

INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE MODELACIÓN DE FUENTES MÓVILES

ENEL CODENSA S. A E. S.P

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA OCCIDENTE FUNZA

Modelo de emisión de fuentes móviles.

**FUNZA-CUNDINAMARCA
FEBRERO 2021**



**INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE MODELACIÓN DE FUENTES MÓVILES
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA OCCIDENTE-FUNZA****Elaboró:** 

David Santiago Rodríguez

Revisó: 
Slendy Villamizar Aponte**Aprobó:** 
Karols Scaldaferro Ruiz

El modelo de fuentes móviles fue realizado por Servicios de Ingeniería y Ambiente S.A.S. empresa acreditada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM por medio de la Resolución 1013 de 2019 vigente hasta el 12 de septiembre de 2023, para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades competentes; certificada en calidad bajo las normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 y OHSAS 18001:2007 a través de COTECNA, ubicada en la ciudad de Barranquilla. El grupo de trabajo estuvo conformado por los siguientes funcionarios:

DAVID SANTIAGO RODRIGUEZ

Desarrollador de inventario de emisiones y modelación de dispersión atmosférica

SLENDY VILLAMIZAR APONTE

Jefe de proyectos

KAROLS SCALDAFERRO RUIZ

Ingeniero de consultoría



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS	8
2.1 OBJETIVO GENERAL	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3. GENERALIDADES	9
3.1 EMPRESA RESPONSABLE DEL ESTUDIO	9
3.2 CONTAMINANTES A EVALUAR	9
4. CONCEPTO DEL IVE MODEL 2.0	10
4.1 VENTAJAS AL APLICAR EL IVE MOBILE 2.0	10
5. CALCULOS IVE MODEL 2.0	12
5.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	14
6. MODELO DE FUENTES MOVILES	17
6.1 METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA SIMULACIÓN – IVI MODEL 2.0	17
6.2 DATOS DE ENTRADA AL INVENTARIO DE FUENTES MÓVILES	18
6.3 CORRIDA DEL IVE MODEL EN EL TRAMO VIAL DEL MODELO	25
7. RESULTADOS	56
7.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS AVENIDA 1 OCCIDENTE	56
7.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS AVENIDA 2 OCCIDENTE	60
7.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS AVENIDA 3 OCCIDENTE	63
7.4 COMPARACIÓN DE LAS EMISIONES GENERADAS ENTRE LAS TRES VÍAS INCLUIDAS	66
8. CONCLUSIONES	67



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los puntos de aforo	18
Figura 2. Generar la flota vehicular de las motos	25
Figura 3. Generar la flota vehicular de los autos	26
Figura 4. Generar la flota vehicular de los buses	27
Figura 5. Generar la flota vehicular de los camiones	28
Figura 6.. Creación del archivo localidad en la plataforma del IVE – Av 1	29
Figura 7. Crear archivo localidad para la flota vehicular de las motos avenida 1	30
Figura 8. Cálculo de las emisiones causadas por las motos en la Av 1 Occidente en el IVE MODEL 2.0	31
Figura 9. Cargar la flota vehicular de autos en la Av 1 en la plataforma del IVE.	32
Figura 10. Cálculo de las emisiones generadas por los autos Av 1 Occidente en el IVE MODEL 2.0	33
Figura 11. Cargar la flota vehicular de buses en la Av 1 de Occidente en la plataforma del IVE.....	34
Figura 12. Cálculo de las emisiones generadas por los buses Av 1 Occidente en el IVE MODEL 2.0	35
Figura 13. Cargar la flota vehicular de camiones de la Av 1 Occidente en la plataforma del IVE.	36
Figura 14. Cálculo de las emisiones generadas por los camiones en la Av 1 Occidente en el IVE MODEL 2.0. 37	
Figura 15. Creación del archivo localidad en la plataforma del IVE – Av 2 Occidente.	38
Figura 16. Crear archivo localidad para la flota vehicular de las motos avenida 2 Occidente	39
Figura 17. Cálculo de las emisiones causadas por las motos en la Av 2 Occidente en el IVE MODEL 2.0	40
Figura 18.. Cargar la flota vehicular de autos en la Av 2 en la plataforma del IVE.	41
Figura 19. Cálculo de las emisiones generadas por los autos Av 2 Occidente en el IVE MODEL 2.0	42
Figura 20. Cargar la flota vehicular de buses en la Av 2 de Occidente en la plataforma del IVE.....	43
Figura 21. Cálculo de las emisiones generadas por los buses Av 1 Occidente en el IVE MODEL 2.0	44
Figura 22. Cargar la flota vehicular de camiones de la Av 2 Occidente en la plataforma del IVE.	45
Figura 23. Cálculo de las emisiones generadas por los camiones en la Av 2 Occidente en el IVE MODEL 2.0. 46	
Figura 24. Creación del archivo localidad en la plataforma del IVE – Av 3 Occidente.	47
Figura 25. Crear archivo localidad para la flota vehicular de las motos avenida 2 Occidente	48
Figura 26. Cálculo de las emisiones causadas por las motos en la Av 2 Occidente en el IVE MODEL 2.0	49
Figura 27. Cargar la flota vehicular de autos en la Av 3 en la plataforma del IVE.	50



Figura 28. Cálculo de las emisiones generadas por los autos Av 3 Occidente en el IVE MODEL 2.0.....	51
Figura 29. Cargar la flota vehicular de buses en la Av 3 de Occidente en la plataforma del IVE.....	52
Figura 30. Cálculo de las emisiones generadas por los buses Av 3 Occidente en el IVE MODEL 2.0	53
Figura 31. Cargar la flota vehicular de camiones de la Av 3 Occidente en la plataforma del IVE.	54
Figura 32. Cálculo de las emisiones generadas por los camiones en la Av 3 Occidente en el IVE MODEL 2.0 55	



ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Aporte de emisión de MP Avenida 1 Occidente por tipo de vehículo.	57
Gráfica 2. Aporte de emisión de SO ₂ por tipo de vehículo Av 1 Occidente	58
Gráfica 3. Aporte de emisión de NO _x por tipo de vehículo, Av 1	59
Gráfica 4.. Aporte de emisión de MP Avenida 2 Occidente por tipo de vehículo.	60
Gráfica 5. Aporte de emisión de SO ₂ por tipo de vehículo Av 2 Occidente	61
Gráfica 6. Aporte de emisión de NO _x por tipo de vehículo, Av 2 Occidente	62
Gráfica 7. Aporte de emisión de MP Avenida 3 Occidente por tipo de vehículo.	63
Gráfica 8. Aporte de emisión de SO ₂ por tipo de vehículo Av 3 Occidente	64
Gráfica 9. Aporte de emisión de NO _x por tipo de vehículo, Av 3 Occidente	65
Gráfica 10. comparativa de las emisiones en cada una de las vías	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aforos vehiculares avenida 1	19
Tabla 2. Aforos vehiculares avenida 2	20
Tabla 3. Aforos vehiculares avenida 3	21
Tabla 4. Resumen aforo vehicular	21
Tabla 5. Clasificación de vehículos por peso bruto	23
Tabla 6. Cálculo de la distancia recorrida por el número de vehículos avenida 1	24
Tabla 7. Cálculo de la distancia recorrida por el número de vehículos avenida 2	24
Tabla 8. Cálculo de la distancia recorrida por el número de vehículos avenida 3	24
Tabla 9. Consolidado e las emisiones en carga por cada tipo de vehículo Av 1	56
Tabla 10. Consolidado e las emisiones en carga por cada tipo de vehículo Av 2	60
Tabla 11. Consolidado e las emisiones en carga por cada tipo de vehículo Av 3	63
Tabla 12. Consolidado resumen de las emisiones en carga (g/s) de cada avenida	66



1. INTRODUCCIÓN

ENEL CODENSA S. A E.S.P., contrató los servicios de **INGENIERÍA Y DISEÑO INGEDISA S.A.** que a su vez contrato los servicios de **SERAMBIENTE S.A.S**, para la realización de aforo vehicular en el área de influencia del proyecto denominado Subestación Eléctrica Occidente, la cual se encuentra localizada en el municipio de Funza, en el departamento de Cundinamarca, a fin determinar las emisiones en carga de los tres contaminantes criterio.

El inventario de fuentes móviles y modelación de contaminación atmosférica sirve a la autoridad ambiental para tomar medidas de prevención, control y mitigación en la problemática causada por los contaminantes del aire. Además, permite analizar los problemas de contaminación del aire desde diferentes ópticas, por ejemplo, la contaminación que causan los vehículos según la categoría o tipo de vehículo, los combustibles usados como son el diésel y la gasolina y los contaminantes que generan, tipo de tecnologías en el parque automotor que más están afectando, entre otras cosas.

Para realizar el inventario de fuentes móviles se usó el IVE MODEL 2.0; software de modelación y cálculo de emisiones atmosféricas causadas por fuentes móviles, basado en tasa de emisiones vehiculares y desarrolladas en los Estados Unidos. A nivel nacional ya ha sido utilizado como ocurrió en el estudio hecho en Bogotá en el año 2005, avalado por la EPA en el 2008, como resultado se obtuvo la publicación de las tasas o factores de emisión en la base de datos del modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE), flotas vehiculares típicas, y localidades viales con patrones de conducción.



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar cuantitativamente contaminantes atmosféricos por las fuentes que, por su uso, son susceptibles a desplazarse, como son los automotores o vehículos de transportes a través del modelo internacional de emisiones (IVE), para la Subestación Eléctrica Occidente-Funza con el fin de dar cumplimiento a los requerimientos ambientales del proyecto.

2.2 Objetivos Específicos

- Levantar la información de flora vehicular durante un periodo de veinticuatro horas continuas, en día hábil y festivo.
- Realizar reporte de la identificación y características como ancho de la calzada y número de carriles.
- Clasificación de vehículos por peso.
- Representar los resultados obtenidos de la información procesada mediante modelo IVE MODEL 2.0.



3. GENERALIDADES

3.1 Empresa responsable del estudio

El desarrollo del modelo de fuentes móviles fue realizado por Servicios de Ingeniería y Ambiente S.A.S. empresa acreditada por el IDEAM por medio de la Resolución 1013 de 2019 expedidas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades competentes, ubicada en la Carrera 41 # 73B – 72 en la ciudad de Barranquilla.

3.2 Contaminantes a evaluar

En el estudio se evalúa parte de los contaminantes regulados por la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). La modelación se enfoca en evaluar los siguientes contaminantes:

- Material Particulado
- Óxido de Nitrógeno (NO_x)
- Dióxido de azufre (SO₂)



4. CONCEPTO DEL IVE MODEL 2.0

El modelo internacional de emisiones vehiculares es una herramienta de ingeniería que busca estimar las emisiones de las fuentes móviles en las vías por donde transitan. Está estructurado con base a factores de emisión que reúnen todas las características influyentes en la generación de los contaminantes, además es flexible para ser aplicado en países subdesarrollados por lo que al reunir la información requerida por el modelo no se necesita de tecnología de punta sino de una buena estrategia ingenieril y manejo logístico del trabajo de campo para levantar la información.

El modelo se fundamenta en tres componentes necesarios para completar un inventario de fuentes móviles, los cuales son:

- Tasa o factores de emisión.
- Actividad vehicular (aforo).
- Distribución de la flota vehicular (tecnologías).

4.1 Ventajas al aplicar el IVE MOBILE 2.0

Las ventajas principales del modelo al calcular las emisiones son:

- A. Las emisiones pueden ser calculadas por hora del día. Lo cual es una herramienta útil al analizar las estrategias de regular tráfico vehicular por horarios.
- B. Aparte de calcular los contaminantes criterio (MP, SO_x, NO_x), calcula la cantidad de gases de efecto invernadero (CO₂, N₂O y CH₄) tema el cual a nivel mundial está siendo investigado debido al cambio climático, obligando a los gobiernos en trabajar en este delicado problema.
- C. Los factores de emisión son expresados de acuerdo con el patrón de conducción en la vía de interés (Análisis del movimiento uniformemente acelerado).



- D. Los factores de emisión incluyen características tales como: el número de veces que prende el vehículo al día (partidas) y el tiempo que permanece el motor apagado antes un arranque (tiempo soak).
- E. Tiene en cuenta las variables ambientales más significativas como son: altitud, temperatura media y humedad relativa.
- F. Los factores de emisión son determinados con base a la distribución de la flota vehicular. La base de datos del modelo es lo suficientemente amplia para clasificar las tecnologías encontradas en la localidad evaluada; cuenta con 1372 tecnologías y 45 cupos más para incluir nuevas en caso de encontrarse.
- G. Permite ingresar la composición típica de los combustibles más usados como son: gasolina y diésel.



5. CÁLCULOS IVE MODEL 2.0

Para determinar las emisiones atmosféricas de las fuentes móviles, el IVE MODEL 2.0 utiliza la información que se alimenta a la base de datos, y mediante ecuaciones, calcula las emisiones en la unidad requerida, para ello se fundamenta en ecuaciones básicas como se explica a continuación: La ecuación básica utilizada para la estimación de emisiones multiplica, la distancia recorrida que suman todos los vehículos evaluados por el factor de emisión definido:

$$E_{FM} = N_{veh} \times d_{via} \times FE$$

Donde:

E_{fm} =Emisión del contaminante por las fuentes móviles.

N_{veh} =Numero de vehículos.

d_{via} = Distancia o longitud de la vía.

FE =Factor de emisión.

Por ejemplo; si tras alimentar el IVE, éste obtiene que el factor de emisión para (NOx) en el área evaluada es de 0,41gr/veh.Km, y el aforo vehicular diario marco 6433 en una vía cuya longitud de interés es de 1Km, entonces se tiene:

$$E_{FM} = N_{veh} \times d_{via} \times FE$$

$$E_{FM} = 6433 \frac{veh}{dia} \times 1Km \times 0,41 \frac{gr}{veh.Km}$$

$$E_{FM} = 2637,53gr / dia$$

La función del IVE MODEL 2.0 es determinar cuál es el factor de emisión (FE), el cual se obtiene con base a la información alimentada: tecnologías de la flota vehicular, condiciones ambientales, composición de los combustibles, patrones de conducción, partidas y tiempo soak. Luego tras



alimentar los (Km) recorridos por todos los vehículos que transitan en la unidad del tiempo se realiza el cálculo matemático para así obtener las emisiones.

La base de factores de emisión en el IVE MODEL 2.0 están dados por dos tipos de emisiones: emisiones en ruta y emisiones en partida. Por tal razón es que se toman los patrones de conducción y el número de partidas, de esta forma el IVE garantiza la diferencia en la emisión de contaminantes cuando el vehículo está en movimiento con respecto a cuándo arranca, haciendo de esta manera los cálculos más precisos y confiables.

Mediante investigaciones se ha demostrado que la velocidad, aceleración y desaceleración de un vehículo tienen un profundo impacto en las emisiones a la salida del tubo de escape del vehículo. Esto se refleja de manera significativa en las emisiones de CO en donde se observa que éstas pueden variar hasta 200 veces, bajo ciertas condiciones de conducción. (User manual IVE 2.0, 2008).

Debido a lo anterior otra de la información importante que debía ser procesada previo a correr el modelo de emisiones atmosféricas por fuentes móviles era el relacionado con los patrones de conducción, los cuales estaban en función de la velocidad lineal de los vehículos.

Uno de los datos típicos que hubo que suponer fue la velocidad m/seg, y se realizó el análisis de los patrones de conducción, los cuales tenían como fin definir el valor de Bin que requiere el modelo, el cual está dado según la velocidad de potencia específica vehicular (VSP) del vehículo y el estrés del motor (ESM), parámetros íntimamente relacionados con el movimiento uniformemente acelerado.

El Bin es la variable que dice la fracción del tiempo que un vehículo fue conducido a cierto valor de velocidad de potencia específica vehicular (VSP) y estrés del motor (ESM), por tal motivo se debían calcular estas variables y determinar el tiempo en que tomaban determinados valores de Bin.



5.1 Procedimiento de cálculo

En el modelo IVE, los patrones de conducción están caracterizados usando dos parámetros:

- Potencia específica vehicular (VSP)
- Estrés del motor. (ESM)

A continuación, se presentan las ecuaciones utilizadas para calcular estas dos variables:

- **Potencia específica vehicular (VSP).**

$$VSP = v[1.1a + 9.81 \arctan(\sin(m)) + 0.132] + 0.000302v^3$$

Donde:

m: es la pendiente de la vía.

v: velocidad (m/s)

a: aceleración (m/s²)

La pendiente (m) se puede determinar con la siguiente ecuación:

$$m = \frac{h_2 - h_1}{v \times t}$$

Donde:

h₂: Altitud del punto 2 de la vía (m)

h₁: Altitud del punto 1 de la vía (m)

t: tiempo promedio de viaje (seg)

Si la pendiente (m) no es significativa se puede asumir como cero.



● Estrés del motor. (ESM)

$$ESM = I_{RPM} + 0.08W$$

Donde:

W: Potencia promedio (Promedio de VSPT=5 a t=25) (KW/Ton)

IRPM: Índice revoluciones por minuto = $v_t=0$ /Divisor de velocidad (Por tablas)

Ejemplo. Si en una vía en particular, se determinó que durante el viaje en esta vía el 10,34% del tiempo de viaje el conductor normal vario la velocidad en un segundo de 27 a 25 Km/h, ¿cuál será el Bin asignado para este patrón de conducción?

En ese orden de ideas, se tiene que:

- Se calcula la aceleración del vehículo en ese preciso instante:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

$$a = \frac{(25 - 27) \times \left(\frac{1000}{3600}\right)}{1}$$

$$a = -0,56m / seg^2$$

- Se calcula la velocidad promedio:

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

$$v = \frac{27 + 25Km / h \times \left(\frac{1000}{3600}\right)}{2}$$

$$v = 7,22m / s$$



- Cálculo del VSP promedio.

$$VSP = v[1.1a + 9.81 \arctan(\text{sen}(m)) + 0.132] + 0.000302v^3$$
$$VSP = 7,22[1.1(-0,56) + 9.81 \arctan(\text{sen}(0)) + 0.132] + 0.000302(7,22)^3$$
$$VSP = -3,38$$

- Cálculo de ESM.

$$ESM = I_{RPM} + 0.08W$$

Divisor de velocidad = 3 (tabla 1, Anexo C User manual IVE 2.0, 2008)

Punto de corte: 6,94m/s

$$I_{RPM} = 6,94/3 = 2,31$$

$$ESM = 2,31 + 0.08(-3,38)$$

$$ESM = 2,04$$

El resultado del procesamiento de datos es la fracción de tiempo recorrido en cada una de las categorías de VSP y estrés. Hay tres categorías de estrés y 20 categorías de VSP, con un total de 60 bins. La lista de las categorías correspondientes a los VSP y estrés se muestra en la tabla IV.1 del User manual IVE 2.0.

Con un VSP=-3,38 y un ESM=2,04 se mira en el manual del IVE la tabla IV.1 y se tiene un BIN de 10, entonces si 10,34% del tiempo los vehículos condujeron con este patrón este será el valor que se ingrese en el diamante 10 de la ventana localidad en el IVE MODEL 2.0.

Este mismo procedimiento se aplicó en todos los datos de velocidad que se tomaron en las vías m/seg, para lo cual se hizo uso de hojas de cálculo en Excel que ayudaron a agilizar este procesamiento de información.



6. MODELO DE FUENTES MÓVILES

6.1 Metodología utilizada para la simulación – IVI MODEL 2.0

Como todo modelo matemático, para su aplicación requiere ser alimentado con datos básicos de entrada, los cuales son esenciales a la hora de calcular las emisiones de las fuentes móviles. Para el caso los datos requeridos por el IVE son:

- Distribución de la flota vehicular, clasificando los vehículos por tipo de combustible (gasolina, diésel y gas natural) sistema de entrega de combustible (Carburador, Inyección electrónica motos a dos o cuatro ciclos), tipo de vehículo (autos, camiones o buses, taxis, mixtos y motos), cilindraje (<1,5L, de 1,5 a 3 L y >3L), control de emisiones (catalizador, recirculación de gases, filtro, ninguno), existencia de aire acondicionado y kilometraje del vehículo.
- Condiciones ambientales (Altitud, Temperatura, Humedad relativa y pendiente del terreno).
- Composición típica de los combustibles comunes (gasolina y diésel); cantidad de azufre, plomo, benceno y oxigenados.
- Aforo vehicular y distancia recorrida o longitud de la vía.
- Numero de partidas en frio y caliente y tiempo que duro apagado el vehículo antes de iniciar una partida (tiempo soak).
- Patrones de conducción en función de la velocidad del vehículo, aceleración media, tiempo de viaje, distancias recorridas y ángulo de la pendiente de la vía.



6.2 Datos de entrada al inventario de fuentes móviles

Un buen inventario de fuentes móviles, parte desde el momento que se realiza la planeación de la etapa de campo, puesto que de esta dependerá que se recolecte la información requerida por el IVE MODEL 2.0 y de esa manera los cálculos sean lo más aproximados a la realidad.

En el presente inventario se tuvo en cuenta información registrada en campo como los aforos vehiculares horarios, por tipo de vehículo además de las longitudes a considerar de los tramos viales incluidos en la estimación de las emisiones atmosféricas. Se tomó como base los aforos vehiculares en tres (3) puntos ubicados en el tramo vial del modelo denominado “Subestación Eléctrica Occidente Funza”, tal como se evidencia en la **Figura 1**.



Figura 1. Ubicación de los puntos de aforo
Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021.



En cada uno de los puntos se registraron los datos de aforo vehicular que existían horariamente por cuatro categorías de vehículos. A continuación, en la **Tabla 1**, **Tabla 2** y **Tabla 3**, se evidencian los datos registrados en campo.

Tabla 1. Aforos vehiculares avenida 1

Hora	Moto (CCM)	Automóvil(L)	Bus (I)	Camiones	Total
00:00-01:00	90	105	4	11	210
01:00-02:00	35	62	1	11	109
02:00-03:00	22	41	4	25	92
03:00-04:00	35	68	8	44	155
04:00-05:00	156	240	35	71	502
05:00-06:00	408	541	89	143	1181
06:00-07:00	1010	860	120	245	2235
07:00-08:00	650	490	92	178	1410
08:00-09:00	354	484	86	197	1121
09:00-10:00	420	509	90	201	1220
10:00-11:00	497	495	91	214	1297
11:00-12:00	523	512	87	243	1365
12:00-13:00	635	584	85	256	1560
13:00-14:00	594	551	88	254	1487
14:00-15:00	512	495	89	240	1336
15:00-16:00	487	431	92	253	1263
16:00-17:00	874	568	94	235	1771
17:00-18:00	594	844	103	231	1772
18:00-19:00	1108	951	99	255	2413
19:00-20:00	781	805	95	240	1921
20:00-21:00	611	542	87	207	1447
21:00-22:00	530	482	85	159	1256
22:00-23:00	399	310	53	115	877
23:00-00:00	208	140	24	50	422
Total	11533	11110	1701	4078	28422

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021.



Tabla 2. Aforos vehiculares avenida 2

Hora	Moto (CCM)	Automóvil(L)	Bus (I)	Camiones	Total
00:00-01:00	90	105	4	11	210
01:00-02:00	42	58	2	16	118
02:00-03:00	24	57	3	30	114
03:00-04:00	39	78	10	27	154
04:00-05:00	161	256	40	53	510
05:00-06:00	394	568	87	142	1191
06:00-07:00	466	834	121	252	1673
07:00-08:00	632	894	97	251	1874
08:00-09:00	361	436	86	189	1072
09:00-10:00	345	394	56	174	969
10:00-11:00	365	402	43	162	972
11:00-12:00	402	457	36	164	1059
12:00-13:00	523	543	46	153	1265
13:00-14:00	456	433	43	174	1106
14:00-15:00	433	565	49	189	1236
15:00-16:00	455	654	66	198	1373
16:00-17:00	687	765	76	223	1751
17:00-18:00	939	934	99	277	2249
18:00-19:00	1032	1134	131	238	2535
19:00-20:00	873	627	112	194	1806
20:00-21:00	654	526	48	163	1391
21:00-22:00	434	305	31	104	874
22:00-23:00	353	271	17	88	729
23:00-00:00	222	171	9	54	456
Total	10382	11467	1312	3526	26687

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021.



Tabla 3. Aforos vehiculares avenida 3

Hora	Moto (CCM)	Automóvil(L)	Bus (I)	Camiones	Total
00:00-01:00	29	49	2	4	84
01:00-02:00	19	37	1	1	58
02:00-03:00	9	19	4	3	35
03:00-04:00	13	27	12	6	58
04:00-05:00	33	40	16	20	109
05:00-06:00	48	89	25	12	174
06:00-07:00	59	129	29	23	240
07:00-08:00	61	134	34	27	256
08:00-09:00	68	126	42	17	0
09:00-10:00	89	141	50	19	299
10:00-11:00	94	135	37	24	290
11:00-12:00	108	102	31	28	269
12:00-13:00	99	120	42	30	291
13:00-14:00	114	109	47	30	300
14:00-15:00	127	89	39	26	281
15:00-16:00	110	93	28	20	251
16:00-17:00	130	77	33	26	266
17:00-18:00	115	102	41	17	275
18:00-19:00	96	117	32	26	271
19:00-20:00	87	92	29	21	229
20:00-21:00	73	70	25	27	195
21:00-22:00	40	59	21	21	141
22:00-23:00	38	61	17	16	132
23:00-00:00	26	46	4	9	85
Total	1685	2063	641	453	4589

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021.

A continuación, en la **Tabla 4** se presenta el resumen del aforo vehicular del proyecto en análisis.

Tabla 4. Resumen aforo vehicular

Tipo Vehículo	Av 1 (%)	Av 2 (%)	Av 3 (%)
Motos	40.58	38.90	36.72
Autos	39.09	42.97	44.96
Bus	5.98	4.92	13.97
Camiones	14.35	13.21	9.87

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021.



Con la información presentada, se procedió a revisar la bibliografía del modelo (Manual del usuario) en donde se identificó que información necesaria es la siguiente:

- a. Flota vehicular: Para caracterizar las flotas vehiculares de cada uno de este tipo de vehículos se utilizó la base de datos de este IVE MODEL que cuenta con la base de datos tecnológica de vehículos de la ciudad de Bogotá en donde entre otra información se encontró lo siguiente:
- Tipo de combustible (gasolina, diésel, gas natural u otro).
 - Tamaño del vehículo (autos/camionetas, camiones/buses y motos)
 - Cilindraje del vehículo (<1,5L, de 1,5L a 3L y >3L)
 - Sistema de entrega de combustible (Carburador o Inyección electrónica que a su vez se divide en inyección directa, monopunto, multipunto o preinyección)
 - Sistema de control de emisiones (Catalizador, recirculación de gases de escape, filtro de partículas o ninguno).
 - Edad del vehículo dado por el kilometraje expresado en miles de Km (K Km) (<79K Km entre 80 y 161 K Km y <161K Km).
- b. El Aforo vehicular, clasificando los vehículos por tamaño: motos, autos, buses y camiones.



Tabla 5. Clasificación de vehículos por peso bruto

Tipo de vehículo	Características
Autos/camionetas	 <p>Peso bruto vehicular <9000lb</p>
Camiones/buses	 <p>Peso bruto vehicular >9000lb</p>
Vehículos de motor pequeño	 <p>Se refiere a motocicletas o vehículos de tres ruedas.</p>

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021.

- c. Condiciones ambientales de la ciudad (temperatura, humedad relativa y altitud). T = 12°C, altitud 2600msnm, humedad: 84%.
- d. Características de los combustibles; gasolina y diésel: Clases, contenidos de azufre, plomo, benceno y oxigenados
- e. Patrones de conducción; se tomó la base de datos que tiene el IVE de las vías principales de la ciudad de Bogotá (Arterias de Bogotá).



- f. Partidas, número de arranques que en promedio hace un conductor, y tiempo que dura apagado el vehículo antes de ponerlo en marcha (tiempo soak). Se asumió la base de datos que tiene el IVE de las vías principales de la ciudad de Bogotá (arterias en Bogotá).
- g. Cálculo de la distancia total recorrida por todos los vehículos: Numero de vehículos x Km de longitud de la vía:

Tabla 6. Cálculo de la distancia recorrida por el número de vehículos avenida 1

Tipo de vehículo	Aforo	Long vía (Km)	Long total recorrida x todos los vehículos
Motos	11,533	0.5059	5834.54
Autos	11,110	0.5059	5620.55
Buses	1701	0.5059	860.54
Camiones	4078	0.5059	2063.06

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021

Tabla 7. Cálculo de la distancia recorrida por el número de vehículos avenida 2

Tipo de vehículo	Aforo	Long vía (Km)	Long total recorrida x todos los vehículos
Motos	10,382	0.2568	2666.10
Autos	11,467	0.2568	2944.73
Buses	1312	0.2568	336.92
Camiones	3526	0.2568	905.48

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021

Tabla 8. Cálculo de la distancia recorrida por el número de vehículos avenida 3

Tipo de vehículo	Aforo	Long vía (Km)	Long total recorrida x todos los vehículos
Motos	1,685	0.3698	623.11
Autos	2,063	0.3698	762.90
Buses	641	0.3698	237.04
Camiones	453	0.3698	167.52

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021



6.3 Corrida del IVE MODEL en el tramo vial del modelo

El IVE MODEL se aplicó para los tipos de vehículos identificados por separado, determinando las emisiones en carga generadas por cada tipo de vehículo para al final sumar todas las emisiones y determinar un total de emisión generada en la vía evaluada.

Antes de ejecutar los cálculos para cada tipo de vehículo, se generaron los archivos de las flotas vehiculares a incluir en los cálculos: Flota vehicular de motos, autos, buses y camiones, para lo cual se aprovechó la base de datos que trae predefinida el IVE MODEL 2.0 de la ciudad de Bogotá. Desde la **Figura 2** hasta la **Figura 5** se observa claramente la generación de las flotas vehiculares en la plataforma del IVE MODEL 2.0.

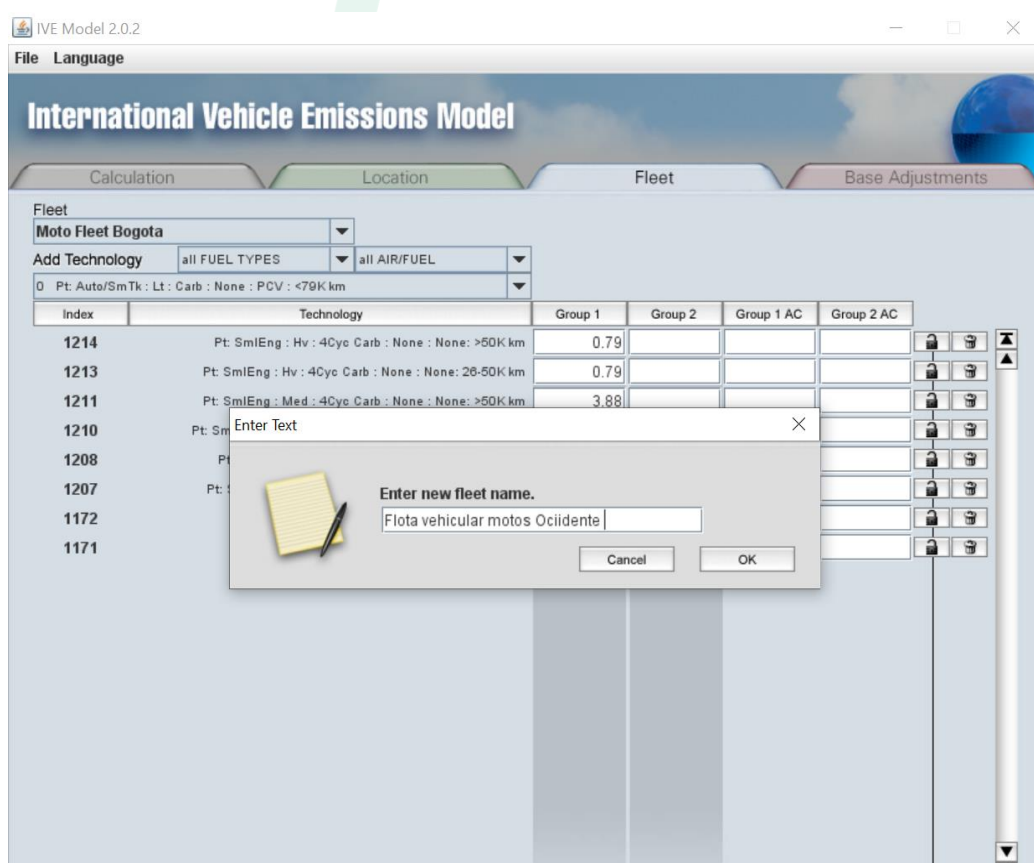


Figura 2. Generar la flota vehicular de las motos
 Fuente: IVE MODEL 2.0., 2021



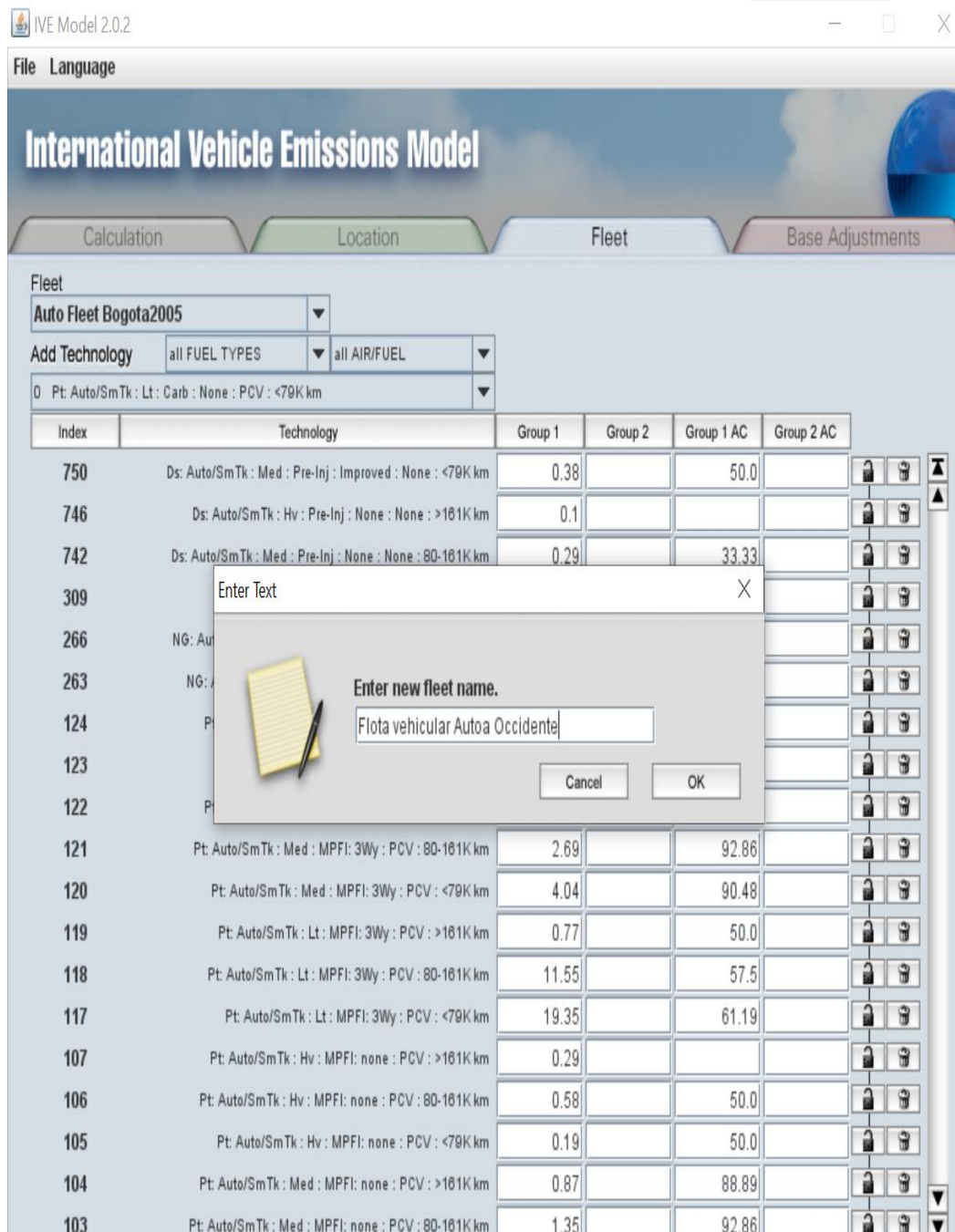


Figura 3. Generar la flota vehicular de los autos
Fuente: IVE MODEL 2.0., 2021



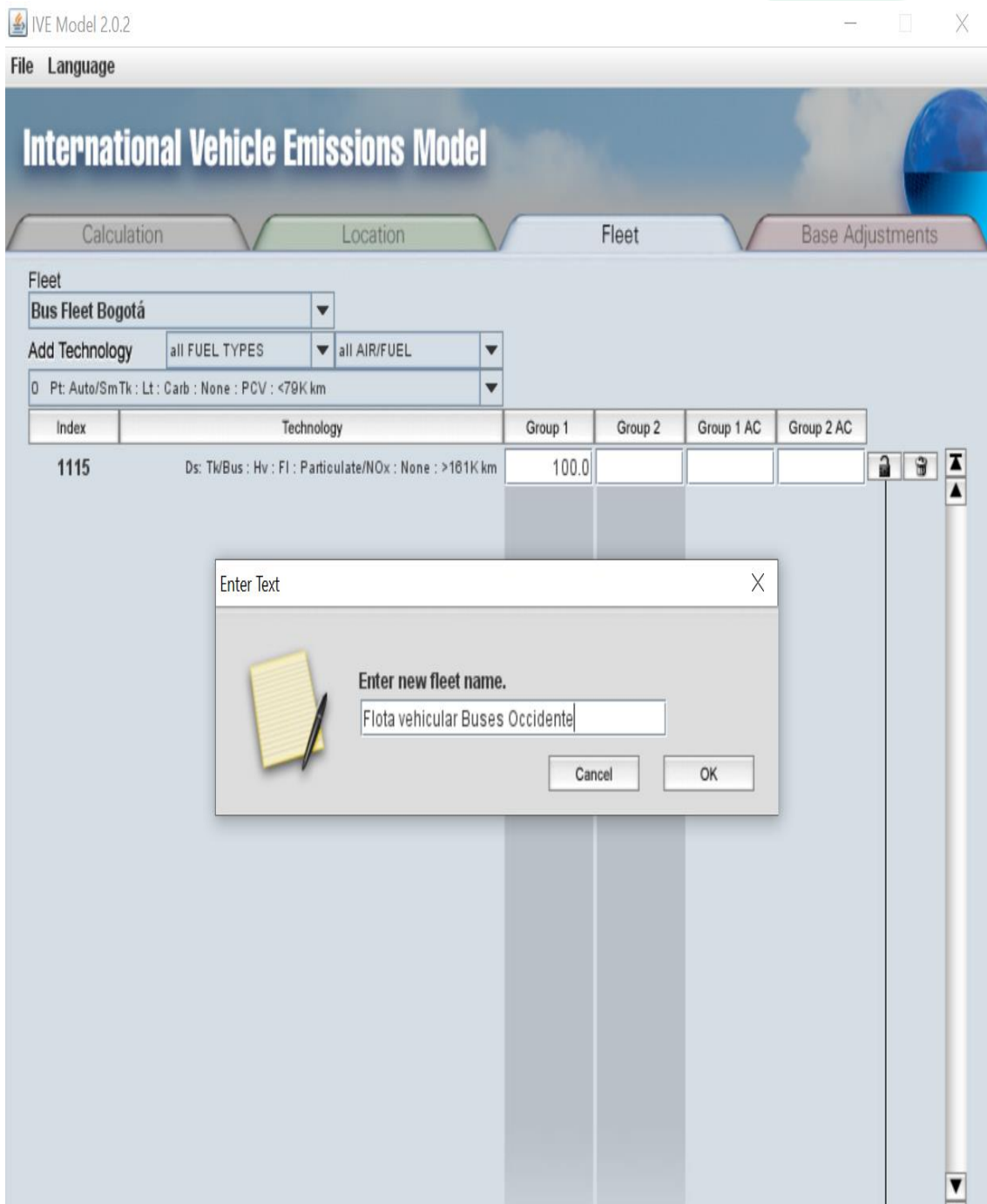


Figura 4. Generar la flota vehicular de los buses

Fuente: IVE MODEL 2.0., 2021



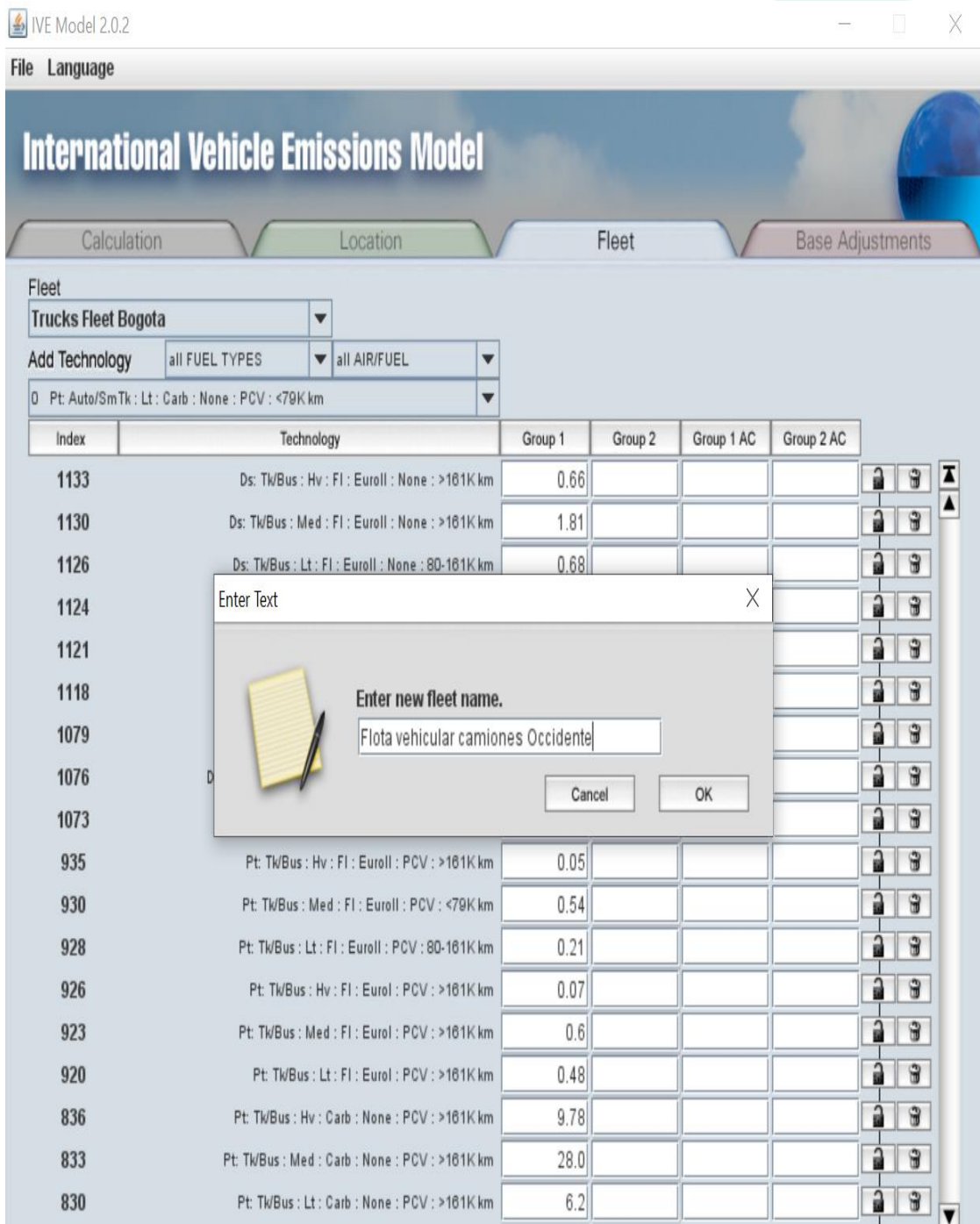


Figura 5. Generar la flota vehicular de los camiones

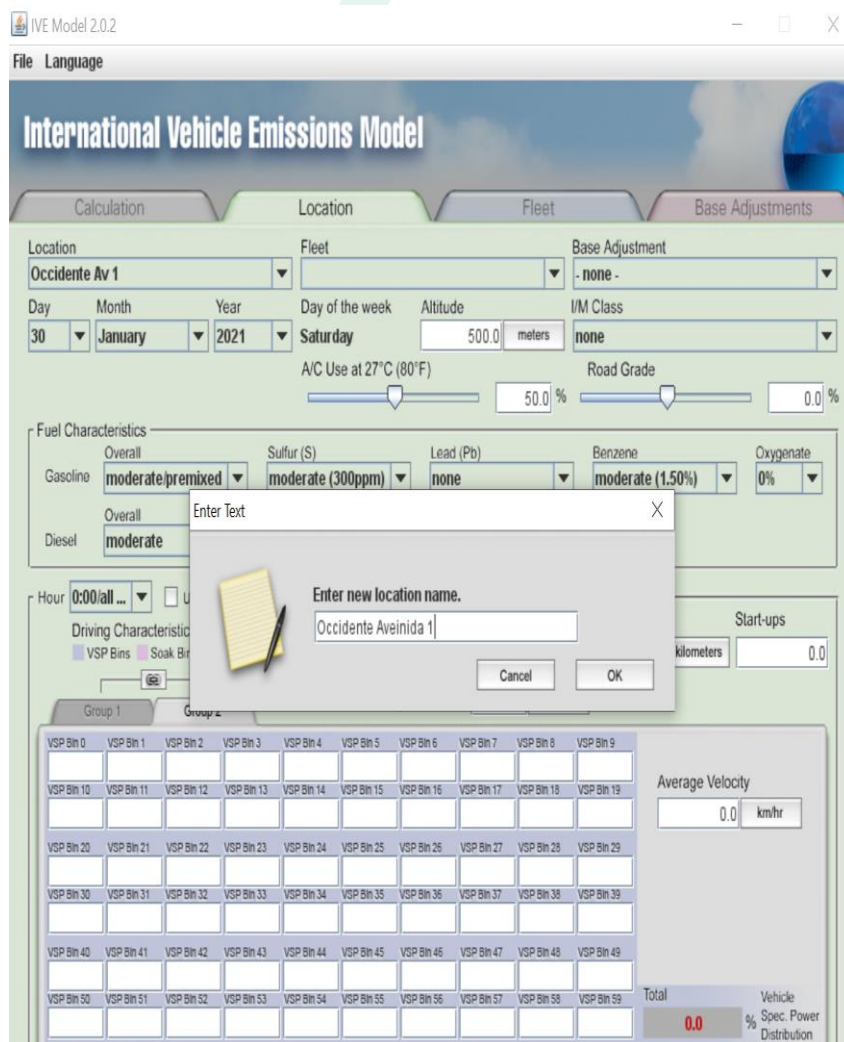
Fuente: IVE MODEL 2.0., 2021



Una vez generadas dichas flotas vehiculares se procedieron a calcular las emisiones de las avenidas incluidas, de la siguiente manera:

6.3.1 Corrida del modelo IVE en la avenida 1

De la **Figura 6** a la **Figura 14**, se apreciarán las evidencias de la ejecución del modelo para la Avenida 1.



The screenshot shows the IVE Model 2.0.2 software interface. The 'Location' tab is selected. A dialog box titled 'Enter new location name.' is open, with the text 'Occidente Aveinida 1' entered. The background interface shows various input fields for location, fleet, and fuel characteristics.

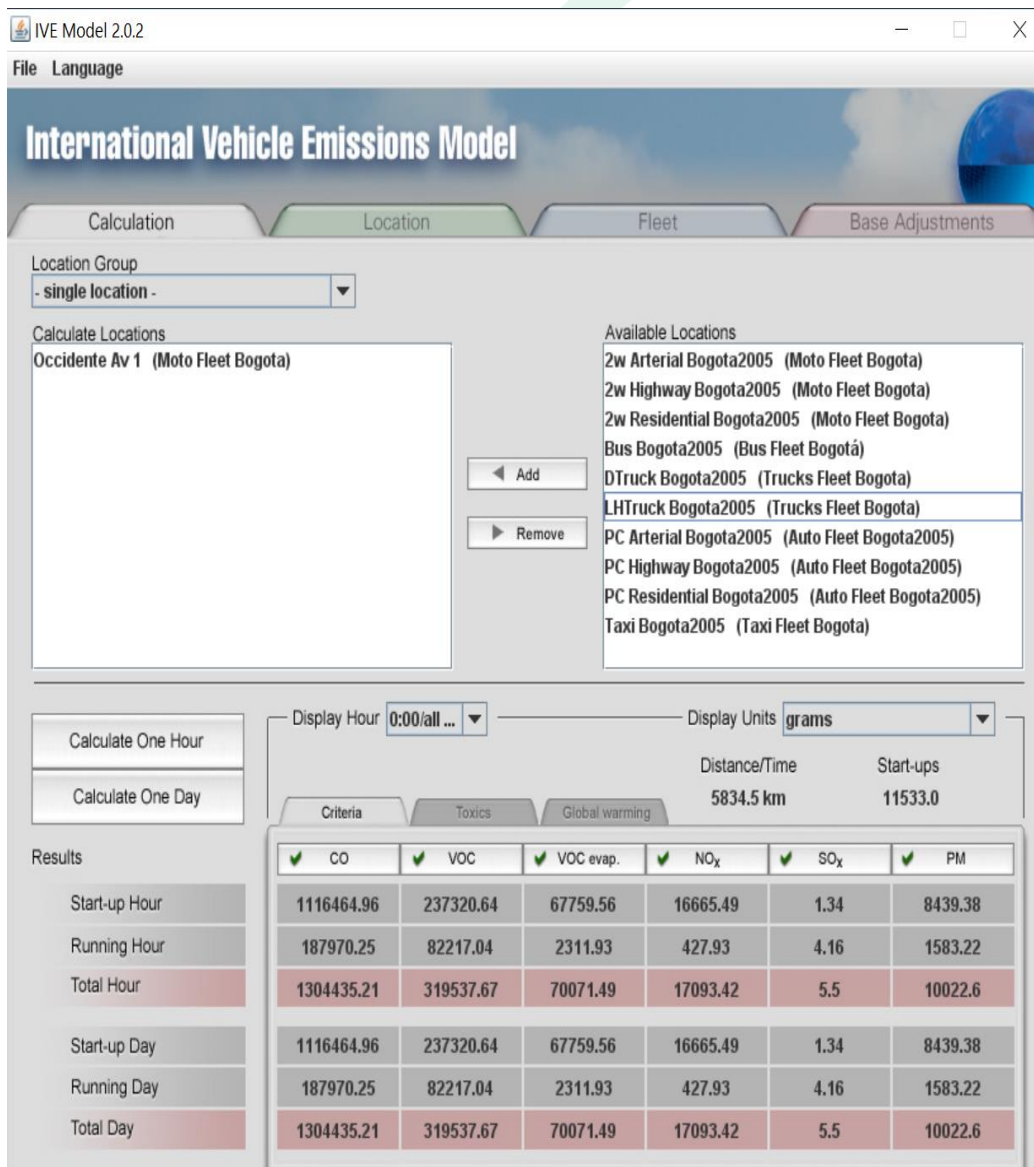
Figura 6.. Creación del archivo localidad en la plataforma del IVE – Av 1

Fuente: IVE MODEL 2.0., 2021





PASO 2. Se calcularon las emisiones generadas por las motos en el periodo evaluado. Para ello se en la ventana de cálculo y se emplean en localidades disponibles la que se pretende evaluar, para el caso día de la avenida 1.



The screenshot shows the IVE Model 2.0.2 interface. The 'Location' tab is active, showing 'Occidente Av 1 (Moto Fleet Bogota)' in the 'Calculate Locations' box. The 'Available Locations' list includes various vehicle types and locations in Bogota. The 'Calculate One Day' button is pressed. The 'Results' table shows emissions for CO, VOC, VOC evap., NO_x, SO_x, and PM over a 24-hour period.

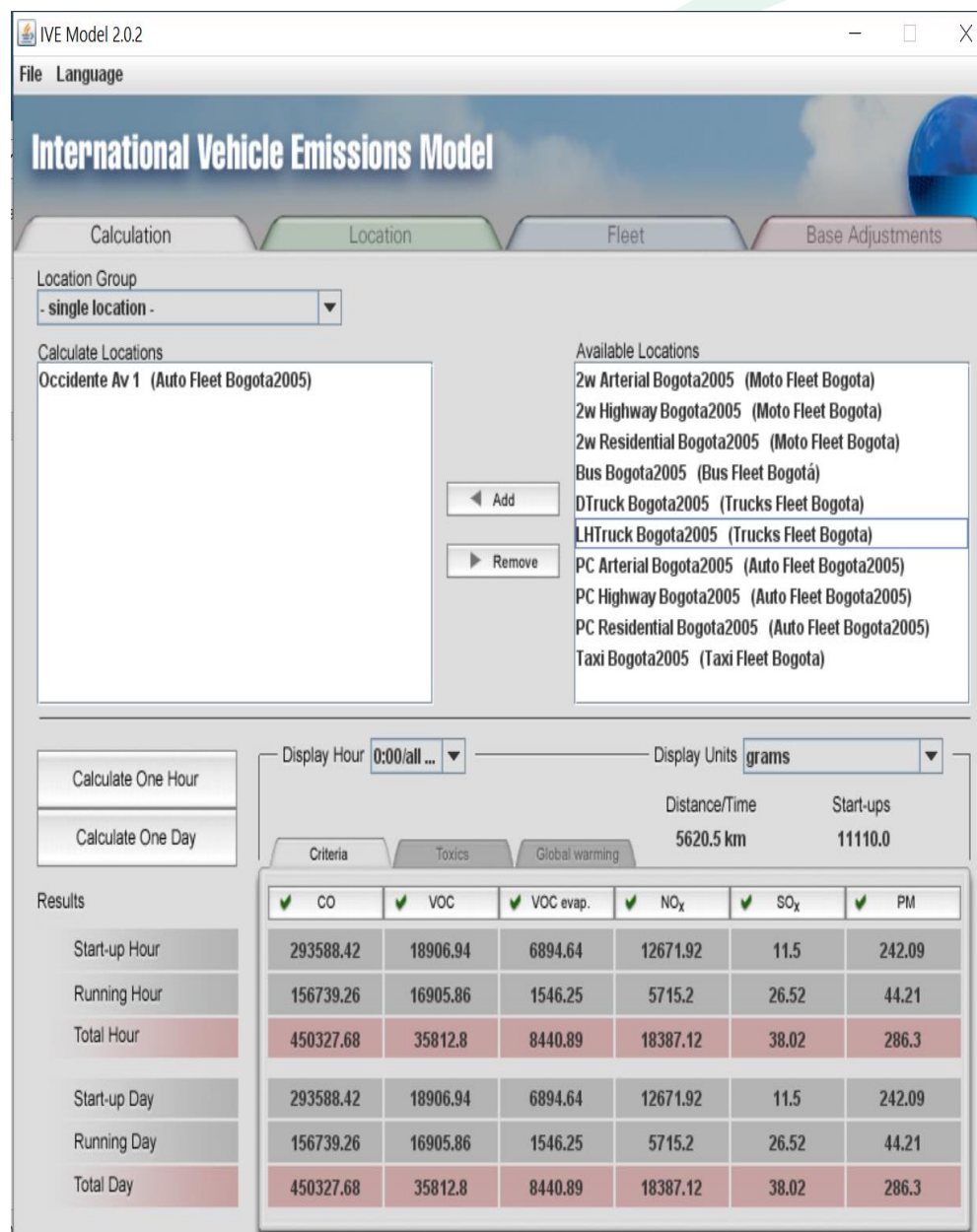
	CO	VOC	VOC evap.	NO _x	SO _x	PM
Start-up Hour	1116464.96	237320.64	67759.56	16665.49	1.34	8439.38
Running Hour	187970.25	82217.04	2311.93	427.93	4.16	1583.22
Total Hour	1304435.21	319537.67	70071.49	17093.42	5.5	10022.6
Start-up Day	1116464.96	237320.64	67759.56	16665.49	1.34	8439.38
Running Day	187970.25	82217.04	2311.93	427.93	4.16	1583.22
Total Day	1304435.21	319537.67	70071.49	17093.42	5.5	10022.6

Figura 8. Cálculo de las emisiones causadas por las motos en la Av 1 Occidente en el IVE MODEL 2.0

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021





PASO 2. Calcular las emisiones generadas por los autos en la avenida 1.


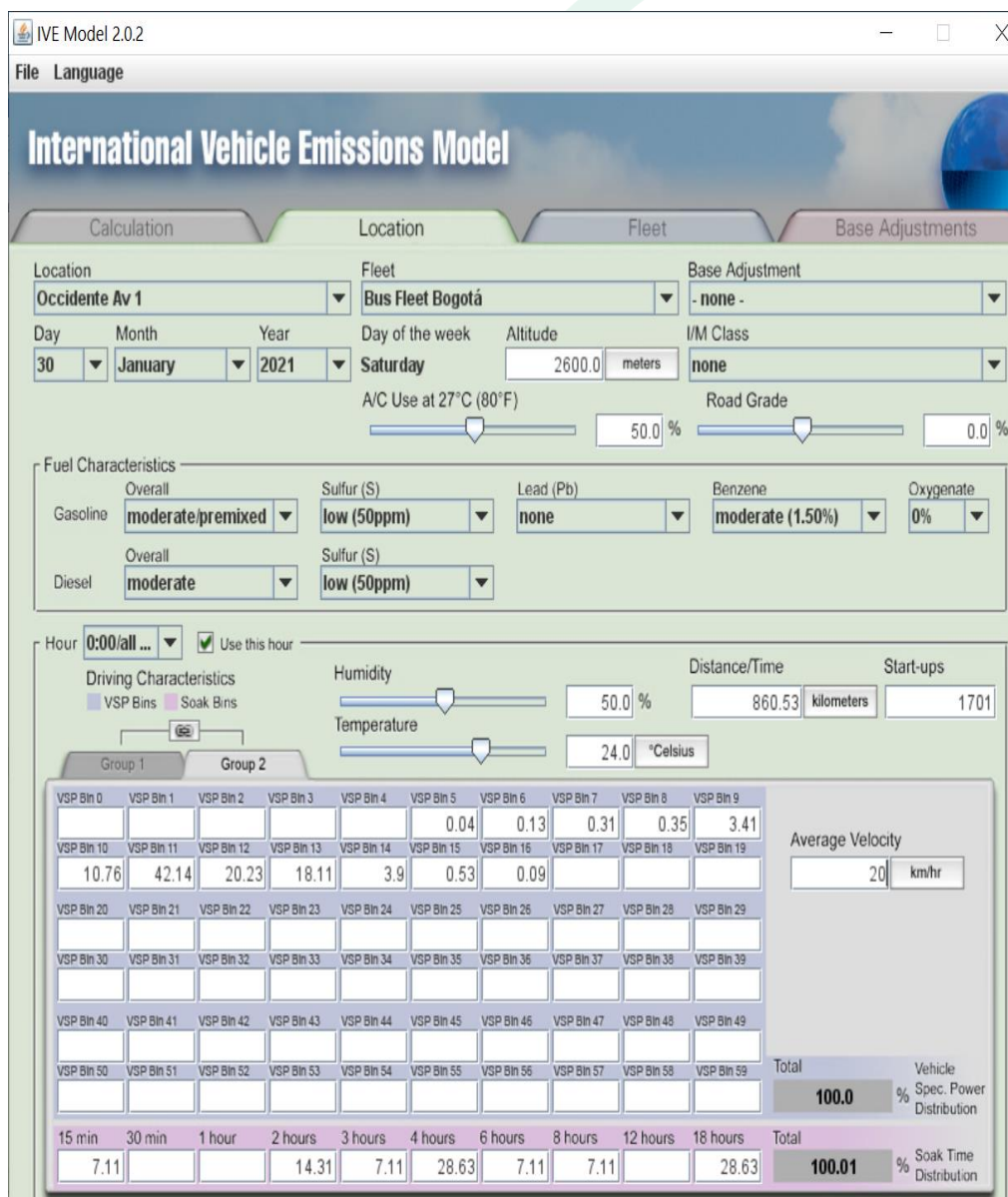
The screenshot shows the IVE Model 2.0 software interface. The 'Location' tab is selected. The 'Location Group' is set to '- single location -'. The 'Calculate Locations' section shows 'Occidente Av 1 (Auto Fleet Bogota2005)'. The 'Available Locations' list includes various vehicle types and locations, with 'LHTruck Bogota2005 (Trucks Fleet Bogota)' selected. The 'Display Hour' is set to '0:00/all ...' and 'Display Units' is set to 'grams'. The 'Distance/Time' is 5620.5 km and 'Start-ups' is 11110.0. The 'Results' section shows a table of emissions for CO, VOC, VOC evap., NOx, SOx, and PM, with values for Start-up Hour, Running Hour, and Total Hour, as well as Start-up Day, Running Day, and Total Day.

	CO	VOC	VOC evap.	NO _x	SO _x	PM
Start-up Hour	293588.42	18906.94	6894.64	12671.92	11.5	242.09
Running Hour	156739.26	16905.86	1546.25	5715.2	26.52	44.21
Total Hour	450327.68	35812.8	8440.89	18387.12	38.02	286.3
Start-up Day	293588.42	18906.94	6894.64	12671.92	11.5	242.09
Running Day	156739.26	16905.86	1546.25	5715.2	26.52	44.21
Total Day	450327.68	35812.8	8440.89	18387.12	38.02	286.3

Figura 10. Cálculo de las emisiones generadas por los autos Av 1 Occidente en el IVE MODEL 2.0
Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021


6.3.1.3 Corrida del IVE MODEL para la flota vehicular de los buses Av 1 Occidente.

PASO 1. Cargar la flota vehicular de buses para la avenida 1 de Occidente



IVE Model 2.0.2

File Language

International Vehicle Emissions Model

Calculation Location Fleet Base Adjustments

Location: Occidente Av 1 Fleet: Bus Fleet Bogotá Base Adjustment: - none -

Day: 30 Month: January Year: 2021 Day of the week: Saturday Altitude: 2600.0 meters I/M Class: none

A/C Use at 27°C (80°F): 50.0 % Road Grade: 0.0 %

Fuel Characteristics

Gasoline: Overall: moderate/premixed Sulfur (S): low (50ppm) Lead (Pb): none Benzene: moderate (1.50%) Oxygenate: 0%

Diesel: Overall: moderate Sulfur (S): low (50ppm)

Hour: 0:00/all ... ☒ Use this hour

Driving Characteristics

Humidity: 50.0 % Distance/Time: 860.53 kilometers Start-ups: 1701

Temperature: 24.0 °Celsius

VSP Bin Data

VSP Bin	Value
VSP Bin 0	
VSP Bin 1	
VSP Bin 2	
VSP Bin 3	
VSP Bin 4	
VSP Bin 5	0.04
VSP Bin 6	0.13
VSP Bin 7	0.31
VSP Bin 8	0.35
VSP Bin 9	3.41
VSP Bin 10	10.76
VSP Bin 11	42.14
VSP Bin 12	20.23
VSP Bin 13	18.11
VSP Bin 14	3.9
VSP Bin 15	0.53
VSP Bin 16	0.09
VSP Bin 17	
VSP Bin 18	
VSP Bin 19	
VSP Bin 20	
VSP Bin 21	
VSP Bin 22	
VSP Bin 23	
VSP Bin 24	
VSP Bin 25	
VSP Bin 26	
VSP Bin 27	
VSP Bin 28	
VSP Bin 29	
VSP Bin 30	
VSP Bin 31	
VSP Bin 32	
VSP Bin 33	
VSP Bin 34	
VSP Bin 35	
VSP Bin 36	
VSP Bin 37	
VSP Bin 38	
VSP Bin 39	
VSP Bin 40	
VSP Bin 41	
VSP Bin 42	
VSP Bin 43	
VSP Bin 44	
VSP Bin 45	
VSP Bin 46	
VSP Bin 47	
VSP Bin 48	
VSP Bin 49	
VSP Bin 50	
VSP Bin 51	
VSP Bin 52	
VSP Bin 53	
VSP Bin 54	
VSP Bin 55	
VSP Bin 56	
VSP Bin 57	
VSP Bin 58	
VSP Bin 59	

Average Velocity: 20 km/hr

Total: 100.0 % Vehicle Spec. Power Distribution

Soak Time Distribution

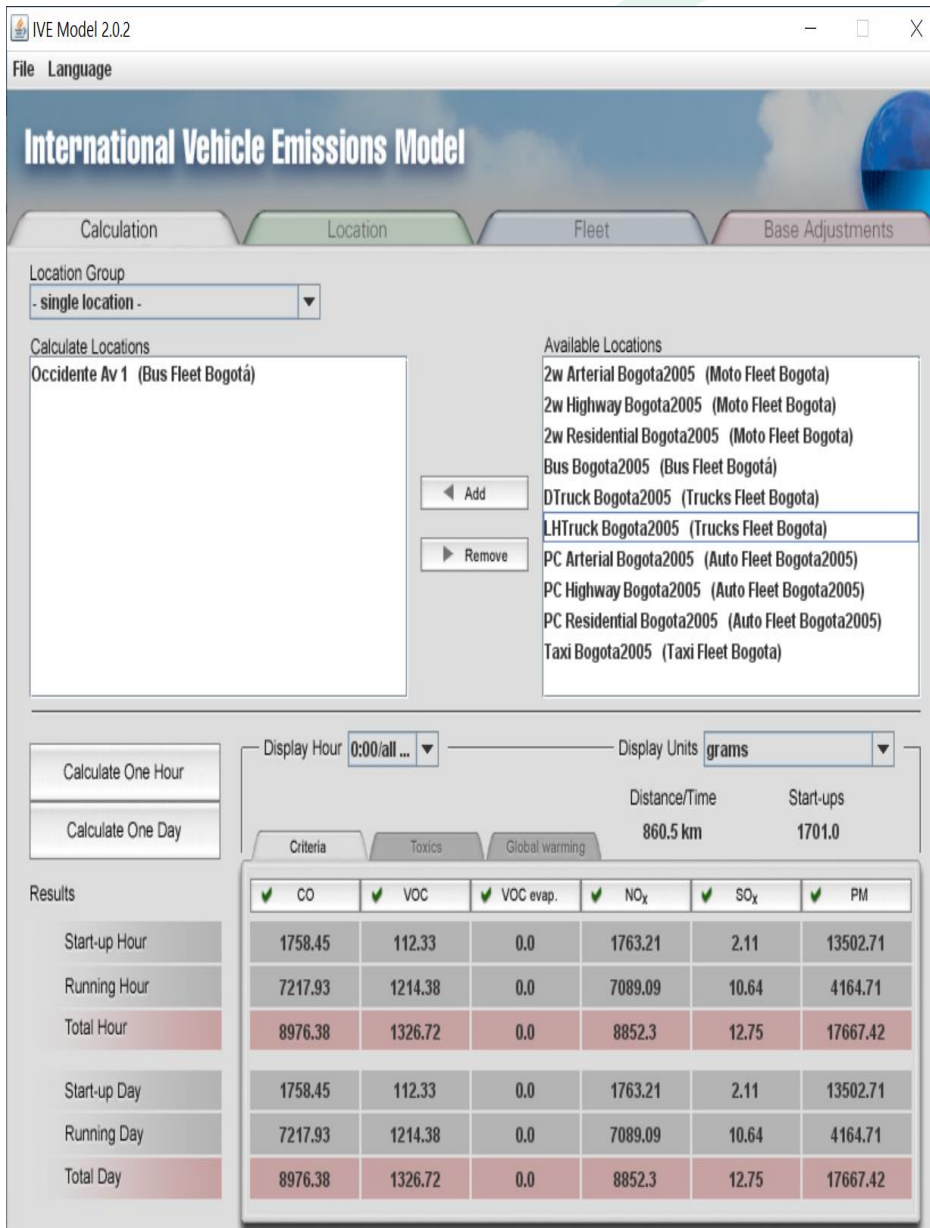
Time	Value
15 min	7.11
30 min	
1 hour	
2 hours	14.31
3 hours	7.11
4 hours	28.63
6 hours	7.11
8 hours	7.11
12 hours	
18 hours	28.63
Total	100.01 %

Figura 11. Cargar la flota vehicular de buses en la Av 1 de Occidente en la plataforma del IVE.

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021



PASO 2. Calcular las emisiones generadas por los buses en la avenida 1.



The screenshot shows the IVE Model 2.0.2 interface. The 'Location' tab is selected. The 'Location Group' is set to '- single location -'. The 'Calculate Locations' box contains 'Occidente Av 1 (Bus Fleet Bogotá)'. The 'Available Locations' list includes various vehicle types and locations, with 'LHTruck Bogota2005 (Trucks Fleet Bogota)' selected. The 'Display Hour' is set to '0:00/all ...' and 'Display Units' is set to 'grams'. The 'Distance/Time' is 860.5 km and 'Start-ups' is 1701.0. The 'Results' table shows emissions for CO, VOC, VOC evap., NOx, SOx, and PM for Start-up, Running, and Total Hour/Day.

	CO	VOC	VOC evap.	NO _x	SO _x	PM
Start-up Hour	1758.45	112.33	0.0	1763.21	2.11	13502.71
Running Hour	7217.93	1214.38	0.0	7089.09	10.64	4164.71
Total Hour	8976.38	1326.72	0.0	8852.3	12.75	17667.42
Start-up Day	1758.45	112.33	0.0	1763.21	2.11	13502.71
Running Day	7217.93	1214.38	0.0	7089.09	10.64	4164.71
Total Day	8976.38	1326.72	0.0	8852.3	12.75	17667.42

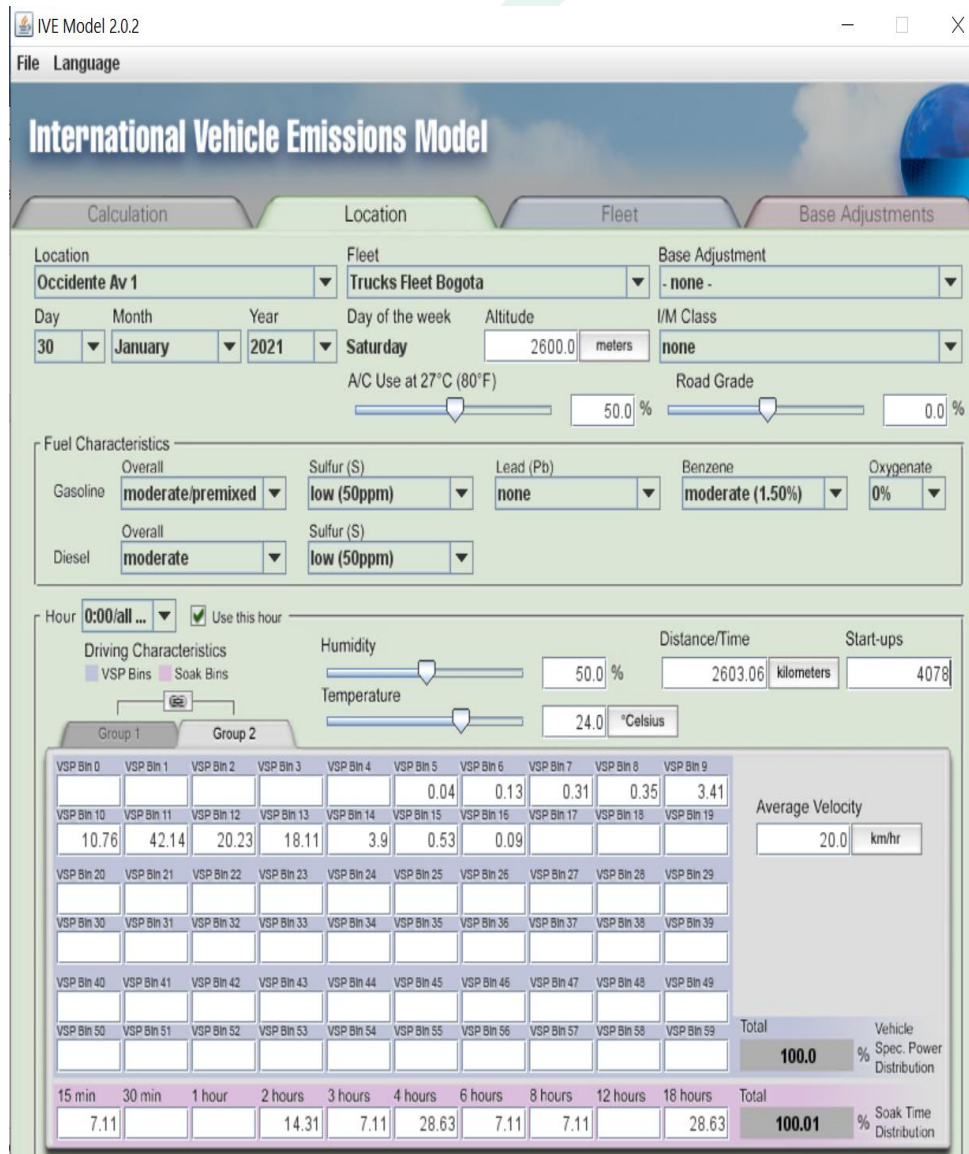
Figura 12. Cálculo de las emisiones generadas por los buses Av 1 Occidente en el IVE MODEL 2.0

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021



6.3.1.4 Corrida del IVE MODEL para la flota vehicular de los camiones en la Avenida 1 Occidente.

PASO 1. Cargar la flota vehicular de camiones para la avenida 1.



IVE Model 2.0.2

File Language

International Vehicle Emissions Model

Calculation Location Fleet Base Adjustments

Location: **Occidente Av 1** Fleet: **Trucks Fleet Bogota** Base Adjustment: **- none -**

Day: **30** Month: **January** Year: **2021** Day of the week: **Saturday** Altitude: **2600.0** meters I/M Class: **none**

A/C Use at 27°C (80°F): **50.0** % Road Grade: **0.0** %

Fuel Characteristics

Gasoline: Overall: **moderate/premixed** Sulfur (S): **low (50ppm)** Lead (Pb): **none** Benzene: **moderate (1.50%)** Oxygenate: **0%**

Diesel: Overall: **moderate** Sulfur (S): **low (50ppm)**

Hour: **0:00/all ...** ☒ Use this hour

Driving Characteristics: ☐ VSP Bins ☒ Soak Bins

Humidity: **50.0** % Distance/Time: **2603.06** kilometers Start-ups: **4078**

Temperature: **24.0** °Celsius

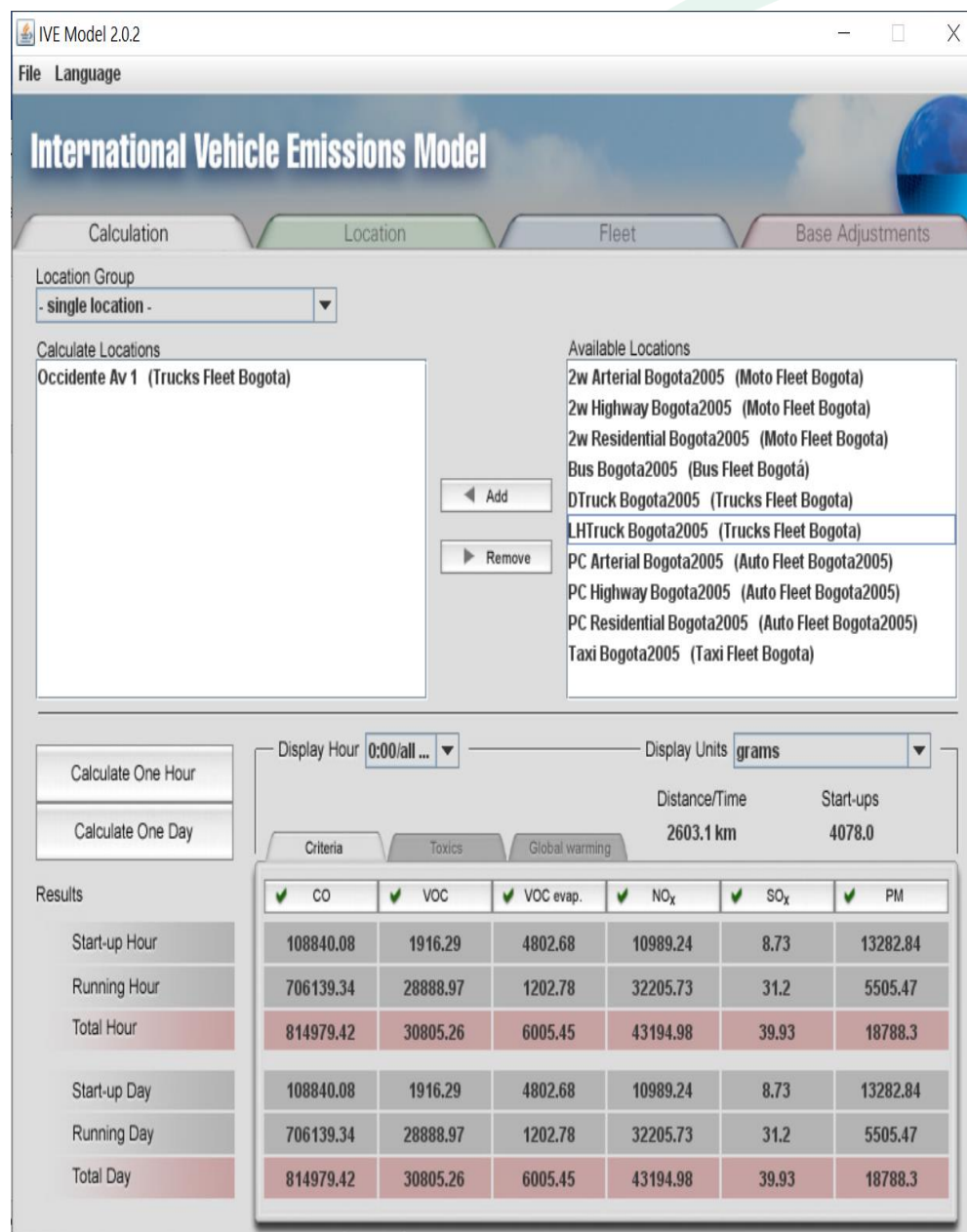
Group 1										Group 2										Average Velocity 20.0 km/hr																																																																																									
VSP Bin 0	VSP Bin 1	VSP Bin 2	VSP Bin 3	VSP Bin 4	VSP Bin 5	VSP Bin 6	VSP Bin 7	VSP Bin 8	VSP Bin 9	VSP Bin 10	VSP Bin 11	VSP Bin 12	VSP Bin 13	VSP Bin 14	VSP Bin 15	VSP Bin 16	VSP Bin 17	VSP Bin 18	VSP Bin 19																																																																																										
					0.04	0.13	0.31	0.35	3.41	10.76	42.14	20.23	18.11	3.9	0.53	0.09																																																																																													
VSP Bin 20	VSP Bin 21	VSP Bin 22	VSP Bin 23	VSP Bin 24	VSP Bin 25	VSP Bin 26	VSP Bin 27	VSP Bin 28	VSP Bin 29	VSP Bin 30	VSP Bin 31	VSP Bin 32	VSP Bin 33	VSP Bin 34	VSP Bin 35	VSP Bin 36	VSP Bin 37	VSP Bin 38	VSP Bin 39																																																																																										
VSP Bin 40	VSP Bin 41	VSP Bin 42	VSP Bin 43	VSP Bin 44	VSP Bin 45	VSP Bin 46	VSP Bin 47	VSP Bin 48	VSP Bin 49	VSP Bin 50	VSP Bin 51	VSP Bin 52	VSP Bin 53	VSP Bin 54	VSP Bin 55	VSP Bin 56	VSP Bin 57	VSP Bin 58	VSP Bin 59																																																																																										
15 min										30 min										1 hour										2 hours										3 hours										4 hours										6 hours										8 hours										12 hours										18 hours										Total									
7.11																														14.31										7.11										28.63										7.11										7.11																				28.63										100.0									
Vehicle Spec. Power Distribution																																																																																																													
Soak Time Distribution																																																																																																													

Figura 13. Cargar la flota vehicular de camiones de la Av 1 Occidente en la plataforma del IVE.

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021



PASO 4. Calcular las emisiones generadas por los camiones en la Avenida 1.



The screenshot shows the IVE Model 2.0 software interface. The 'Location' tab is active, showing a list of available locations. The 'Calculate Locations' section shows 'Occidente Av 1 (Trucks Fleet Bogota)' selected. The 'Available Locations' list includes various vehicle types and locations, with 'LHTruck Bogota2005 (Trucks Fleet Bogota)' highlighted. The 'Calculate One Hour' and 'Calculate One Day' buttons are visible. The 'Display Hour' is set to '0:00/all ...' and 'Display Units' is set to 'grams'. The 'Distance/Time' is 2603.1 km and 'Start-ups' is 4078.0. The 'Results' table shows emissions for CO, VOC, VOC evap., NO_x, SO_x, and PM for Start-up Hour, Running Hour, and Total Hour, as well as Start-up Day, Running Day, and Total Day.

	CO	VOC	VOC evap.	NO _x	SO _x	PM
Start-up Hour	108840.08	1916.29	4802.68	10989.24	8.73	13282.84
Running Hour	706139.34	28888.97	1202.78	32205.73	31.2	5505.47
Total Hour	814979.42	30805.26	6005.45	43194.98	39.93	18788.3
Start-up Day	108840.08	1916.29	4802.68	10989.24	8.73	13282.84
Running Day	706139.34	28888.97	1202.78	32205.73	31.2	5505.47
Total Day	814979.42	30805.26	6005.45	43194.98	39.93	18788.3

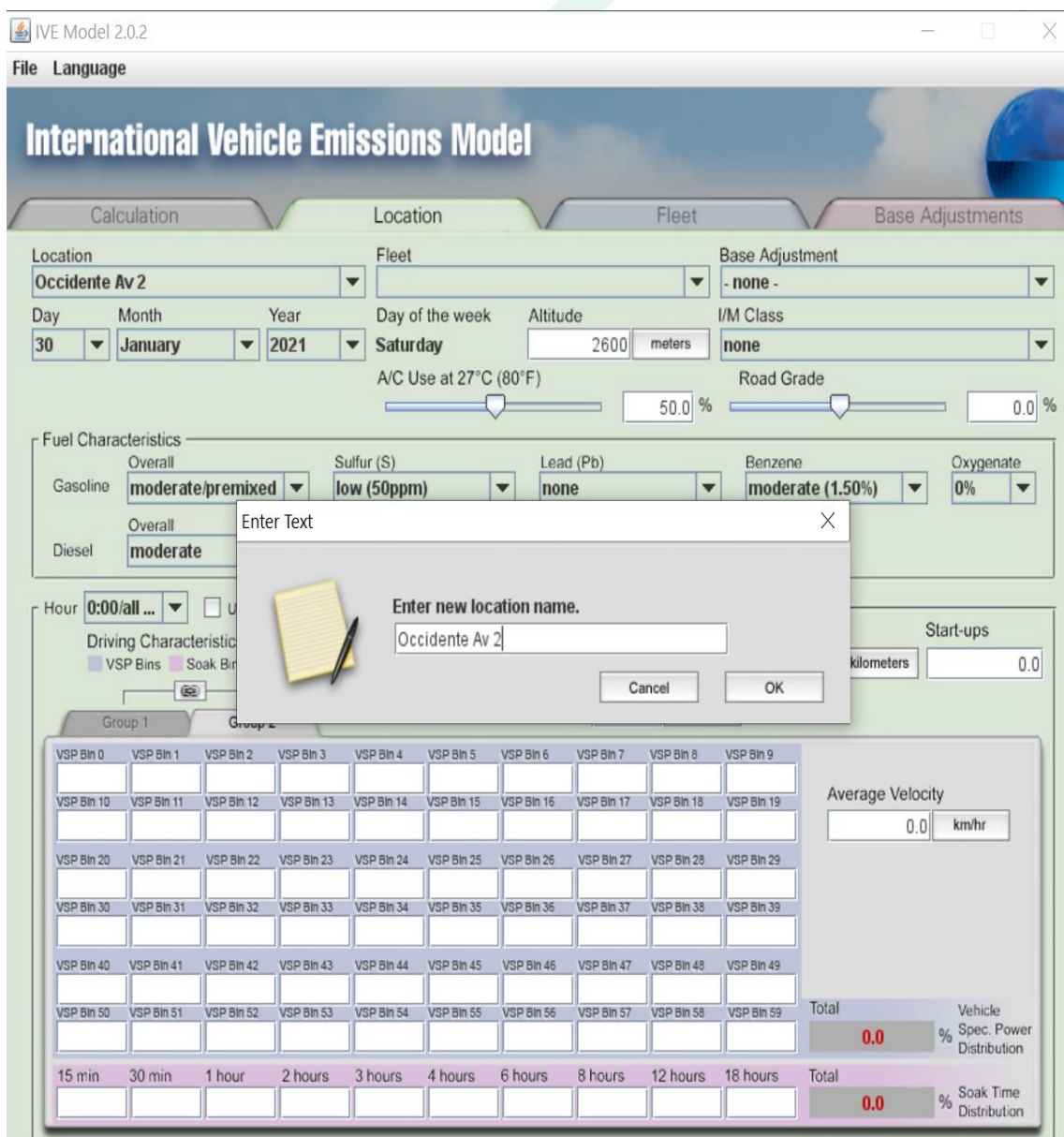
Figura 14. Cálculo de las emisiones generadas por los camiones en la Av 1 Occidente en el IVE MODEL 2.0

Fuente: SERAMBIENTE SAS.,2021



6.3.2 Corrida del modelo IVE en la avenida 2 occidente

De la **Figura 15** a la **Figura 23**, se apreciarán las evidencias de la ejecución del modelo para la Avenida 2 .



The screenshot displays the 'International Vehicle Emissions Model' (IVE Model 2.0.2) software interface. The 'Location' tab is active, showing input fields for 'Location' (set to 'Occidente Av 2'), 'Fleet', 'Base Adjustment' (set to '- none -'), 'Day' (30), 'Month' (January), 'Year' (2021), 'Day of the week' (Saturday), 'Altitude' (2600 meters), 'I/M Class' (none), 'A/C Use at 27°C (80°F)' (50.0%), and 'Road Grade' (0.0%). Below these, 'Fuel Characteristics' are set to 'Gasoline', 'Overall' (moderate/premixed), 'Sulfur (S)' (low (50ppm)), 'Lead (Pb)' (none), 'Benzene' (moderate (1.50%)), and 'Oxygenate' (0%). A dialog box titled 'Enter Text' is overlaid, asking for a 'new location name' with 'Occidente Av 2' entered. The bottom section shows 'Driving Characteristics' with 'VSP Bins' and 'Soak Bins' tables, and 'Average Velocity' (0.0 km/hr). Summary statistics at the bottom show 'Total' emissions of 0.0 for 'Vehicle Spec. Power Distribution' and 'Soak Time Distribution'.

Figura 15. Creación del archivo localidad en la plataforma del IVE – Av 2 Occidente.

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021





IVE Model 2.0.2

File Language

International Vehicle Emissions Model

Calculation Location Fleet Base Adjustments

Location Group
- single location -

Calculate Locations
Occidente Av 2 (Moto Fleet Bogota)

Available Locations

- 2w Arterial Bogota2005 (Moto Fleet Bogota)
- 2w Highway Bogota2005 (Moto Fleet Bogota)
- 2w Residential Bogota2005 (Moto Fleet Bogota)
- Bus Bogota2005 (Bus Fleet Bogotá)
- DTruck Bogota2005 (Trucks Fleet Bogota)
- LHTruck Bogota2005 (Trucks Fleet Bogota)
- Occidente Av 1 (Moto Fleet Bogota)
- PC Arterial Bogota2005 (Auto Fleet Bogota2005)
- PC Highway Bogota2005 (Auto Fleet Bogota2005)
- PC Residential Bogota2005 (Auto Fleet Bogota2005)
- Taxi Bogota2005 (Taxi Fleet Bogota)

Add Remove

Calculate One Hour

Calculate One Day

Display Hour 0:00/all ...

Display Units grams

Distance/Time 2666.1 km

Start-ups 10382.0

Criteria Toxics Global warming

	CO	VOC	VOC evap.	NO _x	SO _x	PM
Start-up Hour	1003652.52	213340.74	60912.84	14993.91	1.2	7586.63
Running Hour	85888.86	37565.42	1056.33	195.53	1.9	723.42
Total Hour	1089541.38	250906.16	61969.18	15189.44	3.11	8310.05
Start-up Day	1003652.52	213340.74	60912.84	14993.91	1.2	7586.63
Running Day	85888.86	37565.42	1056.33	195.53	1.9	723.42
Total Day	1089541.38	250906.16	61969.18	15189.44	3.11	8310.05

Figura 17. Cálculo de las emisiones causadas por las motos en la Av 2 Occidente en el IVE MODEL 2.0

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021





IVE Model 2.0.2

File Language

International Vehicle Emissions Model

Calculation Location Fleet Base Adjustments

Location Group
- single location -

Calculate Locations
Occidente Av 2 (Auto Fleet Bogota2005)

Available Locations

- 2w Arterial Bogota2005 (Moto Fleet Bogota)
- 2w Highway Bogota2005 (Moto Fleet Bogota)
- 2w Residential Bogota2005 (Moto Fleet Bogota)
- Bus Bogota2005 (Bus Fleet Bogotá)
- DTruck Bogota2005 (Trucks Fleet Bogota)
- LHTruck Bogota2005 (Trucks Fleet Bogota)
- Occidente Av 1 (Moto Fleet Bogota)
- PC Arterial Bogota2005 (Auto Fleet Bogota2005)
- PC Highway Bogota2005 (Auto Fleet Bogota2005)
- PC Residential Bogota2005 (Auto Fleet Bogota2005)
- Taxi Bogota2005 (Taxi Fleet Bogota)

Add Remove

Calculate One Hour

Calculate One Day

Display Hour: 0:00/all ...

Display Units: grams

Distance/Time: 2944.7 km

Start-ups: 11467.0

Criteria Toxics Global warming

	✓ CO	✓ VOC	✓ VOC evap.	✓ NO _x	✓ SO _x	✓ PM
Start-up Hour	302616.83	19488.44	7106.51	13069.81	11.86	249.53
Running Hour	82114.9	8856.51	810.03	2994.18	13.9	23.16
Total Hour	384731.73	28344.95	7916.54	16063.99	25.75	272.69
Start-up Day	302616.83	19488.44	7106.51	13069.81	11.86	249.53
Running Day	82114.9	8856.51	810.03	2994.18	13.9	23.16
Total Day	384731.73	28344.95	7916.54	16063.99	25.75	272.69

Figura 19. Cálculo de las emisiones generadas por los autos Av 2 Occidente en el IVE MODEL 2.0

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021





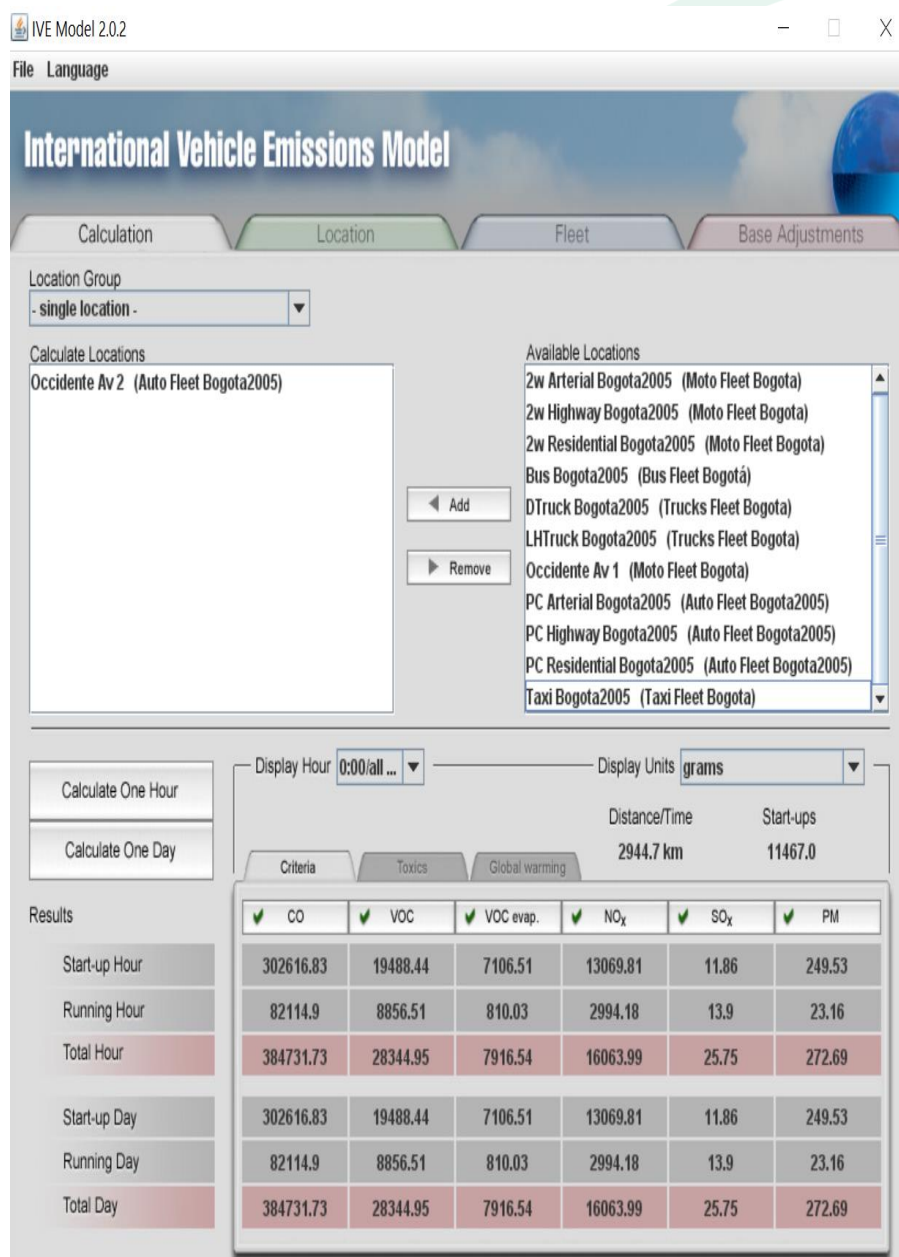
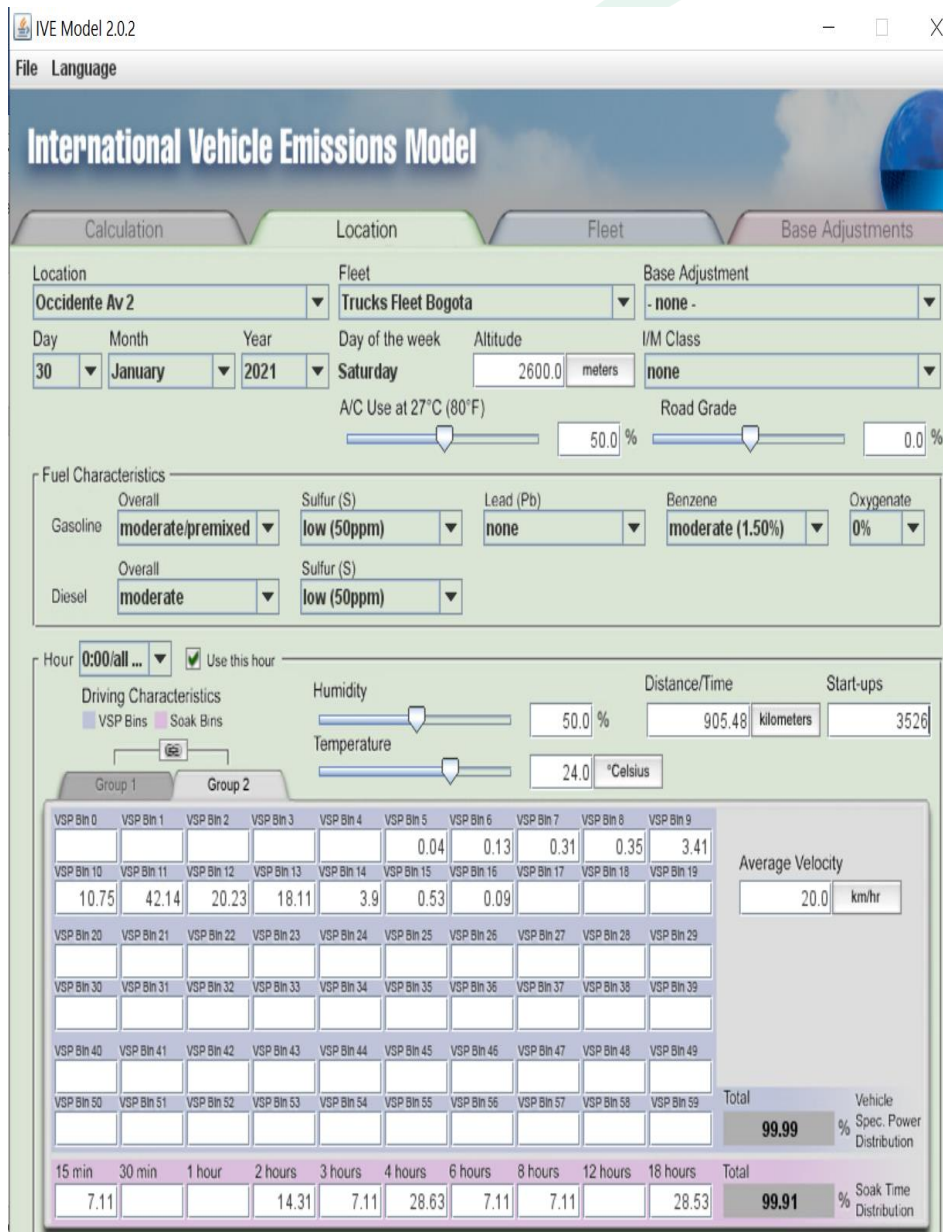


Figura 21. Cálculo de las emisiones generadas por los buses Av 1 Occidente en el IVE MODEL 2.0

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021



6.3.2.4 Corrida del IVE MODEL para la flota vehicular de los camiones en la Avenida 2 Occidente.



IVE Model 2.0.2

File Language

International Vehicle Emissions Model

Calculation Location Fleet Base Adjustments

Location: Occidente Av 2
 Fleet: Trucks Fleet Bogota
 Base Adjustment: - none -

Day: 30 Month: January Year: 2021
 Day of the week: Saturday Altitude: 2600.0 meters I/M Class: none

A/C Use at 27°C (80°F): 50.0 % Road Grade: 0.0 %

Fuel Characteristics

Gasoline: Overall: moderate/premixed Sulfur (S): low (50ppm) Lead (Pb): none Benzene: moderate (1.50%) Oxygenate: 0%

Diesel: Overall: moderate Sulfur (S): low (50ppm)

Hour: 0:00/all ... ☒ Use this hour

Driving Characteristics

VSP Bins Soak Bins

Humidity: 50.0 % Distance/Time: 905.48 kilometers Start-ups: 3526

Temperature: 24.0 °Celsius

Group 1										Group 2									
VSP Bin 0	VSP Bin 1	VSP Bin 2	VSP Bin 3	VSP Bin 4	VSP Bin 5	VSP Bin 6	VSP Bin 7	VSP Bin 8	VSP Bin 9	VSP Bin 10	VSP Bin 11	VSP Bin 12	VSP Bin 13	VSP Bin 14	VSP Bin 15	VSP Bin 16	VSP Bin 17	VSP Bin 18	VSP Bin 19
					0.04	0.13	0.31	0.35	3.41	10.75	42.14	20.23	18.11	3.9	0.53	0.09			
VSP Bin 20	VSP Bin 21	VSP Bin 22	VSP Bin 23	VSP Bin 24	VSP Bin 25	VSP Bin 26	VSP Bin 27	VSP Bin 28	VSP Bin 29	VSP Bin 30	VSP Bin 31	VSP Bin 32	VSP Bin 33	VSP Bin 34	VSP Bin 35	VSP Bin 36	VSP Bin 37	VSP Bin 38	VSP Bin 39
VSP Bin 40	VSP Bin 41	VSP Bin 42	VSP Bin 43	VSP Bin 44	VSP Bin 45	VSP Bin 46	VSP Bin 47	VSP Bin 48	VSP Bin 49	VSP Bin 50	VSP Bin 51	VSP Bin 52	VSP Bin 53	VSP Bin 54	VSP Bin 55	VSP Bin 56	VSP Bin 57	VSP Bin 58	VSP Bin 59
15 min	30 min	1 hour	2 hours	3 hours	4 hours	6 hours	8 hours	12 hours	18 hours	Total									
7.11			14.31	7.11	28.63	7.11	7.11		28.53	99.99									

Average Velocity: 20.0 km/hr

Total: 99.99 % Spec. Power Distribution

Total: 99.91 % Soak Time Distribution

Figura 22. Cargar la flota vehicular de camiones de la Av 2 Occidente en la plataforma del IVE.

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021



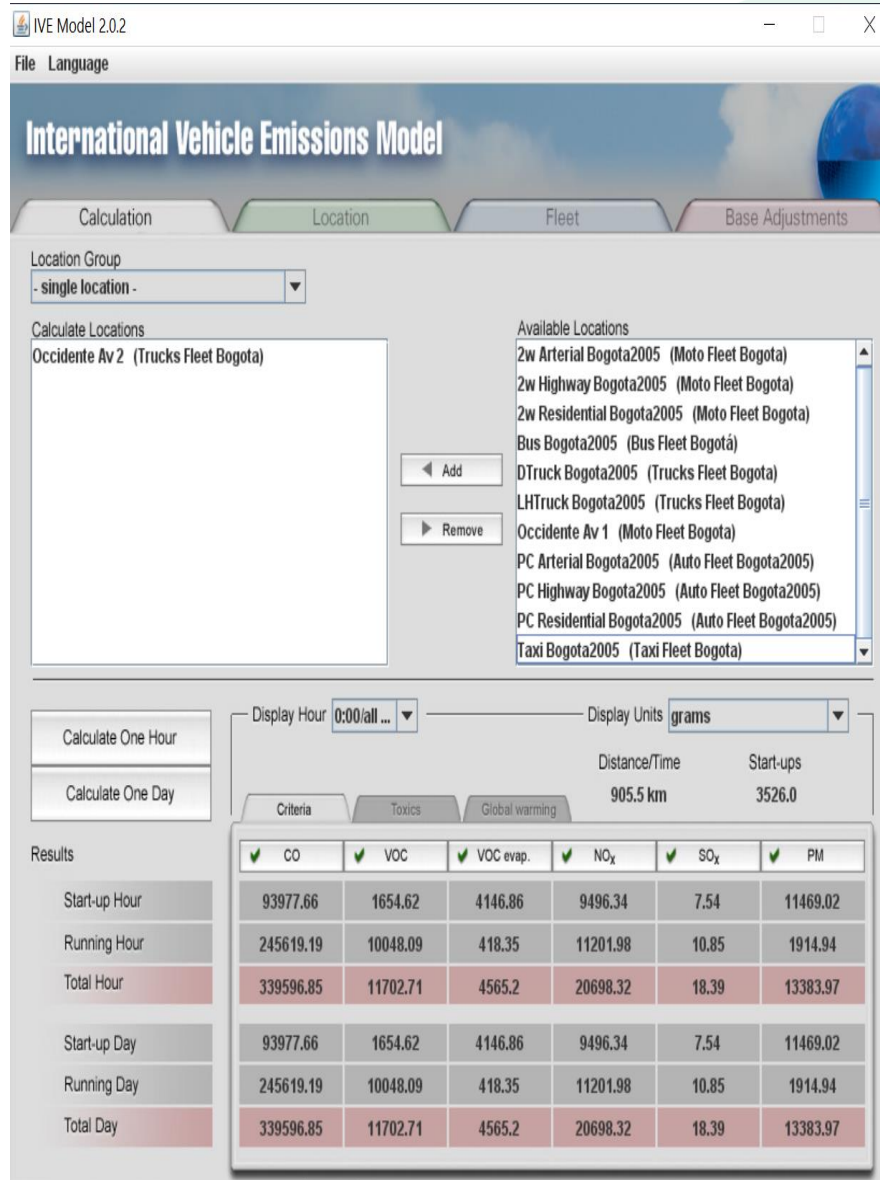


Figura 23. Cálculo de las emisiones generadas por los camiones en la Av 2 Occidente en el IVE MODEL 2.0

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021



6.3.3 Corrida del modelo ive en la avenida 3 occidente

De la **Figura 25** a la **Figura 32m** se aprecian las evidencias de la ejecución del modelo para la Avenida 3.



IVE Model 2.0.2

International Vehicle Emissions Model

Location

Location: **Occidente Av 3**

Fleet: **Moto Fleet Bogota**

Base Adjustment: **- none -**

Day: **30**, Month: **January**, Year: **2021**

Day of the week: **Saturday**, Altitude: **500.0** meters

A/C Use at 27°C (80°F): **50.0** %

Road Grade: **0.0** %

Fuel Characteristics

Gasoline: Overall: **moderate/premixed**, Sulfur (S): **moderate (300ppm)**, Lead (Pb): **none**, Benzene: **moderate (1.50%)**, Oxygenate: **0%**

Diesel: Overall: **moderate**

Hour: **0:00/all ...**

Driving Characteristics: **VSP Bins**

Enter Text

Enter new location name.

Occidente Av 3

Cancel OK

VSP Bin

VSP Bin 0	VSP Bin 1	VSP Bin 2	VSP Bin 3	VSP Bin 4	VSP Bin 5	VSP Bin 6	VSP Bin 7	VSP Bin 8	VSP Bin 9
VSP Bin 10	VSP Bin 11	VSP Bin 12	VSP Bin 13	VSP Bin 14	VSP Bin 15	VSP Bin 16	VSP Bin 17	VSP Bin 18	VSP Bin 19
VSP Bin 20	VSP Bin 21	VSP Bin 22	VSP Bin 23	VSP Bin 24	VSP Bin 25	VSP Bin 26	VSP Bin 27	VSP Bin 28	VSP Bin 29
VSP Bin 30	VSP Bin 31	VSP Bin 32	VSP Bin 33	VSP Bin 34	VSP Bin 35	VSP Bin 36	VSP Bin 37	VSP Bin 38	VSP Bin 39
VSP Bin 40	VSP Bin 41	VSP Bin 42	VSP Bin 43	VSP Bin 44	VSP Bin 45	VSP Bin 46	VSP Bin 47	VSP Bin 48	VSP Bin 49
VSP Bin 50	VSP Bin 51	VSP Bin 52	VSP Bin 53	VSP Bin 54	VSP Bin 55	VSP Bin 56	VSP Bin 57	VSP Bin 58	VSP Bin 59

15 min 30 min 1 hour 2 hours 3 hours 4 hours 6 hours 8 hours 12 hours 18 hours

Average Velocity: **0.0** km/hr

Total: **0.0** %

Vehicle Spec. Power Distribution

Total: **0.0** %

Soak Time Distribution

Figura 24. Creación del archivo localidad en la plataforma del IVE – Av 3 Occidente.

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021



6.3.3.1 Corrida del IVE MODEL para la flota vehicular de las motos Av 3 Occidente.

IVE Model 2.0.2

File Language

International Vehicle Emissions Model

Calculation Location Fleet Base Adjustments

Location: **Occidente Av 3** Fleet: **Moto Fleet Bogota** Base Adjustment: **- none -**

Day: **30** Month: **January** Year: **2021** Day of the week: **Saturday** Altitude: **2600** meters I/M Class: **none**

A/C Use at 27°C (80°F): **50.0** % Road Grade: **0.0** %

Fuel Characteristics

Gasoline: Overall: **moderate/premixed** Sulfur (S): **low (50ppm)** Lead (Pb): **none** Benzene: **moderate (1.50%)** Oxygenate: **0%**

Diesel: Overall: **moderate** Sulfur (S): **low (50ppm)**

Hour: **0:00/all ...** ☒ Use this hour

Driving Characteristics

Humidity: **50.0** % Distance/Time: **623.11** kilometers Start-ups: **1685**

Temperature: **24.0** °Celsius

Group 1 Group 2

VSP Bin 0	VSP Bin 1	VSP Bin 2	VSP Bin 3	VSP Bin 4	VSP Bin 5	VSP Bin 6	VSP Bin 7	VSP Bin 8	VSP Bin 9
					0.04	0.13	0.31	0.35	3.41
VSP Bin 10	VSP Bin 11	VSP Bin 12	VSP Bin 13	VSP Bin 14	VSP Bin 15	VSP Bin 16	VSP Bin 17	VSP Bin 18	VSP Bin 19
10.76	42.14	20.23	18.11	3.9	0.53	0.09			
VSP Bin 20	VSP Bin 21	VSP Bin 22	VSP Bin 23	VSP Bin 24	VSP Bin 25	VSP Bin 26	VSP Bin 27	VSP Bin 28	VSP Bin 29
VSP Bin 30	VSP Bin 31	VSP Bin 32	VSP Bin 33	VSP Bin 34	VSP Bin 35	VSP Bin 36	VSP Bin 37	VSP Bin 38	VSP Bin 39
VSP Bin 40	VSP Bin 41	VSP Bin 42	VSP Bin 43	VSP Bin 44	VSP Bin 45	VSP Bin 46	VSP Bin 47	VSP Bin 48	VSP Bin 49
VSP Bin 50	VSP Bin 51	VSP Bin 52	VSP Bin 53	VSP Bin 54	VSP Bin 55	VSP Bin 56	VSP Bin 57	VSP Bin 58	VSP Bin 59

Average Velocity: **25.1** km/hr

Total: **100.0** % Vehicle Spec. Power Distribution

15 min 30 min 1 hour 2 hours 3 hours 4 hours 6 hours 8 hours 12 hours 18 hours Total

7.11 14.31 7.11 28.63 7.11 7.11 28.63 **100.01** % Soak Time Distribution

Figura 25. Crear archivo localidad para la flota vehicular de las motos avenida 2 Occidente
 Fuente: SERAMBIENTE SAS.,2021



IVE Model 2.0.2

File Language

International Vehicle Emissions Model

Calculation Location Fleet Base Adjustments

Location Group
- single location -

Calculate Locations
Occidente Av 3 (Moto Fleet Bogota)

Available Locations

- 2w Highway Bogota2005 (Moto Fleet Bogota)
- 2w Residential Bogota2005 (Moto Fleet Bogota)
- Bus Bogota2005 (Bus Fleet Bogotá)
- DTruck Bogota2005 (Trucks Fleet Bogota)
- LHTruck Bogota2005 (Trucks Fleet Bogota)
- Occidente Av 1 (Moto Fleet Bogota)
- PC Arterial Bogota2005 (Auto Fleet Bogota2005)
- PC Highway Bogota2005 (Auto Fleet Bogota2005)
- PC Residential Bogota2005 (Auto Fleet Bogota2005)
- Taxi Bogota2005 (Taxi Fleet Bogota)
- Occidente Av 2 (Trucks Fleet Bogota)

Add Remove

Calculate One Hour
Calculate One Day

Display Hour: 0:00/all ... Display Units: grams

Distance/Time: 623.1 km Start-ups: 1685.0

Criteria Toxics Global warming

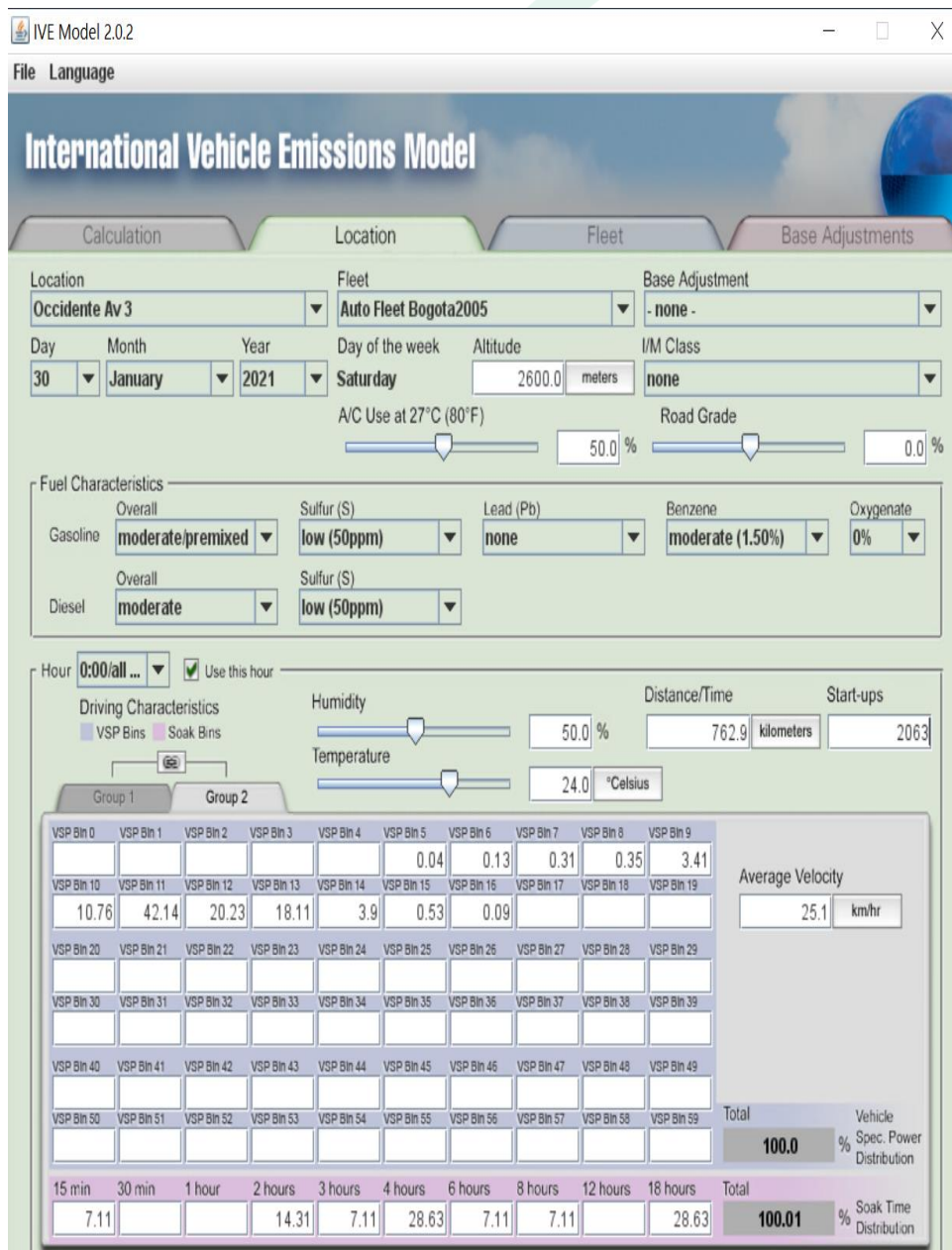
	✓ CO	✓ VOC	✓ VOC evap.	✓ NO _x	✓ SO _x	✓ PM
Start-up Hour	163118.31	34673.14	9899.84	2434.87	0.2	1233.01
Running Hour	20074.61	8780.51	246.91	45.7	0.44	169.08
Total Hour	183192.92	43453.65	10146.75	2480.57	0.64	1402.1
Start-up Day	163118.31	34673.14	9899.84	2434.87	0.2	1233.01
Running Day	20074.61	8780.51	246.91	45.7	0.44	169.08
Total Day	183192.92	43453.65	10146.75	2480.57	0.64	1402.1

Figura 26. Cálculo de las emisiones causadas por las motos en la Av 2 Occidente en el IVE MODEL 2.0

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021



6.3.3.2 Corrida del IVE MODEL para la flota vehicular de los autos en la Avenida 3 – Occidente



IVE Model 2.0.2

File Language

International Vehicle Emissions Model

Calculation Location Fleet Base Adjustments

Location: **Occidente Av 3** Fleet: **Auto Fleet Bogota2005** Base Adjustment: **- none -**

Day: **30** Month: **January** Year: **2021** Day of the week: **Saturday** Altitude: **2600.0** meters I/M Class: **none**

A/C Use at 27°C (80°F): **50.0** % Road Grade: **0.0** %

Fuel Characteristics

Gasoline: Overall: **moderate/premixed** Sulfur (S): **low (50ppm)** Lead (Pb): **none** Benzene: **moderate (1.50%)** Oxygenate: **0%**

Diesel: Overall: **moderate** Sulfur (S): **low (50ppm)**

Hour: **0:00/all ...** ☒ Use this hour

Driving Characteristics

☐ VSP Bins ☒ Soak Bins

Humidity: **50.0** % Distance/Time: **762.9** kilometers Start-ups: **2063**

Temperature: **24.0** °Celsius

Group 1 **Group 2**

VSP Bin 0	VSP Bin 1	VSP Bin 2	VSP Bin 3	VSP Bin 4	VSP Bin 5	VSP Bin 6	VSP Bin 7	VSP Bin 8	VSP Bin 9
					0.04	0.13	0.31	0.35	3.41
VSP Bin 10	VSP Bin 11	VSP Bin 12	VSP Bin 13	VSP Bin 14	VSP Bin 15	VSP Bin 16	VSP Bin 17	VSP Bin 18	VSP Bin 19
10.76	42.14	20.23	18.11	3.9	0.53	0.09			
VSP Bin 20	VSP Bin 21	VSP Bin 22	VSP Bin 23	VSP Bin 24	VSP Bin 25	VSP Bin 26	VSP Bin 27	VSP Bin 28	VSP Bin 29
VSP Bin 30	VSP Bin 31	VSP Bin 32	VSP Bin 33	VSP Bin 34	VSP Bin 35	VSP Bin 36	VSP Bin 37	VSP Bin 38	VSP Bin 39
VSP Bin 40	VSP Bin 41	VSP Bin 42	VSP Bin 43	VSP Bin 44	VSP Bin 45	VSP Bin 46	VSP Bin 47	VSP Bin 48	VSP Bin 49
VSP Bin 50	VSP Bin 51	VSP Bin 52	VSP Bin 53	VSP Bin 54	VSP Bin 55	VSP Bin 56	VSP Bin 57	VSP Bin 58	VSP Bin 59

Average Velocity: **25.1** km/hr

Total: **100.0** % Vehicle Spec. Power Distribution

15 min 30 min 1 hour 2 hours 3 hours 4 hours 6 hours 8 hours 12 hours 18 hours Total

7.11 14.31 7.11 28.63 7.11 7.11 28.63 **100.01** % Soak Time Distribution

Figura 27. Cargar la flota vehicular de autos en la Av 3 en la plataforma del IVE.

Fuente: SERAMBIENTE SAS.,2021



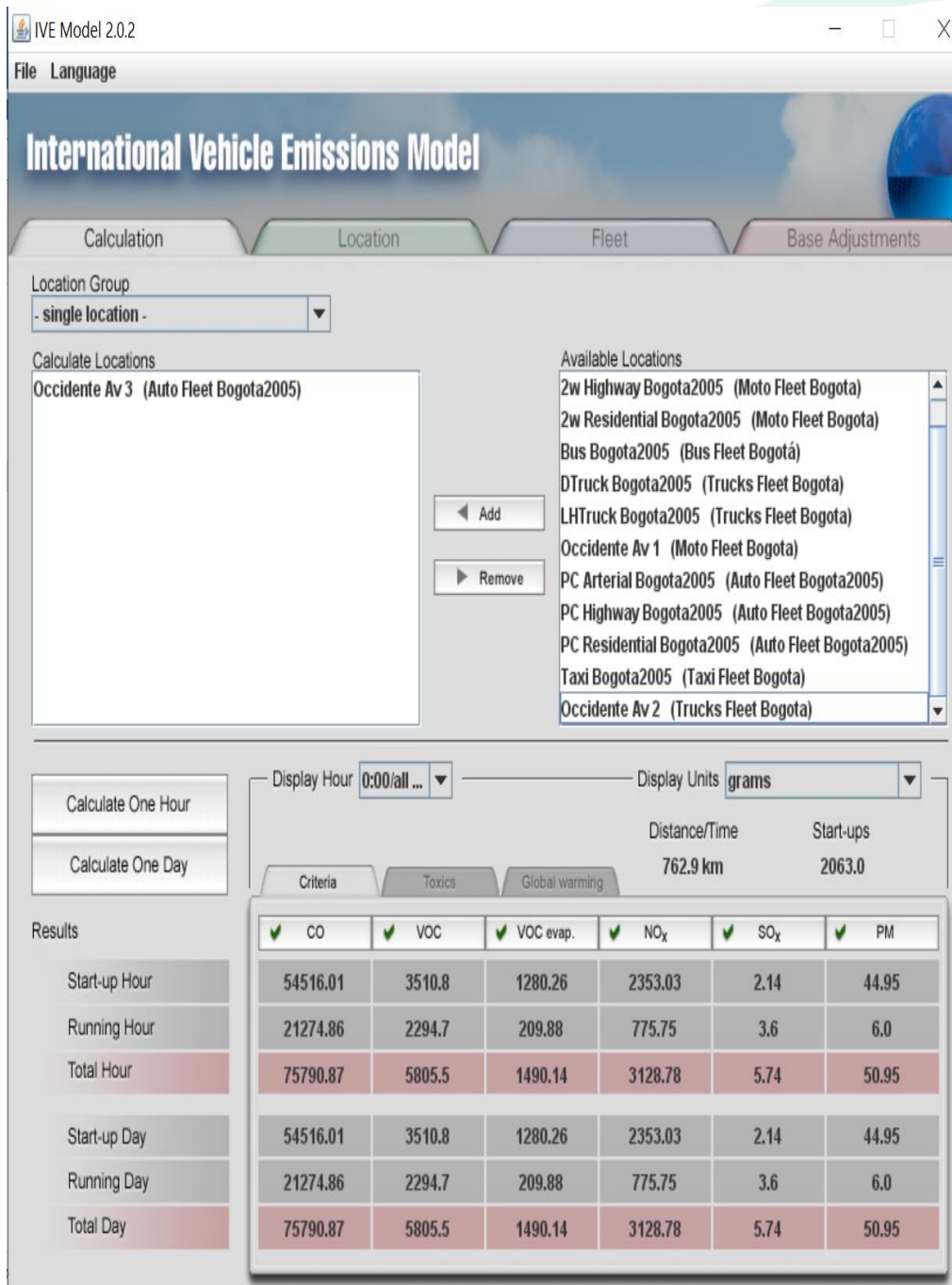


Figura 28. Cálculo de las emisiones generadas por los autos Av 3 Occidente en el IVE MODEL 2.0

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021



6.3.3.3 Corrida del IVE MODEL para la flota vehicular de los buses Av 3 Occidente.

IVE Model 2.0.2

File Language

International Vehicle Emissions Model

Calculation Location Fleet Base Adjustments

Location: Occidente Av 3 Fleet: Bus Fleet Bogotá Base Adjustment: - none -

Day: 30 Month: January Year: 2021 Day of the week: Saturday Altitude: 2600.0 meters I/M Class: none

A/C Use at 27°C (80°F): 50.0 % Road Grade: 0.0 %

Fuel Characteristics

Gasoline Overall: moderate/premixed Sulfur (S): low (50ppm) Lead (Pb): none Benzene: moderate (1.50%) Oxygenate: 0%

Diesel Overall: moderate Sulfur (S): low (50ppm)

Hour: 0:00/all ... ☒ Use this hour

Driving Characteristics: ☒ VSP Bins ☐ Soak Bins

Humidity: 50.0 % Distance/Time: 237.04 kilometers Start-ups: 641

Temperature: 24.0 °Celsius

Group 1										Group 2									
VSP Bin 0	VSP Bin 1	VSP Bin 2	VSP Bin 3	VSP Bin 4	VSP Bin 5	VSP Bin 6	VSP Bin 7	VSP Bin 8	VSP Bin 9	VSP Bin 10	VSP Bin 11	VSP Bin 12	VSP Bin 13	VSP Bin 14	VSP Bin 15	VSP Bin 16	VSP Bin 17	VSP Bin 18	VSP Bin 19
					0.04	0.13	0.31	0.35	3.41	10.76	42.14	20.23	18.11	3.9	0.53	0.09			
VSP Bin 20	VSP Bin 21	VSP Bin 22	VSP Bin 23	VSP Bin 24	VSP Bin 25	VSP Bin 26	VSP Bin 27	VSP Bin 28	VSP Bin 29	VSP Bin 30	VSP Bin 31	VSP Bin 32	VSP Bin 33	VSP Bin 34	VSP Bin 35	VSP Bin 36	VSP Bin 37	VSP Bin 38	VSP Bin 39
VSP Bin 40	VSP Bin 41	VSP Bin 42	VSP Bin 43	VSP Bin 44	VSP Bin 45	VSP Bin 46	VSP Bin 47	VSP Bin 48	VSP Bin 49	VSP Bin 50	VSP Bin 51	VSP Bin 52	VSP Bin 53	VSP Bin 54	VSP Bin 55	VSP Bin 56	VSP Bin 57	VSP Bin 58	VSP Bin 59
15 min	30 min	1 hour	2 hours	3 hours	4 hours	6 hours	8 hours	12 hours	18 hours	Total									
7.11			14.31	7.11	28.63	7.11	7.11		28.63	100.0									

Average Velocity: 20 km/hr

Total: 100.0 % Vehicle Spec. Power Distribution

Total: 100.01 % Soak Time Distribution

Figura 29. Cargar la flota vehicular de buses en la Av 3 de Occidente en la plataforma del IVE.

Fuente: SERAMBIENTE SAS.,2021



IVE Model 2.0.2

File Language

International Vehicle Emissions Model

Calculation Location Fleet Base Adjustments

Location Group
- single location -

Calculate Locations
Occidente Av 3 (Bus Fleet Bogotá)

Available Locations

- 2w Highway Bogota2005 (Moto Fleet Bogota)
- 2w Residential Bogota2005 (Moto Fleet Bogota)
- Bus Bogota2005 (Bus Fleet Bogotá)
- DTruck Bogota2005 (Trucks Fleet Bogota)
- LHTruck Bogota2005 (Trucks Fleet Bogota)
- Occidente Av 1 (Moto Fleet Bogota)
- PC Arterial Bogota2005 (Auto Fleet Bogota2005)
- PC Highway Bogota2005 (Auto Fleet Bogota2005)
- PC Residential Bogota2005 (Auto Fleet Bogota2005)
- Taxi Bogota2005 (Taxi Fleet Bogota)
- Occidente Av 2 (Trucks Fleet Bogota)

Add Remove

Calculate One Hour

Calculate One Day

Display Hour 0:00/all ...

Display Units grams

Distance/Time 237.0 km

Start-ups 641.0

Criteria Toxics Global warming

	CO	VOC	VOC evap.	NO _x	SO _x	PM
Start-up Hour	662.65	42.33	0.0	664.44	0.8	5088.32
Running Hour	1988.24	334.51	0.0	1952.75	2.93	1147.2
Total Hour	2650.89	376.84	0.0	2617.19	3.73	6235.53
Start-up Day	662.65	42.33	0.0	664.44	0.8	5088.32
Running Day	1988.24	334.51	0.0	1952.75	2.93	1147.2
Total Day	2650.89	376.84	0.0	2617.19	3.73	6235.53

Figura 30. Cálculo de las emisiones generadas por los buses Av 3 Occidente en el IVE MODEL 2.0

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021





IVE Model 2.0.2

File Language

International Vehicle Emissions Model

Calculation Location Fleet Base Adjustments

Location Group
- single location -

Calculate Locations
Occidente Av 3 (Trucks Fleet Bogota)

Available Locations

- 2w Highway Bogota2005 (Moto Fleet Bogota)
- 2w Residential Bogota2005 (Moto Fleet Bogota)
- Bus Bogota2005 (Bus Fleet Bogotá)
- DTruck Bogota2005 (Trucks Fleet Bogota)
- LHTruck Bogota2005 (Trucks Fleet Bogota)
- Occidente Av 1 (Moto Fleet Bogota)
- PC Arterial Bogota2005 (Auto Fleet Bogota2005)
- PC Highway Bogota2005 (Auto Fleet Bogota2005)
- PC Residential Bogota2005 (Auto Fleet Bogota2005)
- Taxi Bogota2005 (Taxi Fleet Bogota)
- Occidente Av 2 (Trucks Fleet Bogota)

Add Remove

Calculate One Hour
Calculate One Day

Display Hour 0:00/all ... Display Units grams

Distance/Time 167.5 km Start-ups 453.0

Criteria Toxics Global warming

	✓ CO	✓ VOC	✓ VOC evap.	✓ NO _x	✓ SO _x	✓ PM
Start-up Hour	12090.38	212.87	533.5	1220.73	0.97	1475.51
Running Hour	45443.62	1859.15	77.4	2072.6	2.01	354.3
Total Hour	57533.99	2072.02	610.9	3293.33	2.98	1829.81
Start-up Day	12090.38	212.87	533.5	1220.73	0.97	1475.51
Running Day	45443.62	1859.15	77.4	2072.6	2.01	354.3
Total Day	57533.99	2072.02	610.9	3293.33	2.98	1829.81

Figura 32. Cálculo de las emisiones generadas por los camiones en la Av 3 Occidente en el IVE MODEL 2.0

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021



7. RESULTADOS

El propósito del inventario de fuentes móviles es determinar las emisiones a la atmosfera de contaminantes que generan estas fuentes en el tramo de la vía evaluada, para ello mediante la aplicación del IVE MODEL 2.0 se calcularon las emisiones atmosféricas expresadas en gramos por día.

En esta sección se exponen los resultados que arrojó el cálculo de las emisiones a través de la modelación y mediante graficas se analizan dichos resultados estableciendo que tan altas son las cargas emitidas aire de contaminantes por fuentes móviles.

En la presente sección se presentan y analizan los resultados de las emisiones que se generan en el tramo evaluado por cada tipo de vehículo incluido en el inventario de emisiones,

7.1 Análisis de resultados avenida 1 occidente

En la **Tabla 9**, se resumen los resultados de las emisiones de los tres (3) contaminantes criterio principales de la avenida 1, calculadas usando el IVE MODEL 2.0

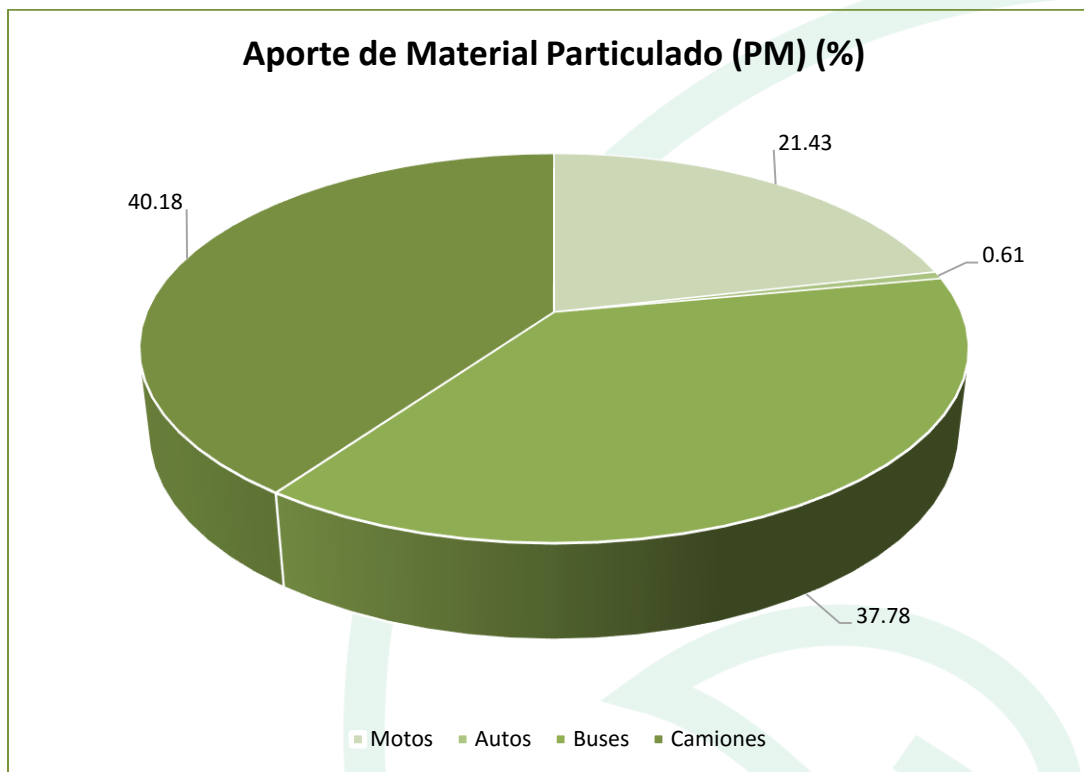
Tabla 9. Consolidado e las emisiones en carga por cada tipo de vehículo Av 1

Tipo de vehículo	PM (g/d)	PM (g/s)	SO ₂ (g/d)	SO ₂ (g/s)	NO _x (g/d)	NO _x (g/s)
Motos	10022.6	0.1160023	5.5	0.000064	17093.52	0.19784167
Autos	286.3	0.0033137	38.02	0.00044	18387.12	0.21281389
Buses	17667.42	0.204484	12.75	0.0001476	8852.3	0.10245718
Camiones	18788.3	0.2174572	39.93	0.0004622	43194.98	0.4999419
TOTAL	46764.62	0.54	96.2	0.00111	87527.92	1.01

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021

En la **Gráfica 1**, se presenta el aporte en porcentaje de material particulado (MP) por cada tipo de vehículo sobre el tramo vial evaluado:





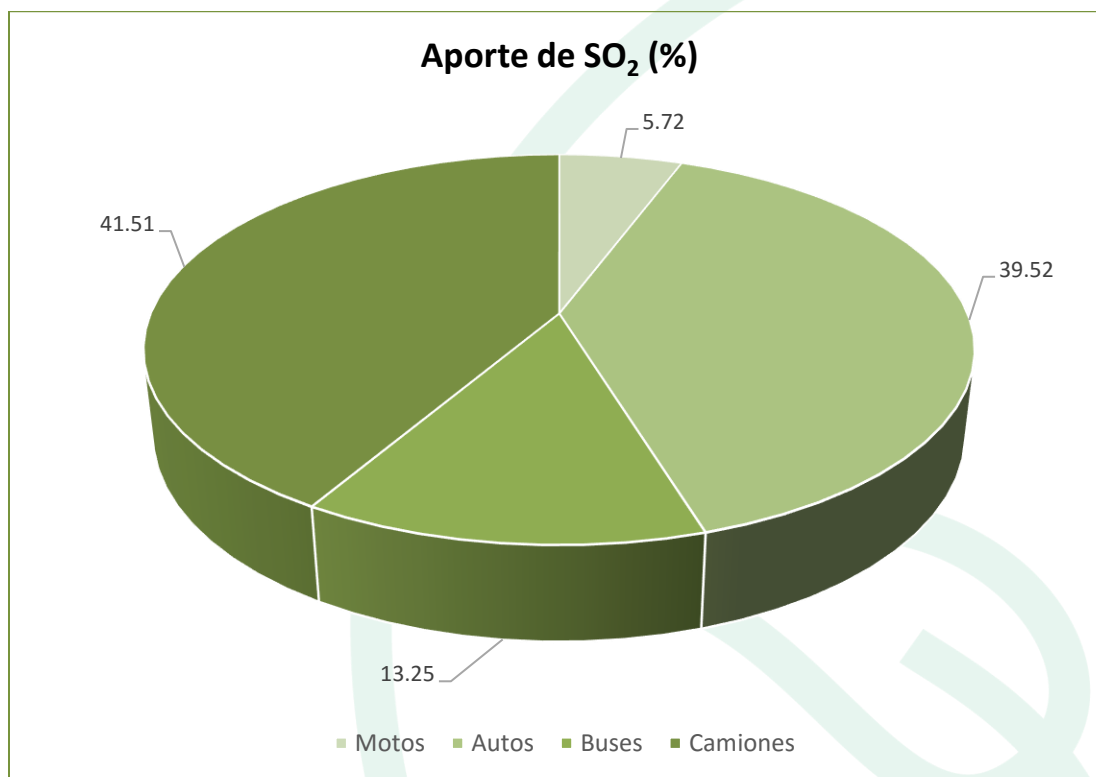
Gráfica 1. Aporte de emisión de MP Avenida 1 Occidente por tipo de vehículo.

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021

Según **Gráfica 2**, se observa que el mayor aporte de emisión de material particulado (MP) lo hacen los camiones con un 40.18% de aporte total, en segundo lugar, aparecen el aporte de las emisiones de los buses con un 37,38% del total, a continuación, las motos con el 21,43%, en mientras que los autos son los que menor aporte de emisiones de MP con un 0,61%.



En la **Gráfica 2**, se presenta aporte en porcentaje de dióxido de azufre (SO_2) por cada tipo de vehículo sobre el tramo vial evaluado:



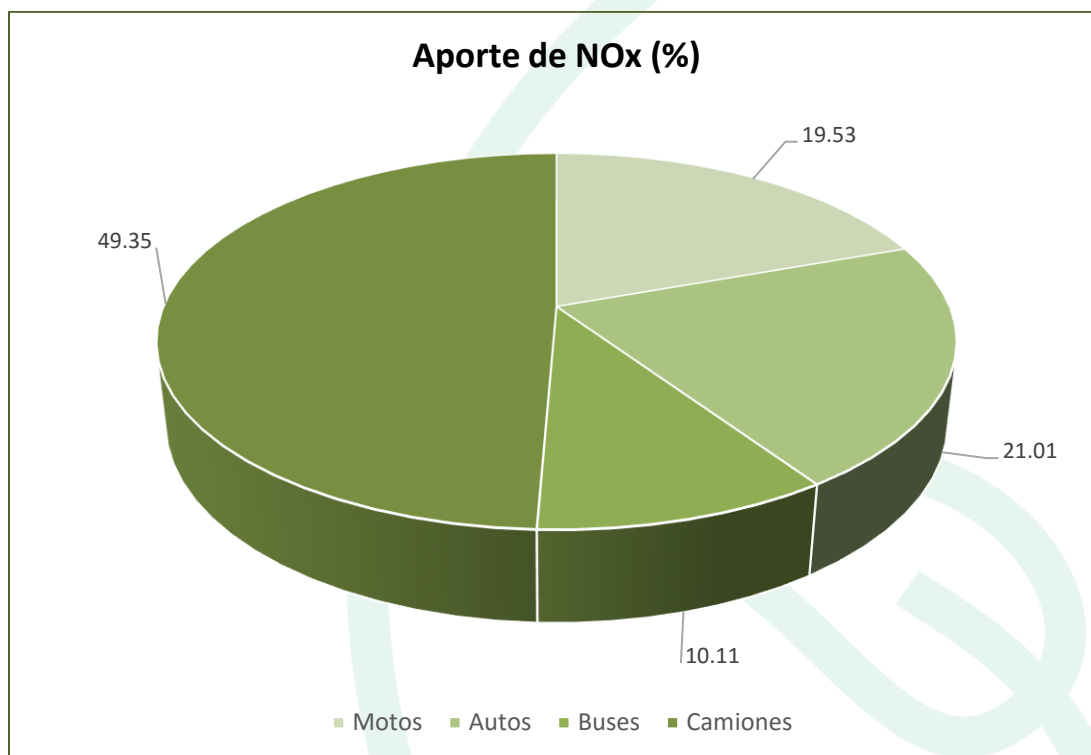
Gráfica 2. Aporte de emisión de SO_2 por tipo de vehículo Av 1 Occidente

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021

Las emisiones de dióxido de azufre (SO_2) son aportadas en mayor proporción por la categoría de los camiones, con el 41,51%, en segundo lugar, está el aporte hecho por los autos con el 39,52% y en tercer lugar están las emisiones generadas por los buses con 13,25%. La categoría de las motos es la que menos emisiones de SO_2 aporta con el 5,72% del total de SO_2 generado en la avenida 1 Occidente.



En la **Gráfica 3**, se presenta aporte en porcentaje de óxido de nitrógeno (NO_x) por cada tipo de vehículo sobre el tramo vial evaluado:



Gráfica 3. Aporte de emisión de NO_x por tipo de vehículo, Av 1

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021

En relación con los aportes de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), se tiene que los mayores aportes lo hacen la categoría de los camiones con el 49,35%, en segundo lugar, está el aporte hecho por los autos con el 21,01%, en tercer lugar, está el aporte hecho las motos con el 19,53%. La categoría que menos emisiones de NO_x generan son los buses con el 10,11%.



7.2 Análisis de resultados avenida 2 occidente

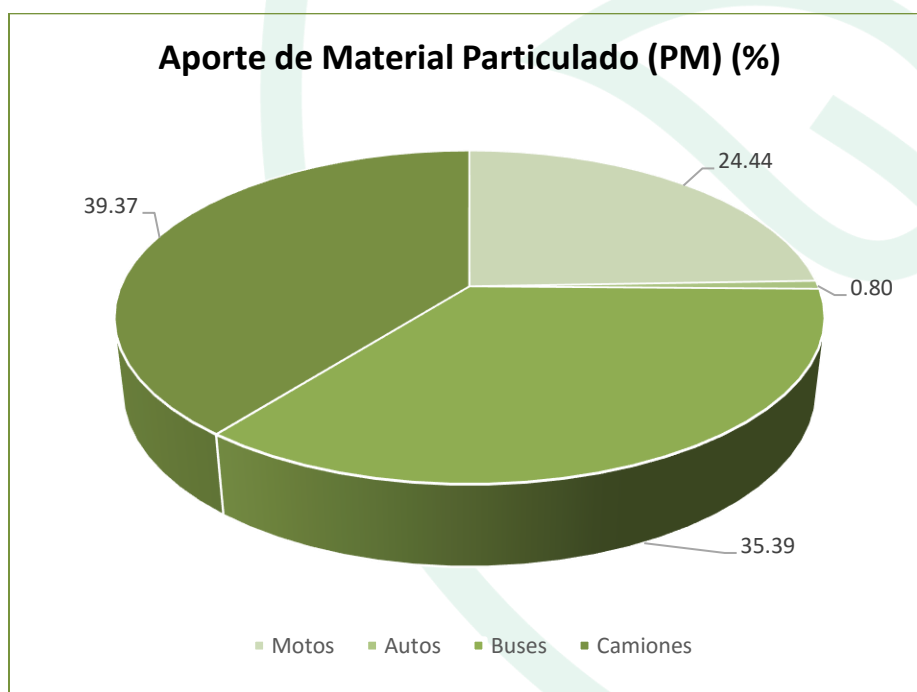
En la **Tabla 10**, se resumen los resultados de las emisiones de los tres contaminantes criterio principales de la avenida 2 Occidente, calculadas usando el IVE MODEL 2.0

Tabla 10. Consolidado e las emisiones en carga por cada tipo de vehículo Av 2

Tipo de vehículo	PM (g/d)	PM (g/s)	SO ₂ (g/d)	SO ₂ (g/s)	NO _x (g/d)	NO _x (g/s)
Motos	8310.05	0.0961811	3.11	0.000036	15189.44	0.1758037
Autos	272.69	0.0031561	25.75	0.000298	16063.99	0.1859258
Buses	12031.83	0.1392573	5.79	0.000067	4134	0.0478472
Camiones	13383.97	0.1549071	18.39	0.0002128	20698.32	0.2395639
TOTAL	33998.54	0.39	53.04	0.00061	56085.75	0.65

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021

En la **Gráfica 4**, se presenta el porcentaje de material particulado (MP) por cada tipo de vehículo sobre el tramo vial evaluado:



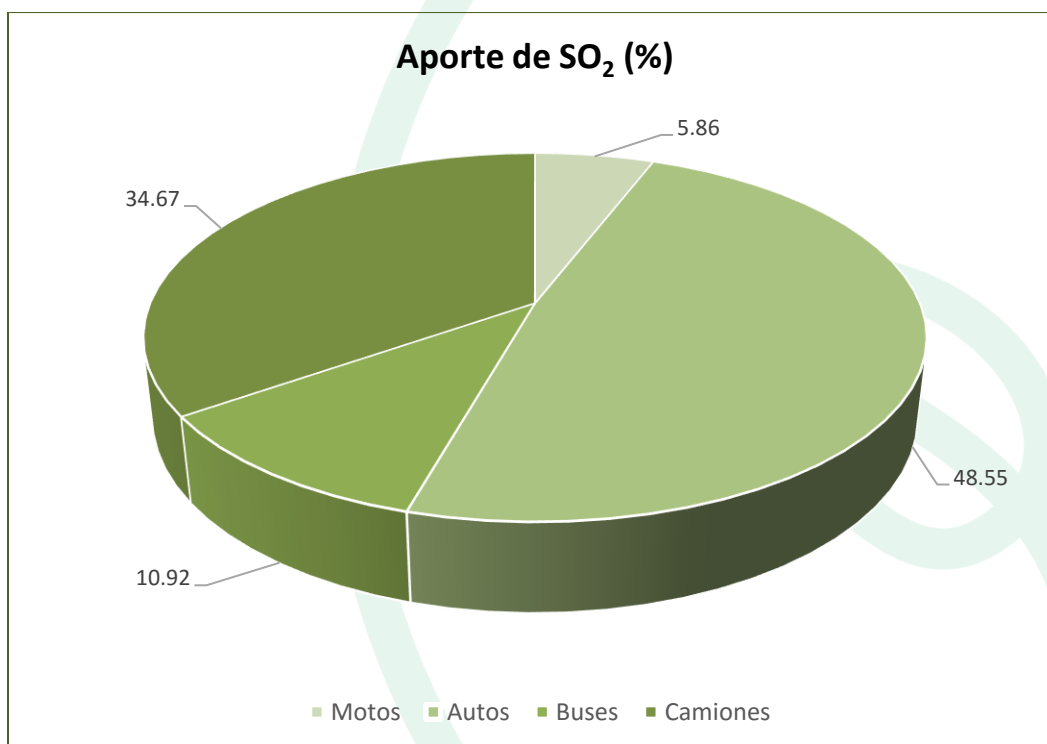
Gráfica 4.. Aporte de emisión de MP Avenida 2 Occidente por tipo de vehículo.

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021



Según **Gráfica 4**, se observa que el mayor aporte de emisión de material particulado (MP) lo hacen los camiones con un 39,37% de aporte total, en segundo lugar aparecen el aporte de las emisiones de los buses con un 35,39% del total, a continuación las motos con el 24,44%, mientras que los autos son los que menor aporte de emisiones de MP hacen con un 0,80%.

En la **Gráfica 5**, se presenta el aporte en porcentaje de dióxido de azufre (SO_2) por cada tipo de vehículo sobre el tramo vial evaluado:



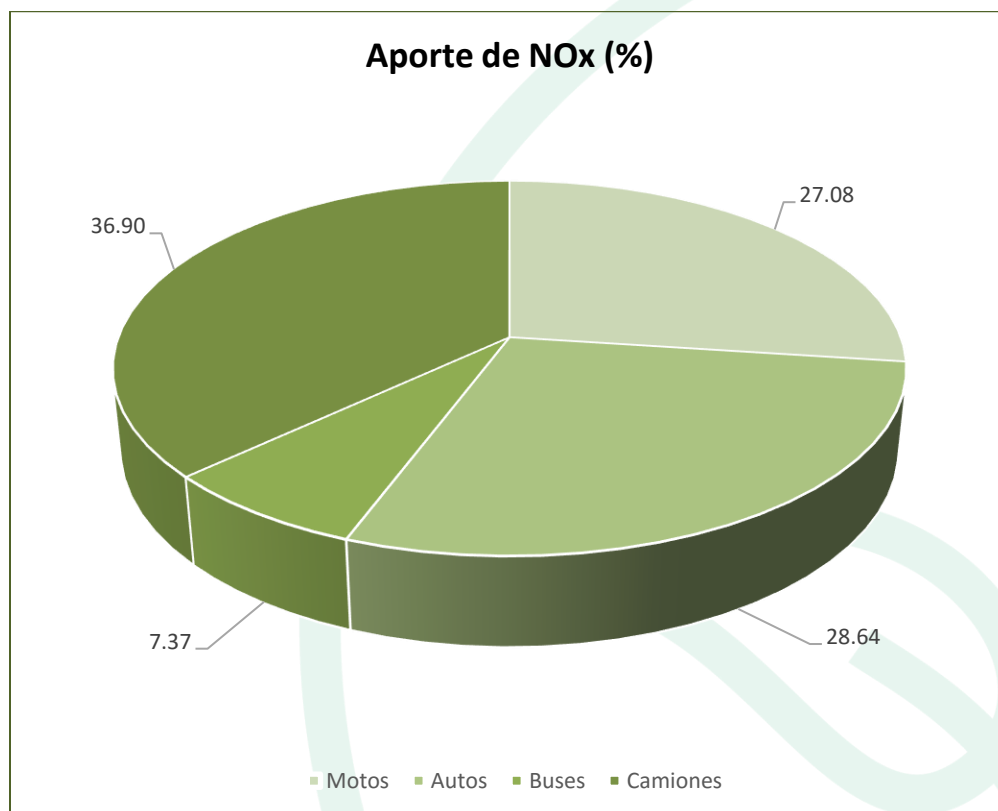
Gráfica 5. Aporte de emisión de SO_2 por tipo de vehículo Av 2 Occidente

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021

Las emisiones de dióxido de azufre (SO_2) son aportadas en mayor proporción por la categoría de los autos, con el 48,55%, en segundo lugar, está el aporte hecho por los camiones con el 34,67% y en tercer lugar están las emisiones generadas por los buses con 10.92%. La categoría de las motos es la que menos emisiones de SO_2 aporta con el 5,86% del total de SO_2 generado en la avenida 2 Occidente.



En la **Gráfica 6**, se presenta aporte en porcentaje de óxido de nitrógeno(NO_x) por cada tipo de vehículo sobre el tramo vial evaluado:



Gráfica 6. Aporte de emisión de NO_x por tipo de vehículo, Av 2 Occidente

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021

En relación con los aportes de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), se tiene que los mayores aportes lo hacen la categoría de los camiones con el 36,90%, en segundo lugar, está el aporte hecho por los autos con el 28,64%, en tercer lugar, está el aporte hecho las motos con el 27,08%. La categoría que menos emisiones de NO_x generan son los buses con el 7,37%.



7.3 Análisis de resultados avenida 3 occidente

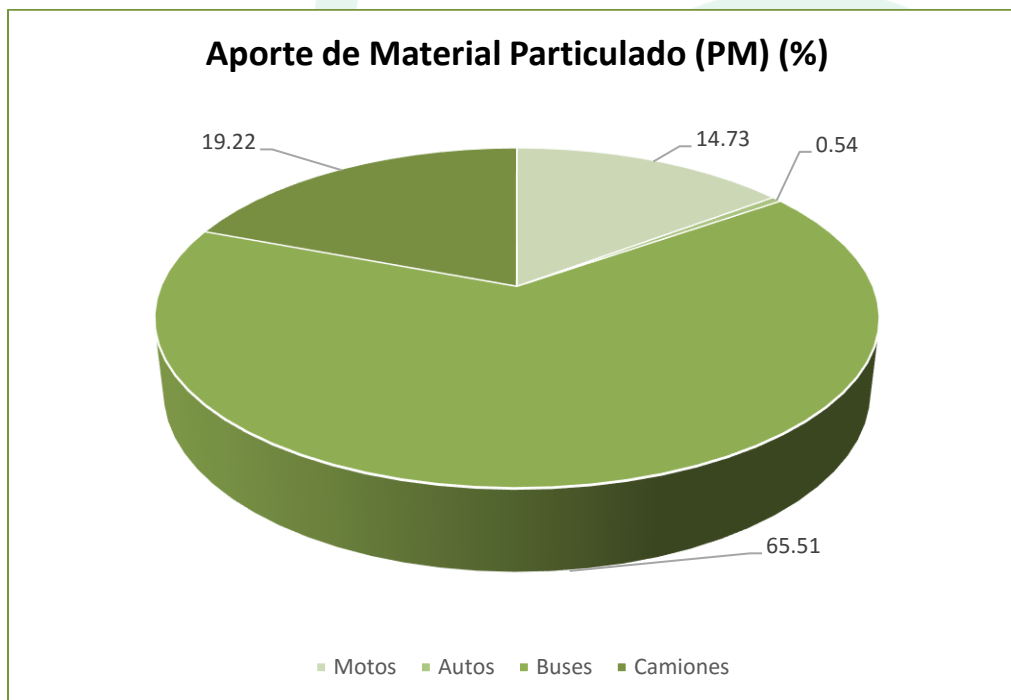
En la **Tabla 11**, se resumen los resultados de las emisiones de los tres (3) contaminantes criterios principales de la avenida 3, calculadas usando el IVE MODEL 2.0

Tabla 11. Consolidado e las emisiones en carga por cada tipo de vehículo Av 3

Tipo de vehículo	PM (g/d)	PM (g/s)	SO ₂ (g/d)	SO ₂ (g/s)	NO _x (g/d)	NO _x (g/s)
Motos	1402.1	0.016228009	0.64	0.000007	2480.57	0.0287103
Autos	50.95	0.000589699	5.74	6.644E-05	3128.78	0.0362127
Buses	6235.53	0.072170486	3.73	4.317E-05	2617.19	0.0302916
Camiones	1829.81	0.021178356	39.93	0.0004622	3293.33	0.0381172
TOTAL	9518.39	0.11	50.04	0.00058	11519.87	0.13

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021

En la **Gráfica 7**, se presenta el porcentaje de material particulado (MP) por cada tipo de vehículo sobre el tramo vial evaluado:



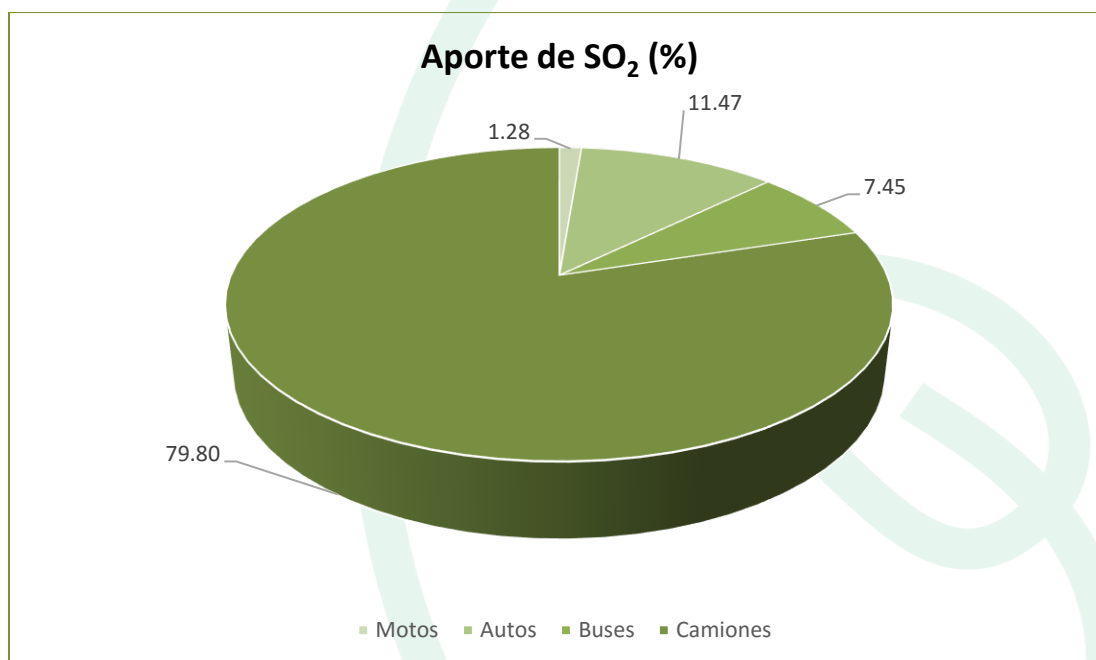
Gráfica 7. Aporte de emisión de MP Avenida 3 Occidente por tipo de vehículo.

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021



Según la **Gráfica 7**, se observa que el mayor aporte de emisión de material particulado (MP) lo hacen los buses con un 65,51% de aporte total, en segundo lugar aparecen el aporte de las emisiones de los camiones con un 19,22% del total, en tercer lugar la flota vehicular de las motos con un 14,73%, mientras que los autos son los que menor aporte de emisiones de MP hacen con un 0,54%.

En la **Gráfica 8**, se presenta el porcentaje de dióxido de azufre (SO₂) por cada tipo de vehículo sobre el tramo vial evaluado:

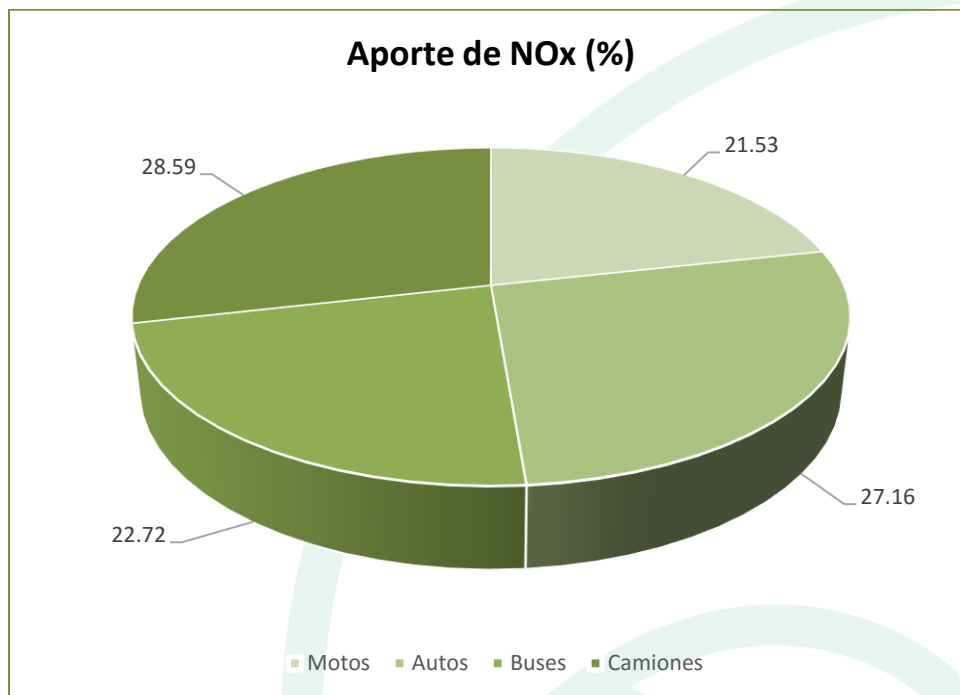


Gráfica 8. Aporte de emisión de SO₂ por tipo de vehículo Av 3 Occidente
 Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021

Las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) son aportadas en mayor proporción por la categoría de los camiones, con el 79,8%, en segundo lugar, está el aporte hecho por los autos con el 11,47% y en tercer lugar están las emisiones generadas por los buses con 7,45%. La categoría de las motos es la que menos emisiones de SO₂ aporta con el 1,28% del total de SO₂ generado en la avenida 3.

En la **Gráfica 9**, se presenta aporte en porcentaje de óxido de nitrógeno (NO_x) por cada tipo de vehículo sobre el tramo vial evaluado:





Gráfica 9. Aporte de emisión de NOx por tipo de vehículo, Av 3 Occidente

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021

De la **Gráfica 9**, se puede concluir que el aporte en las emisiones de NOx es ligeramente homogéneo entre las cuatro categorías de vehículos incluidas en el estudio, siendo las motos las que menor aporte hacen con un 21,53% seguido están los buses con un 22,72%. Los que más aportan en las emisiones de NOx son los camiones con el 28,59% y en segundo lugar están los autos con el 27,16%.



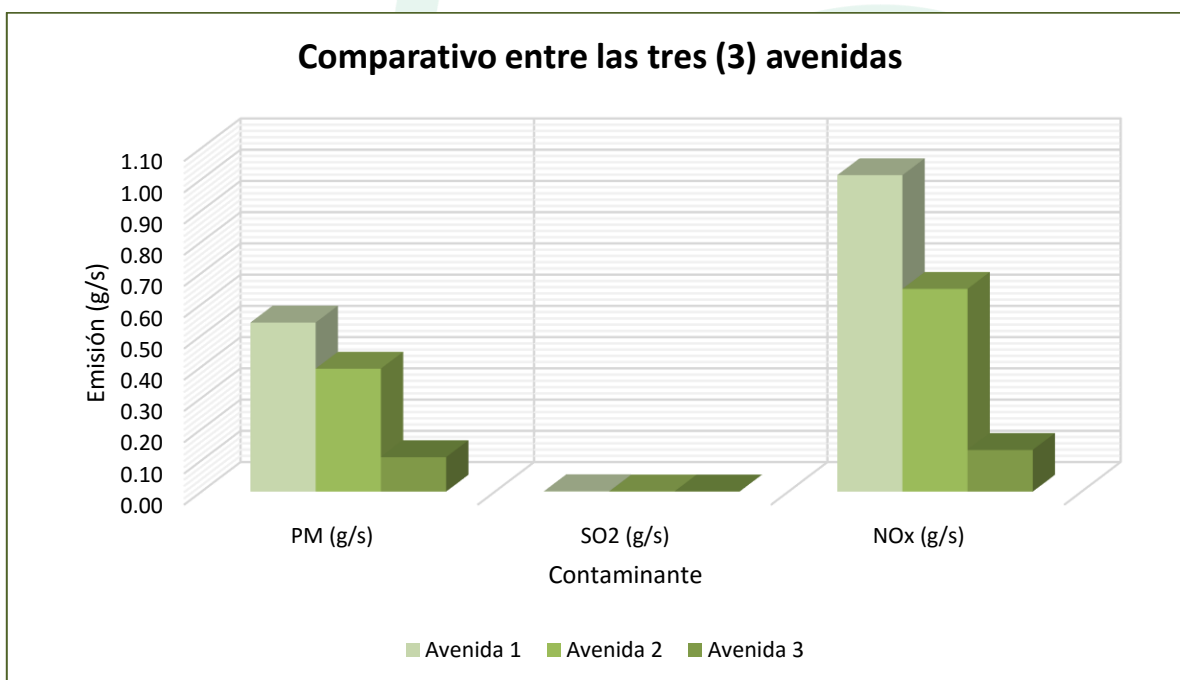
7.4 Comparación de las emisiones generadas entre las tres vías incluidas

En **Gráfica 10**, se observa el comportamiento de las emisiones generadas en los tres contaminantes criterio, comparando el aporte que hace cada una de las avenidas incluidas en el estudio de emisiones por fuentes móviles, donde es claro que la avenida 1 es la que mayor problemática genera en cuanto a las emisiones.

Tabla 12. Consolidado resumen de las emisiones en carga (g/s) de cada avenida

Via	PM (g/s)	SO ₂ (g/s)	NO _x (g/s)
Avenida 1	0.54	0.00111343	1.01
Avenida 2	0.39	0.00061389	0.65
Avenida 3	0.11	0.00057917	0.13

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021



Gráfica 10. comparativa de las emisiones en cada una de las vías

Fuente: SERAMBIENTE SAS., 2021



8. CONCLUSIONES

Después de realizar la corrida del modelo fuentes móviles mediante el software IVE MODEL 2.0 el cual generó información confiable a la hora obtener resultados, se puede concluir que:

- En la avenida 1 de Occidente se evidenció que los camiones generan la mayor carga de emisión de materia particulado (PM) con un 40,18% del total, en tanto que los autos son los que menor aporte generan en cuanto a emisiones con tan solo un 0,61%.
- En relación con el dióxido de azufre (SO₂) en la avenida 1 de Occidente, los camiones y los autos generan la mayor carga de las emisiones con un 41,51% y 39,52% respectivamente. En tanto que las motos son las que menos aportan en las emisiones de SO₂ con un 5,72%.
- En la avenida 1 en relación con las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x). Los camiones son los que más aportan con un 49,35% y los buses son los que menos aportan con un 10,11%.
- En la avenida 2 la mayor generación de material particulado la genera los camiones con un 39,37%. Los autos son los que menos carga generan con un 0,80%.
- En las emisiones de SO₂, en la avenida 2 son los autos los que mayor aporte hacen con un 48,55%. Las motos son las que menos emisiones causan de SO₂ con un 5,86%.
- Con respecto a las emisiones de NO_x, en la avenida 2 de Occidente los camiones son los que más aportan con el 36,9%. Los buses son los que menos carga de emisión de NO_x producen con un 7,37%.



- En la avenida 3 se encontró que los buses son los que mayor aporte de material particulado hace con un 65,51%. Mientras que los autos son lo que menos aporte hacen con un 0,54%
- En la avenida 3, en relación con el SO₂ los camiones aportan la mayor cantidad con un 79,8%, mientras que las motos tan solo aportan el 1,28%
- En cuanto a las emisiones de NO_x en la avenida 3, el aporte es muy equitativo entre las (4) categoría de vehículos, aportando entre un 20% y 29% cada tipo de vehículo
- Al comparar los resultados las tres avenidas, se observa que la mayor contaminación o carga de emisiones por fuentes móviles se da en la avenida 1 para los tres contaminantes criterio, seguramente por el mayor flujo vehicular que transita en dicha avenida. Mientras que la avenida 3 es la que menos impacto genera al aportar menores cargas de emisión en los tres contaminantes criterio

(FIN DEL INFORME)