

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA LOCALIDAD DE USME A PARTIR  
DE LA INCLUSIÓN DE BUSES DEL SITP 100% ELÉCTRICOS.



PRESENTADO POR:

HARTMANN SNETDER BORDA PÉREZ

PRESENTADO A:

LINA MARÍA CHACÓN RIVERA

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD EAN

BOGOTÁ D.C. 2022

## CONTENIDO

1. RESUMEN.....	6
2. PALABRAS CLAVE.....	6
3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	6
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	8
5. OBJETIVOS .....	8
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
6. JUSTIFICACIÓN .....	8
7. MARCO TEORICO.....	9
7.1 EFECTOS AL ENTORNO DE MATERIAL PARTICULADO.....	9
7.2 EFECTOS SOBRE EL MEDIOAMBIENTE.....	9
7.3 MATERIAL PARTICULADO.....	10
7.4 MATERIAL PARTICULADO A NIVEL NACIONAL .....	11
7.5 MATERIAL PARTICULADO EN BOGOTÁ.....	11
7.6 LA EXPOSISION PERSONAL .....	12
7.7 ÍNDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE Y RIESGO EN SALUD, IBOCA. 13	
8. METOLOGÍA.....	14
8.1 ENFOQUE.....	14

8.2	ALCANCE.....	15
8.3	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
8.4	DEFINICION DE VARIABLES .....	16
8.5	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	19
8.6	LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. ....	22
8.7	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	22
9.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS. ....	26
10.	CONCLUSIONES .....	37
11.	REFERENCIAS .....	38

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Tabla de Atributos, Intervalos de Concentración por Contaminante y Tiempo de Exposición.....	14
Ilustración 2 Estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB distribuidas a lo largo y ancho de Bogotá D.C. ....	17
Ilustración 3 Consulta de Monitoreo de PM10 y PM2. RMCAB en la Localidad de Usme. ....	19
Ilustración 4 Estación de Monitoreo RMCAB 59-Usme- Fuente: IBOCA .....	20
Ilustración 5 Población Localidad de Usme 2021, Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá. ....	21
Ilustración 6 Formula para la Obtención de la Muestra: Fuente: (Hernández, 2018).....	21
Ilustración 7 Flujo de información Estaciones de Monitoreo, Fuente: (secretaria distrital de Ambiente, 2011) .....	23
Ilustración 8 Configuración Típica de una Estación de la RMCAB, Fuente: (Secretaria distrital de Ambiente, 2011).....	23
Ilustración 9 Comportamiento de los marcadores de PM10, años 2020,2021 y 2022 en la localidad de Usme. Fuente: Elaboración Propia. ....	33
Ilustración 10 Comportamiento de los marcadores de PM2.5, años 2020,2021 y 2022 en la localidad de Usme. Fuente: Elaboración Propia. ....	34

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1 Definición de Variables, Fuente: Elaboración Propia. ....	18
Tabla 2 Reporte de monitoreo Estación No. 59 RMCAB-PM10 y PM2.5, años 2020,2021 y 2022. Fuente: Elaboración Propia. ....	27
Tabla 3 Medidas de tendencia PM10 y PM2.5, años 2020,2021 y 2022 en la localidad de Usme. Fuente: Elaboración Propia. ....	32
Tabla 4 Resultados Encuestas de Percepción Ciudadana Frente a la Calidad del Aire en la localidad de Usme. Fuente: Elaboración Propia. ....	35
Tabla 5 Resultados Encuestas de Percepción Ciudadana Frente a la Calidad del Aire en la localidad de Usme. Fuente: Elaboración Propia. ....	36

## 1. RESUMEN

El trabajo de Investigación, que se desarrolla a continuación, surge de la necesidad de establecer y evaluar la calidad del aire en la localidad de Usme a partir de la inclusión de buses 100% eléctricos al Sistema Integrado de Transporte de Bogotá.

Se desarrolló una evaluación mediante la búsqueda de diferentes fuentes de consulta académicas, científicas y literarias con respecto al comportamiento del material particulado (PM10, PM2.5) en conjunto con el análisis de los datos obtenidos del Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud —IBOCA en donde se encontraron los datos respecto a los niveles de material particulado (PM10, PM2.5) en la localidad de Usme en los años 2020, 2021 y 2022, evaluando así el mejoramiento de la calidad del aire a partir de la inclusión de buses eléctricos al Sistema Integrado de Transporte de la Localidad.

## 2. PALABRAS CLAVE

Calidad del aire, movilidad sostenible, material particulado, diagnóstico de la calidad del aire, Sistema Integrado de Transporte de Bogotá, enfermedad cardiopulmonar.

## 3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con el IDEAM, la Organización Mundial de la Salud establece que una de cada ocho muertes ocurridas a nivel mundial, es ocasionada por la contaminación del aire. A nivel nacional, el Departamento Nacional de Planeación estimó que, durante el año 2015, los efectos de este fenómeno estuvieron asociados a 10.527 muertes y 67,8 millones de síntomas y enfermedades.

Según la Agencia nacional de Protección Ambiental de Estados Unidos (2022), el tamaño de las partículas está ligado con el riesgo de contraer afectaciones graves de salud. Las partículas pequeñas (menos de 10 Micras de diámetro  $PM_{10}$ ) establecen un mayor riesgo, debido a que pueden alojarse en lo profundo de las cavidades pulmonares, llegando también hasta el torrente sanguíneo.

Por otro lado, según los últimos informes elaborados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, el contaminante con mayor afectación en el territorio nacional es el material particulado menor a 2,5 micras ( $PM_{2.5}$ ), compuesto por partículas muy pequeñas, producidas principalmente por los vehículos con combustible diésel, generando así materiales

particulados muy peligrosos para el cuerpo humano tales como metales pesados, compuestos orgánicos y virus, afectando notablemente las vías respiratorias.

Actualmente, la calidad del aire en Bogotá, se constituye como un potencial problema y que está en constante monitoreo debido de los altos índices de material particulado registrados en varias localidades de Bogotá ocasionadas a partir de vehículos pesados que usan combustibles fósiles, además del material particulado generado por otros procesos industriales y sociales. Según Chen, Ying y Kleeman (2009), la presencia de material particulado en la atmósfera conlleva a una serie de afectaciones a la vegetación existente, los materiales y las personas, así como la disminución sustancial de la visión de la atmosfera. La presencia de material particulado en la atmosfera se asocia con una de las mayores causas de muerte ocasionadas por enfermedad cardio pulmonar.

Entre tanto, el Departamento Nacional de Planeación (2015), señala que el transporte urbano en automóviles particulares y motos genera el 21% de las emisiones de GEI (gases efecto invernadero), mientras el transporte público colectivo es responsable del 15%. El monóxido de carbono producido por los vehículos, incluso en dosis bajas, afecta el transporte de oxígeno en el organismo, produce alteraciones neurológicas, y el ozono reduce la función pulmonar.

Es importante desde el punto de vista de esta investigación, evaluar la calidad del aire en la localidad de Usme durante el transcurso del año 2022, a partir de la inclusión de una flota de buses 100% eléctricos en comparación con los años 2020 y 2021 determinando la eficiencia ambiental de la nueva flota de buses incorporada en cuanto al mejoramiento de la calidad del aire en la localidad.

Finalmente, es importante mencionar que en los últimos 20 años la localidad de Usme ha sufrido múltiples problemas de orden público, social, económico y cultural. Sumado a lo anterior, la movilidad no se aleja mucho de los primeros puestos en estas problemáticas, la infraestructura vial colapsada, las pocas alternativas de acceso a vías troncales y la limitada oferta a rutas de servicio público hacen que la calidad de vida de los habitantes de la localidad de Usme desmejore con el pasar de los años.

#### **4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Realmente se mejora la calidad del aire en la localidad de Usme con la inclusión de una flota de buses 100% Eléctricos?

#### **5. OBJETIVOS**

##### **5.1 OBJETIVO GENERAL.**

- Evaluar la calidad del aire en la localidad de Usme a partir de la inclusión de buses del SITP 100% eléctricos en el 2022 con respecto a los años 2020 y 2021.

##### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Conocer los niveles de contaminación atmosférica en la localidad de Usme en Bogotá D.C.
- Analizar los indicadores de material particulado (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), en la localidad de Usme en los años 2020, 2021 y 2022.
- Evaluar si la inclusión de vehículos sostenibles contribuye con el mejoramiento de la calidad del Aire en la localidad de Usme.
- Evaluar la percepción de los habitantes de la localidad de Usme entre 29 y 59 años acerca de la calidad del aire y transporte público en su localidad.

#### **6. JUSTIFICACIÓN**

Desde la Gestión de Proyectos es importante estudiar, conocer y proponer nuevas alternativas de movilidad sostenible, teniendo en cuenta las megatendencias que impactan al mundo en la actualidad a partir de un pensamiento crítico de las diferentes variables que impulsan el desarrollo de la movilidad sostenible. Esta investigación pretende evaluar el sistema integrado de transporte sostenible implementado en la Localidad de Usme en Bogotá en cuanto al mejoramiento de la calidad del aire y los beneficios que trae su inclusión al tránsito vehicular de la ciudad.

El distrito capital a partir de estaciones de monitoreo ubicadas en las diferentes localidades de Bogotá permite registrar información de concentraciones de contaminantes y diferentes situaciones meteorológicas en diferentes lugares de Bogotá. Es por ello que a partir de la revisión de datos estadísticos obtenidos por la secretaria Distrital de Medio Ambiente el IDEAM y el

IBOCA, se evaluará el comportamiento del material particulado ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ) en la Localidad de Usme durante los años 2020, 2021 y 2022 analizando detalladamente los cambios presentados a partir de la inclusión de buses 100% eléctricos al Sistema Integrado de Transporte de la Localidad.

En cuanto al ámbito social, esta investigación permitirá evaluar la percepción de los habitantes de la localidad de Usme entre 29 y 59 años acerca de la calidad del aire y transporte público en su localidad a partir de la entrada en circulación de una flota de buses 100% eléctricos, además de como las emisiones de los buses del SITP están afectando la salud de sus usuarios.

## **7. MARCO TEORICO**

### **7.1 EFECTOS AL ENTORNO DE MATERIAL PARTICULADO**

La Agencia Nacional de Protección Ambiental de Estados Unidos (2022), menciona que el tamaño de las partículas constituye un riesgo potencial para contraer afectaciones en el sistema respiratorio. Las partículas ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ) son las más peligrosas, debido a que pueden llegar a las cavidades mas profundas del sistema respiratorio incluso al torrente sanguíneo.

Estar expuesto prolongadamente a estas partículas podría ocasionar problemas cardío vasculares desencadenando algunas de las siguientes situaciones

- En personas con preexistencias de enfermedades cardiacas y pulmonares la muerte.
- Infartos
- Alteraciones en la frecuencia cardiaca
- irritación en las vías respiratorias, dificultad para respirar, asma, fatiga etc.

### **7.2 EFECTOS SOBRE EL MEDIOAMBIENTE**

Las partículas de ( $PM_{2.5}$ ) causan visibilidad reducida en muchos parques Nacionales de Estados Unidos. través del viento, dichas partículas se pueden transportar largas distancias e instalarse en el agua o suelo. Según la composición química, los efectos de esta sedimentación pueden provocar:

- Acidez en lagos y ríos.
- Afectaciones graves a ecosistemas.

- Lluvia ácida.
- Afectaciones al balance nutricional de las grandes cuencas fluviales.
- Daño a la infraestructura.
- Daño a cultivos agrícolas y bosques.
- Reducción de los nutrientes del suelo.

### **7.3 MATERIAL PARTICULADO**

Según un artículo de la Revista Luna Azul de la Universidad de caldas, (2012) el material particulado (MP) se define como “un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire, tales como el hollín de diésel, polvo de vías, el polvo de la agricultura y las partículas resultantes de procesos productivos (Fang et al., 2003), (Universidad de Caldas, 2012).

Estas partículas en suspensión (MP) son una mezcla de productos químicos, como metales, sales, materiales carbonosos, orgánicos volátiles, compuestos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y endotoxinas que pueden interactuar entre sí formando otros compuestos (Billet et al., 2007), (Universidad de Caldas, 2012).

Debido a que son de composición variada, para su identificación se han clasificado de acuerdo con su diámetro aerodinámico que corresponde al diámetro de una esfera uniforme en unidad de densidad que alcanza la misma velocidad terminal de asentamiento que la partícula de interés y que está determinado por la forma y densidad de la partícula. De acuerdo a esto, pueden ser clasificadas como finas y gruesas (García, 2002; Bell et al., 2004).

Algunos investigadores (Sternbeck, Sjödin & Andréasson, 2002; Baltrėnas & Morkūnienė, 2006; Richmond-Bryant et al., 2009) han expresado que la emisión de contaminantes vehiculares, constituye una de las causas más importantes en el deterioro de la calidad del aire (Toro et al., 2001), lo que afecta la composición química de la atmósfera a nivel local y regional (Maldanova et al., 2009). Según el Departamento de Protección Ambiental de Hong Kong (HKEPD), los gases de escape de los vehículos diésel son la principal causa del alto nivel de MP en las zonas urbanas (Ho et al., 2003; Quijano & Orozco, 2005).

Tiene relevancia conocer la composición química del material particulado no solo desde el punto de vista de la química de la atmósfera, así como en la calidad del aire que inhalamos en las ciudades

(Quijano, Quijano & Henao, 2010). Muchas propiedades de las partículas pueden influir directamente en comportamiento en el aire, ambiente y la salud.” (Universidad de Caldas, 2012).

#### **7.4 MATERIAL PARTICULADO A NIVEL NACIONAL**

De acuerdo con estudios realizados en las principales ciudades de Colombia se obtuvo que en la ciudad de Cali se evidenció, que durante el periodo marzo-diciembre de 2000, se presentaron varios casos en los que la norma local permitido para material particulado fue superado. (Botero, Tróchez & Olaya, 2004) (Universidad de Caldas, 2012).

En el Valle de Aburrá, en relación con partículas en suspensión total (PST), se observó que se está aumentando en los últimos años y los niveles superan los 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valores muy elevados respecto a los establecidos por la Organización Mundial de la Salud –OMS– (35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En cuanto al material particulado ( $\text{PM}_{10}$ ), se presentan índices muy altos (70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), con respecto al permitido por Organización Mundial Salud (20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para niveles de exposición crónica. (Bedoya, 2009), (Universidad de Caldas, 2012).

En la ciudad de Medellín se midieron las concentraciones de fondo de material particulado y sus variaciones. Así mismo se caracterizó física y químicamente el material particulado recolectado. Obteniendo variaciones en las concentraciones de metales, con valores representativos para el el calcio, hierro y magnesio. (Echeverri, 2000), (Universidad de Caldas, 2012).

En Santa Marta, las concentraciones más altas coinciden con el periodo de escasas lluvias, entre enero y abril. se observó que durante todo el periodo de estudio se registraron concentraciones superiores a los 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la mayor parte del área urbana de Santa Marta. Los mayores índices de contaminación se encontraron en el centro de la ciudad. (García, Agudelo & Jiménez, 2006), (Universidad de Caldas, 2012).

#### **7.5 MATERIAL PARTICULADO EN BOGOTÁ**

En Bogotá, las concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$  durante el 2020 se comportaron igual espacialmente hablando respecto a los años anteriores, las concentraciones más altas se registraron al suroccidente de la ciudad y las más bajas en la zona suroriental. Los barrios Carvajal-Sevillana registraron los promedios anuales más altos de  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$ , con 63.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 29.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

superando así el nivel máximo permisible para un tiempo de exposición anual. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2020).

Durante el año 2020 Se superaron 173 veces los índices de PM<sub>10</sub> y 264 las de PM<sub>2.5</sub>. Con respecto a años anteriores. Entre tanto, la reducción de las concentraciones fue ocasionada las restricciones a la actividad de las fuentes de emisión en los meses abril y junio, la reactivación gradual después de la pandemia por COVID – 19 incidió en el incremento de las concentraciones en el último trimestre del año. (Secretaría Distrital de Ambiente,2020).

## **7.6 LA EXPOSISION PERSONAL**

Según el artículo de investigación, *Exposición Personal a PM<sub>2.5</sub> en el Sistema de Transporte Masivo de Bogotá y Medellín, Colombia*, La exposición personal se define como “el evento en el que una persona entra en contacto con un contaminante del aire” (Steinle, 2011).

Estudios a nivel mundial han reportado que uno de los contaminantes atmosféricos más importantes a los que están expuestos los ciudadanos es el PM<sub>2.5</sub>, 30% aportado por los centros urbanos al ser emitido por medios de transporte alimentados con combustibles fósiles (Krzyzanowski, 2005).

Por lo anterior es importante evaluar el impacto de los medios de transporte en la exposición personal a los contaminantes. teniendo en cuenta muchos factores como la estructura vial, la densidad del tráfico, la hora del día y el clima, características del vehículo en términos de tipo de combustible, tecnología, estándares de emisión y ventilación. (Camacho, Tunarrosa, Chacón, Guevara, Belalcázar, 2020).

En Bogotá se ha investigado la exposición a PM<sub>2.5</sub> en el sistema de transporte masivo Transmilenio, encontrando que la exposición y dosis de inhalación de partículas finas de PM<sub>2.5</sub> es mayor dentro del sistema TM, en comparación con otros medios de transporte como la bicicleta y caminar. Así mismo se encontró que el PM<sub>2.5</sub> en Transmilenio supera 1.2 veces lo establecido por la OMS. (Morales 2019).

Los altos niveles de exposición a PM<sub>2.5</sub> están asociados a procesos de auto contaminación, este fenómeno representa un promedio del 20% y un máximo del 70% de la presencia de PM<sub>2.5</sub> al

interior de los vehículos de Transmilenio, mientras que el porcentaje restante corresponde a emisiones de otras fuentes cercanas. (Guevara, 2018).

## **7.7 ÍNDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE Y RIESGO EN SALUD, IBOCA**

El Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud, IBOCA, comunica el estado de la calidad del aire y el nivel de riesgo de deterioro de la salud humana por contaminación atmosférica, así mismo define y orienta la activación de alertas y emergencias por contaminación del aire en la ciudad estableciendo medidas articuladas entre la ciudadanía e instituciones destinadas a la protección del ambiente, salud y calidad de vida de los ciudadanos. (IBOCA, 2022).

Los indicadores son calculados a partir de las concentraciones de contaminantes atmosféricos, que comunica el estado de la calidad del aire de Bogotá, riesgo ambiental y de salud por contaminación atmosférica con el ánimo de promover el mejoramiento de la calidad del aire de la ciudad enmarcado dentro del Sistema Distrital de Alertas del Sistema Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático. Los valores anteriormente mencionados están relacionados con la concentración de contaminantes específicos (criterio), que se miden a nivel internacional como un estándar para evaluar la contaminación relacionándose con afectaciones a la salud y el ambiente. (IBOCA, 2022).

Ilustración 1 Tabla de Atributos, Intervalos de Concentración por Contaminante y Tiempo de Exposición.

Atributos del IBOCA				(5) Intervalos de concentración para cada contaminante y tiempo de exposición del IBOCA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>(2)</sup>					
(1) Intervalos de valores adimensionales <sup>(1)</sup>	(2) Color	(3) Estado de calidad del aire	(4) Estado de actuación y respuesta	PM 10 (24h)	PM 2.5 (24h)	CO (8h)	SO2 (1h)	NO2 (1h)	O3 (8h)
0 - 50	Verde	Favorable	Prevención	0-54	0-12	0-5094	0-92	0-100	0-106
51 - 100	Amarillo	Moderada	Prevención <sup>(5)</sup>	55-154	121-35.4	5095-10818	93-197	101-188	107-137
101 - 150	Naranja	Regular	Alerta Fase 1	155-254	35.5-55.4	10819-14253	198-485	189-677	138-167
151 - 200	Rojo	Mala	Alerta Fase 2	255-354	55.5-150.4	14254-17688	486-796	678-1220	168-206
201 - 300	Morado	Peligrosa	Emergencia <sup>(5)</sup>	355-604	150.5-250.4	17689-34861	797-1582	1221-2349	207-392
301 - 500				425-604	250.5-500.4	34862-57703	1583-2681	2350-3853	-----

**1****Intervalos de valores**

Rangos del IBOCA en escala de 0 a 500

**2****Color**

La escala de colores se asigna a los intervalos de colores y se relaciona con el estado de la calidad del aire de la ciudad

**3****Estado de calidad del aire**

Es un criterio cualitativo que se asigna de acuerdo con las concentraciones de contaminantes atmosféricos de la ciudad

**4****Estado de actuación y respuesta**

Criterio cualitativo que permite a la población tener una idea rápida del nivel de intensidad de las actuaciones para mejorar la calidad del aire

**5****Intervalos de concentración**

Cada columna indica el contaminante, criterio, tiempo de exposición y su concentración en determinados periodos de tiempo

Nota: Tabla de Atributos, Intervalos de Concentración por Contaminante y Tiempo de Exposición, Adaptado de ¿Qué es el IBOCA?, <http://iboca.ambientebogota.gov.co/publicaciones/175/que-es-el-iboca/>, 2022.

## 8. METOLOGÍA

A continuación, se realiza la descripción de la metodología que se llevara a cabo para la investigación, teniendo en cuenta los siguientes aspectos: Enfoque, alcance, diseño de la investigación, definición de variables, población, muestra, Selección de métodos o instrumentos para recolección de información y técnicas de análisis de datos, lo anterior encaminado a dar cumplimiento con los objetivos generales y específicos de la investigación.

### 8.1 ENFOQUE

Los enfoques cualitativo y cuantitativo emplean procesos cuidadosos, metódicos y empíricos en su esfuerzo para generar conocimiento, por lo que la definición previa de investigación se aplica a los dos por igual. En términos generales, estos métodos utilizan cinco estrategias similares y relacionadas entre sí (Grinnell, 1997):

- Llevan a cabo la observación y evaluación de fenómenos.

- Establecen suposiciones o ideas como consecuencia de la observación y evaluación realizadas.
- Demuestran el grado en que las suposiciones o ideas tienen fundamento.
- Revisan tales suposiciones o ideas sobre la base de las pruebas o del análisis.
- Proponen nuevas observaciones y evaluaciones para esclarecer, modificar y fundamentar las suposiciones e ideas o incluso para generar otras.

Sin embargo, aunque las aproximaciones cuantitativa y cualitativa comparten esas estrategias generales, cada una tiene sus propias características. (Hernández Sampieri, 2014).

Es importante desde el punto de vista de esta investigación, evaluar la calidad del aire en la localidad de Usme durante el transcurso del año 2022, a partir de la inclusión de una flota de buses 100% eléctricos en comparación con los años 2020 y 2021 determinando la eficiencia ambiental de la nueva flota de buses incorporada en cuanto al mejoramiento de la calidad del aire en la localidad.

De acuerdo con lo anterior, se plantea implementar un proceso mixto para el desarrollo de la presente investigación. Con la implementación de la metodología cuantitativa se pretende dar cumplimiento de los objetivos específicos 1, 2 y 3, conociendo así los niveles de contaminación atmosférica en la localidad de Usme en Bogotá D.C. a partir del análisis de información de las estaciones de monitoreo del IBOCA ubicadas en cercanías de la localidad de Usme, Analizando los indicadores de material particulado (PM10, PM2.5) en dicha localidad durante los años 2020, 2021 y 2022 para finalmente evaluar si la inclusión de vehículos sostenibles contribuye o no con el mejoramiento de la calidad del aire en la localidad de Usme.

Entre tanto, para el desarrollo del objetivo específico 4, se planteará la metodología cualitativa evaluando mediante encuestas la percepción de los habitantes de la localidad de Usme entre 29 y 59 años acerca de la calidad del aire y transporte público en su localidad.

## **8.2 ALCANCE**

En lo referente al alcance del proyecto, se tomarán en cuenta los alcances descriptivo y explicativo. Alcance descriptivo en cuanto a la recolección y análisis de los datos almacenados en las bases de datos históricas del IBOCA pasando después al alcance correlacional donde se evaluará si a partir

de la inclusión de vehículos 100% eléctricos al SITP de la localidad se contribuye o no a la disminución de material particulado (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) en el aire. (Hernández Sampieri, 2014).

### **8.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación tendrá diseño no experimental basado en el análisis de la variabilidad de los datos extraídos de las estaciones de monitoreo del IBOCA, los cuales dependerán netamente del comportamiento de los indicadores de material particulado registrado en la localidad, dichos datos nos serán manipulados o alterados por el investigador. Así mismo será de carácter longitudinal evolutivo teniendo en cuenta que se analizará el comportamiento de la presencia de material particulado (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) a través del tiempo (2020,2021 y 2022) y después de la inclusión de vehículos 100% eléctricos al SITP de la localidad de Usme.

### **8.4 DEFINICION DE VARIABLES**

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB es propiedad de la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA desde el año 1997, la cual realiza el monitoreo de los contaminantes criterio PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y CO, y las variables meteorológicas precipitación, temperatura, presión atmosférica, radiación solar, velocidad y dirección del viento. La RMCAB está conformada en la actualidad por 19 estaciones que cuentan con sensores y analizadores automáticos, que reportan datos actualizados cada hora sobre la calidad del aire en la ciudad. Cada estación se encuentra ubicada en un lugar específico de la ciudad, atendiendo a los requerimientos definidos en la normatividad vigente (distancia a fuentes de emisión, posibles interferencias, restricciones de funcionamiento), y por lo tanto cada una registra las condiciones de una zona de influencia en la atmósfera. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2022).

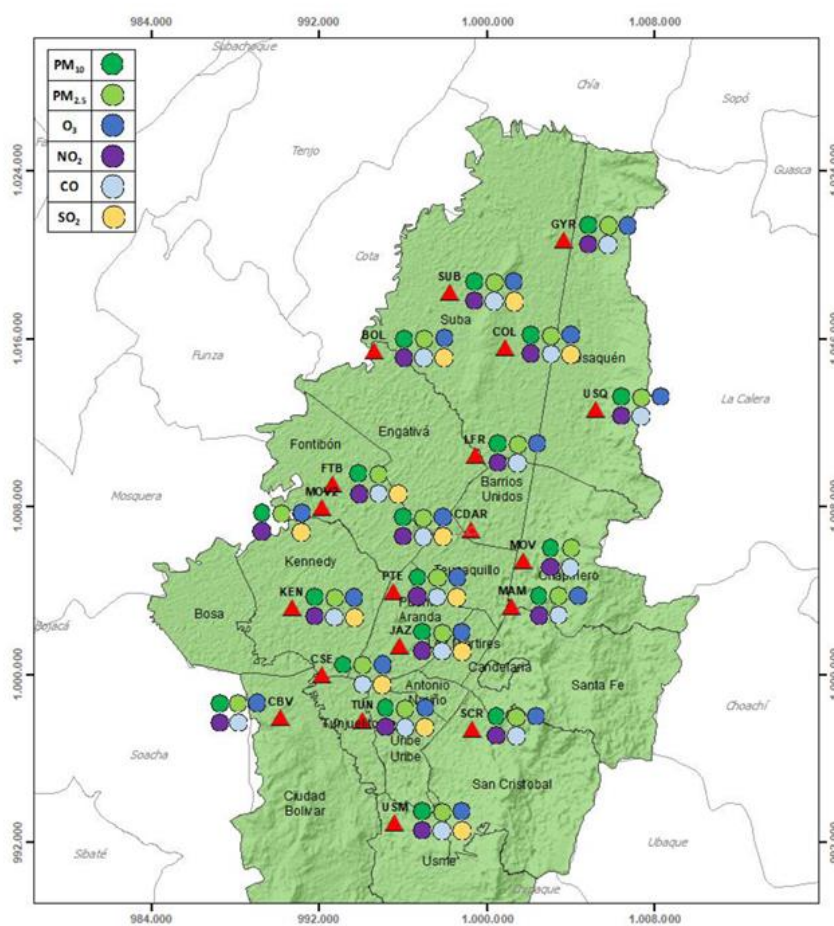
Durante el año 2020 se realizó la instalación de cuatro (4) estaciones adicionales para el monitoreo de la calidad del aire en la ciudad (Bosa, Ciudad Bolívar, Jazmín y Usme), las cuales iniciaron el monitoreo oficialmente en el mes de octubre de 2020. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2020).

La obtención de los datos de concentraciones de contaminantes y de variables meteorológicas se realiza a través de los registros en tiempo real de los equipos de monitoreo y sensores meteorológicos, cuyo funcionamiento y operatividad son verificados mediante mantenimientos preventivos y correctivos por parte del equipo de campo de la RMCAB, programados

periódicamente mediante un software destinado para este fin. Adicionalmente se realizan las calibraciones y verificaciones periódicas de los equipos de monitoreo, con el fin de garantizar que la medición de contaminantes se realice de acuerdo con los estándares establecidos en los métodos de medición. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2020).

En la siguiente imagen se muestra el mapa con la ubicación de las 19 estaciones de monitoreo de la RMCAB presentes durante el año 2020 en Bogotá.

*Ilustración 2 Estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB distribuidas a lo largo y ancho de Bogotá D.C.*



*Nota: Estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB distribuidas a lo largo y ancho de Bogotá D.C., Adaptado de Informe Mensual de calidad del Aire en Bogotá, Marzo, 2022, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pages/files/informe%20mensual%20marzo%202022.pd*

Tabla 1 Definición de Variables, Fuente: Elaboración Propia.

No.	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	UNIDAD DE MEDIDA $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ESCALA	VALOR FINAL
1	MATERIAL PARTICULADO PM <sub>10</sub>	Partículas muy pequeñas en el aire que tiene un diámetro de 10 micrómetros (aproximadamente 1 diezmilésimo de pulgada) o menos de diámetro.	Polvo fino que contiene partículas respirables llamadas PM <sub>10</sub> el cual es una gran mezcla de material sólido muy pequeño y también de gases que están suspendidos en el aire y que son fáciles de respirar.	-Contaminación Atmosférica -Material Particulado	Atenuación por Radiación Beta	Intervalo	Nivel Maximo Permitido: 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2	MATERIAL PARTICULADO PM <sub>2.5</sub>	Partículas muy pequeñas en el aire que tiene un diámetro de 2.5 micrómetros (aproximadamente 1 diezmilésimo de pulgada) o menos de diámetro.	Polvo fino que contiene partículas respirables llamadas PM <sub>2,5</sub> el cual es una gran mezcla de material sólido muy pequeño y también de gases que están suspendidos en el aire y que son fáciles de respirar.	-Contaminación Atmosférica -Material Particulado	Atenuación por Radiación Beta	Intervalo	Nivel Maximo Permitido: 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3	PERCEPCIÓN DE ACERCA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA LOCALIDAD DE USME	Opinion que tienen los habitantes de la localidad de Usme acerca de la calidad del Aire	Opinion critica de los habitandes de la localidad de Usme entre 25 y 45 años acerca de la calidad del aire actualmente en su localidad.	-Calidad del Aire	Porcentaje	Intervalo	Muy Favorable: > 70% Favorable: 50% al 69% Desfavorable: 30% al 49% Muy Desfavorable: <30%

## 8.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para el caso del análisis de información obtenida de las estaciones de monitoreo se tendrán en cuenta únicamente los datos obtenidos por la estación No 59-USME, recopilando y analizando los datos de la siguiente manera:

Monitores de medición de PM10 y PM2.5 en la localidad de Usme desde el 01 de octubre de 2020 hasta el 22 de noviembre de 2022, analizando detenidamente los datos arrojados después del 22 de mayo de 2022, fecha donde se integraron 133 buses 100% eléctricos al SITP de la localidad de Usme. Los datos serán obtenidos de bases de datos históricos suministrados por la Red de Monitoreo de calidad del Aire de Bogotá (RMCAB).

Descargados los reportes, se obtiene un listado de 1482 datos efectivos con mediciones diarias de PM10 y PM2.5 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los datos corresponden al promedio máximo diario registrado por la estación de monitoreo.

*Ilustración 3 Consulta de Monitoreo de PM10 y PM2. RMCAB en la Localidad de Usme.*

Reporte De Monitor

Propósito: Todos

Selección Zona: Todos

Propietario: Todos

Selección Monitores:

- NOX
- OZONO
- PM10
- PM2.5
- Precipitación
- Presión Baro

Selección estaciones:

- San Cristobal
- Suba
- Tunal
- Usaquen
- Usme

Seleccione vista del reporte:

tabla Gráfica **Excel**

Períódico:

Diario Ayer Semanal

Mensual Anual **Personalizado**

De la fecha: 01-10-2020

De la hora: 01:00

A fecha: 22-11-2022

A hora: 00:00

Tipo: Promedio Máx.

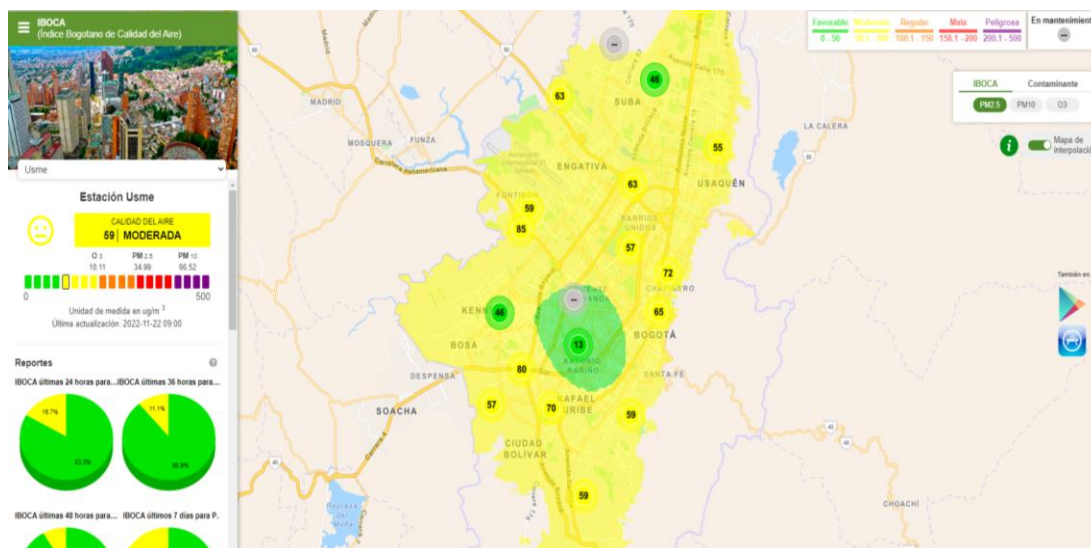
De la base de tiempo: 1 Hora

A base de tiempo: 1 Hora

Cancelar Mostrar

*Nota: Reporte de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB en la Localidad de Usme, tomado de: <http://rmcab.ambientebogota.gov.co/report/MonitorReport>*

Ilustración 4 Estación de Monitoreo RMCAB 59-Usme- Fuente: IBOCA



Se espera realizar el análisis del comportamiento de las partículas ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ) durante 782 días desde el 01 de octubre de 2020 al 22 de noviembre de 2022, analizando detenidamente la variación de partículas después desde el 22 de mayo al 22 de noviembre de, fecha donde se vincularon al SITP de la localidad de Usme una flota de 133 buses 100% eléctricos, que prestaran su servicio a través de 8 rutas, 4 de ellas son servicios nuevos solicitados por la comunidad que permitirán la conexión de los habitantes de Usme con diferentes puntos de la ciudad y las troncales del Sistema.(Alcaldía de Bogotá, 2022).

Para el cumplimiento del objetivo específico No 4. se pretenden realizar encuestas donde se pueda evaluar la percepción de los habitantes de la localidad de Usme entre 29 y 59 años acerca de la calidad del aire y transporte público en su localidad.

Según la Alcaldía Mayor de Bogotá, en el informe del diagnóstico local de Usme para el año 2021. La población entre 29 y 59 años es de 155.895 habitantes (75.244 hombres y 80.651 mujeres).

Ilustración 5 Población Localidad de Usme 2021, Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá.



De acuerdo con lo anterior se calcula el tamaño de la muestra de la siguiente manera:

Ilustración 6 Formula para la Obtención de la Muestra: Fuente: (Hernández, 2018)

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

**Donde:**

N = Total población 29 a 59 años (155.895 Hab)

Z = 1.282 (para un nivel de confianza del 80%).

D = Precisión del (7%).

P = Proporción esperada de éxito (50%).

Q = Proporción esperada de fracaso (1-p).

**Remplazando:**

$$n = \frac{155895 * 1.282^2 * 0.5 * 0.5}{0.07^2 * (155895 - 1) + 1.282^2 * 0.5 * 0.5} = 84 \text{ Encuestas}$$

De acuerdo con lo anterior se concluye que para la población de estudio se deben aplicar 84 encuestas.

## **8.6 LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

La investigación se realizará analizando los datos comportamentales de material particulado recuperados de la Estación de Monitoreo RMCAB 52-Usme, durante 544 días en los años 2020, 2021 y 2022, así mismo se aplicarán 84 encuestas a Población masculina y femenina de la localidad de Usme entre los 29 y 59 años, midiendo así su percepción respecto a la calidad del aire en la localidad.

## **8.7 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.**

Para la obtención de datos comportamentales el material particulado (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) se analizarán datos obtenidos por la Estación de Monitoreo RMCAB 52-Usme, que básicamente realiza el monitoreo de los contaminantes criterio PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y CO, y las variables meteorológicas precipitación, temperatura, presión atmosférica, radiación solar, velocidad y dirección del viento. (Secretaría Distrital de Ambiente, 2022).

El flujo de información de las estaciones de monitoreo funciona de la siguiente manera:

Ilustración 7 Flujo de información Estaciones de Monitoreo, Fuente: (secretaria distrital de Ambiente, 2011)

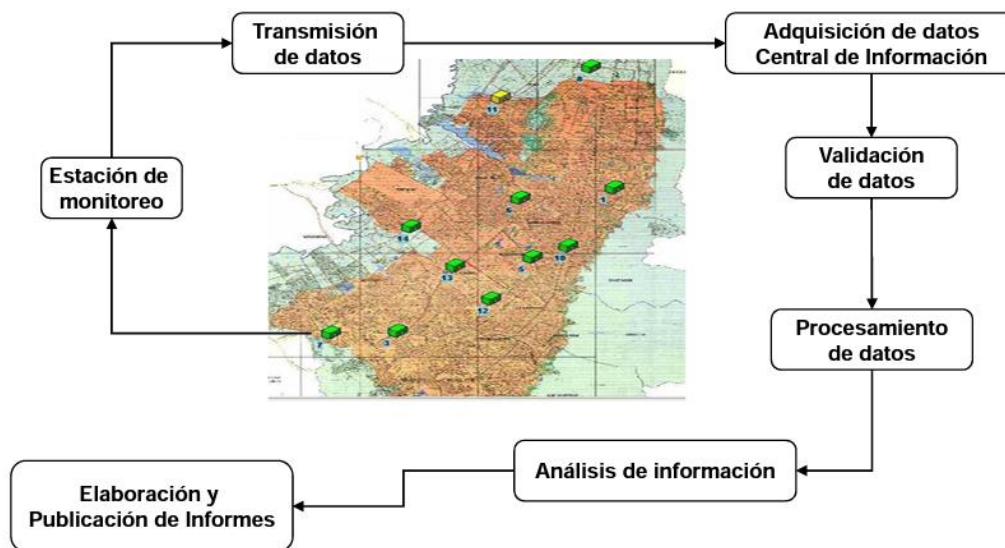
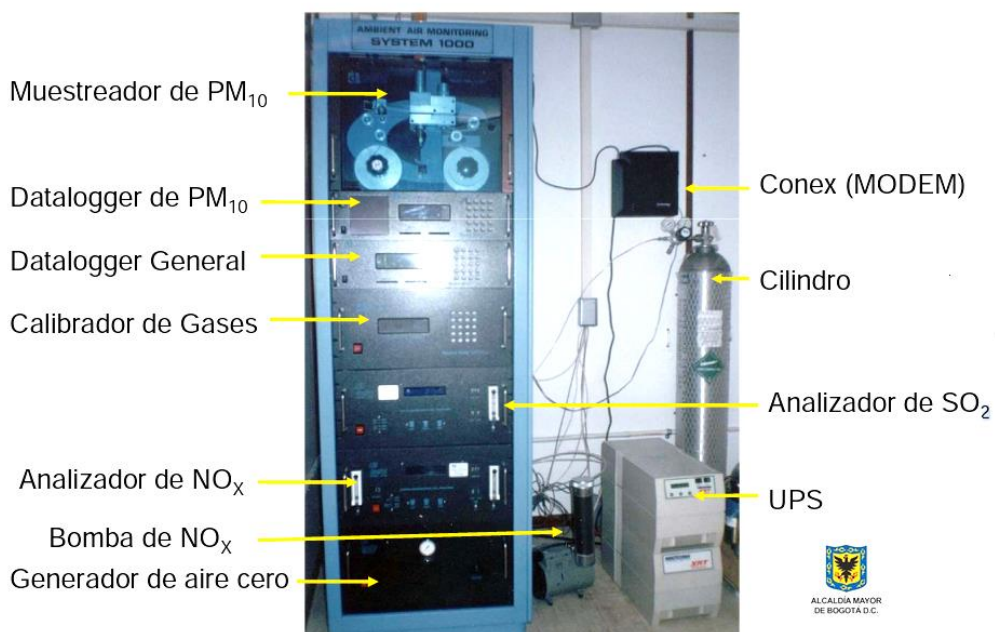


Ilustración 8 Configuración Típica de una Estación de la RMCAB, Fuente: (Secretaria distrital de Ambiente, 2011)



Por otro lado, el otro instrumento de medición que se tiene previsto implementar es la encuesta con el objetivo de medir la percepción de los habitantes de la localidad de Usme en lo referente a la calidad del Aire. La encuesta aplicada a la población de la muestra fue la siguiente:

### 8.7.2 APLICACIÓN DE LA ENCUESTA

La encuesta que se aplico a los habitantes de la localidad de Usme entre los 29 y 59 años será la siguiente:

#### ***Datos Personales:***

***Nombres y Apellidos:*** \_\_\_\_\_

***Cedula de Ciudadanía:*** \_\_\_\_\_

***Correo Electrónico:*** \_\_\_\_\_

***Celular:*** \_\_\_\_\_

***Edad:*** \_\_\_\_\_

***Localidad de Residencia:*** \_\_\_\_\_

***Barrio:*** \_\_\_\_\_

#### ***Instrucciones:***

*Lea detenidamente la pregunta antes de contestarla.*

*Marque con una "X" recuadro según corresponda su respuesta.*

1. *¿Ha sentido dificultad para respirar al usar el Sistema integrado de transporte SITP?*

Sí  No

*¿por qué?*

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. *¿Ha tenido síntomas de tos, irritación en la garganta, dificultad para respirar, irritación en nariz o boca, durante o después de usar el Sistema integrado de transporte SITP?*

Sí  No

*¿por qué?*

---

---

3. *¿Ha tenido problemas de salud derivados del uso del Sistema Integrado de Transporte SITP?*

Sí  No

*¿por qué?*

---

---

4. *¿La inclusión de vehículos 100% eléctricos a la flota del SITP en la localidad de Usme es de su conocimiento?*

Sí  No

5. *¿Los buses del SITP actualmente cuentan con un sistema de ventilación adecuado?*

Sí  No

*¿por qué?*

---

---

6. *¿Con la Inclusión de la nueva flota de buses 100% eléctricos, siente que la calidad del aire dentro y fuera de los buses ha mejorado?*

Sí  No

*¿por qué?*

---

---

7. *¿En general como percibe la calidad del aire dentro y fuera de los buses?*

Muy Buena  Buena  Regular  Mala  Muy Mala

## **9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.**

De acuerdo con la metodología establecida, a continuación, se presentan los resultados obtenidos después de analizar los datos obtenidos de la estación No 59 (Usme) del RMCAB. Dado lo anterior se presenta un análisis de los materiales PM10 y PM2.5 en la localidad de Usme durante el periodo comprendido entre el 01 de octubre de 2020 y el 22 de noviembre de 2022, las unidades de medición están dadas en ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de material particulado. Se analizaron los datos de promedio máximos diarios de 741 días tanto para PM10 como para PM2.5 los cuales se muestran en la Tabla No. 2.

Tabla 2 Reporte de monitoreo Estación No. 59 RMCAB-PM10 y PM2.5, años 2020,2021 y 2022. Fuente: Elaboración Propia.

2020			2021			2022		
Estacion 59 Usme								
DateTime	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3	DateTime	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3	DateTime	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3
01-10-2020	42,7	13,2	01-01-2021	108,3	8,1	01-01-2022	40	19,5
02-10-2020	59,2	15,1	02-01-2021	32,8	5,4	02-01-2022	29,3	8,3
03-10-2020	45,7	31,3	03-01-2021	23,5	3,6	03-01-2022	34	13
04-10-2020	28,7	12,3	04-01-2021	57,2	13,2	04-01-2022	64,1	25,1
05-10-2020	34,1	21,9	05-01-2021	57,5	22,1	05-01-2022	43,9	17,9
06-10-2020	48,9	21,9	06-01-2021	45,1	21,6	06-01-2022	34,8	7,9
07-10-2020	45,5	26,4	07-01-2021	45,8	9,6	07-01-2022	37,3	6,1
08-10-2020	35,2	20,8	08-01-2021	81,1	25,2	08-01-2022	75,5	39,5
09-10-2020	34,8	20,7	09-01-2021	27,4	6,6	09-01-2022	52,8	26,3
10-10-2020	40	28,9	10-01-2021	23,7	1,9	10-01-2022	48,4	23
11-10-2020	32,4	15	11-01-2021	23,9	3	11-01-2022	47,9	18
12-10-2020	30,8	14,5	12-01-2021	35,3	3,7	12-01-2022	74,3	29
13-10-2020	34,2	17,9	13-01-2021	69	11,4	13-01-2022	40,2	17,4
14-10-2020	59,4	32,9	14-01-2021	94,1	33,9	14-01-2022	59,9	29,1
15-10-2020	61,2	34,2	15-01-2021	104	39,3	15-01-2022	30,4	15,6
16-10-2020	47,1	14,4	16-01-2021	77,3	32,2	16-01-2022	38,6	17,8
17-10-2020	47,2	24,8	17-01-2021	62,7	32	17-01-2022	48,2	17,2
18-10-2020	44,9	20,9	18-01-2021	76,4	30,8	18-01-2022	49,8	24,4
19-10-2020	89,7	29	19-01-2021	94,5	31,7	19-01-2022	28,8	15,4
20-10-2020	52,1	27,7	20-01-2021	76,1	23,7	20-01-2022	33,7	13,2
21-10-2020	36,9	20,4	21-01-2021	71,2	25,7	21-01-2022	33,8	6,1
22-10-2020	32,1	28,3	22-01-2021	79,8	34,3	22-01-2022	35,5	20,9
23-10-2020	42	15,1	23-01-2021	37,5	8,1	23-01-2022	29,2	23,3
24-10-2020	48,1	26,2	24-01-2021	39,3	5,2	24-01-2022	40,2	19,4
25-10-2020	50,4	30,4	25-01-2021	41,4	4,9	25-01-2022	69,5	30,7
26-10-2020	71,8	42	26-01-2021	97,1	30,5	26-01-2022	50,2	22,9
27-10-2020	74,6	45,1	27-01-2021	77,1	22,3	27-01-2022	---	---
28-10-2020	58	21,4	28-01-2021	87,5	38	28-01-2022	88,9	27,4
29-10-2020	97,7	41,8	29-01-2021	88,1	37,4	29-01-2022	54,3	15,3
30-10-2020	55,1	21,7	30-01-2021	88,5	29,6	30-01-2022	51,7	22,9
31-10-2020	60,1	---	31-01-2021	67,3	13	31-01-2022	67,5	19
01-11-2020	48,3	---	01-02-2021	51	20,9	01-02-2022	---	---
02-11-2020	49,7	---	02-02-2021	58	18,6	02-02-2022	48,6	14,9
03-11-2020	53,5	31,4	03-02-2021	54,5	14,9	03-02-2022	52,1	18,6
04-11-2020	55	37,2	04-02-2021	81,6	33,1	04-02-2022	71,7	34,4
05-11-2020	31	28,5	05-02-2021	48,1	13,9	05-02-2022	56	29,1
06-11-2020	105,6	58	06-02-2021	52,5	19,7	06-02-2022	28,6	10,2
07-11-2020	58,1	44,2	07-02-2021	57,1	17,2	07-02-2022	37,5	11,7
08-11-2020	64,1	41	08-02-2021	57,3	12,3	08-02-2022	35,8	14,5
09-11-2020	49	37,2	09-02-2021	88,9	77,6	09-02-2022	36,6	11,2
10-11-2020	68,6	55,6	10-02-2021	63,2	28,3	10-02-2022	40	10
11-11-2020	36,9	31,5	11-02-2021	74	42,3	11-02-2022	52,4	30,4
12-11-2020	40,4	31,5	12-02-2021	58,5	29,8	12-02-2022	36,5	16,9
13-11-2020	44,3	30,8	13-02-2021	60,7	21	13-02-2022	28,1	10,8
14-11-2020	83,8	45,7	14-02-2021	61	35,5	14-02-2022	38,4	13,7
15-11-2020	41,3	35,3	15-02-2021	68,5	29,1	15-02-2022	40	15,6
16-11-2020	30,5	23,3	16-02-2021	101,3	47,7	16-02-2022	40,3	14,9
17-11-2020	55	36,6	17-02-2021	75,7	41,2	17-02-2022	42,1	15,3
18-11-2020	42,2	27,4	18-02-2021	80,4	34,4	18-02-2022	60,5	23,3
19-11-2020	58,3	31,7	19-02-2021	56,5	31,6	19-02-2022	64,5	26,5
20-11-2020	52,8	28,8	20-02-2021	58,3	32,6	20-02-2022	50	18,7
21-11-2020	55,3	19,3	21-02-2021	48,8	24,1	21-02-2022	40,6	14,5
22-11-2020	36,1	19,7	22-02-2021	55,3	18,3	22-02-2022	60,3	24
23-11-2020	38,7	29	23-02-2021	49,3	20,5	23-02-2022	62	28,8
24-11-2020	72,4	36,8	24-02-2021	69,4	45,3	24-02-2022	50,1	22,6
25-11-2020	52,6	27,4	25-02-2021	36,8	10	25-02-2022	36,3	17,1
26-11-2020	89,8	52,1	26-02-2021	41,7	27,5	26-02-2022	48,9	16,2
27-11-2020	68,2	50,3	27-02-2021	41,1	19,7	27-02-2022	27,6	15,4
28-11-2020	33,6	25,6	28-02-2021	36,9	11,4	28-02-2022	21,3	3,7
29-11-2020	23,1	17	01-03-2021	47,8	15,4	01-03-2022	28,6	4,3
30-11-2020	32,7	20	02-03-2021	65	31,6	02-03-2022	25,7	5
01-12-2020	38,7	29	03-03-2021	59,5	37,9	03-03-2022	31,3	6,1
02-12-2020	27,4	18,4	04-03-2021	88,9	56,5	04-03-2022	39,1	11,5
03-12-2020	69,5	17,6	05-03-2021	83,2	52,1	05-03-2022	54,9	15,8
04-12-2020	44,3	---	06-03-2021	64,1	43,7	06-03-2022	33,1	15,2
05-12-2020	35,8	---	07-03-2021	33,2	17	07-03-2022	32,3	11
06-12-2020	25,2	---	08-03-2021	32,2	3,4	08-03-2022	44	8,2
07-12-2020	52,4	---	09-03-2021	54,8	37	09-03-2022	65,9	17,1
08-12-2020	49,4	---	10-03-2021	39,4	22	10-03-2022	74	31
09-12-2020	48,6	---	11-03-2021	48,2	29,7	11-03-2022	66,8	27,9
10-12-2020	81,1	41,3	12-03-2021	40,6	25,5	12-03-2022	64,8	25,2
11-12-2020	76,7	32,5	13-03-2021	53,6	34,5	13-03-2022	48,4	17,7

2020			2021			2022		
Estacion 59 Usme								
DateTime	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3	DateTime	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3	DateTime	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3
12-12-2020	81,2	38,5	14-03-2021	68,7	39,8	14-03-2022	67,9	27,1
13-12-2020	35,7	15,2	15-03-2021	68,4	34	15-03-2022	72,7	29,1
14-12-2020	62,5	11,8	16-03-2021	47,5	26,6	16-03-2022	70,3	30,7
15-12-2020	72,4	24,2	17-03-2021	77,8	48,6	17-03-2022	58,8	24
16-12-2020	50	10	18-03-2021	57,6	43	18-03-2022	62,3	26,1
17-12-2020	38,9	6,4	19-03-2021	82,5	38	19-03-2022	54,3	18
18-12-2020	39,8	7,3	20-03-2021	75,9	37,8	20-03-2022	45	23,5
19-12-2020	38,3	18,2	21-03-2021	45,4	30,2	21-03-2022	32,7	14,8
20-12-2020	27,9	12,1	22-03-2021	49,1	34,3	22-03-2022	57	19
21-12-2020	68,8	12	23-03-2021	60,1	35,3	23-03-2022	47,1	19,1
22-12-2020	50,9	16	24-03-2021	61	34	24-03-2022	51,5	16,9
23-12-2020	51,6	21,9	25-03-2021	68,1	36,4	25-03-2022	45,9	19
24-12-2020	35,9	12	26-03-2021	52,4	20	26-03-2022	48,5	21,8
25-12-2020	55,2	38,1	27-03-2021	31,6	16,9	27-03-2022	30,1	10,8
26-12-2020	62,3	15,7	28-03-2021	33,2	7,7	28-03-2022	32,8	11,4
27-12-2020	37,8	5,1	29-03-2021	49,9	3,8	29-03-2022	33,8	11
28-12-2020	56,6	22,8	30-03-2021	38,8	3,8	30-03-2022	38,4	11,9
29-12-2020	56,3	29	31-03-2021	34,1	3,6	31-03-2022	---	---
30-12-2020	58,4	33,3	01-04-2021	45,1	---	01-04-2022	---	---
31-12-2020	58,2	34,8	02-04-2021	36	---	02-04-2022	41,6	16,8
			03-04-2021	39,8	---	03-04-2022	38,8	14,1
			04-04-2021	28,5	---	04-04-2022	42,8	16,9
			05-04-2021	---	16	05-04-2022	26,9	10,3
			06-04-2021	---	5,2	06-04-2022	19,8	3,5
			07-04-2021	---	8	07-04-2022	31,9	15,3
			08-04-2021	---	7,6	08-04-2022	---	20,4
			09-04-2021	51,1	17,9	09-04-2022	42,8	13,3
			10-04-2021	58	16,5	10-04-2022	41,3	17,9
			11-04-2021	31,8	---	11-04-2022	35,9	16,9
			12-04-2021	42,3	---	12-04-2022	37,5	15,2
			13-04-2021	35,1	---	13-04-2022	---	---
			14-04-2021	32,7	---	14-04-2022	47,8	19
			15-04-2021	41,3	---	15-04-2022	35,3	13,3
			16-04-2021	49,5	11,3	16-04-2022	34,5	8,2
			17-04-2021	30	7,1	17-04-2022	19	5,3
			18-04-2021	28,1	---	18-04-2022	24,9	6
			19-04-2021	38,2	18	19-04-2022	33,9	17
			20-04-2021	54	18,6	20-04-2022	32,5	12,7
			21-04-2021	66,6	27,7	21-04-2022	58,1	15,6
			22-04-2021	66,9	23,1	22-04-2022	47	15,5
			23-04-2021	57	17,2	23-04-2022	48,2	14,8
			24-04-2021	46,8	23,9	24-04-2022	54,6	31,5
			25-04-2021	44,6	25,2	25-04-2022	32,9	10,5
			26-04-2021	57,1	23,2	26-04-2022	58,6	24
			27-04-2021	49,8	27,8	27-04-2022	41,3	17,7
			28-04-2021	53,8	19	28-04-2022	44,8	11,1
			29-04-2021	40,9	26,3	29-04-2022	35,8	9
			30-04-2021	55,7	26,8	30-04-2022	24,9	5
			01-05-2021	65,1	30,6	01-05-2022	30,3	4,7
			02-05-2021	38,1	17,5	02-05-2022	32,3	5,9
			03-05-2021	34,9	14,7	03-05-2022	48,4	5,4
			04-05-2021	56,1	28,5	04-05-2022	39,8	12,1
			05-05-2021	58,2	24,8	05-05-2022	28,1	10,1
			06-05-2021	58,6	21,9	06-05-2022	57,8	23,5
			07-05-2021	72,3	39	07-05-2022	39,7	12,8
			08-05-2021	66,2	31,8	08-05-2022	37	16,5
			09-05-2021	42,9	10,5	09-05-2022	46,7	14,6
			10-05-2021	29,1	1,2	10-05-2022	45,5	10,5
			11-05-2021	46,9	4,5	11-05-2022	40,8	12,6
			12-05-2021	43,3	3,2	12-05-2022	39,6	5,1
			13-05-2021	39,6	8,6	13-05-2022	25,4	5,7
			14-05-2021	30	5,2	14-05-2022	31,9	5
			15-05-2021	71	17,9	15-05-2022	22,4	6,3
			16-05-2021	32,6	3,7	16-05-2022	21,8	3,6
			17-05-2021	38,3	6,4	17-05-2022	22,1	3,1
			18-05-2021	46,7	3,3	18-05-2022	56	11,5
			19-05-2021	63,9	16,8	19-05-2022	24,1	8,9
			20-05-2021	71,2	10,8	20-05-2022	27	4,4
			21-05-2021	40	3,1	21-05-2022	33,5	7,8
			22-05-2021	69	26,1	22-05-2022	45,5	15,2
			23-05-2021	39,8	7,8	23-05-2022	49,3	12,3
			24-05-2021	48,2	13,6	24-05-2022	34,5	9

2020			2021			2022		
Estacion 59 Usme								
DateTime	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3	DateTime	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3	DateTime	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3
			25-05-2021	45,5	16,4	25-05-2022	20,9	4,5
			26-05-2021	43,5	4,1	26-05-2022	19,6	4,1
			27-05-2021	35,5	4,9	27-05-2022	21,8	3,5
			28-05-2021	71,3	21,8	28-05-2022	26	4,7
			29-05-2021	72,1	40,9	29-05-2022	28,5	5,2
			30-05-2021	36,3	18,1	30-05-2022	24,5	3,9
			31-05-2021	29,4	7	31-05-2022	40,1	7,1
			01-06-2021	38,7	7,5	01-06-2022	28,4	6,2
			02-06-2021	73,2	29,9	02-06-2022	58	19,1
			03-06-2021	56,1	17,1	03-06-2022	---	29,2
			04-06-2021	63,7	8,1	04-06-2022	27	17,3
			05-06-2021	36,1	2,9	05-06-2022	23,5	8,8
			06-06-2021	33,4	3,5	06-06-2022	39,5	16,3
			07-06-2021	38,8	2,9	07-06-2022	31,7	15,1
			08-06-2021	46,7	5,2	08-06-2022	56,4	25,1
			09-06-2021	65	32,7	09-06-2022	41,8	19,8
			10-06-2021	71,4	31,3	10-06-2022	32,4	10,1
			11-06-2021	102,6	34,6	11-06-2022	---	12,4
			12-06-2021	83,9	37,4	12-06-2022	21,2	12
			13-06-2021	23,3	2,9	13-06-2022	18,4	---
			14-06-2021	43	18,2	14-06-2022	43,3	5,5
			15-06-2021	57,4	38	15-06-2022	43,3	12,1
			16-06-2021	40,7	17,1	16-06-2022	48,5	12,4
			17-06-2021	24,5	5,4	17-06-2022	48,4	13
			18-06-2021	26,2	2,7	18-06-2022	33,6	9,7
			19-06-2021	39,5	2,5	19-06-2022	27,2	5,8
			20-06-2021	33	3,2	20-06-2022	18,7	4,7
			21-06-2021	32,3	2,7	21-06-2022	25,2	5,8
			22-06-2021	48,3	6,7	22-06-2022	22,7	4
			23-06-2021	89,8	37,1	23-06-2022	27,6	5,4
			24-06-2021	37	3,1	24-06-2022	27,3	5,7
			25-06-2021	70,8	14,3	25-06-2022	23,3	4,2
			26-06-2021	56,2	20	26-06-2022	20,3	2,3
			27-06-2021	64	30,1	27-06-2022	42,1	12,1
			28-06-2021	31,6	6,2	28-06-2022	39,6	14,9
			29-06-2021	38,1	2,8	29-06-2022	36,1	10,1
			30-06-2021	27,7	3,2	30-06-2022	35	10,4
			01-07-2021	42,8	4,1	01-07-2022	21,4	4,6
			02-07-2021	66,7	24,4	02-07-2022	17,7	2,8
			03-07-2021	50	2,9	03-07-2022	9,8	2,7
			04-07-2021	32,3	2,7	04-07-2022	9,6	2,4
			05-07-2021	26,5	2	05-07-2022	15	3
			06-07-2021	37,3	2,6	06-07-2022	18,3	3,2
			07-07-2021	28,2	3,3	07-07-2022	---	---
			08-07-2021	32,6	4,3	08-07-2022	25,4	9
			09-07-2021	30,3	6,9	09-07-2022	15,4	5,1
			10-07-2021	37,5	3	10-07-2022	20,2	3,9
			11-07-2021	28,6	3	11-07-2022	19,4	3,7
			12-07-2021	30,1	2,5	12-07-2022	29,3	6
			13-07-2021	41,2	23,6	13-07-2022	23,9	5,8
			14-07-2021	57,7	23,3	14-07-2022	56,6	16,6
			15-07-2021	38,6	7,9	15-07-2022	51,3	19,7
			16-07-2021	35,4	4	16-07-2022	34,8	10,9
			17-07-2021	39,6	3,7	17-07-2022	12,9	3,8
			18-07-2021	26,7	3,3	18-07-2022	11,8	2,2
			19-07-2021	25,2	3,1	19-07-2022	22,5	2,3
			20-07-2021	30,8	3,1	20-07-2022	14,1	2,2
			21-07-2021	33	4	21-07-2022	16,5	2,3
			22-07-2021	21,3	3,7	22-07-2022	27,6	4,5
			23-07-2021	32,1	2,8	23-07-2022	37,1	9,5
			24-07-2021	56,5	15,9	24-07-2022	18,5	6
			25-07-2021	54,4	18,7	25-07-2022	16,9	4
			26-07-2021	115,4	45,3	26-07-2022	35	5,8
			27-07-2021	39,5	7,3	27-07-2022	21	5,1
			28-07-2021	49,6	4,7	28-07-2022	25,1	4
			29-07-2021	63	3,6	29-07-2022	31,3	4,3
			30-07-2021	64,2	7,1	30-07-2022	18,3	3,1
			31-07-2021	32,7	4,4	31-07-2022	---	---
			01-08-2021	40,4	2,4	01-08-2022	---	---
			02-08-2021	40,1	2,5	02-08-2022	20,2	2,4
			03-08-2021	38,8	6,1	03-08-2022	22,2	5,3
			04-08-2021	53,9	22,3	04-08-2022	28,6	4,2

2020			2021			2022		
Estacion 59 Usme								
DateTime	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3	DateTime	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3	DateTime	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3
			05-08-2021	46,3	18,8	05-08-2022	27,3	7
			06-08-2021	48,6	11,9	06-08-2022	13,9	3
			07-08-2021	66,9	18,5	07-08-2022	15,6	4,1
			08-08-2021	75,2	24,7	08-08-2022	21,5	11,2
			09-08-2021	60,5	21,3	09-08-2022	19,1	10,1
			10-08-2021	42,4	13,1	10-08-2022	12,1	3,4
			11-08-2021	31	---	11-08-2022	16,4	4
			12-08-2021	49	---	12-08-2022	34,4	6,6
			13-08-2021	76,8	---	13-08-2022	30,6	12,6
			14-08-2021	69,3	---	14-08-2022	15,4	8,1
			15-08-2021	41,1	---	15-08-2022	13,2	5,3
			16-08-2021	44,6	---	16-08-2022	38,8	9,8
			17-08-2021	67,8	---	17-08-2022	31,3	12,8
			18-08-2021	55,5	9	18-08-2022	49,4	18,3
			19-08-2021	65,3	15,5	19-08-2022	47,8	19,2
			20-08-2021	70,1	27,6	20-08-2022	14,8	5,6
			21-08-2021	54,1	19,9	21-08-2022	20,3	3,1
			22-08-2021	46,6	5,8	22-08-2022	24,6	11,4
			23-08-2021	65,9	10,7	23-08-2022	35,1	13
			24-08-2021	59,3	38,7	24-08-2022	26	12
			25-08-2021	32	16,2	25-08-2022	39,2	14,3
			26-08-2021	62,9	18,7	26-08-2022	56,4	22,5
			27-08-2021	117,1	29,1	27-08-2022	28,7	12
			28-08-2021	157,4	16,2	28-08-2022	26,4	10,1
			29-08-2021	43,5	13	29-08-2022	20,8	5,9
			30-08-2021	36,9	5,5	30-08-2022	28,6	2,9
			31-08-2021	50,2	19,6	31-08-2022	30,4	7,1
			01-09-2021	43,7	18	01-09-2022	45,6	20,3
			02-09-2021	57,8	22,1	02-09-2022	33,7	19,4
			03-09-2021	61,1	5,1	03-09-2022	17	6,7
			04-09-2021	68,5	11,6	04-09-2022	28,3	10,5
			05-09-2021	61,4	12,5	05-09-2022	45	29,6
			06-09-2021	53,4	18,5	06-09-2022	25,7	12,1
			07-09-2021	79,9	18,4	07-09-2022	24	6,2
			08-09-2021	47,1	9,2	08-09-2022	32,2	10,4
			09-09-2021	79,1	22,9	09-09-2022	39,3	13,8
			10-09-2021	54,9	19,9	10-09-2022	11,9	3,8
			11-09-2021	45	2,7	11-09-2022	13,5	2,8
			12-09-2021	63,6	4	12-09-2022	40,8	16,4
			13-09-2021	81,6	24,3	13-09-2022	28,7	---
			14-09-2021	77,3	30,2	14-09-2022	25,5	3,8
			15-09-2021	66,9	24,3	15-09-2022	38,2	8
			16-09-2021	46,6	15,9	16-09-2022	24,3	5,5
			17-09-2021	51,9	16,5	17-09-2022	34,3	3,7
			18-09-2021	58,9	26,3	18-09-2022	27,8	9,6
			19-09-2021	74,1	28,6	19-09-2022	50,5	19,5
			20-09-2021	80,4	30,1	20-09-2022	41,2	17,5
			21-09-2021	43,8	9,6	21-09-2022	60,1	23
			22-09-2021	52	12,6	22-09-2022	48,9	19,7
			23-09-2021	41,6	17,8	23-09-2022	63,8	32,8
			24-09-2021	40,2	32	24-09-2022	30,9	11,8
			25-09-2021	60,9	16,9	25-09-2022	24,7	10,1
			26-09-2021	49,6	21,6	26-09-2022	27,7	6,7
			27-09-2021	59,2	13,8	27-09-2022	34,6	8,5
			28-09-2021	42,5	19,7	28-09-2022	69,2	25,8
			29-09-2021	66,9	30,3	29-09-2022	58,5	26,2
			30-09-2021	68,5	27,5	30-09-2022	35,9	16,9
			01-10-2021	90,5	21,5	01-10-2022	14,7	5,6
			02-10-2021	80,5	20	02-10-2022	23,1	5,2
			03-10-2021	69,9	24,7	03-10-2022	29,3	6
			04-10-2021	89,5	32,7	04-10-2022	53,3	13,3
			05-10-2021	69,2	54	05-10-2022	53,3	24,3
			06-10-2021	56,7	29,1	06-10-2022	53,7	24,7
			07-10-2021	46,3	10	07-10-2022	---	28,3
			08-10-2021	81,8	26,9	08-10-2022	16,2	10,6
			09-10-2021	55,5	26,6	09-10-2022	15,2	6,8
			10-10-2021	67,3	26,6	10-10-2022	27,1	9,4
			11-10-2021	71	34,4	11-10-2022	35,7	12,1
			12-10-2021	53,9	19,1	12-10-2022	42,7	20,6
			13-10-2021	92,7	42,8	13-10-2022	67,3	28,1
			14-10-2021	173,3	61,1	14-10-2022	68,4	38,4
			15-10-2021	77,7	31,1	15-10-2022	30,4	11,4

2020			2021			2022		
Estacion 59 Usme								
DateTime	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3	DateTime	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3	DateTime	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3
			16-10-2021	68,8	32,7	16-10-2022	25,3	5,3
			17-10-2021	36,9	12,9	17-10-2022	36,3	14,1
			18-10-2021	53,5	13,9	18-10-2022	42,7	20,1
			19-10-2021	75,2	23,4	19-10-2022	32,5	15,5
			20-10-2021	89	37,2	20-10-2022	36,5	15,7
			21-10-2021	63,7	25,9	21-10-2022	63,2	29,2
			22-10-2021	88,5	61,2	22-10-2022	52,3	23,2
			23-10-2021	108,1	40,1	23-10-2022	27,9	9,9
			24-10-2021	68,1	30,9	24-10-2022	30,7	6,3
			25-10-2021	82	40,5	25-10-2022	52,3	18,1
			26-10-2021	55,6	19,3	26-10-2022	32,1	15,7
			27-10-2021	85,7	26,9	27-10-2022	43,9	20,5
			28-10-2021	53,7	21,5	28-10-2022	36,1	14,9
			29-10-2021	71,3	13,8	29-10-2022	19,3	8
			30-10-2021	100,2	40,9	30-10-2022	24	7
			31-10-2021	93,4	41,2	31-10-2022	48,4	16,3
			01-11-2021	66,5	24,1	01-11-2022	48,1	16
			02-11-2021	80,7	31,5	02-11-2022	33,8	12,7
			03-11-2021	77,9	40,4	03-11-2022	22,4	3,6
			04-11-2021	94,6	43,9	04-11-2022	60,9	18,9
			05-11-2021	96,5	44	05-11-2022	83,9	34,7
			06-11-2021	78,3	26,6	06-11-2022	48,6	23
			07-11-2021	61,9	17,7	07-11-2022	28,8	11,5
			08-11-2021	95,2	47,6	08-11-2022	43,3	16,1
			09-11-2021	70,2	35,6	09-11-2022	44,1	18,6
			10-11-2021	78,5	35,9	10-11-2022	32,7	14,2
			11-11-2021	116,5	40,5	11-11-2022	59,6	25,7
			12-11-2021	104,6	32	12-11-2022	58,7	23,5
			13-11-2021	69	21,3	13-11-2022	40,8	16,6
			14-11-2021	79,8	37,2	14-11-2022	30,1	12,2
			15-11-2021	71,5	37,3	15-11-2022	27,8	8,2
			16-11-2021	77,5	35,2	16-11-2022	35,1	8,5
			17-11-2021	93,3	30,7	17-11-2022	42,9	14,4
			18-11-2021	92,8	33,1	18-11-2022	28,7	14,2
			19-11-2021	61,3	21,8	19-11-2022	31,1	10,5
			20-11-2021	120,2	30,4	20-11-2022	31,6	8
			21-11-2021	55,6	30,8			

Nota: Reporte de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB en la Localidad de Usme, tomado de:  
<http://rmcab.ambientebogota.gov.co/report/MonitorReport>

Después de recolectar, y organizar la información se procedió a analizar el comportamiento de valores máximos y mínimos de PM10 y PM2.5 por año encontrando los siguientes resultados.

Tabla 3 Medidas de tendencia PM10 y PM2.5, años 2020,2021 y 2022 en la localidad de Usme. Fuente: Elaboración Propia.

2020			2021			2022		
Medidas de Tendencia	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3	Medidas de Tendencia	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3	Medidas de Tendencia	PM10 µg/m3	PM2.5 µg/m3
Mínimo Reportado	23,10	5,10	Mínimo Reportado	21,30	1,20	Mínimo Reportado	9,60	2,20
Fecha/ Min. Reportado	29-11-2020	27-12-2020	Fecha/ Min. Reportado	22-07-2021	10-05-2021	Fecha/ Min. Reportado	04-07-2022	18-07-2022
Hora/ Min. Reportado	01:00	10:00	Hora/ Min. Reportado	16:00	22:00	Hora/ Min. Reportado	24:00	24:00
Máximo Reportado	105,60	58,00	Máximo Reportado	173,3	81,00	Máximo Reportado	88,90	39,50
Fecha/ Max. Reportado	06-11-2020	06-11-2020	Fecha/ Max. Reportado	14-10-2021	01-01-2021	Fecha/ Max. Reportado	28-01-2022	08-01-2022
Hora/ Max. Reportado	11:00	12:00	Hora/ Max. Reportado	16:00	04:00	Hora/ Max. Reportado	24:00	24:00
Media	51,31	26,65	Media	58,09	20,98	Media	37,32	13,41
Mediana	49,55	26,40	Mediana	56,10	19,80	Mediana	35,05	12,25
Moda	55,2	29,00	Moda	66,9	3,70	Moda	46,4	10,10

Después de analizar los datos de la tabla No. 2 se obtienen los datos consignados en la Tabla No. 3 encontrando que el 14 de octubre de 2021 se registró el valor de PM10 más alto de los últimos 3 años con 173.3 (µg/m3) y el 01 de enero de 2021 se registró el valor de PM2.5 más alto de los últimos 3 años con 81.0 (µg/m3). Así mismo se encuentra que en lo corrido del año 2022, específicamente el 28 de enero de 2022 se reportó el valor máximo más bajo de PM10 de los últimos 3 años con 88.90 (µg/m3) y el 08 de enero de 2022 se reportó el valor máximo más bajo de PM2.5 de los últimos 3 años con 39.50 (µg/m3).

En promedio los valores de PM10 en 2020, estuvieron del orden el 51.31(µg/m3), en 2021 58.09 (µg/m3) y en 2022 37.32 (µg/m3). Para PM2.5 en 2020, estuvieron del orden el 26.65 (µg/m3), en 2021, 20.98 (µg/m3) y en 2022, 13.41 (µg/m3). Entre tanto, para los años 2021 y 2022, se encuentra una diferencia en el promedio de PM10 de 20.77 (µg/m3) y para PM2.5 de 7.57 (µg/m3), siendo el 2022 el año con menor promedio de material particulado PM10 y PM2.5. En el periodo comprendido entre el 22 de mayo de 2022 (entrada de 133 buses eléctricos al SITP de Usme) y 22 de noviembre 2022 se encuentra que el promedio de material particulado PM10 y PM2.5. en la localidad de Usme fue de 32.66 (µg/m3) y 11,5 (µg/m3) denotando una mejor calidad del aire en cuanto a material particulado en los meses de operación los vehículos sostenibles. En la siguiente figura se observa la tendencia y el comportamiento del material particulado durante los años 2020, 2021 y 2022 delimitando la fecha del ingreso de los vehículos sostenibles al SITP donde se observa la disminución de material particulado en el año 2022 especialmente en el segundo semestre.

Ilustración 9 Comportamiento de los marcadores de PM10, años 2020,2021 y 2022 en la localidad de Usme. Fuente: Elaboración Propia.

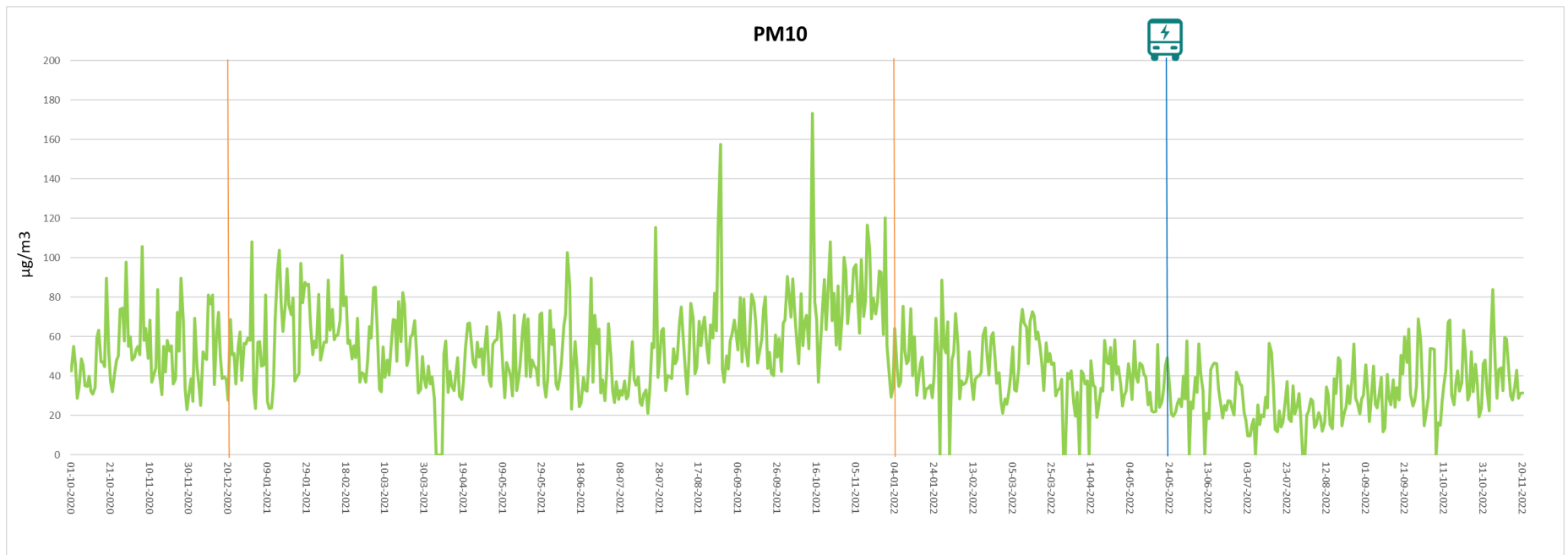
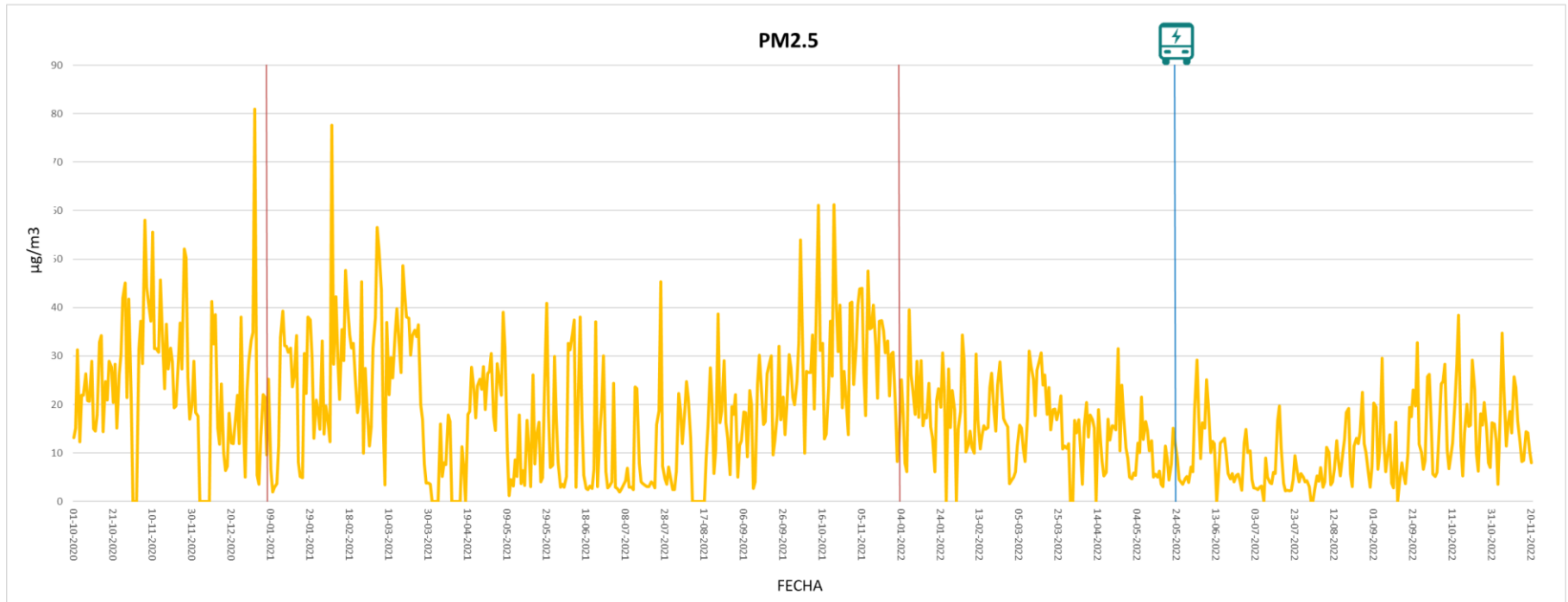


Ilustración 10 Comportamiento de los marcadores de PM2.5, años 2020,2021 y 2022 en la localidad de Usme. Fuente: Elaboración Propia.



En cuanto a la medición de la percepción ciudadana, se realizaron las encuestas anteriormente mencionadas en la localidad de Usme, en los barrios Usme Centro, Usme El portal y Usme Porvenir con el objetivo de evaluar la percepción de los habitantes de la localidad de Usme entre 29 y 59 años acerca de la calidad del aire y transporte público en su localidad, obteniendo así los siguientes resultados frente a cada pregunta realizada:

*Tabla 4 Resultados Encuestas de Percepción Ciudadana Frente a la Calidad del Aire en la localidad de Usme. Fuente: Elaboración Propia.*

ENCUESTA DE PERCEPCION CIUDADANA					
PREGUNTA	SI	NO	CANTIDAD DE RESPUESTAS	%SI	%NO
1. ¿Ha sentido dificultad para respirar al usar el Sistema integrado de transporte SITP?	18	62	80	22,5%	77,5%
2. ¿Ha tenido síntomas de tos, irritación en la garganta, dificultad para respirar, irritación en nariz o boca, durante o después de usar el Sistema integrado de transporte SITP?	17	63	80	21,3%	78,8%
3. ¿Ha tenido problemas de salud derivados del uso del Sistema Integrado de Transporte SITP?	8	72	80	10,0%	90,0%
4. ¿La inclusión de vehículos 100% eléctricos a la flota del SITP en la localidad de Usme es de su conocimiento?	71	9	80	88,8%	11,3%
5. ¿Los buses del SITP actualmente cuentan con un sistema de ventilación adecuado?	64	16	80	80,0%	20,0%
6. ¿Con la Inclusión de la nueva flota de buses 100% eléctricos, siente que la calidad del aire dentro y fuera de los buses ha mejorado?	69	11	80	86,3%	13,8%

*Tabla 5 Resultados Encuestas de Percepción Ciudadana Frente a la Calidad del Aire en la localidad de Usme.  
Fuente: Elaboración Propia.*

**7. ¿En general como percibe la calidad del aire dentro y fuera de los buses?**

	RESPUESTAS	%
MUY BUENO	11	14%
BUENO	44	55%
REGULAR	20	25%
MALO	2	3%
MUY MALO	3	4%
TOTAL RESPUESTAS	80	

Después de Analizados dos datos obtenidos con las encuestas se encuentra en términos generales la percepción de la calidad del aire dentro y fuera de los buses por parte de los habitantes de la localidad de Usme es Buena con el 55 % del total de las respuestas frente a un 25 % que piensa que la calidad del aire se comporta de forma regular.

Cabe mencionar que dentro de las respuestas a las preguntas 1,2 y 3 se pudo encontrar un grupo poblacional que ha sufrido afectaciones de salud derivadas del use del SITP, de acuerdo con lo anterior la ciudadanía considera necesario y espera que con la inclusión de vehículos eléctricos al SITP dichas afectaciones no se vuelvan a presentar y por el contrario desaparezcan.

## 10. CONCLUSIONES

- Se Evaluó la calidad del aire en la localidad de Usme a partir de la inclusión de buses del SITP 100% eléctricos en el 2022 con respecto a los años 2020 y 2021.
- Se evidencio mediante el análisis numérico y estadístico que los indicadores de material particulado PM10 y PM2.5 reportados por la estación No. 59 del RMCAB para el año 2022 disminuyen considerablemente frente a los del 2020 y 2021 particularmente después de la inclusión de 133 buses 100% eléctricos a la flota del SITP.
- Se Conocieron los niveles de material particulado PM10 y PM2.5 en la localidad de Usme mediante el análisis de datos históricos obtenidos de la estación No. 59 del RMCAB.
- Se Analizaron los indicadores de material particulado PM10, PM2.5, en la localidad de Usme en los años 2020, 2021 y 2022.
- Se Evaluó mediante la aplicación de encuestas, la percepción de los habitantes de la localidad de Usme entre 29 y 59 años acerca de la calidad del aire y transporte público en su localidad, encontrando que en términos generales la percepción de la calidad del aire dentro y fuera de los buses por parte de los habitantes de la localidad de Usme es Buena con el 55 % del total de las respuestas frente a un 25 % que piensa que la calidad del aire se comporta de forma regular.

## 11. REFERENCIAS

- Arciniegas, S. Augusto, C. (2012). Diagnóstico Y Control De Material Particulado: Partículas Suspensas Totales Y Fracción Respirable PM10. Revista Luna Azul. Universidad de Caldas.195-213.
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (2022), Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente, Recuperado de: <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- Ahuja, M.S., Paskind, J., Houck, J.E., Chow, J.C., (1989). Design of a Study for the Chemical and Size Characterization of Particulate Matter Emissions from Selected Sources in California. in Transactions: Receptor Models in Air Resources Management, J.G. Watson, Ed., Air & Waste Management Assoc., Pittsburgh, PA, pp. 145-158.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021). Diagnostico Local Usme, Recuperado de: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.integracionsocial.gov.co/images/\\_docs/entidad/5\\_Diagnostico\\_local\\_Usme\\_2021\\_VF.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.integracionsocial.gov.co/images/_docs/entidad/5_Diagnostico_local_Usme_2021_VF.pdf).
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2022). En Usme se inauguró el patio de buses eléctricos más grande de América Latina. Recuperado de: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/bogota-inauguro-patio-de-buses-electricos-mas-grande-de-america-latina>.
- Artiñano, B., Salvador, P., Alonso, D., Querol, X., y Alastuey, A. (2003). Anthropogenic and natural influence on the PM10 and PM2.5 aerosol in Madrid (Spain). Analysis of high concentration episodes. Environmental Pollution, 125, 453-465.
- Bedoya, J. y Martinez, E. (2009). calidad del aire en el valle de aburrá Antioquia – Colombia., Dyna, Vol. 76, Núm. 158, pp. 7-15. Universidad Nacional de Colombia
- Bell, M., Samet, J., y Dominici, F., (2004). Time-series studies of particulate matter. Annual Review of Public Health Palo Alto., Vol. 25; p. 247-280.
- Baltrėnas, P., y Morkūnienė, J. (2006). Investigation of particulate matter concentration in the air of Žvėrynas district in Vilnius. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, XIV(1), 23-30.

- Benavides, H. (2003). Pronóstico de la concentración de material particulado por chimeneas industriales en Bogotá. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias.
- Botero, S., Tróchez, A., y Olaya, J. (2004). Contaminación por Partículas Suspendidas Totales en las comunas 6 y 7 de Cali, Colombia. Un modelo estadístico para la evaluación de la calidad del aire. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, 1(2), 17-21.
- Builtjes, P.J.H. (2001). Major twentieth century milestones in air pollution modeling and its application. Gryning and Schiermeier, Kluwer Academic/Plenium Publishers.
- Castillo, M., Tunarrosa, I. Chacón, L. Guevara, M. Belalcázar, L. (2020). Personal Exposure to PM2.5 in the Massive Transport System of Bogotá and Medellín, Colombia. Recuperado de: <http://asianjae.org/xml/25419/25419.pdf>.
- Departamento Nacional de Planeación, (2015). DNP Advierte que se Avecina Colapso de Movilidad en las Principales Capitales. Recuperado de: <https://www.dnp.gov.co/Paginas/DNP%20advierte%20que%20se%20avecina%20colapso%20de%20movilidad%20en%20las%20principales%20capitales.aspx#:~:text=La%20movilidad%20ha%20colapsado%20en,la%20movilidad%20urbana%20es%20Bogot%C3%A1>.
- Echeverri, C. (2000). Determinación de las concentraciones de fondo de material particulado en suspensión en la ciudad de Medellín. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 20, 7-19.
- EPA –Environmental Protection Agency–. (1988). User’s guide to SDM a shoreline dispersion model. Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring, and Analysis Division. EPA-450/4-88-017.
- EPA -Environmental Protection Agency-. (1996). Air Quality Criteria for Particulate Matter. EPA. Vol. 1.
- Escamilla, M. (2011). Diseño No- Experimental. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado de: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI\\_P](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_P)

resentaciones/licenciatura\_en\_mercadotecnia/fundamentos\_de\_metodologia\_investigacion/PRES38.pdf.

- Fang, G.C., Chang, C.N., Chu, C.C., Wu, Y.S., Fu, P., Yang, I.L., y Chen, M.H. (2003). Characterization of particulate, metallic elements of TSP, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>2.5-10</sub> aerosols at a farm sampling site in Taiwan Taichung. *The Science of the Total Environment*, 308, 157-166.
- Guevara, F. (2018) Implementación y validación de un modelo CFD para simular la dispersión de material particulado PM<sub>2.5</sub> al interior de buses de transporte público, Universidad Nacional de Colombia. <http://bdigital.unal.edu.co/70775/1/1015440187.2018.pdf>.
- Guevara, F., Guevara, M., Belalcazar, L. (2020) Passengers Exposure to PM<sub>2.5</sub> in Self-polluted BRT-Diesel Operated Transport System Microenvironments. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 14(2), 105–118. <https://doi.org/https://doi.org/10.5572/ajae.2020.14.2.105>.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014), Metodología de la Investigación, 634 Páginas. Recuperado de: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.
- Houck, J. E., Goulet, J. M., Chow, J. C., Watson, J. G., Pritchett, L. C. (1990). Chemical characterization of emission sources contributing to light extinction. In: Mathai, C. V., ed. *Visibility and fine particles: an A&WMA/EPA international specialty conference*; October 1989; Estes Park, CO. Pittsburgh, PA: Air & Waste Management Association; pp. 437-446. (A&WMA transactions series no. TR-17).
- Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud —IBOCA-(2022). ¿Qué es el IBOCA?, Bogota. Recuperado de: <http://iboca.ambientebogota.gov.co/publicaciones/175/que-es-el-iboca/>
- Juárez, A., Gay, C., y Flores, Y. (2005). Impact of the Popocatepetl's volcanic activity on the air quality of Puebla City, México. *Atmósfera*, 18(1), 57-69.

- Krzyzanowski, M., Kuna-Dibber, B., Scheneider, J. (2005). Health effects of transport related air pollution. World Health Organization. [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=b2G3k51rd0oC&oi=fnd&pg=PR1&ots=O77r3DDpbt&sig=I51VRy428wmbpNAZMHszhRWJS8g&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=b2G3k51rd0oC&oi=fnd&pg=PR1&ots=O77r3DDpbt&sig=I51VRy428wmbpNAZMHszhRWJS8g&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false).
- Mejía, M., y Oviedo, I. (2006). Estimación de las funciones de costo marginal de abatimiento del material particulado para fuentes fijas en el Valle de Aburrá. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- Mészáros, E. (1999). *Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry*. Akadémiai Kiado.
- Moldanova, J., Fridell, E., Popovicheva, O., Demirdjian, B., Tishkova, V., Faccinnetto, A., y Focsa, C. (2009). Characterisation of particulate matter and gaseous emissions from a large ship diesel engine. *Atmospheric Environment*, 43, 2632-2641.
- Morales, B., Galvis, B., Rincon, J., Rincon, M., Rodriguez, A., Sarmiento, O. (2019) Personal exposure to air pollutants in a Bus Rapid Transit System: Impact of fleet age and emission standard. *Atmospheric Environment*, 202, 117–127. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.01.026>.
- Morales Betancourta, R., Galvisb, B., Balachandranc, S., Ramos- Bonillaa, J.P., Sarmientod, O.L., Gallo-Murciaa, S.M., Contrerasa, Y. (2017) Exposure to fine particulate, black carbon, and particle number concentration in transportation microenvironments. *Atmospheric Environment*, 157(45). <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.03.006>.
- Motallebi, N., Tran, H., Croes, B.E., y Larsen, L.C. (2003). Day-of-Week Patterns of Particulate Matter and Its Chemical Components at Selected Sites in California. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 53, 876-888.
- Quijano, A. (2004). Promedios geométricos de material particulado fracción respirable PM10 y detección de metales en el aire de Bucaramanga (Colombia). *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 2(002), 21-32.
- Quijano, A., y Orozco, J. (2005). Monitoreo de material particulado fracción respirable (PM2.5) en Pamplona ((Colombia). *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 3(2), 1-11.

- Rivera, Y, (25 de agosto de 2022). En Usme se inauguró el patio de buses eléctricos más grande de América Latina. Recuperado de:  
<https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/bogota-inauguro-patio-de-buses-electricos-masgrandedeamericalatina#:~:text=La%20nueva%20flota%20el%C3%A9ctrica%20est%C3%A1,con%20capacidad%20para%2080%20pasajeros.>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2021). Informe Anual de Calidad del Aire Año 2020. Recuperado de:[https://oab.ambientebogota.gov.co/?post\\_type=dlm\\_download&p=18852](https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=18852).
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2022). Informe Mensual de Calidad del Aire Año marzo 2022. Recuperado de: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pagefiles/informe%20mensual%20marzo%202022.pdf>.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2011). Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá RMCAB. Recuperado de: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.car.gov.co/uploads/files/5b8d40ca015b9.pdf>.
- Steinle, S., Reis, S., Sabel, C. (2011) Assessment of personal exposure to air pollutants in Scotland - an integrated approach using personal monitoring data. 19th International Congress on Modelling and Simulation, Perth, Australia, 12-16 December 2011. <https://pdfs.semanticscholar.org/cc87/abeac68788fd9460eebf196f9c2b043d4c0a.pdf>.

**ANEXO 1**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA APLICACIÓN DE ENCUESTA**

El Consentimiento informado estará dado mediante el siguiente texto, que será se conocimiento del encuestado y será aceptado antes de comenzar la encuesta:

*Bogotá D.C. 19 de noviembre de 2022.*

*Yo, el abajo firmante, mayor de edad, certifico que he sido informado(a) con claridad del propósito de la participación en el ejercicio académico del estudiante HARTMANN SNETDER BORDA PEREZ, identificado con Cedula de Ciudadanía 1014255980 de Bogotá D.C., el cual consiste en la evaluación de la calidad del aire en la localidad de Usme a partir de la inclusión de buses del SITP 100% Eléctricos, proporcionado por el estudiante del programa Especialización en Gerencia de Proyectos de la Universidad EAN. Por medio del presente documento doy autorización del uso de los datos suministrados bajo confidencialidad. Teniendo en cuenta que la información suministrada estará vigente por el periodo semestral del 2022-2 al 2023-1. De igual forma, pongo en conocimiento que la participación en el trabajo investigativo es de carácter libre y voluntario, los datos aquí suministrados son tratados con confidencialidad y no serán entregados a otras instituciones o individuos sin consentimiento expreso.*

*Por otro lado, según lo estipulado en la ley 1581 de 2012, usted tiene el derecho de conocer, actualizar y rectificar la información suministrada en base de datos o archivos. De igual forma se tendrá en cuenta el decreto de Helsinki de 1964, el cual menciona que la presente investigación está sujeta a normas éticas que promueven y aseguran el respeto a todos los seres humanos, con el fin de proteger su salud y sus derechos individuales. Además, manifiesto que el estudiante a cargo del trabajo de investigación ha aclarado las dudas que surgieron en la participación voluntaria de la presente encuesta.*

*Su participación en esta investigación no tiene ninguna recompensa material o económica y usted es libre de no participar o de retirarse cuando lo desee. Sus opiniones y aportes a esta investigación se usarán exclusivamente para este proyecto y se archivarán de manera segura. Si usted lo prefiere, su nombre no aparecerá en el trabajo producto de la investigación el cual quedará a disposición del público en el repositorio de la Universidad EAN.*

*La entrevista tendrá una duración aproximada de 5 min y se harán preguntas relacionadas con s la calidad del aire dentro y fuera de los buses del SITP que circulan en la localidad de Usme.*

*Declaro que: he leído la información proporcionada previamente y voluntariamente acepto participar en esta investigación. En constancia, firmo este documento de consentimiento informado.*

*Nombre de participante:*

*Cédula de ciudadanía del participante:*

*Correo electrónico:*

*Teléfono:*