/s. Para el año 2006 no se tuvo datos de mediciones de PM₁₀ en esta estación.</p>

AÑO	KENNEDY	ANÁLISIS
2007		<p>Vientos predominantes desde el sur-oriente de la ciudad, y vientos del sur-occidente con un 27,96% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 1,26m/s. Se observa un cambio radical de los vientos comparados con el año 2006 en cuanto a su dirección y velocidad. Para este año el promedio de PM₁₀ quedo por debajo de los 100µg/m³.</p>
2008		<p>Vientos predominantes desde el sur-oriente de la ciudad, y vientos del occidente con un 8,24% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 2,31m/s. Se observa un mayor incremento de la velocidad y con respecto a la concentración del contaminante se ve mayor concentración de PM₁₀ pero conservando su promedio por debajo de los 100µg/m³.</p>
2009		<p>Vientos predominantes desde el sur-oriente de la ciudad, y vientos del occidente con un 11,40% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 2,32m/s. mantienen la misma tendencia del año anterior. Con respecto a la concentración del contaminante para ese año se ve una tendencia a la disminución conservando su promedio por debajo de los 100µg/m³.</p>

AÑO	KENNEDY	ANÁLISIS
2010		<p>Vientos predominantes desde el occidente y sur de la ciudad, con un 5,25% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 2,31m/s, muy similar al comportamiento del año 2008. Con respecto a la concentración del contaminante para ese año se incrementan los promedios diarios, llegando a mayores valores de PM₁₀.</p>
2011		<p>Vientos predominantes desde el occidente y del sur-oriente de la ciudad con un 26,28% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 1,73m/s. Se ve una gran disminución de los valores de PM₁₀ para ese año.</p>
2012		<p>Vientos predominantes desde el sur-oriente de la ciudad con un 5,70% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 2,38m/s. Mantiene la tendencia de disminución de valores de PM₁₀ para este año, con las concentraciones más bajas hasta el momento estudiadas. Su promedio de 24 horas está mucho más cercano a los 50µg/m³.</p>

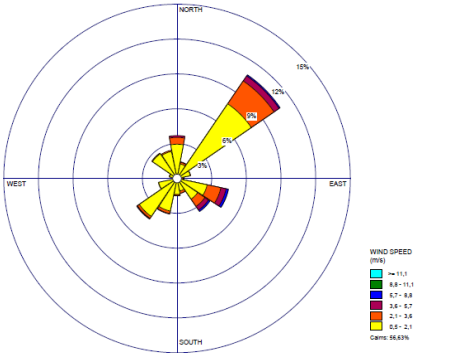
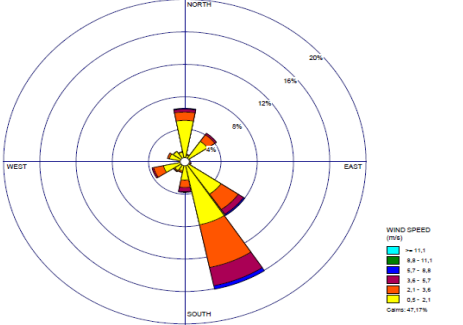
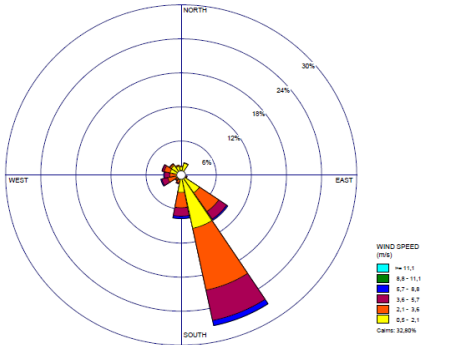
AÑO	KENNEDY	ANÁLISIS
2013		<p>Mantiene la misma tendencia de dirección, con vientos predominantes del sur-oriente de la ciudad, y vientos del occidente con un 1,43% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 2,49m/s. Con respecto a la concentración del contaminante para ese año mantiene la misma tendencia a la disminución con valores mucho más concentrados y menos dispersos sobre el rango de 100µg/m³ - 50µg/m³.</p>
2014		<p>Mantiene la misma tendencia de dirección, con vientos predominantes del sur-oriente de la ciudad, y vientos del occidente con un 3,32% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 2,47m/s. Con respecto a la concentración del contaminante para ese año aumenta sus valores de concentración con respecto al año anterior, pero se mantiene sobre el rango de 100µg/m³ – 50µg/m³, con valores sobre este último.</p>
2015		<p>Con vientos predominantes desde el sur-oriente de la ciudad con 2,01% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 2,71m/s. Con respecto a la concentración del contaminante para ese año sus valores de concentración disminuyen considerablemente, siendo el año con menores valores y un rango mucho más concentrado sobre de 70µg/m³ - 50µg/m³, con valores sobre los 50µg/m³, norma diaria.</p>
Conclusión	<p>De forma general, con las rosas de vientos se observa que en la estación de Kennedy los vientos provienen principalmente del suroriente de la ciudad, y solo en unos cuantos años de la dirección occidente. La velocidad promedio de los vientos incrementa desde el año 2008 y el comportamiento del contaminante maneja una misma tendencia de disminución durante el rango de los diez años seleccionados para estudio.</p>	

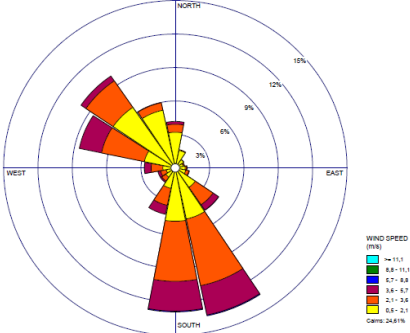
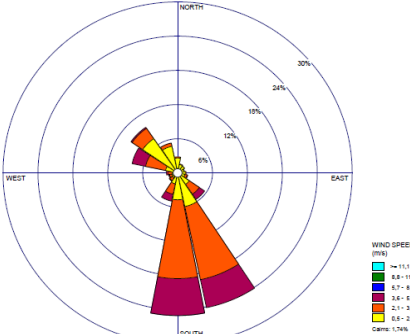
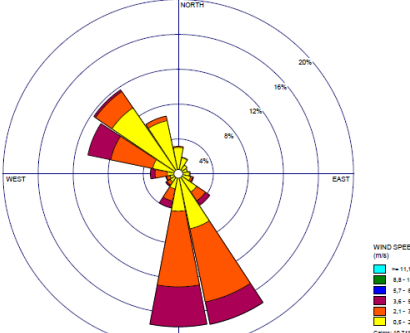
Fuente: Los Autores

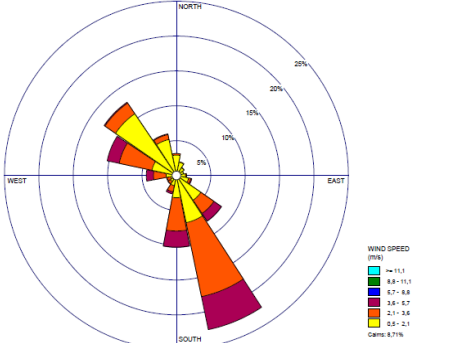
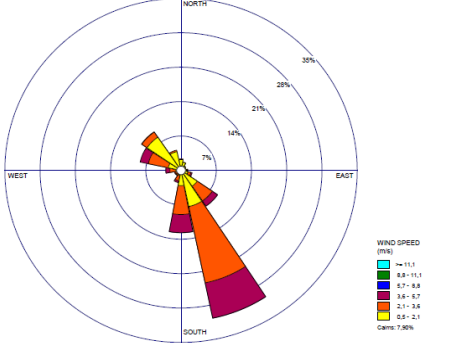
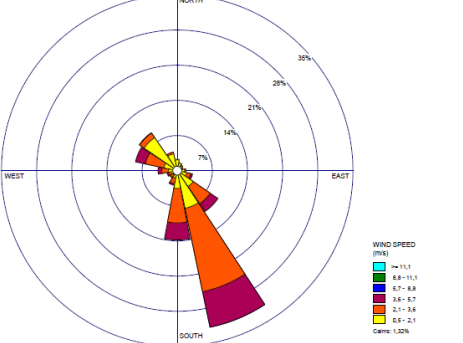
12.2 ESTACIÓN CARVAJAL-SEVILLANA

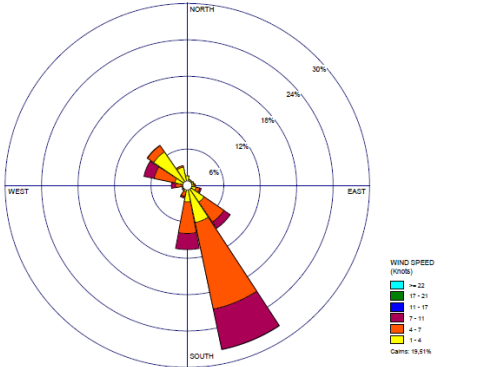
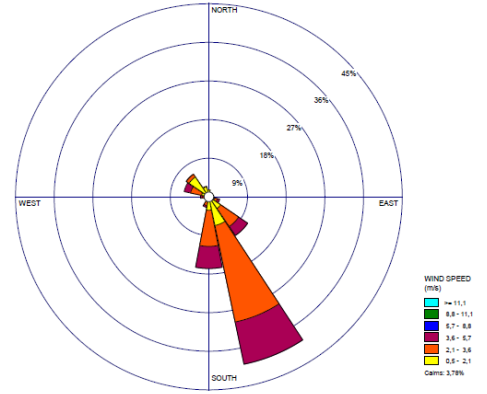
A continuación, se representan las rosas de viento de la estación de meteorología de carvajal año a año, con el fin de comprender el comportamiento del viento en esta zona.

Tabla 17. Histórico Rosa de vientos 2005-2010 Estación Carvajal

Año	Carvajal- Sevillana	Análisis
2005		<p>Con vientos predominantes desde el nororiente de la ciudad con 56,63% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 0,64m/s. Con respecto a la concentración del contaminante para ese año, sus valores presentar alta dispersión y su promedio se encuentra cercano a los 50$\mu\text{g}/\text{m}^3$.</p>
2006		<p>Con vientos predominantes del suroriente de la ciudad con 47,17% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 0,98m/s. Con respecto a la concentración del contaminante para ese año, sus valores presentan una menor dispersión y con respecto al año anterior.</p>
2007		<p>Con vientos predominantes del suroriente de la ciudad con 32,80% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 1,66m/s. Con respecto a la concentración del contaminante PM₁₀ para ese año, sus valores presentan una considerable disminución presentando todos sus valores por debajo de la norma anual (100$\mu\text{g}/\text{m}^3$).</p>

Año	Carvajal- Sevillana	Análisis
2008		<p>Vientos predominantes del sur y noroccidente de la ciudad con 24,61% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 1,63m/s. Con respecto a la concentración del contaminante PM₁₀ para ese año, sus valores presentan un considerable aumento presentando valores de dispersión muy altos y su promedio por los 75µg/m³.</p>
2009		<p>Vientos predominantes del sur de la ciudad con 1,74% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 2,34m/s. Con respecto a la concentración del contaminante PM₁₀ para ese año el rango de concentración disminuye.</p>
2010		<p>Vientos predominantes del sur y noroccidente de la ciudad con 10,71% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 1,92m/s. Con respecto a la concentración del contaminante PM₁₀ para ese año, presenta un comportamiento igual al del año 2009.</p>

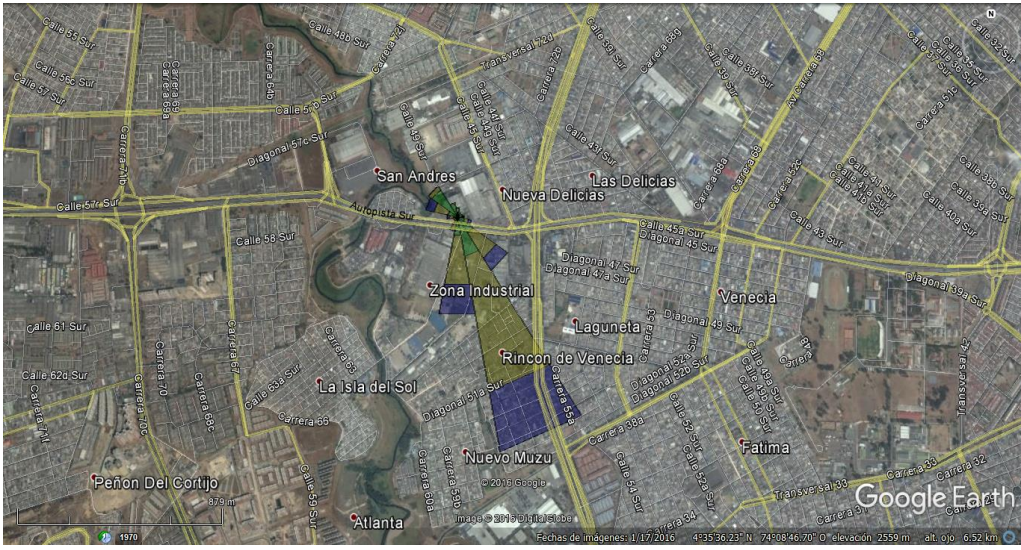
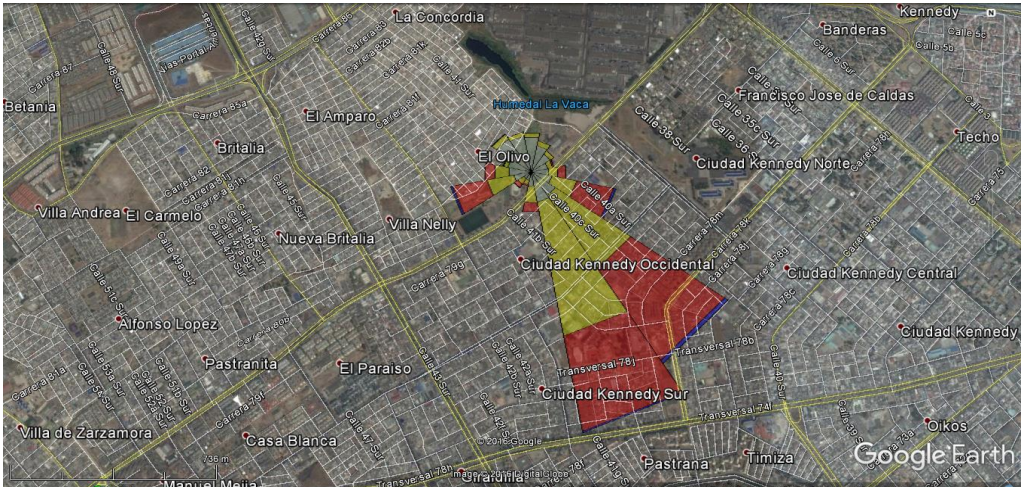
Año	Carvajal- Sevillana	Análisis
2011		<p>Vientos predominantes del sur y noroccidente de la ciudad con 8,71% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 1,94m/s. Con respecto a la concentración del contaminante PM₁₀ para ese año, sus valores presentan una ligera disminución con respecto al año anterior.</p>
2012		<p>Vientos predominantes del suroriente de la ciudad con 7,90% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 2,16m/s. Con respecto a la concentración del contaminante PM₁₀ para ese año, sus valores presentan una disminución importante presentando menores valores de dispersión y su promedio por los 75µg/m³.</p>
2013		<p>Vientos predominantes del sur de la ciudad con 1,32% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 2,31m/s. Con respecto a la concentración del contaminante PM₁₀ para ese año, sus valores presentan un ligero aumento con mayores datos de dispersión.</p>

Año	Carvajal- Sevillana	Análisis
2014		<p>Vientos predominantes del sur de la ciudad con 19,51% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 1,91m/s. Con respecto a la concentración del contaminante PM₁₀ para ese año, sus valores presentan un mayor aumento y su promedio esta ahora mucho más cercano a los 100µg/m³</p>
2015		<p>Vientos predominantes del suroriente de la ciudad con 3,78% de vientos de calma y un promedio de velocidad de 2,49m/s. Con respecto a la concentración del contaminante PM₁₀ para ese año, sus valores presentan una ligera disminución, pero tienen un rango de concentración más alto.</p>
Conclusión	<p>Para la estación Carvajal-Sevillana en las rosas de vientos se observa que los vientos provienen principalmente del suroriente de la ciudad al igual que en la estación de Kennedy, y solo en unos cuantos años de la dirección Noroccidente. El comportamiento general del contaminante PM₁₀ en la estación de Carvajal es muy irregular, por lo cual no se puede establecer una relación directa con el comportamiento de los vientos en la estación, y para la dispersión del contaminante habrán de considerarse las fuentes de contaminación, tanto fijas como móviles que se presentan en la zona y podrían influenciar su concentración o dispersión para mayor comprensión sobre los factores que podrían incidir en ello.</p>	

Fuente: Los Autores

Para el presente estudio se realiza la superposición de la rosa de viento en el mapa de Bogotá con la ubicación de las estaciones de Carvajal-Sevillana y Kennedy para el último año de estudio (2015), y de esta manera poder determinar la influencia meteorológica de que tienen las estaciones.

Ilustración 14. Rosa de vientos sobre puesta en Bogotá Estaciones Carvajal- Sevillana, Kennedy

ESTACIÓN	ROSA DE VIENTO 2015
Carvajal-Sevillana	 <p>Para la estación de Carvajal-Sevillana los vientos predominantes vienen del suroriente de la ciudad. La estación se encuentra cerca de una de las más representativas vías de la ciudad, la Autopista Sur, que es un corredor vial muy importante dado que conecta la salida principal del sur de la ciudad de Bogotá para los diferentes municipios como Soacha, Sibaté, Madrid, entre otros. La Avenida Boyacá también constituye un corredor vial de relevancia sobre el tráfico de vehículos pesados (IDEAM, 2016) y ligeros , además la actividad industrial que se presenta hacia el sur de la ciudad como son las ladrilleras de la localidad de Usme inciden sobre la carga contaminante presente en el ambiente (Fandiño & Behrentz, 2009), que por la acción del viento en su dispersión y transporte podría estar direccionada a la estación Carvajal-Sevillana, siendo esta también una observación presente en el Informe Anual de Calidad del Aire 2015. Ver anexo 1. En el muestra el mapa que relaciona la dirección del viento elaborada con los datos meteorológicos de la estación Carvajal-Sevillana y la ubicación de las ladrilleras y empresas cementeras del sector de Usme.</p>
Kennedy	

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ESTACIÓN	ROSA DE VIENTO 2015
	<p>Para la estación de Kennedy los vientos predominantes vienen del suroriente. Esta zona de Kennedy se encuentra influenciada por fuentes móviles e industriales principalmente. La estación se encuentra cerca de la Carrera 80 conocida como la Av. Agoberto Mejía, esta es una vía arteria de la ciudad de Bogotá que tiene un flujo considerable de vehículos pesados ya que se encuentra Corabastos y tiene varias entradas sobre la misma. Aunque la actividad principal de la localidad de Kennedy es de zona residencial, se localizan industrias manufactureras reconocidas como Bundy Colombia S.A., Fábrica de Especies y Productos el Rey S.A., Electromanufacturas S.A., Alambres y Mallas S.A., Almasa, Industrias Inca S.A y Pizano S.A. También empresas como Centro Automotor Diesel S.A., Centrodiesel - Unimaq S.A., Muebles El Cid S.A. y Kodak Américas Ltda (Secretaría de Cultura, Recreación y Deportes, 2008). Estas industrias podrían incidir en el incremento del Material Particulado para ello se analiza el proceso productivo de las empresas donde la mayoría no tienen emisiones, para determinar el tipo de contaminante que emiten algunas de estas industrias revisamos el protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas, donde el contaminante común es el material particulado.</p> <p>La estación de Kennedy presenta un comportamiento similar a la estación de Carvajal-sevillana en cuanto a concentraciones de PM₁₀, aunque son un poco más bajas. El Informe Anual de Calidad del Aire 2016 sugiere de igual manera que en Carvajal, la causa principal de las altas concentraciones de PM₁₀ por fuentes móviles.</p>

Fuente: Los Autores


12.3 PLAN DECENAL DE DESCONTAMINACIÓN DEL AIRE

Los objetivos del Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá 2010-2020 (PDDAB) en materia de concentraciones de PM₁₀, buscan que en toda la ciudad las concentraciones de este contaminante no superen los límites permisivos estipulados en la norma, logrando para el año 2020 una reducción del 80% de las emisiones con respecto al año base 2008 y a las proyecciones realizadas de este contaminante si no se implementará ninguna medida estipuladas en el PDDAB.

A continuación, se mencionan algunas medidas contempladas en el PDDAB:

- Pico y placa ambiental: restringe la circulación de los vehículos de transporte público colectivo y de carga en las áreas establecidas como áreas-fuente de contaminación para aquellos vehículos que no estén sometidos al programa de autorregulación (Secretaria Distrital de Ambiente, 2010).
- Programa de autorregulación ambiental: busca reducir las emisiones de vehículos con funcionamiento a diésel, logrando mantener por debajo del límite establecido en la norma un 20% las emisiones (Secretaria Distrital de Ambiente, 2010).
- Uso de sistemas de control de emisiones: apunta a reducir las emisiones en la industria en especial al sector ladrillero considerando la reubicación de fuentes de generación (Secretaria Distrital de Ambiente, 2010).
- Otras medidas: renovación del parque automotor, la reconversión de los sistemas de combustión a tecnologías más limpias, el fortalecimiento de los programas de seguimiento y control de la calidad de los combustibles, el uso de sistemas de control de emisiones hornos y calderas, el mejoramiento de la infraestructura vial, el reemplazo de convertidores catalíticos, entre otras más (Secretaria Distrital de Ambiente, 2010).

También está la medida de pico y placa en movilidad, que, aunque no es una medida netamente ambiental, tiene repercusiones ambientales al restringir la circulación a los vehículos particulares en un rango de horas al día. Esta medida esta desde el año 1998 y ha sufrido varias

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

modificaciones con el paso del tiempo. Actualmente rige mediante el decreto 575 de 2013 y el decreto distrital 525 de 2016 que lo modifica, restringiendo la movilidad de los vehículos según su último dígito si es par o impar y del día de la semana.

12.3.1 INFORMES DE LA CONTRALORÍA

De acuerdo al último informe de visita fiscal realizado por la Contraloría en 2012 y publicado en la sección de informes de su página oficial, se tienen las siguientes apreciaciones sobre el avance del Plan Decenal:

- El azufre presente en el combustible está asociado a la formación del MP, tal y como lo refleja investigaciones de la reconocida marca Nissan Diesel Motor Co., Ltd. donde han mostrado una relación directa en el incremento de la fracción volátil del MP (conformada por hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y sulfatos (SO₄)) con el aumento en el contenido de azufre del combustible (Rodríguez Rodríguez, 2010). Es por ello que la Ley 1205 de 2008 busca la reducción de la concentración de azufre a 50ppm de su contenido en el combustible diésel. La información presentada en el informe de la Contraloría hace alusión a información presentada por Ecopetrol que refleja cumplimiento en lo estipulado en esta norma mencionada.
- En cuanto las emisiones generadas por los vehículos motocicletas, se estima que las motos de dos tiempos tienen un aporte de alrededor del 3,4% del total las emisiones de este contaminante generadas por fuentes móviles en el año. La AA deberá adelantar un plan de cambio de tecnologías para estos vehículos de manera que se estandarice el objetivo de disminución de emisiones ya que en el momento de la auditoría no se contemplaba dicho plan estructurado.
- En la selección aleatoria de datos registrados de emisiones en las estaciones de la RMCAB que realizó la Contraloría para su validación, encontró de forma general que había una disminución en la generación del contaminante MP, pero como se seleccionaron los años 2011 y 2012, no se podía atribuir la disminución a las medidas del Plan, porque también había incidencia del componente meteorológico que fue diferente en los dos años se puede observar en la tabla 15 realizado en este trabajo en las estaciones de la RMCAB, y que al tener poca representatividad de los datos para contrastar la medida del Pico y Placa ambiental (Contraloría de Bogotá, 2012).
- Por otro lado, exalta la falta de aplicación de los protocolos de calidad del aire por parte de la SDA en relación a la integridad, precisión, exactitud y representatividad de los datos de medición de la RMCAB. Situación que puede repercutir en la calidad de la información y por ende, de los estudios que se realicen con base en dicha información (Contraloría de Bogotá, 2012).

12.3.2 INFORMES DE LA SDA

Año 2013: Según el informe de gestión realizado por la SDA se reflejan ciertas falencias de seguimiento y control sobre las fuentes fijas de emisión de contaminantes, debido a la falta de personal para realizar las visitas de seguimiento y control a las industrias. Reportaron 208 inspecciones a diferentes establecimientos de la ciudad emitiendo requerimientos sobre aquellas

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

que incumplieron los límites permisibles de fuentes fijas, y solicitando la implementación de sistemas de control y elaboración y presentación de los planes de contingencia.

Para el seguimiento de fuentes móviles se reportaron operativos en las diferentes vías de la ciudad, se realizaron auditorías a los Centros de Diagnóstico Automotor CAD, se hace el seguimiento al Plan de Autorregulación para vehículos de combustible Diesel, entre otras medidas, pero sin especificar en datos cuantitativos el aporte de estas medidas al Plan Decenal y por ende a la disminución en la generación de emisiones de MP (Secretaría Distrital de Ambiente, 2014).

Se incluye al reporte la incorporación de la ciudad al Programa Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina -CALAC, que busca la inclusión de filtros de partículas diésel al Sistema Integrado de Transporte Público SITP (Secretaría Distrital de Ambiente, 2014).

Contiene información sobre la consolidación en las bases de datos sobre las industrias del sector textil que aun utilizan combustibles sólidos como el carbón. Esto permitirá el análisis sobre los sistemas de control de emisiones para estas industrias (Secretaría Distrital de Ambiente, 2014).

Se expide el Decreto 477 de 2013 “*Por medio del cual se adopta y estructura el Plan de Ascenso Tecnológico para el Sistema Integrado de Transporte Público*”, que busca: artículo 1: *Sustitución progresiva de tecnologías tradicionales de combustión interna a tecnologías de cero o bajas emisiones en ruta, en un proceso liderado por la Secretaría Distrital de Movilidad, la Secretaría Distrital de Ambiente y TRANSMILENIO S.A. como ente gestor del SITP* (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2013).

Año 2014: Menciona la continuidad sobre las medidas de seguimiento a las industrias, los operativos en las vías de la ciudad para los vehículos con emisiones visibles. Se incluye la gestión a los requerimientos de trámite para los permisos de emisiones atmosféricas a las industrias, entre otros.

También se presenta un resultado positivo de las emisiones de MP por estaciones desde el año 2012-2014 obteniendo un valor promedio general de $49\mu\text{g}/\text{m}^3$, que presume una disminución en la concentración de emisiones de MP para la ciudad. A esta información la AA valido la representatividad de datos requerida (75%) (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015).

Año 2015: Como resultado presenta un promedio de concentración de MP por $48\mu\text{g}/\text{m}^3$, presentando una reducción de $9\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante los últimos cuatro años, que es equivalente al 6% en disminución. Para el seguimiento a fuentes fijas se realizaron 211 visitas de inspección en donde se adelantaron actividades de seguimiento y control. Para las emisiones de fuentes móviles se siguieron adelantando actividades de auditorías, retenes, visitas, a los CDA y tramitando también quejas de la comunidad sobre afectación de la calidad del aire.

En este año de gestión se actualizó la información del número de industrias presentes en Bogotá, como insumo para el proceso planteado desde el Plan Decenal para el cambio a combustibles más limpios. También se expide la resolución 646 de 2015 “*Por la cual se adopta el plan para la mitigación de emisiones de los vehículos con motor de ciclo de dos (2) tiempos que circulan en la ciudad de Bogotá 2015 – 2020 (-MMT-)*”, se hace el seguimiento a la implementación del SITP

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

y al PAT. Por otro lado, en el año 2015 se estableció el protocolo de medición a los vehículos con filtros de partículas, y se ajustó el procedimiento de operación para el monitoreo y seguimiento de las fuentes de emisión móviles (Secretaría Distrital de Ambiente, 2016).

En las mesas de trabajo desarrolladas bajo la Mesa Regional de Calidad del Aire con la participación del Ministerio de Transporte, asociaciones y gremios de sectores productivos, CAR's, SDA, entre otros, se adelantaron conversaciones sobre proyectos como la masificación de taxis eléctricos en la ciudad, sin quedar en un acuerdo definitivo (Secretaría Distrital de Ambiente, 2016).

Se adelantó una campaña de medición de nano partículas en las tecnologías de combustible denominadas "EURO", a 57 buses de Transmilenio, y otra medición de seguimiento a la instalación de tres filtros de partículas a los buses troncales. Por último, se estructuró un nuevo programa de Autorregulación de carga denominado Sistema Diagnostico a Bordo (OBD) para el SITP (Secretaría Distrital de Ambiente, 2016).


Por último, se revisaron los informes de gestión de resultados disponibles en la página de la SDA para el año 2016 pero presentan la misma información del año de gestión 2015 en materia de Calidad del Aire y en el avance del Plan Decenal.

12.4 COMENTARIOS RESPECTO A LA CALIDAD DEL AIRE

En su orden las estaciones de Carvajal-Sevillana y Kennedy son las zonas de la ciudad más preocupantes por su concentración del contaminante PM₁₀. Los datos fueron registrados por las estaciones de calidad del aire de la RMCAB, que después fueron organizados y analizados dando como resultado un comportamiento elevado por encima de la normatividad ambiental vigente. Esto concuerda con el posterior análisis del porcentaje de excedencias realizado para cada una de las estaciones año a año para el periodo de estudio 2005-2015. Se reitera que las zonas críticas de la ciudad con respecto al PM₁₀ son las zonas donde están ubicadas las estaciones de Carvajal-Sevillana y Kennedy, debido a su promedio de excedencias del 85% y 88% respectivamente frente a la norma anual de calidad del aire de 50µg/m³.

Como se observó en la Ilustración 9. que representan las rosas de viento elaboradas de las estaciones de Kennedy y Carvajal, el factor meteorológico juega un papel importante ya que los parámetros como velocidad y dirección del viento inciden directamente en el transporte y dispersión del contaminante. Las rosas de viento indican en forma mayoritaria que los vientos vienen del suroeste de la Bogotá, zona de la ciudad con mayores concentraciones de PM₁₀. La cercanía con industrias y el alto flujo vehicular de estas zonas son la razón principal por el cual se concentran en estos puntos el contaminante PM₁₀.

El transporte de material particulado proveniente del suroeste de Bogotá, específicamente de las canteras y ladrilleras, incide en la problemática de la zona de Carvajal. En la ilustración 15 se observa una relación directa entre la dirección predominantes de vientos indicada en la estación de meteorología de Carvajal y el arrastre del Material Particulado proveniente de actividades como la manufactura, vías principales, vías sin pavimentar, cementeras, ladrilleras y canteras presentes en la localidad de Usme.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

En la Cámara de Comercio se reportan las ladrilleras, cementeras y las canteras asociadas a estas actividades de la localidad de Usme, detalladas en la Ilustraciones 15 y 16 y Tabla 18, donde se muestran los planos generales y específicos de la zona de influencia. Se estableció el estado actual de estas empresas de acuerdo al registro y renovación de la matrícula mercantil ante la Cámara de Comercio de Bogotá, que fue consultada en la página web (Cámara de comercio de Bogotá, 2017). Lastimosamente este censo no es completo, ya que cerca de un 35% de las ladrilleras son ilegales (Fandiño & Behrentz, 2009).

En Colombia se encuentran cinco empresas productoras de cemento las cuales son Argos, Cemex, Holcim, Cementos del oriente y Cementos Tequendama. Estas empresas se localizan en lugares atractivos para estas multinacionales, siendo Cundinamarca uno de esos lugares. Se conoce bien que en el proceso de fabricación de las cementeras se generan emisiones de material particulado, SO₂, NO_x, hidrocarburos y las emisiones de efecto invernadero (Alcazar & Sanmiguel, 2017) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Las empresas cementeras son precursoras en la generación de polvo en los hornos, molinos, enfriadores de Clinker y los molinos de cemento, también se generan en el transporte de materias primas, en las explotaciones de canteras por dichas razones las cementeras son consideradas como una fuente importante de material particulado (Alcazar & Sanmiguel, 2017).

Tabla 18. Ladrilleras y Cementeras de Usme⁷

No.	Nombre	Estado Actual ante CCB
1	Ladrillera Alemana S.A.S	Activa
2	Ladrillera Helios S.A.	Activa
3	Ladrillera Yomasa	No Registra Información
4	Ladrillera Prisma	Activa
5	Ladrillera Tejaras Ltda	No Registra Información
6	Ladrillera San José	En liquidación-2001 Ultimo año renovado
7	Ladrillera las tapias	Activa (Ladrillera de las Tapias 3) ⁸
8	Ladrillera Sevilla	Activa (Último año renovado 2013)
9	Ladrillera los Mochuelos	Activa
10	Ladrillera Furatena	Activa (último año renovado 2011)
11	Ladrillera la Estrella	Activa
12	Ladrillera Sur	No Registra Información
13	Cementera Cantera	No Registra Información
14	Cementera Holcim	Activa (último año renovado 2017)
15	Fiscalía Cemex Colombia S. A	Activa (último año renovado 2017)

⁷ Los puntos morados de la ilustración 15 corresponden a las ladrilleras y los puntos azules a las cementeras.

⁸ En Cámara de Comercio aparecen registradas 6 ladrilleras con este nombre.

No.	Nombre	Estado Actual ante CCB
16	Cementería Cemex	Activa

Fuente: Consultado en línea CCB - Adaptado por los Autores

Ilustración 15. Mapa ladrilleras y cementeras localidad Usme



Fuente: Google Earth - Modificado por los Autores


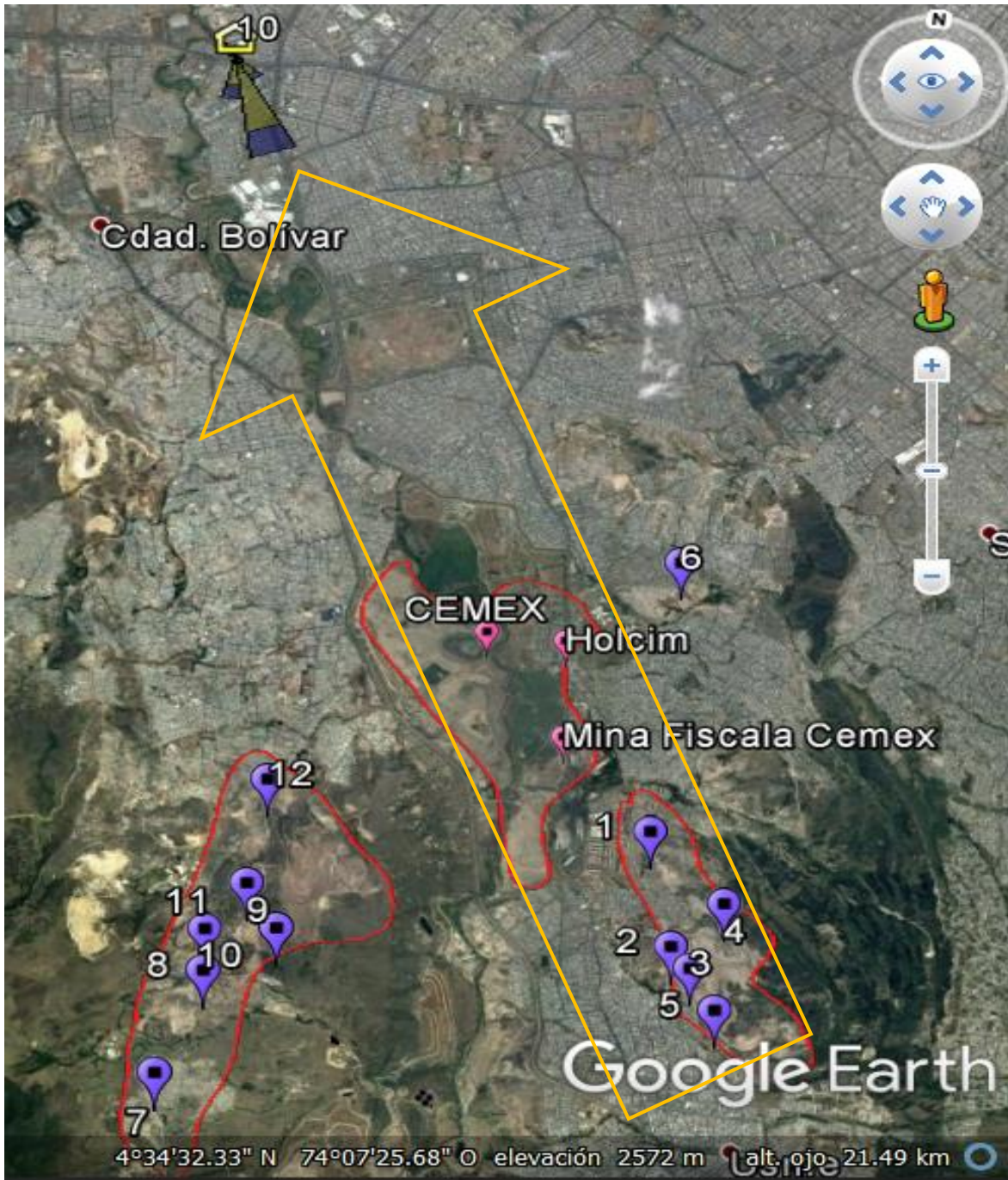
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Ilustración 16. Transporte de MP por acción de los vientos provenientes de Usme



Fuente: Google Earth - Modificado por los Autores

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

En esta lista no se detallan las ladrilleras a las cuales la Autoridad Ambiental les ordenó su cierre definitivo por no contar con la licencia ambiental correspondiente a la extracción de la arcilla, ladrilleras tales como San Roque y Roa (El Tiempo, 2010). Esta última tampoco contemplaba con el permiso de emisiones atmosféricas, evidenciando un alto grado de contaminación a causa de la quema de carbón (El Espectador, 2010).

A pesar de las medidas instauradas para mejorar el indicador de PM_{10} , se evidencia que hace falta mayor seguimiento y control a las medidas que se desarrollan. No se presenta un informe consolidado o exclusivo que defina uno a uno los avances de cada programa del Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá, esto no facilita el seguimiento ni control de las medidas adelantadas, solamente se presentan de forma muy superficial algunas actividades desarrolladas.

Para alcanzar el objetivo principal del Plan Decenal de Descontaminación del Aire 2010-2020, en cuanto a la disminución en la generación de 940 toneladas anuales de MP, se deben mantener medidas efectivas de gestión integral y cambio de tecnologías en la que sean partícipes activos los diferentes actores del distrito, de la comunidad, y de los sectores productivos, prestando mayor énfasis en las medidas aplicadas a los sectores industriales y al sector transporte teniendo siempre presente la aplicación de medidas de permanente vigilancia, control y seguimiento.

12.4.1 ZONA CRÍTICA

Como resultado de la revisión y análisis desarrollado sobre las concentraciones de PM_{10} de las diferentes estaciones de la RMCAB, se deja sobre la mesa la problemática de calidad del aire creciente en las zonas de las estaciones de Carvajal y Kennedy, ya que son las que presentan mayores concentraciones del contaminante PM_{10} disperso en el aire, teniendo las mayores excedencias frente al límite establecido en la Resolución 610 de 2010.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CAPÍTULO 5: MEDICIÓN DE PM₁₀

Para la selección del lugar más representativo de la ciudad, se consideraron los resultados obtenidos en toda la revisión bibliográfica y análisis desarrollados anteriormente:

- Por parte del análisis de información epidemiológica el lugar de monitoreo debería estar ubicado en la localidad de Ciudad Bolívar, que corresponde a un área deprimida socialmente que limita principalmente con la localidad de Tunjuelito, zona de alto flujo vehicular, tanto local como intermunicipal. Dado que los boletines epidemiológicos no son confiables por a) el manejo de la información presentada, b) la irregularidad de su emisión y c) el bajo control y/o estandarización de este tipo de informes, este punto no es en ningún momento concluyente.
- El estudio sobre los inventarios de emisiones permite identificar claramente que las localidades más afectadas por contaminación del aire por material particulado son Kennedy y Puente Aranda. Sin embargo, deja la puerta abierta para indicar que existen otras localidades con afectaciones por calidad del aire como lo es la localidad de Usme. Esto servirá de insumo para estudiar a fondo la problemática sobre calidad del aire en esta zona.
- La meteorología juega un papel muy importante teniendo en cuenta que el arrastre de MP generado de la localidad de Usme va direccionado a la estación de Carvajal.
- El análisis de calidad del aire multianual refleja que los niveles de excedencia a la norma de calidad del aire para PM₁₀ y las más altas concentraciones de este contaminante permiten definir el punto de monitoreo en la zona Carvajal de la localidad de Kennedy.

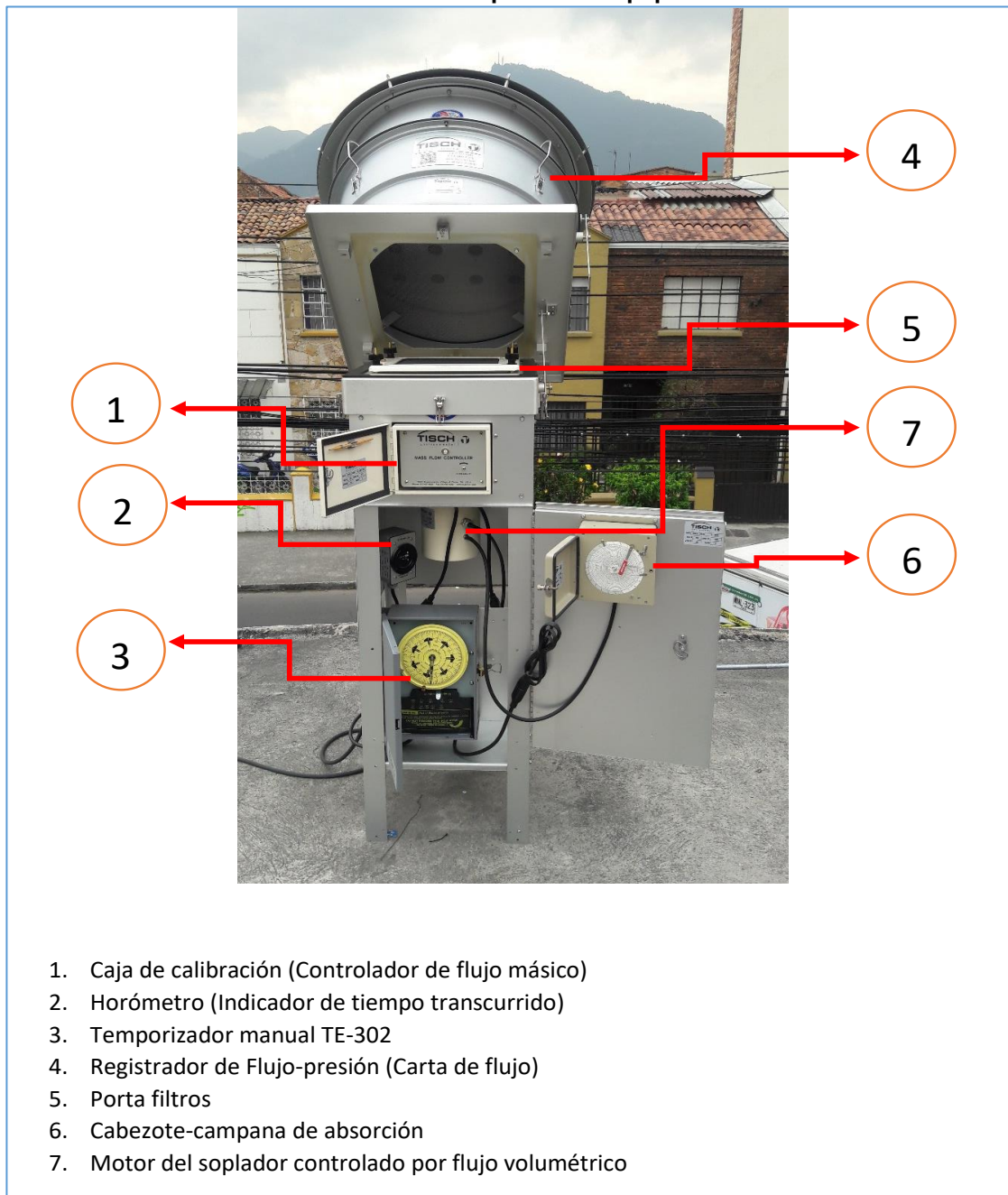
Es por ello que el equipo de investigación de la Universidad ECCI bajo el cual está el presente proyecto, concluyó que el sitio más adecuado para la instalación de los equipos estaría localizado en el punto de la Sevillana, entre la Autopista Sur y la Avenida Boyacá. Se evaluaron los pros y contra de dicho lugar, en donde se tuvo en consideración la accesibilidad al lugar, la disponibilidad de elementos de seguridad y facilidad al manejo de la información, y el acceso al transporte para la realización de los mantenimientos periódicos a los equipos. Lastimosamente no se logró un acuerdo con ninguna de las empresas del sector que pudieran facilitar un espacio dentro de sus instalaciones y el desarrollo de dichas actividades de monitoreo, por ende, no garantizaba la segura operación de los equipos.

Se decidió proponer otros lugares que garantizaran su seguridad. Luego de varias sesiones con el grupo de investigación se acordó que la instalación y el área de estudio fuese el Colegio Americano ubicado en la carrera 22 No.45A-51 Barrio Palermo, localidad de Teusaquillo en la ciudad de Bogotá D.C.; dicho Colegio ha tenido convenios con la Universidad ECCI prestando algunas de sus instalaciones para adelantar clases magistrales en el horario nocturno. Se realizaron varias visitas técnicas en donde se evaluó el punto exacto donde serían instalados los equipos de acuerdo a las metodologías US EPA e-CFR título 40; normas de la OMM (organización Meteorológica Mundial) para instalaciones meteorológicas y de calidad del aire.


13 EQUIPOS

13.1 ESTACIÓN CALIDAD DEL AIRE

Ilustración 17. Componentes equipo Hi-Vol



Fuente: Los Autores

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

El equipo de calidad del aire es un “Particulate Matter 10 Microns and less High Volume Air Sampler”, marca Tisch Environmental, Inc. Modelo TE-6070-MFC de tipo de flujo másico (ver ilustración 17).

El equipo Hi Vol se instaló en la parte superior externa de la parte administrativa del Colegio Americano (ver ilustración 18). Se seleccionó este lugar cumpliendo con los siguientes requisitos contemplados en (Agencia de protección ambiental, 2014):


- Lugar cercano a una vía vehicular
- Altura de la toma de muestra sobre el piso (2-15 metros)
- Zona despejada alejada de árboles, libre de barreras para la realización del monitoreo en un radio de 10 metros y en un ángulo de 70 grados
- Lugar seguro en donde no se tiene fácil acceso de personal no autorizado para manipular el equipo.
- Disponibilidad de energía eléctrica segura.
- Lugar representativo de acuerdo a la zona de estudio⁹

Ilustración 18. Ubicación equipo Hi Vol



Fuente: Los autores

⁹ Aunque no fue el lugar determinado en la parte teórica, la zona seleccionada cumple con los requerimientos de la EPA siendo un sitio ideal para su monitoreo además tiene la ventaja que, por ser un colegio, se puede evaluar las condiciones sobre la calidad del aire a la que están expuestos los niños.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

13.2 ESTACIÓN METEOROLÓGICA

La estación meteorológica es de marca Davis modelo vantage pro 2, dicha estación tiene como variables meteorológicas para su medición la velocidad y dirección del viento; temperatura y humedad interior y exterior; temperatura de sensación y punto de rocío; lluvia actual y acumulada diaria, mensual y anual; intensidad de lluvia; presión atmosférica actual y tendencia, pronóstico meteorológico; fase lunar y hora de puesta y salida del sol.

De acuerdo a las consideraciones en la instalación de una estación meteorológica de la OMM, la norma menciona que la estación debe instalarse en terrenos planos, no haber laderas inclinadas cercanas, los instrumentos deben estar alejados de árboles, edificios, muros y otros obstáculos, que el punto seleccionado esté expuesto al viento (Organización Meteorológica Mundial, 1996); teniendo estas consideraciones se escogió un punto dentro del Colegio Americano ver ilustración 19 y 20.

Ilustración 19. Lugar estación Meteorológica



Fuente: Los Autores

La estación meteorológica se instaló en otra parte del colegio debido a las recomendaciones de instalación como un lugar despejado, alejado de edificios o posibles barreras que no permitieran el libre paso del viento, también requería de protección para restringir el acceso a personal no idóneo que pudiera manipular el equipo.


	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Ilustración 20. Ubicación de equipos del proyecto




Fuente: Google Earth - Modificado por los Autores

14 MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE

14.1 PREPARACIÓN DE LOS FILTROS

Inicialmente se disponen de filtros de microfibras de cuarzo de marca Whatman de dimensiones 203mm * 254mm para realizar la captura del MP en el equipo Hi-Vol. A continuación, se presenta el procedimiento realizado para la preparación de los filtros, en las instalaciones del laboratorio de la Universidad ECCI, siguiendo los procedimientos establecidos por la EPA.

- Los filtros son dispuestos en un contenedor hermético con sílica gel durante 24 horas antes del pesaje inicial. Con esto se estabiliza el porcentaje de humedad que puedan contener, y además permite controlar la temperatura de los mismos.
- Se realiza el marcado de cada filtro pesado, con un sello numerador de formato (000000).
- Los filtros son pesados en una balanza analítica con 4 cifras significativas. Durante el pesaje se deben controlar las condiciones de temperatura y humedad relativa. La primera debe estar entre 15 y 30°C. La humedad relativa debe permanecer inferior al 50%. Debido a que esto

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

incide en la correcta aplicación de la metodología desarrollada, y por ende en la exactitud del pesaje (Agencia de protección ambiental, 2014).

- El pesaje debe realizarse por duplicado según el método US EPA e-CFR título 40 parte 50 apéndice J. La diferencia de temperatura no debe variar más de 3 grados entre el primer y segundo pesaje. Al igual que la temperatura, la humedad relativa no debe variar más del 5%.
- El peso definitivo del filtro se determina mediante el promedio de los pesos obtenidos en el pesaje por duplicado. La máxima diferencia entre ambos pesos es máximo de 5mg (EPA, 1984)
- Se registran todos los filtros en la planilla, junto con la temperatura y humedad de cada pesaje (ver anexo 4).
- Los filtros pesados y marcados son dispuestos en un recipiente para su protección en el momento de transportarlos al sitio de muestreo.

14.2 CALIBRACIÓN EQUIPO DE CALIDAD DEL AIRE


La calibración del equipo Hi-Vol es requerida para verificar su capacidad de succión el cual debe mantenerse en el rango requerido de 1,02 a 1,24m³/min a condiciones actuales de acuerdo al Manual del equipo Tich.

El equipo cuenta con un Kit de Calibración (ver ilustración 21.) que incluye (estuche de transporte, manómetro de agua de tubo de 30 pulgadas, una placa adaptadora, un tubo de 3' y el certificado de calibración de flujo).

Ilustración 21. Kit de Calibración



Fuente: Manual equipo Tich Environmental

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

La calibración debe realizarse una vez se realice la instalación del equipo, luego de cualquier mantenimiento que se realice al motor, cada tres meses de funcionamiento del equipo y cuando cumpla 360 horas de funcionamiento.

Con este procedimiento se determinan los caudales de calibración y la pendiente de intercepción resultante para el muestreador. El día 27 de enero de 2017 se realiza la prueba de fugas y la calibración del equipo Hi Vol, de acuerdo a las disposiciones del manual del equipo:

- Desconecte el motor de muestreo del controlador de flujo de masa y conecte el motor a una fuente de energía estable.
- Monte el orificio del calibrador y la placa del adaptador de carga superior al muestreador. Generalmente no se utiliza un filtro de muestreo durante este procedimiento. Apriete el adaptador de carga superior y mantenga las tuercas firmemente para asegurar que no se presenten fugas de aire.
- Conecte un lado del manómetro al grifo de presión en el lado del orificio con el tubo de vacío de goma. Deje el lado opuesto del manómetro abierto a la atmósfera.¹⁰
- Permita que el motor del muestreador se caliente a su temperatura normal de funcionamiento.
- Realice una prueba de fugas cubriendo los orificios del calibrador en la parte superior y presione el grifo en el orificio con las manos. Se observa el manómetro, verificando que este permanezca en cero.
- Gire la perilla negra en la parte superior del calibrador en sentido contrario a las manecillas del reloj abriendo los cuatro orificios en la parte inferior abierta. Registre la lectura del manómetro desde el orificio y la lectura del registrador de flujo desde el muestreador. El manómetro debe mantenerse verticalmente para asegurar lecturas precisas. Tocar la parte trasera del registrador de flujo continuo ayudará a centrar el lápiz y dar lecturas precisas. Repita este procedimiento ajustando la perilla en el orificio a cinco lecturas diferentes. Normalmente, la lectura del orificio debe estar entre 3,0 "y 4,0" de H₂O.
- Desconecte el motor del muestreador de su fuente de alimentación y retire el orificio y la placa del adaptador de carga superior. Vuelva a conectar el motor de muestreo al controlador de flujo de masa.
- Las cinco lecturas del manómetro tomadas durante la calibración se registran en la columna de la hoja de cálculo anexo 2.
- Las lecturas del manómetro de orificio deben ser convertidas a los flujos de aire a condiciones actuales, usando la siguiente ecuación:

$$Q_a = \frac{1}{m} \left[\sqrt{(Inch H_2O) \left(\frac{T_a}{P_a} \right) - b} \right]$$

¹⁰ Nota: Ambas válvulas del manómetro tienen que estar abiertas para que el líquido fluya libremente. Un lado del tubo "U" sube y el otro baja.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Donde

Q_a	Caudal actual indicado por el orificio del calibrador, m ³ /min
$Inch\ H_2O$	Lectura del manómetro de orificio durante la calibración, (pulgadas de H ₂ O)
T_a	Temperatura ambiente durante la calibración, K
P_a	Presión barométrica ambiente durante la calibración, mmHg
m	Pendiente de calibración del orificio
b	Intercepto de calibración del orificio

Una vez que se han determinado estos caudales actuales para cada uno de los cinco puntos de calibración, se verifica que mínimo 3 de estos se encuentren en el rango de 1,02 a 1,24m³/min, se registran en la columna titulada Q_a de la hoja de cálculo del anexo 2 y se representan en metros cúbicos por minuto. Las lecturas del registrador de caudal continuo tomadas durante la calibración necesitan ser corregidas a las condiciones meteorológicas actuales usando la siguiente ecuación:

$$IC = I[\text{Sqrt}(T_a/P_a)]$$

Donde:

IC	Lecturas del registrador de flujo continuo corregidas a T_a y P_a
I	Lecturas del registrador de flujo continuo durante la calibración
P_a	Presión barométrica ambiente durante la calibración, mmHg
T_a	Temperatura ambiente durante la calibración, K

Después de corregir cada una de las lecturas del registrador de flujo continuo, se registran en la columna titulada IC (corregida) de la hoja de cálculo anexo2. Utilizando Q_a e IC como eje x y y respectivamente, se puede calcular un coeficiente de pendiente, intercepción y correlación utilizando el método de regresión de mínimos cuadrados.


Las ecuaciones para determinar la pendiente (m) y la intersección (b) son las siguientes:

$$\frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} ; b = \bar{y} - m\bar{x}$$

Donde:

n	número de observaciones
y	$\sum y/n$;
x	$\sum x/n$
Σ	sumatoria

El coeficiente de correlación de la regresión (r) se calcula con la siguiente ecuación:

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

$$r = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}\right] \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}\right]}}$$

Donde:

n Número de observaciones
 Σ Sumatoria

- El coeficiente de correlación debe ser mayor a 0,99. Esto indica que el equipo está en óptimas condiciones para iniciar con el monitoreo. En caso de ser menor el equipo debe ser recalibrado.
- Luego se calcula y registra el SFR (punto de ajuste del caudal de corregido del muestreador en m³/min):

$$SFR = 1,13 [(Ps/Pa)(Ta/Ts)]$$

Donde:

SFR punto de ajuste del caudal de corregido del muestreador m³/min
1,13 caudal de muestreo diseñado para muestras de PM₁₀, m³/min
 P_s presión barométrica media ambiental, mmHg
 P_a presión barométrica ambiente durante la calibración, mmHg
 T_s temperatura media atmosférica, K
 T_a temperatura ambiente durante la calibración, K

Las condiciones medias ambientales se pueden determinar con promedios diarios, semanales o mensuales.

- Calcular y registrar el SSP, (punto de ajuste del registrador corregido del muestreador):

$$SSP = [m * SFR + b] [Sqrt(Pa/Ta)]$$

Donde:

SSP punto de ajuste del registrador corregido del muestreador
 m pendiente del muestreador a partir de la regresión lineal
 SFR el caudal de punto de ajuste ajustado estacionalmente del muestreador, m³/min
 b interceptación del muestreador de la regresión lineal
 $Sqrt$ raíz cuadrada
 P_a presión barométrica ambiente actual durante la calibración, mmHg
 T_a temperatura ambiente actual durante la calibración, K

El SSP es el caudal de operación de diseño del PM₁₀ High Volume Sampler, 1,13m³/min o 40CFM, corregido a la temperatura ambiente actual y a la presión barométrica.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Se ajusta el controlador de flujo de masa para que coincida con el SSP obtenido anteriormente. Esto se hace cargando el muestreador con un trozo de filtro de micro-cuarzo. Se enciende el muestreador para que se caliente a las condiciones normales de funcionamiento. Se ajusta el tornillo del controlador de flujo de masa (tornillo de giro) hasta que el registrador de flujo / presión lea el valor SSP. El muestreador debe ahora ser muestreado a una velocidad de flujo de 1,13m³/min o 40CFM, corregida según las condiciones meteorológicas actuales.

14.3 TOMA DE MUESTRA

Según lo establecido en el Método de referencia del Código Federal de Regulaciones (EPA, CFR) para determinar PM₁₀ disperso en el aire, el Apéndice J to Parte 50, 1997 (*Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM₁₀ in the Atmosphere*) se establecen las siguientes consideraciones para la medición del equipo Hi-vol:

- Se debe realizar el monitoreo durante 24 horas consecutivas, para obtener una duración de muestreo representativa.
- Luego de realizar el procedimiento de calibración, se retira el calibrador y el adaptador de carga superior.
- Con cuidado, se debe centrar el nuevo filtro, con el lado más rugoso hacia arriba en el soporte del porta-filtros. Se alinea correctamente el filtro en la pantalla de manera que cuando el marco esté en posición, la junta forme un sello hermético en los bordes exteriores del filtro.
- Se asegura el filtro con el bastidor y se hace presión uniforme y suficiente con los pernos de ajuste y las arandelas en cada extremo para evitar fugas de aire en los bordes (asegurarse de que las arandelas de plástico están encima del marco).
- Se debe limpiar cualquier acumulación de suciedad alrededor del porta-filtros con un paño limpio.
- Se coloca la carta de flujo en el registrador de flujo de tal forma que se establezca la hora en la que se hace el procedimiento.
- Se programa el encendido del equipo con el switch de ON a la media noche del día (00:00) y con el switch de OFF se programa el apagado del equipo, siendo exactamente a la media noche del día siguiente (23:59).
- Se cierran las cajas del registrador de flujo, el cabezote se asegura con las guías y se cierra la puerta general donde se encuentran estos dispositivos.

Una vez el equipo se pone en funcionamiento, este aspira el aire ambiente a un caudal constante. Las partículas suspendidas se separan inercialmente en una o más fracciones de tamaño dentro del intervalo de tamaños PM₁₀, siendo colectadas en el filtro.

El volumen total de aire muestreado, corregido a las condiciones de referencia de EPA (25°C, 101,3kPa), se determina a partir del caudal medido y el tiempo de muestreo. La concentración de PM₁₀ en el aire ambiente se calcula como la masa total de partículas recogidas en el rango de tamaño PM₁₀ dividido por el volumen de aire muestreado, y se expresa en microgramos por metro cúbico estándar (µg /std m³) (United States Environmental Protection Agency, 1997).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Todos los datos de la calibración se registran en una tabla Excel para sus cálculos (ver anexo 1), dando inicio efectivo de funcionamiento de los equipos el día 29 de enero del 2017.

14.3.1 CAMBIO DEL FILTRO

Una vez el equipo termina las 24 horas de monitoreo, este se apaga automáticamente. Como el cambio de filtro se realiza día de por medio, el día en que no se encuentra funcionando el equipo, se realiza el cambio del filtro:

- Se registra el dato arrojado por el horómetro, registrándolo en la hoja de cálculo junto con los promedios de la temperatura ambiente y la presión atmosférica (ver anexo 2).
- Se toma el manómetro, dejándolo totalmente en forma vertical hasta que el agua contenida indique 0 en los dos lados.
- Se toma la manguera del motor del controlador de flujo y se desconecta del extremo que está conectada al registrador del flujo de presión, para colocarla en una de las válvulas del manómetro, dejando la otra válvula abierta al ambiente.
- Se activa en ON el Temporizador para prender el equipo, esperando a que la presión se estabilice y se toma nota del valor arrojado, registrándola en la hoja de cálculo en la (ver anexo 2).
- Se apaga el temporizador y se procede a realizar el cambio del filtro, abriendo el cabezote del equipo.
- Se desajustan las arandelas, los pernos y tornillos de seguridad que sostienen el filtro en el porta-filtros.
- Se utilizan guantes de nitrilo para evitar contaminación de los filtros, retirando el filtro usado doblándolo en cuatro y disponiéndolo en una bolsa ziploc de cierre hermético.
- Se toma el nuevo filtro y se ajusta perfectamente en la pantalla del porta-filtros y se ajusta con el marco y las arandelas de ajuste para su cierre hermético.
- Una vez esté el nuevo filtro, se toma de nuevo la presión con el manómetro de igual manera que en la medición inicial, tomando nota del valor arrojado y registrándolo en la hoja de cálculo (ver anexo 4).¹¹
- Se cambia la carta de flujo, retirando la usada y marcándola al respaldo con la fecha de la medición y el consecutivo del filtro usado. Esta permite verificar el tiempo de medición del equipo.
- Se dispone de una nueva carta de flujo ajustándola a la hora en que se realiza el procedimiento.
- Se verifica la hora registrada en el temporizador, que debe coincidir con la hora actual. Esto indica que el reloj no tiene ninguna alteración.
- Se programa el encendido del equipo con el switch de ON a la media noche del día (00:00) y con el switch de OFF se programa el apagado del equipo, siendo exactamente a la media noche del día siguiente (23:59) (ver ilustración 22).

¹¹ Nota: En cada cambio de filtro se debe revisar el estado físico del equipo, así como identificar cuerpos extraños en las mallas internas del equipo que puedan dañarlo.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Se cierran todos los compartimientos del equipo dejándolo listo para una nueva medición.

Ilustración 22. Temporizador Manual equipo Hi-Vol



Fuente: Los Autores

14.4 POSTERIOR A LA TOMA DE MUESTRA

14.4.1 MANEJO DE FILTROS

Todos los filtros usados por equipo Hi-Vol se guardan en bolsas ziploc para evitar pérdidas del material de muestreo como compuestos volátiles y re-suspensión del material ya retenido, también para evitar daños o alteraciones de los filtros y evitar posible contaminación de las muestras durante su transporte. Estos filtros son doblados suavemente utilizando guantes siempre en su manipulación sin hacer presiones que puedan dañarlos. Para hacer la entrega de los filtros al laboratorio se diseñó el formato de Cadena de Custodia (ver anexo 5) que garantiza su adecuado manejo y control.

Los filtros son llevados al laboratorio donde nuevamente son acondicionados por 24 horas en un recipiente hermético, bajo condiciones de temperatura y humedad controladas, para determinar la ganancia de peso neto (masa) debido al material recogido, del pesaje inicial y final (Agencia de protección ambiental, 2014).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

15 CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN DE PM₁₀ A CONDICIONES ESTÁNDAR

El método de la EPA aplicado permite determinar la concentración de MP con un diámetro aerodinámico inferior o igual a 10 micrómetros nominales (PM₁₀) dispersos en el aire durante un período de muestreo de 24 horas. El proceso de medición es no destructivo, y la muestra de PM₁₀ puede someterse a análisis físicos o químicos posteriores.

- Se calcula Q_{act} teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$Q_{act} = (1/m)(\text{raíz}(\ln H_2O \times Ta/Pa) - b)$$

Dónde:

Calcular el caudal medio durante el período de muestreo corregido a la referencia EPA a condiciones como \bar{Q}_{std} . Cuando el indicador de flujo del muestreador se calibra en unidades volumétricas reales (Q_a), \bar{Q}_{std} se calcula como:

$$\bar{Q}_{std} = \bar{Q}_a \times \left(\frac{P_{av}}{T_{av}}\right) \left(\frac{T_{std}}{P_{std}}\right)$$

Dónde:

- \bar{Q}_{std} Caudal medio en la referencia EPA en condiciones, estándar m³/min
- \bar{Q}_a Caudal medio en condiciones ambientales, m³/min;
- P_{av} Presión barométrica media durante el período de muestreo en el sitio de muestreo
- T_{av} Temperatura ambiente media durante el período de muestreo para el Sitio, K;
- T_{std} Temperatura estándar, definida como 298 K;
- P_{std} Presión estándar, definida como 101,3kPa (o 760mmHg)

Para calcular el volumen total de muestras de aire:


$$V_{std} = \bar{Q}_{std} \times t$$

Dónde:

- V_{std} Aire total muestreado en volumen estándar en unidades, V_{std} (m³)
- t Tiempo de muestreo, min.

Para calcular la concentración de PM₁₀ como:

$$PM_{10} = (W_f - W_i) \times 10^6 / V_{std}$$

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Dónde:

PM_{10} concentración de PM_{10} , $\mu\text{g}/\text{std m}^3$;

$W_f - W_i$ peso final e inicial de la recolección del filtro de partículas de PM_{10} , g;

10^6 conversión de g a μg .

16 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS

Los siguientes son los resultados para la concentración calculada del contaminante PM_{10} , obtenidos mediante la aplicación del Método EPA:

Tabla 19. Concentración PM_{10}

Filtro	Fecha	Concentración PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Observaciones
1	29/01/2017	29,19	Domingo
2	31/01/2017	35,3	Martes
3	02/02/2017	40,7	Jueves-Día sin carro
4	04/02/2017	36,7	Sábado
5	06/02/2017	32,03	Lunes
6	08/02/2017	47,32	Miércoles
7	10/02/2017	54,14	Viernes
8	12/02/2017	29,09	Domingo
9	14/02/2017	44,21	Martes
10	16/02/2017	41,64	Jueves
11	18/02/2017	57,14	Sábado
12	20/02/2017	70,21	Lunes
13	22/02/2017	60,13	Miércoles
14	24/02/2017	46,98	Viernes

Fuente: Los Autores


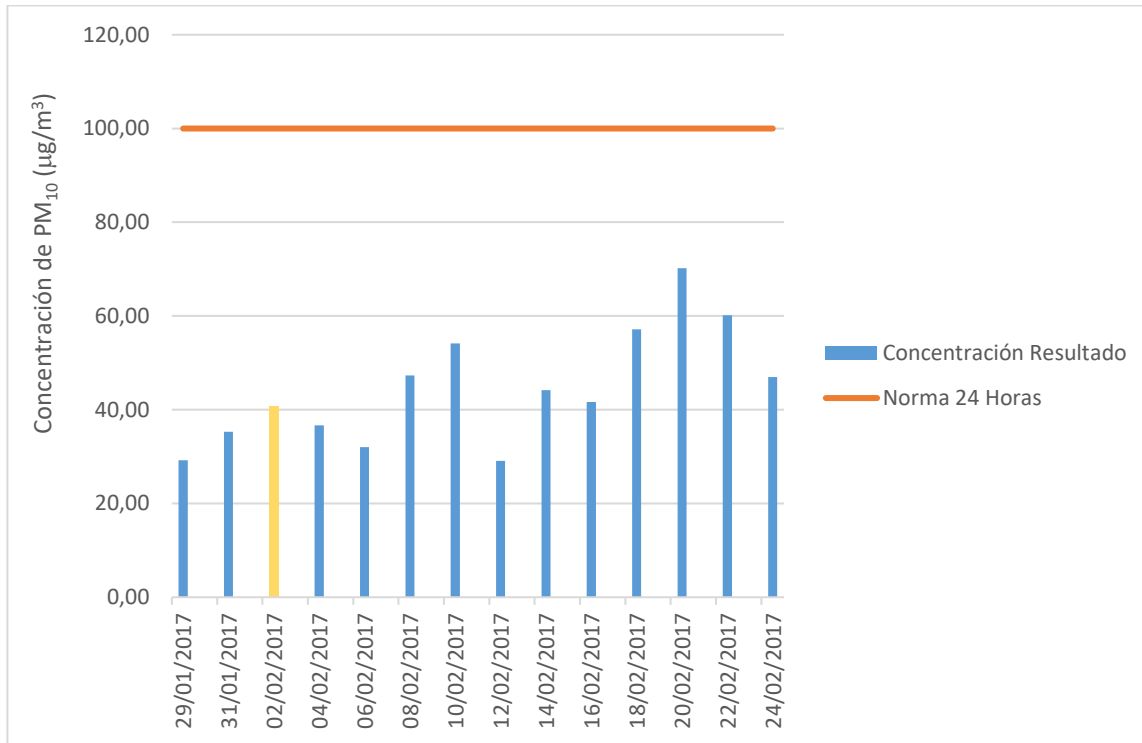
	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Ilustración 23. Concentración PM₁₀




Fuente: Los Autores

En la Ilustración 23 se muestran los primeros resultados del muestreo del punto seleccionado entre el 29 de enero del 2017 y el 24 de febrero del 2017; cabe resaltar que los resultados son indicativos más no representativos debido a inconvenientes con el equipo Hi-Vol que no permitieron cumplir estrictamente con la metodología EPA. Los resultados se encuentran por debajo del valor de la norma 24 horas, pero son valores significativos, si se tiene en cuenta las características del sitio de muestreo donde se encuentra el equipo Hi-Vol.

A pesar de lo que se podría suponer, el día sin carro no fue el día con menores concentraciones de PM₁₀, teniendo un valor de concentración de 40.7µg/m³. Esto puede deberse a que el tiempo de monitoreo no se cumplió estrictamente siendo de 27.5 horas para los días 2, 6, 8 y 18 de febrero (el mayor tiempo de muestreo del periodo monitoreado)¹².


Los días domingos resultan ser los días con menores concentraciones estando sobre los 29µg/m³.

¹² Ningún día se cumplió con el monitoreo de 24 horas según lo establecido en el Método de la EPA

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

De forma general se puede apreciar una tendencia de aumento de las concentraciones conforme el paso de las semanas. En la semana del 23 al 29 de enero el Colegio Americano se encontraba en inducciones a docentes, por lo cual el flujo de personal no fue tan representativo, dando a entender que el flujo vehicular por la zona no era el habitual. La semana del 30 de enero al 4 febrero se realizó el ingreso a estudiantes reactivándose la actividad normal del establecimiento a partir de la semana del 6 de febrero y en la semana subsiguiente del 13 de febrero.

Se deduce que los primeros días de monitoreo se mantienen concentraciones bajas porque aún se considera un periodo de vacaciones y de bajo flujo vehicular. Conforme el paso de los días para mediados del mes de febrero las concentraciones incrementan porque se reactivan las actividades cotidianas de la zona de estudio. También se puede evidenciar que conforme avanzan los días en la semana las concentraciones van en aumento.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CAPÍTULO 6: CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL MATERIAL PARTICULADO

17 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL MP

Se utilizó el método de Espectroscopia de Absorción Atómica (EAA) para la determinación de metales pesados presentes en el material de particulado colectado en los filtros del equipo Hi-Vol. Estos elementos producidos en la actividad industrial son altamente perjudiciales para la salud humana, y es por ello que se considera oportuna su determinación en el presente trabajo, contribuyendo así, a estimar las concentraciones de estos metales dispersos en el aire y a investigaciones de este tipo.

El método aplicado consiste en que los átomos en el equipo atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por medio del suministro de una cantidad de radiaciones energéticas determinada (luz de una determinada longitud de onda) (Pérez, 2016). Esta cantidad de energía se refiere a una transición de electrones en el átomo de un estado de configuración electrónica más estable siendo la de menor contenido energético (estado fundamental) a un estado excitado cuando estos absorben dicha energía. Estos experimentan una transición hacia un estado particular de mayor energía que es inestable, por lo cual regresan a su configuración inicial, emitiendo una radiación de una determinada frecuencia (Razmilic, 2016). “*Cuando los átomos en estado fundamental se encuentran con las mismas radiaciones que ellos mismos son capaces de emitir, se produce una absorción de las mismas*” (Determinación de Metales por absorción atómica, 2017).

A su vez, se utilizó el método de Digestión de Microondas Analytik Jena, el cual es un método de digestión ácida, que aumenta la temperatura y la presión a través de radiación. Con este método se permite disolver metales con el fin de alcanzar las mediciones relacionadas con las emisiones atómicas o para lograr absorción atómica (Prucommercialre.com, 2011).

El método analítico realizado se basa en el *American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, lo que implica que la muestra es digerida para reducir la interferencia por materia orgánica y convertir todo el metal a una forma libre determinable por EAA (Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 1996).

17.1 ANÁLISIS EN EL LABORATORIO DE ESPECTROFOTOMETRÍA

Los métodos aplicados para la determinación de metales pesados que corresponden a *American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Se mencionan en la tabla 20:


	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Tabla 20. Métodos de caracterización de PM10 - Metales Pesados

Método	Parámetro
TopWave 07-09-SM 3111 B	Zinc, Hierro, Cobre, Cromo
TopWave 06-09-SM 3113 B	Plomo

Se analizaron 7 filtros en el laboratorio de la Universidad ECCI, arrojando los resultados presentes en la tabla 21.

Tabla 21. Resultados de caracterización de PM10 - Metales Pesados

No. Filtro	Zn (mg/L)	Fe (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr (mg/L)
1	0,27	4,37	<0,03	<0,1	<0,056
2	<0,01	4,89	<0,03	<0,1	00,1
3	1,87	12,00	0,38	0,54	0,11
4	1,70	13,54	0,49	<0,1	<0,056
5	0,87	9,08	0,04	<0,1	<0,056
6	28,12	6,17	<0,03	0,20	<0,056
7	22,78	2,99	<0,03	<0,1	<0,056

Los filtros No. 6 y No. 7 reportados en la Tabla 21., corresponden a la estación móvil de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá RMCAB muestreados el 2 de febrero del 2017, la cual ha estado ubicada en la Carrera séptima con Calle 63 desde el año 2015. El primero corresponde a PM₁₀ y el segundo a PM_{2.5}. Los resultados de laboratorio indican una alta presencia de Fe para todos los filtros, con la concentración más alta correspondiente al filtro No. 4. Las concentraciones más bajas de forma general corresponden al metal Cr.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES

18 CONCLUSIONES

El análisis general de la epidemiología asociada al MP permitió determinar un indicador de ERA/No. Hab, que presenta la asociación espacial sobre los casos reportados por morbilidad ERA's, dando como punto de monitoreo y muestreo de MP a la localidad de Ciudad Bolívar. Este punto fue descartado dada la poca confiabilidad de los datos reportados en los boletines epidemiológicos.

El análisis multianual de las concentraciones de PM₁₀ de la RMCAB indica que, la zona de Carvajal es el punto más representativo por sus concentraciones de PM₁₀ más contaminado de la ciudad de Bogotá en cuanto a material particulado se refiere.

El factor meteorológico juega un papel primordial a la hora de definir el punto de muestreo, ya que por acción de los vientos se transporta Material Particulado desde la localidad de Usme (ladrilleras, cementeras y canteras) hacia la localidad de Kennedy (Zona Carvajal).

Conforme a cada ítem evaluado, como *Hot Spot* final de Bogotá y sus inmediaciones se estableció el barrio de la Sevillana, entre la Avenida Boyacá y la Autopista Sur, que por dificultades técnicas y logísticas no fue posible monitorear. Los valores arrojados en el monitoreo de PM₁₀ son indicativos puesto que no se logró efectuar el monitoreo conforme a los métodos estandarizados establecidos, por fallas técnicas del equipo Hi-Vol.

Se requiere de la generación de informes epidemiológicos de mayor confiabilidad en la calidad de la información reportada a la Secretaria de Salud, con el fin de identificar otras posibles zonas con problemáticas de salud referente a las ERA's relacionadas con la calidad del aire.

La caracterización de las muestras recolectadas de PM₁₀ en el Colegio Americano y en la Estación Móvil de la RMCAB, indica la presencia de los siguientes metales pesados (Pb, Cr, Zn, Fe, Cu) que son considerados un riesgo para la salud humana según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2007).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

CAPÍTULO 8. RECOMENDACIONES


19 RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

Se recomienda adelantar más estudios sobre la generación y posible afectación a la población a causa del contaminante MP en la localidad de Usme, ya que en ella se presentan emisiones importantes del contaminante, debido a la actividad económica desarrollada por las ladrilleras, cementeras y las superficies desnudas de las canteras asociadas a estas actividades; estas últimas que por acción de los vientos se dispersan en el ambiente. Los estudios de este tipo se han enfocado exclusivamente en las localidades de Puente Aranda y Kennedy, que si bien, son los principales focos de contaminación, no son las únicas zonas en donde el MP es una problemática ambiental y de salud pública. Por esto mismo, también se propone ampliar la RMCAB instalando estaciones de monitoreo en las localidades al sur de la ciudad como Usme y Ciudad Bolívar, que incorporen los todos los parámetros de calidad del aire y meteorológicos.

Habilitar nuevamente la estación de monitoreo de Fontibón convirtiéndola en una estación fija, ya que se encuentra ubicada en una zona que presenta importantes excedencias a la norma de 24 horas y que, a su vez, limita con la localidad de Puente Aranda. A pesar que el año 2015 no fue monitoreado, sus históricos sugieren que la zona presenta también una problemática importante de calidad del aire y posiblemente esta zona pudo haber sobresalido en el análisis del presente trabajo, si se hubiera mantenido en funcionamiento.

Se recomienda establecer un método estandarizado para la presentación de los informes epidemiológicos mensuales elaborador por los Hospitales ESE a la Secretaria de Salud. Esto con el fin de hacer seguimiento a las enfermedades ERA's representativas, separando los casos conforme a Consultas reportadas, Urgencias atendidas y Morbilidad atendida, y manteniendo la continuidad en la presentación de dichos informes. También, es importante realizar la validación de la información contenida en ellos, tarea que le corresponde a la entidad de Salud, la cual debería establecer un procedimiento para el seguimiento, revisión y control de información presentada y haciendo las observaciones pertinentes a cada uno de los hospitales que le reportan. La mayoría de los informes epidemiológicos no son publicados y no son de libre acceso, información que debe estar disponible al público en general, para que la comunidad este consiente de las condiciones en las que se encuentra la calidad del aire y los niveles de contaminación a la que está expuesta, generando recomendaciones para la prevención del riesgo a la exposición.

Se recomienda mejorar el suministro de información meteorológica a través de portal Web de IDEAM, ya que no es del todo efectivo, porque no se recibe toda la información solicitada, sino de forma fragmentada. A pesar de que se tuvieron en cuenta las características de las estaciones meteorológicas y los parámetros que monitoreaban cada una de ellas, la información solicitada no fue allegada en su totalidad.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Se recomienda a la Autoridad Ambiental de Bogotá y a la Academia, que unan esfuerzos para consolidar un nuevo inventario de emisiones fijas y móviles, teniendo en cuenta que el último referente fue en el año 2008. Esto sin duda será un valioso insumo a la hora de generar alternativas de mejoramiento de la calidad del aire y para adelantar mayores investigaciones sobre esta temática.


Por otro lado, la AA deber establecer mejores mecanismos para el seguimiento, vigilancia y control de los programas y proyectos propuestos para el mejoramiento de la calidad del aire en el PDDAB; para ello, se propone la elaboración de informes anuales que recopilen su gestión de acuerdo a las metas y objetivos propuestos en el Plan y las adecuaciones a los que haya lugar.

Pese a que se determinó como *Hot Spot* la zona de Carvajal, se realizó el monitoreo y la caracterización en el Colegio Americano, lugar representativo por la influencia de fuentes móviles en todo el perímetro del Colegio y por la posible incidencia de estas, sobre la salud de los niños. El presente trabajo abre la puerta y deja la base para motivar mayores investigaciones relacionadas con la calidad del aire y la salud pública en esta zona de la ciudad.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de protección ambiental. (2014). *e_-CFR Título 40*. Estados Unidos: Agencia de protección ambiental.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2011). *Decreto 623 de 2011. "Por medio del cual se clasifican las áreas-fuente de contaminación ambiental Clase I, II y III de Bogotá, D.C., y se dictan otras disposiciones."*. Bogotá.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (3 de Agosto de 2016). *bogota.gov*. Obtenido de Localidades Puente Aranda: <http://www.bogota.gov.co/localidades/puentearanda/Puente-Aranda-una-localidad-empresarial>
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2013). *Decreto 477 de 2013. "Por medio del cual se adopta y estructura el Plan de Ascenso Tecnológico para el Sistema Integrado de Transporte Público y se dictan otras disposiciones"*, Bogotá.
- Alcazar, J. D., & Sanmiguel, N. R. (1 de 4 de 2017). *Universidad Javeriana*. Obtenido de Univeresidad Javeriana: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/economia/tesis16.pdf>
- Ayora Ibáñez, C. (2004). *Los sistemas terrestres y sus implicaciones medioambientales. Aulas de Verano. Serie: Ciencias*. (M. d. Educación, Ed.) Madrid, España: Instituto Superior de Formación del Profesorado.
- Cámara de comercio de Bogotá. (6 de 03 de 2017). *Cámara de comecio de Bogotá*. Obtenido de Cámara de comercio de Bogotá: <http://www.ccb.org.co/Tramites-y-Consultas>
- Cancino, J., Gaitán, M., & Behrentz, E. (01 de Octubre de 2007). Análisis del estado de la calidad del aire. *Revista de ingeniería*, 1-12.
- Combariza Bayona, D. (2007). *Contaminación por Metales Pesados en el Embalse del Muña y sus relación con los niveles den sangre de Plomo, Mercurio y Cadmio y alteraciones de la salud en los habitantes del municipio de Sibaé (Cudinamarca) 2007*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Concejo de Bogotá. (6 de abril de 2016). Por el cual se efectua la organización de sector salud de Bgootá, Distrito capital, se modifica el acuerdo 257 de 2006 y se expiden otras disposiciones. Bobotá, Colombia.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Consultor Salud. (16 de agosto de 2016). *consultorsalud*. Obtenido de <http://www.consultorsalud.com/reorganizacion-del-sector-salud-de-bogota-proyecto-de-acuerdo>
- Contraloría de Bogotá. (2012). *Informe de la visita Fiscal "Impacto de las estrategias de movilidad y ambiente en la calidad del aire de Bogotá D.C."*. Sector Ambiente, Bogotá.
- Contraloría de Bogotá. (2012). *Informe Final de la vista fiscal Seguimiento a la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C. con respecto al protocolo para el monitoreo y seguimiento de la Calidad del Aire*. Contraloría de Bogotá, Bogotá.
- Contraloría General de la República. (2012). *Informe del Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente 2012-2013*. Bogotá: Oficina de Publicaciones y Ediciones.
- Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito. (2006). *Inventario de emisiones del distrito metropolitano de Quito 2003*. Quito, Ecuador: CORPAIRE.
- Dávila Pinzón, C. P., Rojas Pérez, A. L., & Rojas Roa, N. Y. (2013). Estimación de emisiones provenientes de fuentes móviles en el tramo vial Bogotá-Facatativá (Cundinamarca). *Revista Épsilon* (21), 157-172.
- De la Pava, E., Salguero, B., & Fernández, O. (2008). *Modelación matemática de la relación de partículas PM10*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Departamento Nacional de Planeación. (2005). *Documento CONPES 3344*. Colombia: Departamento Nacional de Planeación.
- Determinación de Metales por absorción atómica. (24 de Febrero de 2017). *Departamento de Medicina Legal, Toxicológica y Psiquiatría*. Obtenido de Fundamento determinación de Metales por absorción atómica. Llama: <http://www.ugr.es/~fgil/proyecto/llama/fundamento.html>
- Díaz Suárez, V., & Páez Pérez, C. (2006). Contaminación por material particulado. *corpaire*, 1-15.
- Duchesne, L. (1987). *Proyecciones de población por sexo y edad para áreas intermedias y menores*. Santiago: centro latinoamericano .
- Ecopetrol. (19 de Septiembre de 2014). *Medio Ambiente, Gestión Ambiental Proactiva*. Obtenido de Pacto por la Calidad del Aire en Bogotá: <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/medio-ambiente/gestion-ambiental-proactiva/eficiencia/aire-calidad-de-combustible/pacto-por-la-calidad-del-aire-en-bogota>

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Ecopetrol. (21 de 10 de 2016). *Ecopetrol elaboró metodología para identificar y cuantificar emisiones de metano*. Obtenido de Ecopetrol:
<http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/sala-de-prensa/noticias/Noticias-2015/Noticias-2015/Ecopetrol-elaboro-metodologia-identificar-cuantificar-emisiones-metano>
- El Espectador. (24 de Febrero de 2010). *www.elespectador.com*. Recuperado el 29 de Febrero de 2017, de 30 meses de cárcel y \$50 millones, sanción por contaminación ambiental:
<http://www.elespectador.com/noticias/bogota/articulo189522-30-meses-de-carcel-y-50-millones-sancion-contaminacion-ambiental>
- El Tiempo. (16 de Junio de 2010). *www.eltiempo.com*. Obtenido de
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-7759411>
- El Tiempo. (5 de Julio de 2010). *www.eltiempo.com*. Recuperado el 29 de febrero de 2017, de Ordenan el cierre definitivo de tres ladrilleras en el sur de Bogotá:
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-7791426>
- EPA. (1984). *Quality assurance handbook for air pollution measurement systems: Volume II - Ambient air specific methods*. Estados Unidos: EPA.
- Fandiño, M., & Behrentz, E. (2009). *Actualización del inventario de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas en Bogotá a través de mediciones directas*. Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana Regional (SUR). Bogotá: Universidad de los Andes.
- FAO. (30 de Enero de 2017). *Deposito de documentos de la FAO*. Obtenido de Fao.org:
<http://www.fao.org/docrep/field/003/AB482S/AB482S04.htm>
- Fernando García, F., Rubén, A., & Jiménez, K. (2006). Distribución espacial y temporal de la *SciELO*, 1-10.
- García Ubaque, J., García Ubaque, C., & Vaca Bohórquez, M. (2013). Consulta médica en población en edad. *Revista Salud Publica*.
- Giraldo Amaya, L. A. (2005). *Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Gómez Sanabria, A., & Martínez Gómez, J. L. (2008). *Evaluación de la concentración de mercurio en material particulado PM10 en siete ciudades el país*. Bogotá: Universidad de la Salle.
- González Acosta, D. A. (2003). *Comparación y análisis de los modelos de Ciudad de México, Santiago de Chile y Bogotá*. Bogotá: Universidad los Andes.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Guio, A. P. (2012). *Inventario de emisiones de gases*. Bogotá: Universidad Nacional.

Henao Martínez, J. A., Quijano Vargas, M. J., & Quijano Parra, A. (2010). Caracterización fisicoquímica del material particulado-fracción respirable PM2.5 en Pamplona-Norte de Santander-Colombia. *Bistua*, 1-21.

Hospital de Suba. (2014). *Boletín Mensual de la vigilancia epidemiológica ambiental y sanitaria de la línea aire "Localidad de Suba"*. Hospital de Suba E.S.E. Bogotá D.C.: Localidad del Suba. Recuperado el 2 de Agosto de 2016

Hospital de Usaquén I Nivel ESE. (2016). *Boletín Epidemiológico Mensual de la línea de Aire, Ruido y Radiación Electromagnética*. Bogotá. Recuperado el 17 de Mayo de 2016, de <http://www.hospitalusaquen.gov.co/website/phocadownload/BoletinAire2015/Boletin%20de%20Aire%20Junio%202015%20No.%2053.pdf> , <http://www.hospitalusaquen.gov.co/website/phocadownload/BoletinAire2015/Boletin%20de%20Aire%20Enero.pdf>

Hospital San Cristobal ESE. (2016). *Boletín Epidemiológico y Ambiental*. Bogotá. Recuperado el 04 de Mayo de 2016, de http://esesancristobal.gov.co/sites/default/files/documentos/medio_ambiente/Boletin%20Epidemiologico_No.%2020_Diciembre_hsc.pdf , <http://esesancristobal.gov.co/file/409/download?token=U4OQHThz> , <http://esesancristobal.gov.co/sites/default/files/documentos>

Hospital Vista Hermosa ESE I Nivel. (2016). *Boletín Epidemiológico Mensual de la línea de Aire, Ruid y Radición Electromagnética*. Bogotá. doi:http://www.hospitalvistahermosa.gov.co/web/node/sites/default/files/boletines_2015/BOLETINES_EPIDEMIOLOGICOS/EL_BOLETIN_HVH_DICIEMBRE_2015.pdf

Hueramo Romero, J. C. (Consultado en 2015). *Apuntes Metodología de la Investigación*. (U. M. Hidalgo, Ed.) Michoacán, México: Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas.

IDEAM. (2012). *Informe del estado de la calidad del aire en Colombia 2007- 2010*. Bogotá D.C: Comité de comunicaciones y publicaciones del IDEAM.

IDEAM. (2016). *Segundo boletín sobre contaminación atmosférica*. Bogotá: IDEAM.

Instituto de ciencia de materiales de Madrid. (2017). *Principios generales de la Microscopía Electrónica de Barrido* . Madrid: Consejo superior de investigaciones científicas.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (3 de 10 de 2016). *inecc*. Obtenido de inecc: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/457/proposito.pdf>

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Jaramillo, M., Núñez, M. E., Ocampo, W., Pérez, D., & Portilla, G. (2004). Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos convencionales en la zona de Cali-Yumbo. *Facultad de Ingeniería No. 31*, 1-11.

Jiménez Hernández, L. (2011). *Efectos de la contaminación atmosférica por PM10 sobre las consultas a urgencias por enfermedades respiratorias en menores de 15 años y mayores de 60 años y mortalidad general en Cali, durante 2010 y 2011*. Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Magister en Epidemiología, Universidad de la Salle, Cali.

Londoño Toro, B., Rodríguez, G. A., & Herrera Carrascal, G. J. (2006). *Perspectivas del derecho ambiental en Colombia*. Bogotá: Univerisdad del Rosario.

Martínez L., E., Quiroz, C., & Rúa, J. (10 de Octubre de 2011). Morbilidad respiratoria asociada con la exposición a material particulado en el ambiente. *Facultad Nacional de Salud pública*.

Mendoza, A., & García, M. (2011). Modelación inversa aplicada al análisis del inventario de emisiones de la zona metropolitana de Guadalajara, México. *Scielo*, 4-5.

Metropol. (19 de 10 de 2016). *Fundamentos de contaminación del aire*. Obtenido de Calidad del aire:
<http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/IsdocCalidadAire/Fundamentos%20de%20contaminacion%20del%20aire.pdf>


Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). *Manual de operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire*. Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, Bogotá.

Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2009). *Manual para la elaboración de planes de gestión de la calidad del aire*. Bogotá: IDEAM.


Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire*. Colombia: Viceministerio de Ambiente. Recuperado el 14 de abril de 2016

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Protocolo para la control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas*. Bogotá: MAVDT.

Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. (1996). *Manual de Procedimientos Analíticos para aguas y efluentes*. (L. DINAMA, Ed.) Montevideo, Uruguay: Dirección Nacional del Medio Ambiente.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Miranda Romero, K. A., & Ortiz Flores, K. A. (2008). *Evaluación de la concentración de material particulado suspendido PM10 y su relación con la morbilidad asociados a ERA´s en niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda en el municipio de Tolúviejo (Sucre)*. 2008: Universidad de la Salle.
- Muñoz, A. M., Paez V., J. J., & Quiroz P., C. M. (2007). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de adultos que laboran en diferentes niveles de exposición. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 25.
- OMS. (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. Ginebra (Suiza): OMS.
- OMS. (Septiembre de 2016). OMS. Recuperado el 25 de Marzo de 2017, de Calidad del aire ambiente (exterior) y salud: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- OPS. (2007). *Toxicología ambiental*. OPS.
- Organización Meteorológica Mundial. (1996). *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos*. Ginebra- Suiza: Secretaria de la organización meteorológica mundial.
- Organización Panamericana de la Salud. (2006). *Desafíos Metodológicos en la Vigilancia de los Efectos en la Salud de la Contaminación del Aire Exterior*. Sao Paulo, Brasil: Organización Panamericana de la Salud.
- Oyarzún G., M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud - Air pollution an its effects on health. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*.
- Palacio Soto, D., Zafra Mejía, C., & Rodríguez Miranda, J. (2014). Evaluación de la calidad del aire mediante una laboratorio móvil: Puente Aranda (Bogotá D.C., Colombia). *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302014000200014&lng=en&nrm=iso
- Pediatría Integral*. (04 de Agosto de 2016). Obtenido de Programa de Formación Continuada Extrahospitalaria: <http://www.pediatriaintegral.es/numeros-anteriores/publicacion-2012-01/bronquitis-y-bronquiolitis/>
- Peñalosa Pabón, N. E. (2010). *Distribución espacial y temporal del inventario de emisiones provenientes de las fuentes móviles y fijas de la ciudad de Bogotá*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Pérez Fadul, L. F., & Hernández Hernández, L. (2006). *Determinación de metales pesados en partículas respirables identificación de fuentes de emisión, a partir de un muestreo*

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

atmosférico en la localidad de puente aranda en la ciudad de Bogotá. 2006: Universidad de la Salle.

Pérez, G. (2016). *Espectrometría.com*. Recuperado el 24 de Febrero de 2016, de Espectrometría de absorción atómica:
http://www.espectrometria.com/espectrometra_de_absorcin_atmica

Prieto C., M. J., Mancilla F., P., Astudillo O., P., Reyes P., Á., & Román A., O. (2007). Exceso de morbilidad respiratoria en niños y adultos mayores en una comuna de Santiago con alta contaminación atmosférica por partículas. *Revista médica de Chile*.

Prucommercialre.com. (24 de Enero de 2011). *Prucommercialre.com*. Recuperado el 24 de Febrero de 2017, de <http://www.prucommercialre.com/que-es-la-digestion-de-microondas/>

Quiñones Cantor, L. (2012). *Evaluación de los inventarios de emisiones de fuentes móviles de Bogotá mediante datos de la red de calidad del aire*. Bogotá: Universidad Nacional.

Razmilic, B. (2016). *Depositos de Documentos de la FAO*. (O. d. (FAO), Editor, & D. d. Pesca, Productor) Recuperado el 24 de febrero de 2017, de Control de calidad de insumos y dietas acuicolas: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/ab482s04.htm>

Rodríguez Rodríguez, A. M. (2010). *Modelación de la generación de material particulado en función de la composición el combustible*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Rodríguez, & Behrentz, E. (2009). *Actualización del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá a través de mediciones directas*. Bogotá: Universidad de los Andes.


Rojas Pérez, A. L. (2015). *Estimación de emisiones de contaminantes provenientes de fuentes móviles de la jurisdicción CAR*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Rojas, N. (2007). *Aire y problemas ambientales de Bogotá*. Laboratorio de Ingeniería Química. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Rojas, N. Y. (2010). Distribución espacial y temporal del inventario de emisiones provenientes de fuentes móviles y fijas de Bogotá D,C. *Universidad Nacional De Colombia*.

Sanfeliu Montolio, T., Jordán Vidal, M., & Boix Sanfeliu, A. (2005). *Contaminación y medio ambiente: Santiago (Chile)-Castellón (España), 1998-2002*. Publicaciones de la Universidad Jaume.

Secretaría de Cultura, Recreación y Deportes. (2008). *Localidad de Kennedy - ficha básica*. Bogotá: Secretaría de Cultura, Recreación y Deportes.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (18 de 12 de 2013). *semarnat*. Obtenido de Gestión Ambiental: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/calidad-del-aire/inventario-de-emisiones>

Secretaria de Salud de Bogotá. (2016). *450 Boletines Epidemiológicos de las UPGD*. Bogotá. Recuperado el 16 de Agosto de 2016

Secretaria Distrital de Ambiente. (2009). *Elementos técnicos del Plan Decenal de descontaminación de Bogotá. Parte A: Inventario de Emisiones provenientes de fuentes fijas*. Universidad de los Andes. Bogotá: SDA.

Secretaria Distrital de Ambiente. (2010). *Plan Decenal para la Descontaminación del Aire de Bogotá*. Bogotá: Oficina Asesora de Comunicaciones.

Secretaria Distrital de Ambiente. (2013). *Informe Sectorial*. Bogotá. Recuperado el 25 de Febrero de 20117

Secretaria Distrital de Ambiente. (6 de noviembre de 2014). *Informe de Calidad del Aire. Incendio de depósito de llantas en la localidad de Fontión*. Observatorio Ambiental de Bogotá, Bogotá. Recuperado el 25 de Febrero de 2017, de El observatorio con la comunidad: <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/con-la-comunidad/alertas/informes-de-calidad-del-aire>

Secretaria Distrital de Ambiente. (2014). *Informe de Gestión y de Resultados Periodo 1 de Enero a 31 de Diciembre de 2013*. Alcaldía Mayor de Bogotá. Bogotá: Subdirección de Proyectos y Cooperación Internacional.

Secretaria Distrital de Ambiente. (2015). *Informe anual de calidad del aire de Bogotá*. Bogotá: Secretaria Distrital de Ambiente.


Secretaria Distrital de Ambiente. (2015). *Informe de Gestión y de Resultados año 2014*. Anual, Bogotá.

Secretaria Distrital de Ambiente. (2016). *Informe de Gestión y Resultados año 2015*. Bogotá.


Secretaria Distrital de Planeación SDP. (2007). *Bogotá. Proyecciones de población 2005-2015*. Convenio específico de cooperación técnica No 096-2007, Bogotá.

Secretaría Distrital de Salud. (2005-2015). *Informes mensuales de epidemiología (2005 - 2015)*. Secretaría Distrital de Salud. Bogotá: SDS.

Semarnat. (19 de 12 de 2013). *Semarnet*. Recuperado el 5 de 05 de 2016, de Semarnet Sitio Web: <http://www.semarnat.gob.mx/>

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

- Silva Vinasco, J., & Canchala Nastar, T. (2013). Variacion espacial y temporal de concentraciones de PM10 en el área urbana de Santiago de Cali, Colombia. *Revista Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente - EIDENAR*(12).
- Tirado Noriega, M. (2010). *Actualización de inventario de emisiones atmosféricas producidas por aviones comerciales en el ae HNMJB ropuerto del Dorado de Bogotá D.C. y políticas para la disminución* . Bogotá: Universidad de los Andes.
- Unidad de planeacion minero energetica. (23 de 10 de 2016). *Sistema de informacion ambiental minero energetico*. Obtenido de http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Calculo_FE_SIN_2013_Nov2014.pdf
- Unidad de planeación minero energetica. (23 de 10 de 2016). *Upme*. Obtenido de http://www.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones/aplicacion/manual_fecoc.pdf
- United States Environmental Protection Agency. (1997). *Appendix J to part 50-Reference method for the determination of particulate matter as PM10 in the atmosphere*. Washington D. C.
- Universia.net. (14 de junio de 2012). *Universia Argentina*. Obtenido de Cómo inciden los vientos en la dispersión de contaminantes: <http://noticias.universia.com.ar/en-portada/noticia/2012/06/14/942771/inciden-vientos-dispersion-contaminantes.html>
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (30 de Enero de 2017). *Datateca.unad*. Obtenido de Datateca.unad: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358008/Contenido_en_linea_Control/leccin_9_inventarios_de_emisin.html
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (Febrero de Consultado en 2017). *datateca.unal.edu.co*. Obtenido de Lección 21. Modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos.: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358007/Contenido_en_linea_Caraterizacion/leccion_21_modelos_de_dispersion_de_contaminantes_atmosfricos.html
- Uribarren Berrueta, D. (24 de Septiembre de 2015). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado el 4 de Junio de 2016, de Departamento de Microbiología y Parasitología - Recursos en Virología: <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/virologia/resfriado-comun.html>
- Vargas, F., & Rojas, N. (02 de agosto de 2010). Composición química y reconstrucción másica del material particulado suspendido en el aire de Bogotá. (G. d. Aire, Ed.) *INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, 30(2).

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009


Wittwer, A., Camano Schettini, E., Loredó Souza, A., & Natalini, M. (2002). *Universidad Nacional Nordeste*. Universidad Nacional del Nordeste UNNE, Buenos Aires. Recuperado el 25 de Febrero de 2017, de www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2001/7-Tecnologicas/T-021.pdf

Zafra Mejía, C., Rodríguez Chitiva, L., & Torres Cabrera, Y. (2012). *Metales pesados asociados con las partículas atmosféricas y sedimentables de superficies viales: Soacha (Colombia)*.


Zamorano W., A., Aránguiz R, J., Bedregal G., P., Sánchez D., I., & Márquez U., S. (Octubre de 2003). Relación entre bronquiolitis aguda con factores climáticos y contaminación ambiental. *Revista médica de Chile*.

Zarate, E. (2007). *Understanding the Origins and Fate of air pollution in Bogota, Colombia*. Lausana, Suiza: École Polytechnique Fédérale de Lausanne - EPLF.


Zarate, E., Manzi, V., Belalcazar, L., Giraldo, E., & Clappier, A. (2003). Estimación de los factores de emisión de las fuentes. *Revista de ingeniería de los Andes*, 18-25.

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

ANEXOS

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Anexo 1. Hoja de cálculo de Calibración equipo Hi-Vol



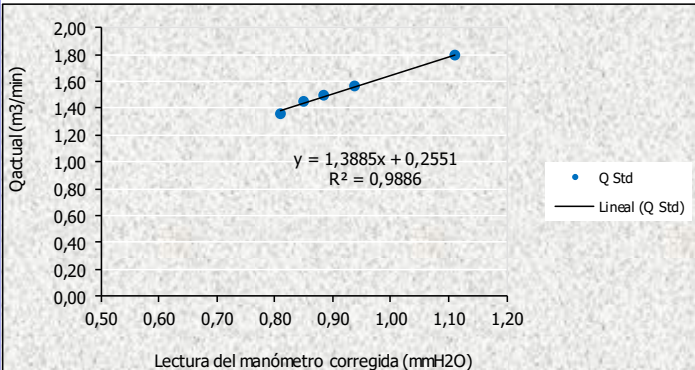
Uso de materiales adsorbentes para determinar la composición química y la eficiencia de remoción del Material Particulado en la ciudad de Bogotá

Condiciones Atmosféricas			
Presión Barométrica (Pa)		Temperatura (°C)	
22,05	inHg	15	°C
560	mmHg	288,2	K

KIT CALIBRACIÓN			
CALIBRACIÓN - ESTÁNDAR			
Pendiente (m):	1,5538400	$Q_{STD} = \frac{1}{m} \left[\sqrt{\Delta H * \left(\frac{Pa}{P_{std}} \right) * \left(\frac{T_{std}}{T_a} \right) - b} \right]$	
Intercepto (b):	-0,0296300		
Coef. Corr (r):	0,9997500		
CALIBRACIÓN - VERIFICACIÓN			
Pendiente (m):	0,9729900	$Q_{Actual} = Q_{STD} * \frac{P_{STD}}{P_a} * \frac{T_a}{T_{STD}}$	
Intercepto (b):	-0,0187900		
Coef. Corr (r):	0,9997500		

LECTURA Y CÁLCULOS DEL EQUIPO						
Punto de Calibración	Caída Presión	Caudal Según Orificio		Lectura manómetro		
	ΔH	Qestandar	Qactual *	I actual	I corregido Std	I corregido Act.
	inH ₂ O	m ³ /min	m ³ /min	inH ₂ O	inH ₂ O	inH ₂ O
1	2,00	0,80962	1,06192	2,4	1,352698	1,111
2	2,2	0,84842	1,11281	2,8	1,447977	1,19
3	2,40	0,88549	1,16143	3,0	1,499707	1,23
4	2,70	0,93831	1,23072	3,2	1,561961	1,28
5	3,80	1,11042	1,45645	4,2	1,789452	1,47

EJE X std EJE X actual



CURVA DE TRABAJO ESTANDAR	ACTUAL
Pendiente (m):	1,3885139 0,8696827
Intercepto (b):	0,2550730 0,2095485
Coef. Corr (r):	0,9943 0,9943

CALIBRACIÓN VÁLIDA	
Valores de Qa en el Rango	4
Coeficiente de Correlación (r)	0,99428

Límites de Operación		
Criterio	Qa	Lectura manómetro
	m ³ /min	inH ₂ O
min	1,020	1,1
prom	1,130	1,2
máx	1,240	1,3

CONVENCIONES	
Dato a ingresar	
* Rango Aceptable 1.02 - 1.24	
Está dentro del rango aceptable	
No está dentro del rango aceptable	

Anexo 2. Hoja de Cálculo de Concentración de PM₁₀


Uso de materiales adsorbentes para determinar la composición química y la eficiencia de remoción del Material Particulado en la ciudad de Bogotá

Datos del muestreo	
Fecha Inicial.	#iREF!
Fecha Final.	#iREF!
Muestras	#iREF!

Condiciones Estándar	
Presión, Pstd	760,0 mmHg
Temperatura, Tstd	298,2 K


Curva Estándar Corregida	
Pendiente, m.	1,3885
Intercepto, b.	0,2551
Coefficiente Correlación, r.	0,9943

Flujo																					
Fecha	Muestra No.	Lectura Manómetro I			Lectura Horometro			Temperatura			Presión			Caudal	Caudal	Volumen	Peso Filtro			Concentración	
		Inicial inH ₂ O	Final inH ₂ O	Neto inH ₂ O	Hi h	Hf h	Total min	Tini °C	Tfin °C	Tprom °K	Pini mmHg	Pfin mmHg	Pprom mmHg	Qstd m ³ /min	Qact m ³ /min	Vstd m ³	Inicial g	Final g	Neto g	Referencia µg/m ³	
#iREF!	1																				
#iREF!	#iREF!																				
#iREF!	#iREF!																				
#iREF!	#iREF!																				
#iREF!	#iREF!																				
#iREF!	#iREF!																				
#iREF!	#iREF!																				
#iREF!	#iREF!																				
#iREF!	#iREF!																				
#iREF!	#iREF!																				
#iREF!	#iREF!																				
#iREF!	#iREF!																				
#iREF!	#iREF!																				
#iREF!	#iREF!																				
#iREF!	#iREF!																				
#iREF!	#iREF!																				

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Anexo 3. Hoja de cálculo pesaje filtros limpios

PESAJE DE FILTROS LIMPIOS								
#	Fecha	Hora	T _{amb} (°C)	P _{atm} (mmHg)	% Hum	Peso (g)	Responsable	Observaciones
PRIMER PESAJE								
SEGUNDO PESAJE								

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Anexo 4. Hoja de cálculo pesaje de filtros impactados

PESAJE DE FILTROS IMPACTADOS								
#	Fecha	Hora	T _{amb} (°C)	P _{atm} (mmHg)	% Hum	Peso (g)	Responsable	Observaciones
PRIMER PESAJE								
1	28-2-17	16:11	22,8	752	35	4,5729	Estudiante	
2	28-2-17	16:19	22,7	752	39	4,5765	Estudiante	
3	28-2-17	16:16	22,7	752	37	4,6185	Estudiante	
4	28-2-17	16:37	22,3	752	44	4,5972	Estudiante	
5	28-2-17	16:13	22,7	752	35	4,5854	Estudiante	
6	28-2-17	16:34	22,4	752	44	4,5798	Estudiante	
7	28-2-17	16:39	22,3	752	45	4,6041	Estudiante	
8	28-2-17	16:48	22,2	752	46	4,5402	Estudiante	
9	28-2-17	16:45	22,3	752	45	4,5502	Estudiante	
10	28-2-17	16:41	22,3	752	45	4,5808	Estudiante	
11	28-2-17	16:30	22,4	752	43	4,5728	Estudiante	
12	28-2-17	16:22	22,6	752	41	4,6071	Estudiante	
13	28-2-17	16:26	22,5	752	42	4,5850	Estudiante	
14	28-2-17	16:09	22,9	752	34	4,5856	Estudiante	
SEGUNDO PESAJE								
1	28-2-17	16:52	22,2	752	47	4,5735	Alexander Barreto	
2	28-2-17	17:04	22,1	752	48	4,5774	Alexander Barreto	
3	28-2-17	17:02	22,1	752	48	4,6191	Alexander Barreto	
4	28-2-17	17:18	22,1	752	48	4,5969	Alexander Barreto	
5	28-2-17	17:00	22,1	752	48	4,5847	Alexander Barreto	
6	28-2-17	17:14	22,1	752	48	4,5798	Alexander Barreto	



**GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE
ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN**


**Código: IN-IN-001
Versión:01**

**Proceso:
Investigación**

**Fecha de emisión:
22-Nov-2009**

**Fecha de versión:
22-Nov-2009**

7	28-2-17	17:21	22,1	752	48	4,6029	Alexander Barreto	
8	28-2-17	17:31	22,1	752	48	4,5391	Alexander Barreto	
9	28-2-17	17:28	22,1	752	49	4,5496	Alexander Barreto	
10	28-2-17	17:25	22,2	752	49	4,5709	Alexander Barreto	
11	28-2-17	17:11	22,1	752	48	4,5746	Alexander Barreto	
12	28-2-17	17:06	22,1	752	48	4,6086	Alexander Barreto	
13	28-2-17	17:08	22,1	752	48	4,5857	Alexander Barreto	
14	28-2-17	16:56	22,2	752	47	4,5878	Alexander Barreto	

	GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Anexo 5. Cadena de Custodia de Filtros

CADENA DE CUSTODIA FILTROS

0000001

# de filtro	Estado del contenedor			Entregado por	Fecha	Hora	Recibido Por	Observaciones
	Buena	Regular	Mala					