



**Estimación De Las Emisiones De Contaminantes Atmosféricos CO, NO_x, COV'S Por
Medio De Aforo Vehicular En El Corregimiento De Juan Mina**

Olga Lucía Coronado Pacheco

Sebastián Enrique Vergara Ramírez

Corporación Universitaria Reformada

Facultad de Ingeniería Ambiental

Barranquilla-Atlántico

2024

**Estimación De Las Emisiones De Contaminantes Atmosféricos CO, NO_x, COV'S Por
Medio De Aforo Vehicular En El Corregimiento De Juan Mina**

Olga Lucia Coronado Pacheco

Sebastian Enrique Vergara Ramirez

Investigación presentada como requisito para optar por el título de **Ingeniero Ambiental**

Tutora:

Ing. Martha Alicia Mendoza Hernández M.Sc.

Bio. Margarita Del Pilar Castillo Ramírez M.Sc.

Corporación Universitaria Reformada

Departamento de Ingeniería

Barranquilla – Atlántico

2024

Dedicatoria

A Dios por darme sabiduría e inteligencia en la vida.

A mis padres Luz Ramirez y Tulio Vergara, por guiarme, apoyarme y esforzarse siempre para ayudarme a cumplir mis sueños.

A mi hermana María José Vergara por su apoyo y amor incondicional.

A mis amigos y compañeros de carrera Jaime Suarez, Dayana Jara y Olga Coronado por llenar mi vida de color, sonrisas y amor incondicional, por escucharme, y enseñarme que con una sonrisa es más fácil sobrellevar la vida.

A mi perro Sandy por acompañarme durante largas horas de trabajos.

A esas personas especiales por inspirarme a ser feliz, enseñarme que con amor, paciencia, esfuerzo y dedicación todo es posible, por nunca abandonarme y enseñarme a entender un poco más la complejidad de la vida.

Sebastián Enrique Vergara Ramírez

Dedicatoria

Primero quiero darle las gracias a Dios, por ser mi guía constante en esta fase académica por darme la fortaleza para superar los desafíos que en todo este tiempo afronte.

Gracias a mis padres Hector Coronado e Hialdrivis Pacheco, por su amor incondicional, apoyo inquebrantable y todos sus sacrificios que hicieron posible este logro.

A mis hermanos Jannick, Elder y Jairo, que siempre estuvieron para ayudarme y apoyarme todo. Así mismo, quiero darle las gracias a familiares y amigos, por su comprensión y motivación en cada paso del camino.

Olga Lucía Coronado Pacheco

Agradecimientos

Queremos agradecerle a la Corporación Universitaria Reformada, especialmente a el profesor Pedro Pacheco.

A Ms C. Martha Mendoza y a Ms.C. Margarita Castillo, tutora y cotutora de nuestro trabajo de grado, por confiar en nosotros, y brindarnos su valioso tiempo y conocimientos durante toda esta investigación.

A todos los docentes que fueron claves para nuestra formación profesional. Los cuales han impartido muchos conocimientos tanto académicos como personales. Son unas personas maravillosas, que tienen un amor único por sus estudiantes.

Resumen

En el presente proyecto se establecen las estimaciones de los contaminantes atmosféricos como lo son CO, NO_x, COV'S emitidos por vehículos en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla. Para ello se realizó inicialmente un aforo vehicular en cinco puntos de este corregimiento. En el aforamiento realizado se tuvieron en cuenta distintos criterios tales como: Coordenadas del punto, hora de inicio y hora final, tipo de vehículo (Taxis, autos, bus, vehículos C-2P, C-2G, C 3-4, C5, >C6 y motos), condiciones climáticas, modelo del vehículo. El aforo vehicular se realizó en tres días hábiles y tres no hábiles de abril y mayo del año 2024.

Con los resultados obtenidos del aforo vehicular, se estimaron las emisiones en caliente de cada tipo de vehículo identificado. Para ello se consideraron indicadores de contaminación para la realización del inventario de emisiones vehiculares y los factores de emisión de los compuestos orgánicos volátiles (COV's), Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de nitrógeno NO_x, aplicando la metodología de CORINAIR. Donde se encontró que el vehículo más aforado de todos fueron las motos y que los niveles más altos de emisiones los presentó el CO, seguido de los COV's y por último NO_x.

Palabras clave: contaminación atmosférica, fuentes móviles, aforo vehicular, emisiones

Abstract

This project establishes estimates of atmospheric pollutants such as CO, NO_x, VOC'S emitted by vehicles in the district of Juan Mina in the city of Barranquilla. For this purpose, a vehicle gauging was initially carried out in five points of this township. Different criteria were taken into account in the gauging process, such as: coordinates of the point, start and end time, type of vehicle (cabs, cars, buses, C-2P, C-2G, C 3-4, C5, >C6 and motorcycles), weather conditions, vehicle model. Vehicle gauging was carried out on three working days and three non-working days in April and May 2024.

With the results obtained from the vehicle gauging, the hot emissions of each type of vehicle identified were estimated. For this purpose, pollution indicators were considered for the inventory of vehicle emissions and emission factors for volatile organic compounds (VOCs), carbon monoxide (CO), nitrogen oxides NO_x, applying the CORINAIR methodology. It was found that motorcycles were the most heavily traced vehicle of all, and that the highest levels of emissions were presented by CO, followed by VOCs and finally NO_x.

Keywords: atmospheric pollution, mobile sources, vehicular gauging, emissions

Contenido

| | |
|--|-----------|
| 1. Introducción..... | 12 |
| 2. Planteamiento Del Problema..... | 14 |
| 3. Alcance..... | 17 |
| 4. Objetivos..... | 17 |
| 4.1. Objetivo general..... | 17 |
| 4.2. Objetivos específicos | 17 |
| 5. Hipótesis | 18 |
| 6. Justificación..... | 18 |
| 7. Marco Teórico | 20 |
| 8. Estado Del Arte..... | 21 |
| 9. Marco Conceptual..... | 26 |
| 9.1. Protocolo De Vigilancia De Aire..... | 26 |
| 9.2. Monóxido de Carbono (CO)..... | 26 |
| 9.3. Óxidos de Nitrógeno (NOx)..... | 26 |
| 9.4. Compuestos Orgánicos Volátiles COV's..... | 27 |
| 9.5. Efectos a la salud | 27 |
| 9.6. Flujo vehicular | 28 |
| 9.7. Fuentes Móviles | 28 |
| 9.8. Estabilidad Atmosférica | 29 |
| 9.9. Condiciones ambientales..... | 29 |
| 9.10. Combustión Incompleta..... | 30 |
| 10. Marco Normativo..... | 30 |
| 11. Metodología..... | 32 |
| 11.1. Área de Estudio..... | 32 |

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 11.2. | Aforo Vehicular en el Corregimiento de Juan Mina. | 33 |
| 11.3. | Estimación de los contaminantes criterios CO, NO _x , COV'S emitidos por fuentes móviles por medio de factores de emisión..... | 36 |
| 11.4. | Distribución Espacio Temporal de la Dispersión de los Contaminantes CO, NO _x , COV's. | 41 |
| 12. | Resultados..... | 42 |
| 12.1. | Aforo vehicular del corregimiento de Juan Mina..... | 42 |
| 12.2. | Estimación de los contaminantes criterios CO, NO _x y COV'S emitidos por fuentes móviles por medio de factores de emisión..... | 59 |
| 12.3. | Mapas de isoconcentración espacio- temporal de los contaminantes criterios CO, NO _x y COV'S emitidos por fuentes móviles..... | 65 |
| 12.3.1 | CO | 65 |
| 12.3.2 | COV'S..... | 67 |
| 12.3.3 | NO_x | 70 |
| 13. | Conclusiones | 74 |
| 14. | Recomendaciones | 75 |
| 15. | Referencias | 76 |

Tabla de Ilustraciones

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Representación de los diferentes efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud. Fuente: Curriculum Nacional Chile | 28 |
| Ilustración 2. Emisiones por fuentes móviles. | 29 |
| Ilustración 3. Ubicación del corregimiento de Juan Mina. | 33 |
| Ilustración 4. Puntos de aforo en el corregimiento de Juan Mina | 35 |

Tabla de Gráficas

| | |
|--|----|
| Gráfica 1. Aforo vehicular jornada matutina 1 de abril. | 43 |
| Gráfica 2 Aforo vehicular jornada vespertina 1 de abril..... | 44 |
| Gráfica 3 Aforo vehicular jornada matutina 25 de abril del 2024. | 45 |
| Gráfica 4 Aforo vehicular jornada vespertina 25 de abril del 2024..... | 47 |
| Gráfica 5 Aforo vehicular jornada matutina 29 de abril del 2024. | 48 |
| Gráfica 6 Aforo vehicular jornada vespertina 29 de abril del 2024..... | 49 |
| Gráfica 7 Aforo vehicular jornada matutina 6 de abril del 2024. | 51 |
| Gráfica 8 Aforo vehicular jornada vespertina 6 de abril del 2024..... | 52 |
| Gráfica 9 Aforo vehicular jornada matutina 28 de abril del 2024. | 53 |
| Gráfica 10 Aforo vehicular jornada vespertina 28 de abril | 55 |
| Gráfica 11 Aforo vehicular jornada matutina 1 de mayo..... | 56 |
| Gráfica 12 Aforo vehicular jornada vespertina 1 de mayo | 57 |
| Gráfica 13 Aforo total de vehículos..... | 58 |
| Gráfica 14 Emisiones por contaminantes de los vehículos aforados día hábil jornada matutina.60 | |
| Gráfica 15 Emisiones por contaminantes de los vehículos aforados día hábil jornada Vespertina. | 61 |
| Gráfica 16 Emisiones por contaminantes de los vehículos aforados día No hábil jornada Matutina..... | 63 |
| Gráfica 17 Emisiones por contaminantes de los vehículos aforados día No hábil jornada Vespertina..... | 64 |

Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Normatividad vigente de calidad de aire. | 30 |
| Tabla 2. Ubicación de los puntos de Monitoreo. | 34 |
| Tabla 3. Consideraciones de la metodología Corinair | 37 |
| Tabla 4. Fórmula para calcular los Factores de Emisión de Combustión. | 39 |
| Tabla 5. Categoría y tipo de vehículo para aforar..... | 40 |
| Tabla 6. Factores de emisión ajustados para el corregimiento de Juan Mina..... | 41 |
| Tabla 7. Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día hábil 1 jornada Matutina..... | 42 |
| Tabla 8. Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día hábil 1 Vespertina. | 43 |
| Tabla 9. Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día hábil 2 jornada Matutina..... | 45 |

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabla 10. | Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día hábil 2 jornada Vespertina. | 46 |
| Tabla 11. | Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día hábil 3 jornada Matutina. | 47 |
| Tabla 12. | Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día hábil 3 jornada Vespertina. | 49 |
| Tabla 13. | Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día No hábil 1 jornada Matutina. | 50 |
| Tabla 14. | Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día No hábil 1 jornada Vespertina. . | 51 |
| Tabla 15. | Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día No hábil 2 jornada Matutina. | 53 |
| Tabla 16. | Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día No hábil 2 jornada Vespertina. . | 54 |
| Tabla 17. | Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día No hábil 3 jornada Matutina. | 55 |
| Tabla 18. | Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día No hábil 3 jornada Vespertina. . | 57 |
| Tabla 19. | Estimación de emisiones para fuentes móviles jornada matutina días hábiles. | 60 |
| Tabla 20. | Estimación de emisiones para fuentes móviles jornada vespertina días hábiles. | 61 |
| Tabla 21. | Estimación de emisiones para fuentes móviles jornada matutina días No hábiles..... | 63 |
| Tabla 22. | Estimación de emisiones para fuentes móviles jornada matutina días No hábiles..... | 64 |

Tabla de figuras

| | | |
|----------|---|----|
| Figura 1 | Mapas de isoconcentración espaciotemporal de CO en días hábiles | 66 |
| Figura 2 | Mapas de isoconcentración espaciotemporal de CO en días no hábiles | 67 |
| Figura 3 | Mapas de isoconcentración espaciotemporal de los COV's en días hábiles..... | 69 |
| Figura 4 | Mapas de isoconcentración espaciotemporal de los COV's en días no hábiles | 70 |
| Figura 5 | Mapas de isoconcentración espaciotemporal de NOx en días hábiles | 72 |
| Figura 6 | Mapas de isoconcentración espaciotemporal de NOx en días no hábiles | 73 |

1. Introducción.

La contaminación atmosférica es uno de los principales problemas de la humanidad, por lo que ha aumentado la cantidad de gases de efecto invernadero que aceleran el cambio climático. Esta es causada por diversos contaminantes como lo son monóxido de carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NOx), Dióxido de Azufre (SO₂), entre otros, los cuales están asociados a procesos de combustión, los cuales afecta no solo al entorno, sino que también a los seres humanos por medio de su exposición.

La Organización Mundial de la Salud -OMS reconoce que la contaminación atmosférica es uno de los principales riesgos ambientales para la salud en América y estimó que en 2019 alrededor de 6,7 millones de muertes prematuras se atribuyeron anualmente a los efectos de la contaminación del aire ambiente y doméstico, y que cerca del 99% de la población mundial vivía en lugares donde no se cumplían los niveles de las directrices de calidad del aire. (OPS, 2020).

Los contaminantes de mayor preocupación para la salud pública incluyen partículas, monóxido de carbono, ozono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre (OPS, 2020), los cuales son generados con mayor frecuencia las emisiones del escape, resultantes del proceso de combustión. La calidad del aire lo conforma el gasto energético utilizado en los sectores productivos, de transporte, de comercio y de servicios, ya que en su gran mayoría los contaminantes emitidos a la atmósfera son el producto de la combustión de tipos de combustibles fósiles. (Hernandez, 2010). Los vehículos automotores hoy en día emiten contaminantes que aumentan la concentración en la atmósfera en las áreas urbanas, que afectan la calidad de vida de sus habitantes, no obstante, existen estudios que vinculan esta contaminación con enfermedades respiratorias, cardiovasculares, cardíacas y hepáticas en especial en el ser humano; aunque no

siendo ajeno hay otras variables del entorno como la flora y la fauna e incluso los materiales que con diversas reacciones químicas han producido procesos de oxidación afectando a las mismas.

La calidad del aire lo conforma el gasto energético utilizado en los sectores productivos, de transporte, de comercio y de servicios, ya que en su gran mayoría los contaminantes emitidos a la atmósfera son el producto de la combustión de tipos de combustibles fósiles. (Hernandez, 2010). Los vehículos automotores hoy en día emiten contaminantes que aumentan la concentración en la atmosfera en las áreas urbanas, que afectan la calidad de vida de sus habitantes, no obstante, existen estudios que vinculan esta contaminación con enfermedades respiratorias, cardiovasculares, cardíacas y hepáticas en especial en el ser humano; aunque no siendo ajeno hay otras variables del entorno como la flora y la fauna e incluso los materiales que con diversas reacciones químicas han producido procesos de oxidación afectando a las mismas.

En el Distrito de Barranquilla en los últimos años se ha incrementado mucho el parque automotor, pero, según la secretaria de tránsito y vial según la información de matrículas suministrada por el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT), en septiembre de 2023 se matricularon 15.525 vehículos nuevos presentando una disminución del 35 % respecto a septiembre del 2022. En el acumulado entre enero y septiembre se han matriculado 134.052 vehículos nuevos, presentando un decrecimiento acumulado del 31,3% respecto al mismo periodo del 2022. (ANDI, 2023).

En la ciudad de Barranquilla, la concentración de contaminantes criterios como monóxido de carbono, ozono, dióxido de nitrógeno, material particulado y dióxido de azufre se prevé que se ha incrementado, debido al acelerado crecimiento de la ciudad a nivel industrial en especial por los proyectos urbanísticos. No obstante, el crecimiento de la ciudad también corresponde a su

corregimiento de Juan Mina, una zona que se ha convertido en el corredor de vehículos pesados, automóviles y motos de la zona industrial.

Juan Mina corregimiento de la ciudad de Barranquilla, atendiendo la problemática que presentan las ciudades con respecto al incremento de problemas ambientales, no se queda atrás con la situación de contaminación por calidad de aire, especialmente por la cantidad de vehículos que por el transcurrir y las actividades industriales que en ella se desarrollan.

El presente proyecto cuenta con enfoque cuantitativo, donde se busca determinar la influencia del tráfico vehicular basado sobre sobre factores de emisión, y estimación de emisiones contaminantes de fuentes móviles a escala local.

Usando el modelo CORINAIR, se estimaron las concentraciones para monóxido de carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) haciendo uso de factores de emisión adaptados para Colombia, velocidad promedio en las vías y número de vehículos por categoría. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo estimar la concentración de emisiones contaminantes procedentes de las fuentes móviles que impactan la calidad de aire en el corregimiento de Juan Mina en la ciudad de Barranquilla.

2. Planteamiento Del Problema.

La contaminación del aire representa un creciente desafío debido a las múltiples actividades humanas, tanto en entornos urbanos como rurales. Este problema no solo afecta al medio ambiente, sino que también repercute directamente en la salud humana, enfocado en las enfermedades respiratorias, especialmente entre las poblaciones más vulnerables. Como resultado, la contaminación atmosférica se ha convertido en una preocupación central para la salud pública y las organizaciones internacionales. Estas entidades señalan que la gran mayoría

de las personas están expuestas a niveles elevados de contaminantes en el aire, y que millones de personas mueren anualmente debido a la contaminación del aire tanto en espacios exteriores como en sus propios hogares. (OMS, 2021).

La contaminación del aire vehicular es una problemática que afecta a muchas áreas urbanas en todo el mundo. El crecimiento constante del parque automotor, impulsado por el aumento de la población y la urbanización, ha generado una serie de impactos negativos en la calidad del aire y, por ende, en la salud pública y el medio ambiente.

Los vehículos, especialmente aquellos que funcionan con combustibles fósiles como la gasolina y el diésel, emiten una variedad de contaminantes atmosféricos, incluyendo óxidos de nitrógeno (NOx), partículas finas (PM), monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles (COV), entre otros. Estas emisiones son nocivas para la salud humana, pudiendo causar o agravar enfermedades respiratorias, cardiovasculares y otras afecciones médicas. (Herrera-Murillo, 2012)

Además, la contaminación del aire vehicular contribuye significativamente al cambio climático, ya que los gases de efecto invernadero liberados por los vehículos contribuyen al calentamiento global y sus consecuencias asociadas, como el aumento de las temperaturas, cambios en los patrones climáticos.

En Colombia, el informe técnico Greenpeace (2021) establece que la capital del país (Bogotá) es el transporte terrestre, donde destacan los vehículos particulares, como los que más contribuyen al incremento de los contaminantes, por lo que las personas han sido las más afectadas, ya que cada año en esta ciudad se han registrado muertes prematuras, relacionadas con la contaminación del aire.

Así mismo se han desarrollado distintos estudios de la calidad de aire de la ciudad, donde se ha encontrado que los distintos contaminantes criterios sobrepasa los límites, se establece que lo anterior se debe al incremento de factores como: el crecimiento industrial y el uso de carbono. (Rojas, 2007).

En los últimos años, la ciudad de Barranquilla ha crecido mucho económicamente y el parque automotor y otras actividades que han concentrado contaminantes en varias áreas de la ciudad. Sin embargo, según el estudio de los recursos naturales realizado en la ciudad de Barranquilla en 2012 por la Contraloría Departamental, la emisión de gases producidos por el tráfico vehicular automotor es más crítica en el distrito central, donde se desarrolla gran parte de la actividad comercial (Consuegra, 2013).

En Barranquilla, la calidad de aire se mide en diferentes puntos de la ciudad mediante monitoreos diarios que realizan las entidades ambientales. Con base a estos se han desarrollado distintas investigaciones sobre la calidad de aire en la ciudad; Una de ellas fue la realizada en el 2018 por la Universidad del Norte donde se estableció que las concentraciones de SO₂, NO, NO₂, NO_x se encuentran entre límites permisibles que se establecen en Colombia. (Rodríguez, 2018).

Actualmente en la ciudad no se cuenta con investigaciones sobre las estimaciones de emisiones de contaminantes atmosféricos tales como CO, NO_x, COV'S por medio de aforos vehiculares en el corregimiento de Juan Mina, que ayuden a buscar soluciones a la problemática por el número de vehículos que por ella transita y poder disminuir las concentraciones en la atmosfera de esta área.

Todo lo anterior, nos lleva a plantear la siguiente pregunta problema:

¿Cuál es la estimación de las emisiones generadas por los contaminantes CO, NO_x, COV'S en el corregimiento de Juan Mina en la ciudad de Barranquilla?

3. Alcance.

En este proyecto se determinó las concentraciones de los contaminantes CO, NO_x, COV's emitidas por el tráfico vehicular en el corregimiento de Juan Mina, para esto, se realizaron aforos vehiculares en días hábiles y no hábiles, considerando las coordenadas, tipo de vehículos, distancia del largo y ancho de la calle y las condiciones climáticas del lugar. Así mismo, se realizó un análisis de espacio temporal por medio de Surfer con este se buscó analizar la evolución temporal del comportamiento espacial en aspectos como espacio (área) y tiempo (día).

4. Objetivos

4.1. Objetivo general.

Establecer la estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos CO, NO_x, COV'S por medio de Aforo vehicular en el Corregimiento De Juan Mina.

4.2. Objetivos específicos

- Establecer el aforo vehicular del área de influencia cercana a la estación de monitoreo del corregimiento de Juan Mina.
- Analizar la estimación de los contaminantes criterio CO, NO_x, COV'S emitidos por fuentes móviles por medio de factores de emisión.
- Relacionar por medio de mapas de modelo de dispersión espaciotemporal la dispersión de los contaminantes CO, NO_x, COV'S.

5. Hipótesis

El tráfico vehicular sí contribuye significativamente a los niveles de dióxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), y compuestos orgánicos volátiles (COV's) en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla.

6. Justificación.

La contaminación atmosférica es una de las principales problemáticas que afecta la salud de la población. Hay distintos contaminantes derivados de los que generan fuentes fijas y móviles, la propagación de estos contaminantes genera un gran impacto en el cambio climático porque cuando flotan pueden crear peligrosas sinergias que causan daños a la salud y al medio ambiente. (OMS,2016). Los contaminantes atmosféricos, normalmente medidos en la atmósfera urbana, provienen de fuentes antrópicas tales como: fuentes móviles (tráfico rodado) y fijas (industrias, usos residenciales climatización, y procesos de eliminación de residuos). En Colombia, según el último informe del IDEAM de calidad de aire, se establece que en el país la principal fuente de contaminación atmosférica proviene de las fuentes móviles con la emisión promedio del 80% de contaminantes criterios. (IDEAM, 2021).

Teniendo en cuenta lo dicho por Ballester (2005) que el corregimiento de Juan Mina se ubica una zona de alto tráfico vehicular, es importante ya que en la zona se encuentra en una zona principalmente residencial, rural y comercial, donde además de los vehículos, el corregimiento cuenta con gran tránsito peatonal.

El tráfico vehicular contribuye en gran medida a la contaminación y deterioro de la calidad del aire (Toro, 2001). Se ha logrado identificar que este se presenta de distintas formas tales como polvo, neblinas, malos olores, humo o vapor. Desde hace siglos, su presencia en el aire es

constante y afecta a la vida humana, animal y vegetal, lo que aumenta con el aumento de la industrialización y el crecimiento no planificado en las ciudades, que generan desperdicios sólidos y líquidos (Mayorga, 2020). La acumulación excesiva de tránsito vehicular de transporte afecta la salud y medio ambiente en las ciudades, se trata de un problema que involucra diversos factores interrelacionados.

Según Ortega (2019), la ciudad de Barranquilla ha crecido por un mayor tráfico vehicular en horas pico y la ausencia o débil intervención de los gobiernos en este asunto contribuye a que el servicio de transporte público urbano colapse día a día, aunque es evidente que la congestión en las calles es creciente en todas las ciudades, la gestión para atacar ese problema es insuficiente.

Otro de los problemas causados por el frecuente tránsito vehicular son los cambios atmosféricos, ya que estos contaminantes se suspenden en alguna de las capas de la atmósfera. Esta afectación se encuentra asociada con el tránsito de vehículos que transportan pasajeros, carga y utilizan combustibles fósiles, impacta en la capa de ozono y puede llevar a cambios climáticos y alteraciones en el ciclo de vida. Estos contaminantes en el corregimiento de Juan Mina son producidos principalmente por vehículos personales como los automóviles y por los de servicio público como los buses.

La salud de las personas que viven en zonas urbanas se ve muy afectada. Basta con considerar que una acción tan fundamental como respirar afecta su salud, debido al alta contaminación que genera el transporte mediante emisiones de dióxido de carbono. A ello se suman otros problemas que de igual manera influyen en la salud, como la presencia de enfermedades en la piel y el estrés, entre otras (Chana, 2004).

Entre los más afectados por estos problemas están los niños, debido a su mayor susceptibilidad a las partículas contaminantes suspendidas en el aire. En las mujeres embarazadas este inicia desde la gestación y se mantiene hasta la etapa de la adolescencia (Ubilla, 2017). Las partículas emitidas por diferentes fuentes ingresan al sistema respiratorio y pueden afectarlo. En ello influyen factores como la temperatura, la humedad y los diversos productos químicos absorbidos en su superficie (Gavidia, 2009).

En el caso del corregimiento de Juan Mina, se encuentra en la prolongación de la carrera 38 y es una de las vías principales de la ciudad donde se encuentra ubicada la zona comercial y residencial, por lo cual las personas que viven o atraviesan la zona, son expuestas considerablemente a los contaminantes.

Con este estudio se busca estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos CO, NOx, COV'S por medio de aforo vehicular en el corregimiento de Juan Mina.

Esto debido a que el corregimiento de Juan Mina cuenta con un alto tránsito vehicular. Es de aquí donde surge la importancia de esta investigación, ya que actualmente en el corregimiento Juan Mina de la ciudad de Barranquilla no se conocen investigaciones relacionadas con la estimación de las emisiones de contaminantes como CO, NOX, COV'S donde se usen aforos vehiculares en el corregimiento.

7. Marco Teórico

El 92% de la población mundial vive en lugares donde los niveles de calidad del aire exceden los límites fijados en las directrices de la OMS sobre la calidad del aire ambiente. (OMS,2016)

Las personas con enfermedades previas, los niños menores de cinco años y los adultos entre 50 y 75 años son los más afectados son las más afectadas por la contaminación atmosférica. La

exposición a altos niveles de contaminación del aire puede causar una variedad de resultados adversos para la salud: aumenta el riesgo de infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, derrames cerebrales y cáncer de pulmón las cuales afectan en mayor proporción a población vulnerable, niños, adultos mayores y mujeres (OPS,2016)

La exposición crónica a materia particulada contribuye al riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como cáncer de pulmón. Existe una estrecha correlación cuantitativa entre la exposición a altas concentraciones de materia particulada y el aumento de la mortalidad o morbilidad diaria y a largo plazo. A la inversa, cuando se reducen las concentraciones de materia particulada gruesa y fina, la mortalidad conexas también desciende, si los demás factores se mantienen sin cambios. (OMS,2021)

Cada año en Colombia hay 17,549 muertes por exposición a aire y agua de mala calidad, el 8 % de la mortalidad anual. Lo que los investigadores del INS encontraron es que del total de muertes ocasionadas por 7 enfermedades de alta ocurrencia en el país como lo son: la enfermedad isquémica del corazón, el accidente cerebro-vascular, la enfermedad pulmonar obstructiva (EPOC), las infecciones respiratorias agudas, el cáncer de pulmón, la enfermedad diarreica aguda (EDA) y la enfermedad renal crónica, 17,549 muertes están asociadas a la mala calidad del agua y del aire y a la contaminación por combustibles sólidos y metales. Cifra que representa un 8% del total de muertes en Colombia que anualmente es de 200 mil. (INS,2019)

8. Estado Del Arte.

En los últimos años el incremento de distintos contaminantes en la atmosfera sobrepasa los niveles establecidos por la ley y organizaciones, estos aumentos de los contaminantes han generado el desarrollo de enfermedades y afectaciones al medio ambiente.

Por lo anterior, se han realizado investigaciones relacionadas con el monitoreo y control de las emisiones. Por ejemplo, en Battaramulla y Kandy en Sri Lanka se examinó la variación estacional de PM10, PM2.5, NO2, SO2, CO y O3, para ello se realizó una asociación de variables meteorológicas con la concentración de contaminantes con el fin de identificar con precisión las características de los cambios en la contaminación atmosférica; en este estudio se encontró una variación estacional significativa en los niveles de contaminantes atmosféricos en Sri Lanka, donde se presentaron niveles más altos los meses de invierno y primavera, es importante resaltar que en esta investigación se encontró una correlación significativa entre los niveles de contaminantes atmosféricos y los parámetros meteorológicos. (Shelton, S, 2002).

Por su parte, en otro estudio se calcularon las emisiones de CO y NOx de fuentes móviles en Bogotá (Colombia), Buenos Aires (Argentina), Santiago (Chile) y San Paulo (Brasil), utilizando observaciones pico de la mañana concurrentes de monóxido de carbono (CO) y los óxidos de nitrógeno (NOx). La comparación entre los inventarios sugiere que las principales incertidumbres están relacionadas con factores de emisión para el CO y la insuficiencia de los datos de actividad inadecuados para los NOx. Estos resultados sugieren que las emisiones de NOx actuales están sobreestimadas en un factor de hasta 3%, en Santiago y São Paulo, y Buenos Aires muestra una leve sobreestimación en un 20%. En el caso de Bogotá el estudio sospecha que el inventario actual de emisiones de CO se sobreestima. (Gallardo et al, 2012)

En Latinoamérica, México es uno de los países que en el sector transporte causa 20.4% de la emisión de GEI, de los cuales el 16.2% proviene del subsector automotor, en su mayoría, por viajes en transporte individual motorizado. Así mismo la ONU (2016) estableció que, en las ciudades de mexicanas, las emisiones generadas por vehículos representan hasta un 60% de la contaminación total por partículas suspendidas. Esto se debe a la alta facilidad de adquirir

vehículos, es un factor que influye, tal es el caso de estudio a inicios del 2017, que dice que la comercialización de vehículos aumento en 2.9% en comparación al inicio del 2016.

De acuerdo con la prospectiva del comportamiento de las emisiones generadas por las fuentes móviles en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM), México, se calcularon las emisiones provenientes de las fuentes móviles de ocho contaminantes atmosféricos (dióxido de azufre SO₂, amoníaco NH₃, compuestos orgánicos volátiles COV's, monóxido de carbono CO, óxidos de nitrógeno NOX, dióxido de carbono CO₂, material particulado de 10 micras PM₁₀, y material particulado de 2,5 micras PM_{2,5}). Se estimó que para el año 2012 se generaron 518,286 ton de SO₂, 1.703,073 ton de NH₃, 293.256,876 ton de CO, 31.726,140 ton de NOX, 11.293,996 ton de CO₂, 386,505 ton de PM₁₀, 345,060 ton de PM_{2.5} un total de 11.657,824 ton/año (Cespedes, 2014)

Igualmente, en la ciudad de Catalunga (Ecuador) se realizó un inventario de emisiones atmosféricas a partir de fuentes móviles, con base a la metodología de cálculo de factores de emisión de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), obteniendo los siguientes resultados: las fuentes móviles emiten 2603,46 ton/año de óxidos de nitrógeno NO_x, 9427,19 ton/año de monóxido de carbono CO, 153,72 ton/año de dióxido de azufre SO₂, 131,90 ton/año de PM₁₀ y 109,85 ton/año de PM_{2,5}. En cuanto al SO₂, el 15,21% corresponde a fuentes móviles, en relación a PM₁₀ el 7,42% y de PM_{2.5}, 9,14% es de fuentes móviles (Adrian Romero, 2012).

Cabe señalar que distintas investigaciones se centraron en la influencia de la calidad del aire en niño, un ejemplo es el estudio realizado en Cuenca-Bolivia entre 2012-2014 donde se analizó la influencia del modelo de desarrollo nacional y local y la generación de procesos críticos del ambiente urbano. Para ello realizó un análisis completo de datos de movilidad urbana, leyes, tipo

y uso de combustibles, normas nacionales y parámetros establecidos por la OMS. Lo anterior, permitió realizar una matriz SIG de movilidad urbana y, contaminación del aire. En su investigación se logró concluir que los niños de esta población se han visto afectados por esta contaminación ya que presentaron sibilancia, tos seca en ausencia de infección respiratoria aguda, principalmente en zonas de pobreza. (Palacios, 2018)

Colombia, es un país con una ubicación geográfica estratégica, con una variabilidad interanual según fenómenos naturales como el Niño y la Niña, las ciudades del territorio presentan condiciones meteorológicas distintas, por lo que se requiere monitoreos de la calidad del aire constantes para determinar su calidad.

Entre las investigaciones llevadas a cabo esta la realizada en el Valle de Aburrá Antioquia, se realizó un inventario de emisiones donde se estimó que durante el año 2009 las fuentes móviles emitieron 166.899 toneladas de monóxido de carbono (CO), 29.324 toneladas de óxidos de nitrógeno (NOx), 1.669 toneladas de óxidos de azufre (SOx) y 25.652 toneladas de compuestos orgánicos volátiles (COV), siendo los vehículos livianos los principales causantes de las emisiones de monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles (debido al uso de gasolina), mientras los buses hacen mayor aporte en emisiones NOx y SOx (debido al uso de diésel) (Toro et al., 2010)

En la ciudad de Bogotá, se analizaron los registros contenidos en la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de la ciudad. Con ello se construyó una base de datos utilizada para evaluar cuantitativamente la calidad del aire de la ciudad. En este estudio se concluyó que la velocidad del viento es el parámetro más influyente en el esparcimiento de los contaminantes, los cuales son causados por fuente fijas y móviles. (Gaitán, 2007)

Al culminar la estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles en la ciudad de Bogotá, se logró estimar las emisiones totales para contaminantes criterio, obteniendo resultados de 6 Ton/d para PM10, 2.500 Ton/d para CO, 150 Ton/d para (Óxidos de nitrógeno) NOx, 7 Ton/d para óxidos de azufre SOx y 200 Ton/d para compuestos orgánicos volátiles COV's. Además, se evaluaron los aportes de cada categoría vehicular al inventario total de emisiones, siendo los buses la categoría de mayor relevancia al aportar el 50% de las emisiones de PM10, a pesar de representar menos del 5% del total de la flota de vehículos en la ciudad (Giraldo, 2005)

En Yopal, se realizó una revisión bibliográfica que aborda la afectación en la salud humana por la alteración en la calidad del aire provocada por la emisión de contaminantes atmosféricos por industrias y vehículos. Se menciona que estas emisiones contienen sustancias como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y material particulado, que afectan especialmente a grupos vulnerables como niños, mujeres embarazadas, adultos mayores y personas con enfermedades respiratorias. Según la Organización Mundial de la Salud, en 2016 se atribuyeron alrededor de 249,000 muertes prematuras a la contaminación del aire en América. Se resalta la importancia de implementar estrategias para mitigar las emisiones y mejorar la calidad de vida de la población, incluyendo el control por parte de la Autoridad Ambiental y la adopción de prácticas de Producción Más Limpia. (de San Gil, 2019)

En la región Caribe Colombiana, se ha estudiado la calidad de aire en distintas ciudades, una de ellas realizada en 2006 en Santa Marta, donde se encontraron que las mayores concentraciones se presentaron en los periodos de escasas lluvias, donde se asociaron a la contribución de fuentes de emisión como el manejo y almacenamiento de carbón y el tráfico vehicular. (García, 2006).

9. Marco Conceptual.

9.1. Protocolo De Vigilancia De Aire.

Ofrecer de manera particular a las Autoridades Ambientales responsables de la vigilancia y el control de la calidad del aire y de manera general a las personas o entidades interesadas, una guía y lineamientos básicos para llevar a cabo el monitoreo y seguimiento a la calidad del aire zonas urbanas y/o industriales del País. Así como los elementos básicos para el desarrollo de la operación de un Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire, del tratamiento, análisis, interpretación, presentación y reporte de la información recolectada. (MADVT, 2007)

9.2. Monóxido de Carbono (CO).

El monóxido de carbono es un gas sin color y olor, compuesto por un átomo de carbono y uno de oxígeno unidos (EPA, 1993); además, es más liviano que el aire, por lo que se deposita en lugares altos de la atmósfera.

La fuente principal de emisión de este gas contaminante es vehicular, debido a la combustión incompleta de gas, petróleo, gasolina, carbón y aceites. (Téllez et al, 2006).

9.3. Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Los óxidos de nitrógeno están compuestos por óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno NO₂, en la atmósfera, los óxidos de nitrógeno pueden contribuir a la formación de ozono fotoquímico (smog o niebla contaminante), (Green facts, 2017); provienen de fuentes antropogénicas como los producidos por la combustión de los vehículos, calderas, incineradores, turbinas de gas y siderúrgicas, así como también de fuentes naturales como los incendios forestales (EPA, 1999). Además, pueden causar efectos adversos en el suelo causando acidificación, la cual provoca una reubicación y migración de los nutrientes según los distintos tipos de suelo (Centro de ciencias ecológicas, 2016)

9.4. Compuestos Orgánicos Volátiles COV's

Los compuestos orgánicos son sustancias que contienen carbono o elementos químicos como nitrógeno, oxígeno, azufre, hidrógeno, etc. Son producidos por la combustión de gasolina, carbón, madera y gas natural (Tox Town, 2016); además, una de las fuentes principales de emisión de COV son los vehículos automotores, debido a la ignición incompleta del motor (ISTAS, 2017). Frecuentemente son usados como disolventes de pinturas, grasas, aromatizantes de aire, etc. (Tox Town, 2017).

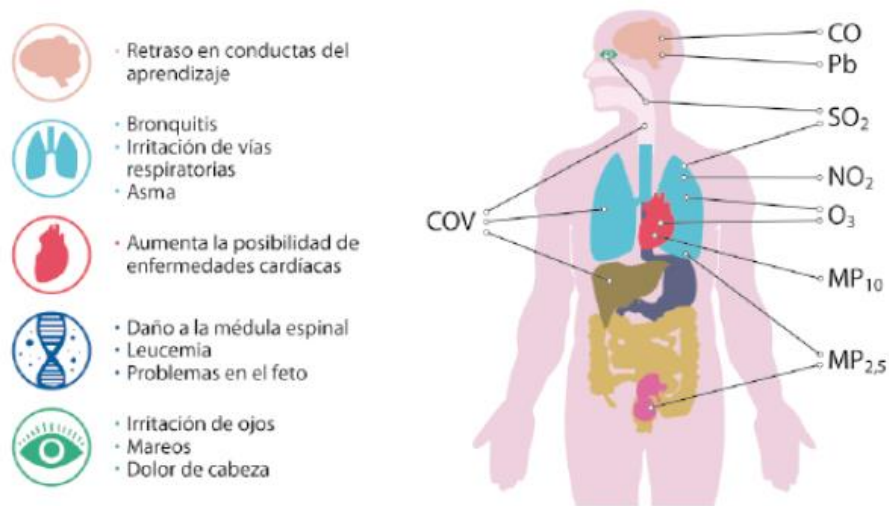
9.5. Efectos a la salud

La exposición prolongada del ser humano al monóxido de carbono (CO) causa dolor de cabeza, adormecimiento, cansancio, fatiga, alucinaciones, convulsiones, etc. (Murcia salud, 2017).

Los COV provocan lesiones del hígado, los riñones y el sistema nervioso central, además irrita los ojos, causa mareo, trastornos visuales, fatiga, pérdida de coordinación, reacciones alérgicas de la piel, etc. (ISTAS, 2017)

Los óxidos de nitrógeno (NOx) ocasionan afectación de las vías respiratorias, daños en el hígado y en el sistema circulatorio (Gobierno España, 2016). Además, se puede agregar que la contaminación atmosférica mata al año a 6,5 millones de personas en el mundo (El tiempo,

2016). Así mismo provoca diferentes tipos de cáncer, causando 1,7 millones de muertes anuales (OMS, 2016).



Fuente: Guía Pedagógica. Descontaminemos el Aire de Nuestra Ciudad.

Ilustración 1. Representación de los diferentes efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud. **Fuente:** Currículum Nacional Chile

9.6. Flujo vehicular

Según Gibson (2001), es el número de vehículos que atraviesan una determinada sección de la vía por unidad de tiempo. Por su parte, Transportation Research Board (2000) lo define como “la velocidad por hora equivalente a la que los vehículos pasan por un punto o sección de un determinado carril o carretera durante un intervalo de tiempo determinado, menor a una hora, generalmente 15 minutos”. Ambas definiciones proporcionan variables cuantitativas, que dependiendo de la metodología o estrategia que se escoja se pueden medir con mayor o menor precisión.

9.7. Fuentes Móviles

Las fuentes móviles son las que pueden desplazarse de manera independiente, emitiendo gases contaminantes a lo largo de su recorrido, como son las motos, trenes, camiones, aviones,

barcos, entre otros. En las áreas urbanas mayormente pobladas, los vehículos son los principales generadores de contaminantes atmosféricos, puesto que el motor de combustión interna que poseen emite gases nocivos dependiendo del combustible usado, tales como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, partículas en suspensión, etc. (SEMARNAT, 2007).

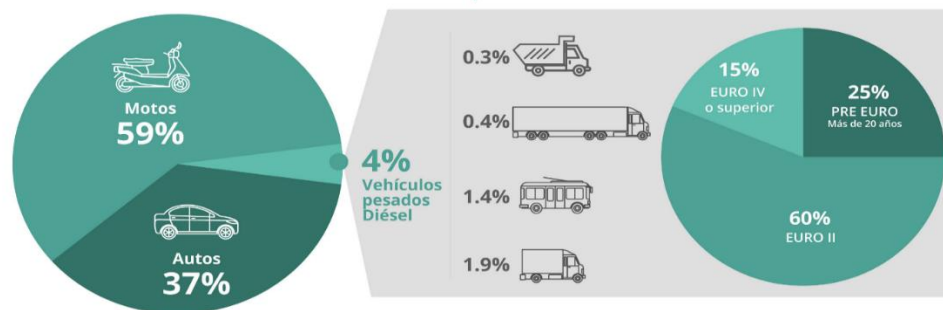


Ilustración 2. Emisiones por fuentes móviles.

Fuente: (IDEAM, 2019)

9.8. Estabilidad Atmosférica

Capacidad que tiene un entorno atmosférico para modificar su estado en virtud de una fuerza exterior que podemos llamar forzamiento. Dependiendo de las características que presente el sistema, la respuesta a esta acción puede ser más o menos notable. En un entorno inestable, la respuesta al forzamiento será más intensa que si la acción se ejerce sobre un entorno estable. La estabilidad atmosférica es una condición de la atmósfera que se opone al desarrollo de nubes de los géneros cúmulo y cumulonimbos. (ULL, 2024).

9.9. Condiciones ambientales

Conjunto de parámetros del entorno que caracterizan su ambiente. Dichos parámetros deben ser monitoreados, diagnosticados y tratados adecuadamente con base en la conservación preventiva para que no produzcan riesgos frente a la conservación de la documentación y la salud de los trabajadores. (SDP, 2024)

9.10. Combustión Incompleta

Oxidación insuficiente que ocurre cuando el oxígeno o el tiempo disponible en el proceso resultan inferiores a lo necesario, produciendo monóxido de carbono (CO), gas conocido por su toxicidad para los seres vivos. (SERMANAT, 2018)

10. Marco Normativo

El marco legal que rige el proyecto de estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos CO, NO_x, COV's por medio de aforo vehicular en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla, se fundamenta en una serie de normas, decretos, leyes y resoluciones nacionales que regulan la calidad del aire.

Tabla 1. Normatividad vigente de calidad de aire.

| NORMA | EXPEDIDA POR | DESCRIPCIÓN |
|--|--|---|
| Constitución Política Colombiana (1991) | Congreso de Colombia | Es la máxima ley del país, en esta están establecida los deberes y derechos de los ciudadanos. Además, se define la organización del Estado. En el capítulo 3 se habla (DE LOS DERECHOS COLECTIVOS Y DEL AMBIENTE) en los Art.79.80 se habla del derecho a un ambiente sano, donde se especifica que es el Estado quien debe proteger la diversidad e integridad del ambiente. |
| Ley 99 de 1993 - Ley General Ambiental de Colombia | Congreso de Colombia | Con esta ley se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones |
| Resolución 762 de 2022 | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Por la cual se reglamentan los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamentan los artículos 2.2.5.1.6.1, 2.2.5.1.8.2 y 2.2.5.1.8.3 del Decreto 1076 de 2015 y se adoptan otras disposiciones” |

| NORMA | EXPEDIDA POR | DESCRIPCIÓN |
|--------------------------|---|--|
| Resolución 2254 de 2017 | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | <p>En esta resolución se adoptan la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.</p> <p>En esta resolución se establecen las normas de calidad del aire y adopta disposiciones para gestionar el recurso aire en el territorio nacional, para garantizar un ambiente sano y minimizar el riesgo sobre la salud humana que pueda causar la exposición a los contaminantes en la atmósfera.</p> |
| Decreto 1076 de 2015 | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | <p>Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. En el Título 5 se encuentra lo relacionado con la temática de aire.</p> |
| CONPES 3943 | Consejo Nacional De Política Económica Y Social República De Colombia Departamento Nacional de Planeación | <p>Política para el mejoramiento de la calidad del aire, la cual tiene como objetivo general, reducir la concentración de contaminantes que afectan la salud y el ambiente, estableciendo acciones para el mejoramiento de la calidad del combustible, la adopción de nuevos límites de emisión en vehículos nuevos, fortalecimiento de la gobernanza, además del impulso de una estrategia de incorporación de tecnologías de cero y bajas emisiones.</p> |
| Resolución 2154 del 2010 | Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial | <p>En esta resolución se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones</p> |
| CONPES 3344 | Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia Departamento Nacional de Planeación | <p>Este documento establece los lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire en las ciudades y zonas industriales de Colombia</p> |
| DECRETO 948 DE 1995 | Ministerio del medio ambiente | <p>En este decreto se reglamentó la protección y control de la calidad del aire; donde su objeto es definir el marco de las acciones y los mecanismos administrativos de que disponen las autoridades ambientales para mejorar y preservar la calidad del aire, y evitar y reducir el deterioro del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana ocasionados por la emisión de contaminantes químicos y físicos al aire</p> |

Fuente: Propia

11. Metodología

La investigación utilizada en el presente trabajo es descriptiva con un enfoque cuantitativo, teniendo en cuenta que en esta se recopilarán datos cuantificables y luego se analizarán y medirán estos. Estos estudios tienen como principal función especificar las propiedades, características, perfiles, de grupos, comunidades, objeto o cualquier fenómeno, se recolectan datos de la variable de estudio y se miden (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

El enfoque cuantitativo es una forma de investigación en la que se usan métodos numéricos y estadísticos para medir y analizar datos. La idea central del enfoque cuantitativo es que se pueden medir las variables y establecer relaciones causales entre ellas. El enfoque cuantitativo se basa en una metodología científica rigurosa, donde se establecen hipótesis previamente y se busca probarlas mediante el uso de técnicas estadísticas. Esto permite generalizar los hallazgos a una población más grande. Los datos se recolectan mediante encuestas y experimentos controlados. (Hadi, 2023)

11.1. Área de Estudio.

El área de estudio de este proyecto corresponde a Juan Mina que es uno de los corregimientos de la ciudad de Barranquilla, se encuentra ubicado entre los cerros de Aguaviva, Pan de azúcar, Pital, Tubará y Guáimara a 10 km de la bahía sabanilla unida con el complejo de humedales de la banda izquierda del Río Magdalena.

Su clima al igual que Barranquilla es cálido, seco y tropical con temperaturas de 28° centígrados. Este corregimiento se encuentra conectado con Barranquilla por la carrera 38, denominada a partir de allí como carretera del algodón hasta el municipio de Tubará (Lastra, s.f)

Actualmente Juan Mina en infraestructura ha avanzado, la gran mayoría de sus calles se encuentran pavimentadas, parques recreacionales, y zonas verdes. (Folgosó & De la Ossa, 2022)



Ilustración 3. Ubicación del corregimiento de Juan Mina.

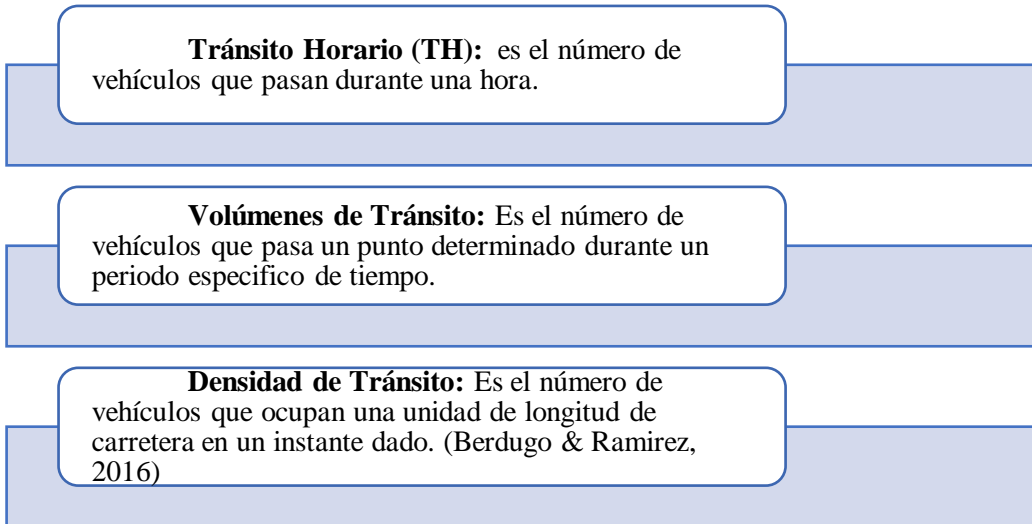
Fuente: Propia.

11.2. Aforo Vehicular en el Corregimiento de Juan Mina.

El Aforo vehicular se refiere a la cantidad de vehículos activos o en circulación en el área de estudio. Es crucial señalar que esta cifra puede diferir mucho del número de vehículos registrados con domicilio en el distrito, esto se explica porque, en zonas comerciales, industriales o de oficinas, es común encontrar durante el día muchos vehículos con su domicilio fuera de la zona. Del mismo modo, en áreas residenciales es probable que los vehículos registrados allí recorran una gran parte de sus kilómetros anuales fuera de dicha zona. (Naturales., 2009).

El aforo vehicular es el conteo de vehículos, es una muestra de los volúmenes para el periodo en el que se realiza y tienen por objetivo cuantificar el número de vehículos que pasan por un

punto, sección de un camino o a una intersección. Para ello es importante la consideración de características como:



Los aforos se hicieron de forma manual, en estos se registraron los vehículos por medio del formato de Aforo Vehicular, el cual fue el método de captación de datos, los cuales permitieron obtener información como tipo de vehículo y frecuencia de paso de los mismo.

El aforo se realizó durante 8 horas por 6 días, en 5 puntos diferentes cerca a la estación de monitoreo ubicado en la IED Juan Mina, realizados durante la jornada de la mañana y tarde. Dentro de este monitoreo de aforo vehicular se consideraron aspectos como ancho y largo de la vía donde se tomaron las muestras y condiciones climáticas. La Ubicación de los puntos monitoreados está dada por lo siguiente:

Tabla 2. Ubicación de los puntos de Monitoreo.

| Puntos | Dirección | Coordenadas geográficas |
|---------------|------------------|---|
| Punto 1. | Calle 6 #8 | Latitud 10° 57'22.57" N Longitud 74° 53'30.91" O |
| Punto 2. | Calle 5 #7 | Latitud 10° 57'19.84" N Longitud 74° 53'28.37" O |

| Puntos | Dirección | Coordenadas geográficas |
|---------------------|-------------------------------|---|
| Punto IED Juan Mina | IED Juan Mina (Calle 7 #7-27) | Latitud 10° 57'20.07" N Longitud 74° 53'34.96" O |
| Punto 4. | Calle 7 #8 | Latitud 10° 57'24.28" N Longitud 74° 53'33.47" O |
| Punto 5. | Calle 8 km 11 | Latitud 10° 57'25.56" N Longitud 74° 53'38.41" O |



Ilustración 4. Puntos de aforo en el corregimiento de Juan Mina

Fuente: Google Maps

Además de los tipos de vehículos que transitaron por los puntos, se consideró otros criterios relevantes como lo fue el tipo y modelo de año de los vehículos. A continuación, se presenta la información del formato utilizado en campo para la recolección de datos:

- Coordenadas del punto
- Hora de inicio y hora final.
- Tipo de vehículo (Taxis, autos, bus, Vehículos C-2P, C-2G, C 3-4, C5, >C6 y motos).

- Nombre del aforador.
- Condiciones Climáticas
- Modelo del vehículo.

La recolección de la información permitirá las estimaciones de emisiones se desarrollan utilizando un factor de emisión que supone una relación lineal entre la tasa de emisión y una unidad de actividad. La exactitud de la estimación siempre dependerá de la calidad de los datos con que se cuenta y de las suposiciones en que se base. Además, el uso de vehículos automotores está directamente ligado al nivel económico, poblacional, de desarrollo y consecuentemente al Sistema de Vigilancia de la calidad del aire asociado. (MAVDT., 2010).

11.3. Estimación de los contaminantes criterios CO, NO_x, COV'S emitidos por fuentes móviles por medio de factores de emisión.

Barranquilla a la fecha no cuenta con factores de emisión propios que permita estimar los niveles de emisión provenientes de las fuentes móviles. Por lo que, para efectuar estimaciones de emisiones de contaminantes atmosféricos, se utilizarán valores consignados en la literatura, documentos disponibles en el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.

La estimación de las emisiones vehiculares se obtiene mediante el producto de una determinada actividad vehicular por el factor de emisión apropiado. Este último se puede representar como la tasa másica de emisión de un determinado contaminante por unidad de distancia recorrida (Castro, 2006).

Para el proyecto se determinaron las emisiones que provienen del tubo de escape de los automóviles cuando la temperatura del agua del motor alcanza los 70°C, debido a que son las de mayor representación en la contaminación total generada por el tránsito, según los diversos

estudios realizados en Estados Unidos y La Unión Europea que estima que las emisiones en frío no son tan significativas comparadas con las emisiones en caliente (Arango Gomez, 2002)

Por lo tanto, los factores de emisión en caliente se calcularon de acuerdo con la metodología europea (EMEP/CORINAIR) que presenta una base de datos completa para el cálculo de emisiones. Es así como esta metodología considera:

Tabla 3. Consideraciones de la metodología Corinair

| Parámetro | Descripción del Parámetro |
|------------------------|---|
| Tipo de combustible | Gasolina o Diésel. |
| Tipo de vehículo | Vehículos de pasajeros, buses, de carga pesada y motos |
| Tipo de vía | Relacionado con la velocidad de circulación de los vehículos. Determina la velocidad promedio a la que transitan los vehículos en la ciudad (vías urbanas). |
| Modelo del vehículo | Relacionado con el año de fabricación de los vehículos. La metodología europea (EMEP/CORINAIR) utiliza la clasificación por modelo |
| Categoría del vehículo | Referida a la capacidad del motor (cilindraje). |

Fuente: (EMEP/CORINAIR)

De acuerdo con la cantidad de vehículos que trascurrieron durante los días monitoreados se determinó la emisión caliente de cada tipo de vehículo identificado. Para ello se consideraron indicadores de contaminación para la realización del inventario de emisiones vehiculares los

compuestos orgánicos volátiles (COV's), Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de nitrógeno (NOx), aplicando la metodología de CORINAIR, para determinar la emisión en caliente de un tipo de vehículo se aplicó la siguiente ecuación:

$$E_{hot;i,j,k} = N_j * M_{j,k} * e_{hot;i,j,k}$$

Donde:

- $E_{hot;i,j,k}$ = Emisión del contaminante i (g), producido en referencia a las características del vehículo j y que maneja en camino de tipo
- N_j = Número de vehículos de clase j en circulación
- $M_{j,k}$ = Distancia recorrida por vehículo
- $e_{hot;i,j,k}$ = Factor de emisión del contaminante i (g), producido en referencia a las características del vehículo j y que maneja en camino de tipo k (condiciones calientes).

Para el cálculo de la emisión en caliente de un vehículo, el factor de emisión empleado en la ecuación dependerá del modelo del vehículo y de la emisión del contaminante a determinar. Se considera que los modelos de vehículo que transitaron durante el monitoreo en el corregimiento de Juan Mina son mayores al año 1986 y se estima que la velocidad según el tipo de vía es 45km/h.

Para la determinación de los factores de emisión el rango de velocidades va de 5 km/h a 130 km/h, en el desarrollo de la metodología se utilizó la velocidad establecida para el territorio nacional promedio de 20 km/h (Interurbano). No obstante, para el ajuste de los cálculos de factores de emisión se consideró la siguiente tabla:

Tabla 4. Fórmula para calcular los Factores de Emisión de Combustión.

| Clase de Vehículo | Rango de Velocidad (Km h ⁻¹) | Factor de Emisión |
|---|--|------------------------|
| | | Urban = 0.0011 |
| Carros | Todas | Rural = 0.0007 |
| | | Highway = 0.0007 |
| Buses Urbanos | 0 -50 | $7.8609 \sqrt{0,7360}$ |
| Coches | 0 – 120 | $9,2934 \sqrt{0,7373}$ |
| Camión de carga ligera a gasolina peso < 3.5 | Todas | 0.400 |
| Camión de carga pesada a Diesel peso < 7.5 | 0 -100 | $4.5563 \sqrt{0,7070}$ |
| Camión de carga pesada a Diesel peso 7.5 y 16 Ton | 0 -100 | $9.6037 \sqrt{0,7259}$ |
| Camión de carga pesada a Diesel peso 16 y 32 Ton | 0 -100 | $10.890 \sqrt{0,705}$ |
| Camión de carga pesada a Diesel peso > 32 Ton | 0 -100 | $11,028 \sqrt{0,6960}$ |


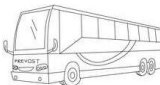






Fuente: (Corinair, 2004)

Se han desarrollado nuevos factores de emisión básicos ajustados para vehículos importados al territorio nacional, siguiendo las clasificaciones establecidas por la agencia de Medio Ambiente de la Unión Europea. Se ha consideraron tecnologías vehiculares utilizadas en Colombia y las que están en uso a nivel mundial. Específicamente para el dióxido de carbono (CO₂), se ajustó el factor de emisión para la tecnología convencional de automóviles públicos y particulares.

Para los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COV's), se seleccionó el factor de emisión de mayor valor entre las diferentes categorías. En el caso de las motocicletas, se realizaron promedios para las tecnologías Euro I, Euro II y Euro III, además de considerar tecnologías más antiguas como convencionales, seleccionando nuevamente el valor más alto. Este enfoque se basó en los diferentes tipos de motocicletas que circulan en el perímetro.

Es así como se realiza el aforo vehicular en el corregimiento de Juan Mina considerando las determinantes del tránsito vehicular como:

Tabla 5. Categoría y tipo de vehículo para aforar.

| Tipo de Vehículo | Figura |
|---|--|
| Carros |  |
| Buses Urbanos |  |
| Taxis |  |
| Camión de Carga Ligera de Gasolina peso < 3,5 |  |
| Camión de carga pesada a Diesel peso < 7.5 |  |
| Camión de carga pesada a Diesel peso 7.5 y 16 Ton |  |
| Camión de carga pesada a Diesel peso 16 y 32 Ton |  |
| Camión de carga pesada a Diesel peso > 32 Ton |  |

Fuente: (Corinair, 2004)

Se han establecido factores de emisión básicos ajustados para vehículos importados en el territorio nacional, siguiendo los estándares definidos por la agencia de Medio Ambiente de la Unión Europea. En cuanto al monóxido de carbono (CO), se ha modificado el factor de emisión para vehículos convencionales utilizados tanto por el público como por particulares, teniendo en cuenta la diferencia temporal entre las tecnologías empleadas en Colombia.

Para óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COV's) en otras categorías, se ha tomado el valor más alto. En el caso de las motocicletas, se han calculado promedios para las

tecnologías Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV, Euro V, y Euro VI, así como para tecnologías más antiguas como la convencional, asignando nuevamente el valor más alto, considerando los diferentes tipos de motocicletas que circulan en áreas urbanas. Basándose en lo anterior, se presenta en la tabla los factores de emisión ajustados para el parque automotor para el corregimiento de Juan Mina.

Tabla 6. Factores de emisión ajustados para el corregimiento de Juan Mina.

| Rango 8 (vehículos entre los años 2006-2019) | | | |
|---|--------------------------|--------------|------------|
| Modelo del Vehículo | Factor de Emisión | | |
| | CO | COV'S | NOX |
| Taxi | 0,4928 | 0,02338 | 0,0852 |
| Autos | 0,4928 | 0,02338 | 0,0852 |
| Bus | 4,5516 | 0,50452 | 3,9341 |
| Buseta | 4,5516 | 0,50452 | 3,9341 |
| C-2P | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 |
| C-2G | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 |
| C 3-4 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 |
| C5 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 |
| ≥C6 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 |
| Motos | 5,4040 | 1,52968 | 0,0175 |

Fuente: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016.

11.4. Distribución Espacio Temporal de la Dispersión de los Contaminantes CO, NOx, COV's.

Para el análisis de la distribución espacio temporal de la dispersión de los contaminantes se utiliza el software Surfer, el cual realiza una interpolación de los datos XYZ en mapas con calidad de. Surfer ofrece más métodos de grillado y más control sobre los parámetros de grillado, incluyendo variogramas personalizados, que cualquier otro paquete de software en el mercado.

El comportamiento espaciotemporal de los que se realizó por el programa Surfer, por medio de mapas de isoconcentración, con el fin de observar las concentraciones en distintas isolíneas y poder detallar las zonas con mayor o menor concentración.

12.Resultados

Luego de haber desarrollado la metodología antes explicada, se obtuvieron los siguientes resultados.

12.1. Aforo vehicular del corregimiento de Juan Mina

A continuación, se describe los datos recopilados del aforo vehicular en días hábiles y no hábiles en el corregimiento de Juan Mina

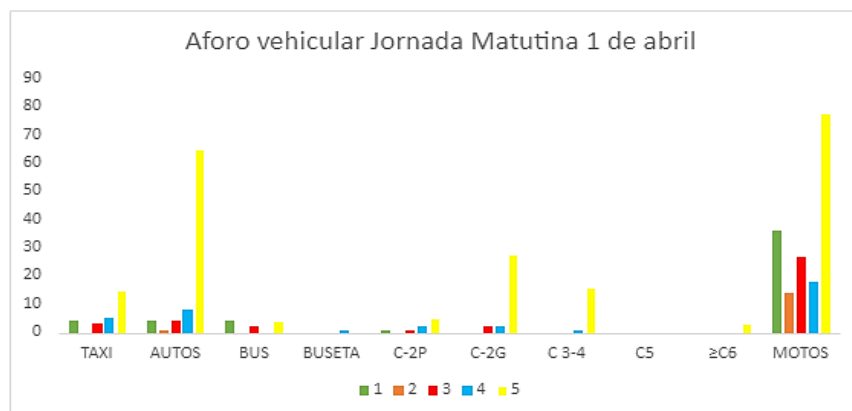
- **Datos obtenidos de los días hábiles.**

Tabla 7. Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día hábil 1 jornada Matutina.

| Dia hábil 1 (Matutina) Fecha: 01-04-2024 | | | | | | | | | | |
|--|------|-------|-----|--------|------|------|-------|----|-----|-------|
| Tipo de vehículos | | | | | | | | | | |
| Puntos | TAXI | AUTOS | BUS | BUSETA | C-2P | C-2G | C 3-4 | C5 | ≥C6 | MOTOS |
| 1 | 4 | 4 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| 3 | 3 | 4 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 27 |
| 4 | 5 | 8 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 18 |
| 5 | 15 | 65 | 4 | 0 | 5 | 28 | 16 | 0 | 3 | 78 |

Fuente: Autores

La Tabla 7 muestra los resultados obtenidos del aforo matutino realizado el 01- 04 - 2024 en los cinco puntos en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla, este nos muestra que en total 354 vehículos pasaron por los puntos de muestreo. De todos los anteriores vehículos se encontraron que 6 autos y 8 motos por sus características físicas presentan una antigüedad en el mercado. En el aforo del punto 5 se registraron seis camiones entre 3-4 de cilindraje con residuos, este es muy frecuente en el área por la cercanía que se tiene con el relleno sanitario los Pocitos.



Gráfica 1. Aforo vehicular jornada matutina 1 de abril.

Fuente: Autores

En la gráfica 1 representa el comportamiento de la afluencia vehicular en los cinco puntos de muestreo en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla. Se puede observar que el punto 5 es el punto con más afluencia vehicular, lo anterior se debe a que esta es una vía que comunica a Barranquilla con el municipio de Tubará en la cual se ubica el relleno sanitario los pósitos y se encuentran industrias. Así mismo, la gráfica representa que el vehículo con más afluencia en la jornada matutina fueron las motos con 173, seguidamente los autos con un aforo de 82.

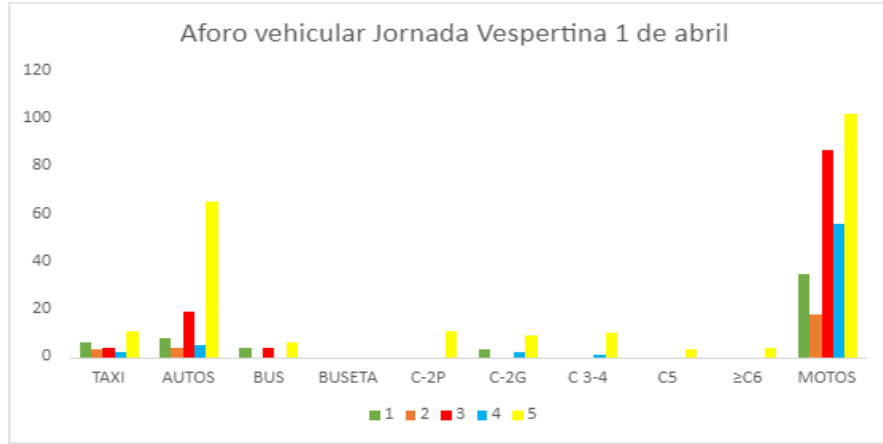
Tabla 8. Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día hábil 1 Vespertina.

| Dia hábil 1 (Vespertina) Fecha: 01-04-2024 | | | | | | | | | | |
|--|------|-------|-----|--------|------|------|-------|----|-----|-------|
| Tipo de vehículos | | | | | | | | | | |
| Puntos | TAXI | AUTOS | BUS | BUSETA | C-2P | C-2G | C 3-4 | C5 | ≥C6 | MOTOS |
| 1 | 6 | 8 | 4 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| 2 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| 3 | 4 | 19 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 87 |
| 4 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 56 |
| 5 | 11 | 65 | 6 | 0 | 11 | 9 | 10 | 3 | 4 | 102 |

Fuente: Autores

La tabla 8 muestra los resultados obtenidos del aforo vespertino realizado el 01-04-2024 en los cinco puntos en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla, este nos muestra que en total 482 vehículos pasaron por los puntos de muestreo. De todos los anteriores vehículos

se encontraron que 1 autos y 1 motos por sus características físicas presentan una antigüedad en el mercado.



Gráfica 2 Aforo vehicular jornada vespertina 1 de abril.

Fuente: elaboración propia

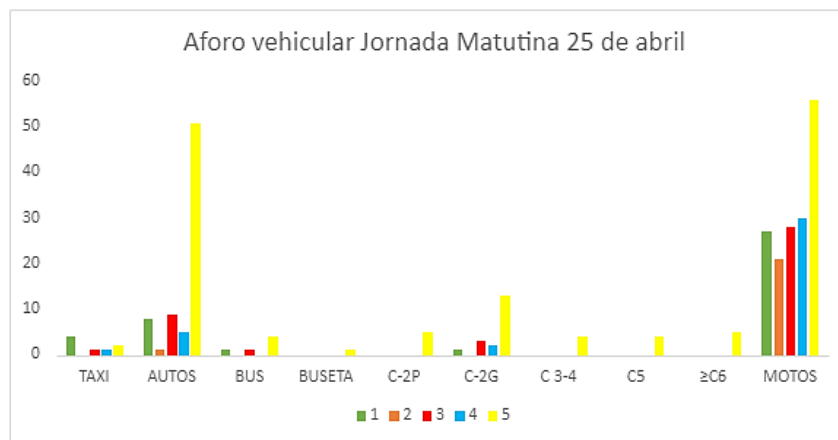
La gráfica 2 representa el aforo vehicular en la jornada vespertina del día 01- 03- 2024 en los cinco puntos de muestreo en el corregimiento de Juan Mina, donde se puede observar que el punto que presenta mayor afluencia vehicular es el punto 5. Así mismo, nos muestra que las motos y autos son los vehículos con mayor tráfico en la zona. Es importante resaltar que el horario de recolección de datos fue de 12:00 PM a 3:00 PM. Por lo tanto, este incluyo horas pico. Para el punto 3 se tuvo un incremento a diferencia de la jornada matutina, ya que hubo una diferencia considerable de aforo vehicular, para las motos se tuvo un incremento de 60, y para los autos el aumento de 15. Lo anterior, se debe a la hora de salida de clases de los estudiantes de la IED de Juan Mina, la cual es las 12:30 PM.

Tabla 9. Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día hábil 2 jornada Matutina.

| Dia hábil 2 (Matutina) Fecha: 25-04-2024 | | | | | | | | | | |
|--|------|-------|-----|--------|------|------|-------|----|-----|-------|
| Tipo de vehículos | | | | | | | | | | |
| Puntos | TAXI | AUTOS | BUS | BUSETA | C-2P | C-2G | C 3-4 | C5 | ≥C6 | MOTOS |
| 1 | 4 | 8 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 27 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 |
| 3 | 1 | 9 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| 4 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| 5 | 2 | 51 | 4 | 1 | 5 | 13 | 4 | 4 | 5 | 56 |

Fuente: Autores

La tabla 9 muestra los resultados obtenidos del aforo matutino realizado el 25- 04 - 2024 en los cinco puntos en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla, este nos muestra que en total 288 vehículos pasaron por los puntos de muestreo. De todos los anteriores vehículos se encontraron que 3 motos, 1 C-2G, 7 autos; por sus características físicas presentan una antigüedad en el mercado. En el aforo del punto 5 se registró un camión 3-4 de cilindraje con residuos, este es muy frecuente en el área por la cercanía que se tiene con el relleno sanitario los Pocitos



Gráfica 3 Aforo vehicular jornada matutina 25 de abril del 2024.

Fuente: Elaboración propia

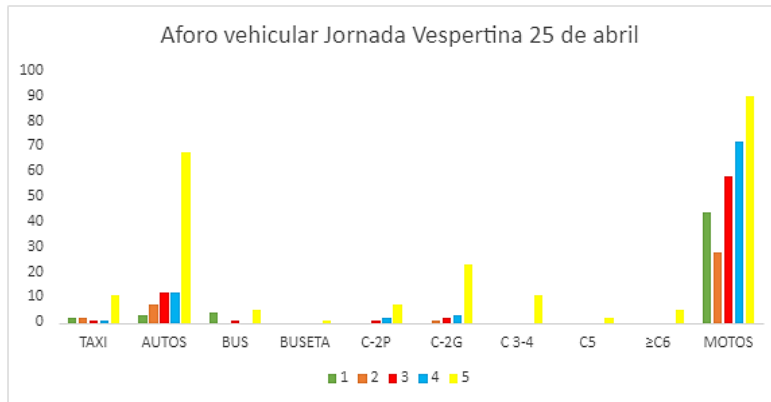
La grafica 3 representa el aforo vehicular en la jornada matutina del día 25- 04- 2014 en los cinco puntos de muestreos en el corregimiento de Juan Mina, donde se puede observar que el punto que presenta mayor afluencia vehicular es el punto 5 seguido del punto 4 y 3. Se evidencia que el punto 5 es una vía en la que transita todo tipo de vehículo. En total se registraron 56 motos y 51 autos que transitaron en la zona. Es importante mencionar que en esta vía encontramos vehículos de cilindrajes iguales o mayores a 6, como también busetas y buses que son muy constantes ya que son rutas intermunicipales como de servicios especiales.

Tabla 10. Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día hábil 2 jornada Vespertina.

| Dia hábil 2 (Vespertina) 25-04-2024 | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|-------|-----|--------|------|------|-------|----|-----|-------|
| Tipo de vehículos | | | | | | | | | | |
| Puntos | TAXI | AUTOS | BUS | BUSETA | C-2P | C-2G | C 3-4 | C5 | ≥C6 | MOTOS |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 |
| 2 | 2 | 7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| 3 | 1 | 12 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 58 |
| 4 | 1 | 12 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 72 |
| 5 | 11 | 68 | 5 | 1 | 7 | 23 | 11 | 2 | 5 | 90 |

Fuente: Autores

La Tabla 10 muestra los resultados obtenidos del aforo vespertino realizado el 25- 04 - 2024 en los cinco puntos en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla, este nos muestra que en total 479 vehículos pasaron por los puntos de muestreo. De todos los anteriores vehículos se encontraron que 3 motos, 8 autos; por sus características físicas presentan una antigüedad en el mercado. En el aforo del punto 5 se registró 7 camión 3-4 de llantas con residuos, este es muy frecuente en el área por la cercanía que se tiene con el relleno sanitario los Pocitos.



Gráfica 4 Aforo vehicular jornada vespertina 25 de abril del 2024.
Fuente: Elaboración propia

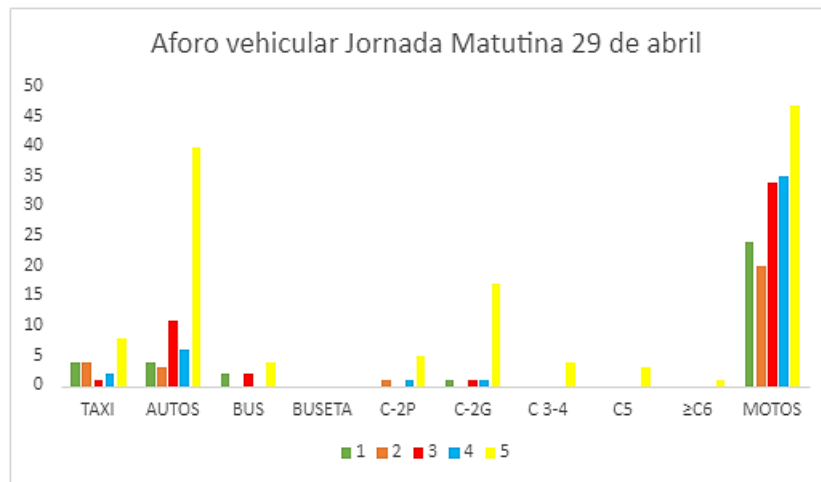
La grafica 4 representa el aforo vehicular en la jornada vespertina del día 25- 04- 2014 en los cinco puntos de muestreos en el corregimiento de Juan Mina, donde se puede observar que el punto que presenta mayor afluencia vehicular presenta es el punto 5; Se encontró que este punto se presentaron todos los tipos de vehículos considerados en el aforo. En total se registraron 90 motos y 68 autos que transitaron en la zona. Es importante resaltar que el punto 1 presento un incremento de motos aforadas a diferencia de los días de aforo hábiles en jornada vespertina en total transitaron 44 vehículos.

Tabla 11. Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día hábil 3 jornada Matutina.

| Dia hábil 3 (Matutina) 29-04-2024 | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|-------|-----|--------|------|------|-------|----|-----|-------|
| Tipo de vehículos | | | | | | | | | | |
| Puntos | TAXI | AUTOS | BUS | BUSETA | C-2P | C-2G | C 3-4 | C5 | ≥C6 | MOTOS |
| 1 | 4 | 4 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 24 |
| 2 | 4 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 |
| 3 | 1 | 11 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 34 |
| 4 | 2 | 6 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| 5 | 8 | 40 | 4 | 0 | 5 | 17 | 4 | 3 | 1 | 47 |

Fuente: Autores

La Tabla 11 muestra los resultados obtenidos del aforo matutina realizado el 29- 04 - 2024 en los cinco puntos en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla, este nos muestra que en total 286 vehículos pasaron por los puntos de muestreo. De todos los anteriores vehículos se encontraron que 2 motos, 3 autos, 2 de C-2p que por sus características físicas presentan una antigüedad en el mercado. En el aforo del punto 5 se registró 5 camiones de C- 2G y C3-4 de llantas con residuos este es muy frecuente en el área por la cercanía que se tiene con el relleno sanitario los Pocitos.



Gráfica 5 Aforo vehicular jornada matutina 29 de abril del 2024.

Fuente: Elaboración propia

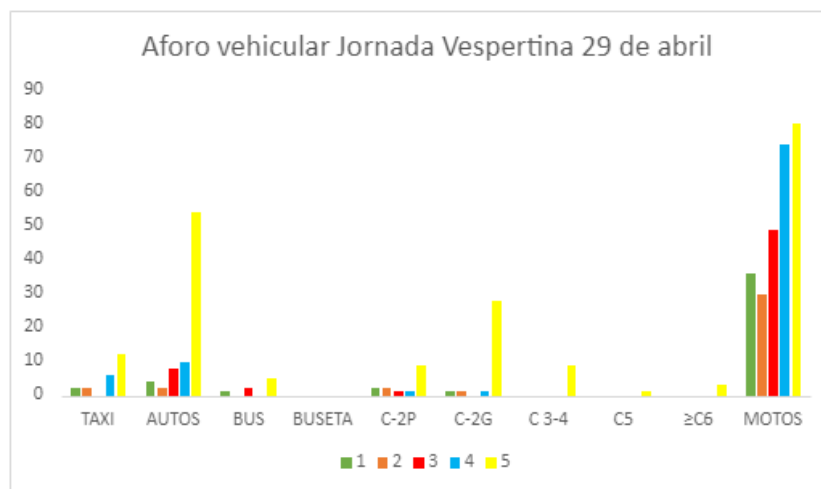
La grafica 5 representa el aforo vehicular en la jornada matutina del día 29- 04- 2014 en los cinco puntos de muestreos en el corregimiento de Juan Mina, donde se puede observar que el punto que presenta mayor afluencia vehicular presenta es el punto 5 seguido del punto 3; En el punto 5 se presenta gran afluencia de motos y autos, por su parte el punto 3 presento una gran afluencia de autos. Además, esta gráfica nos representa que, tras el punto 5, el punto 4, presento 35 motos aforadas.

Tabla 12. Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día hábil 3 jornada Vespertina.

| Dia hábil 3 (Vespertina) 29-04-2024 | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|-------|-----|--------|------|------|-------|----|-----|-------|----|
| Tipo de vehículos | | | | | | | | | | | |
| Puntos | TAXI | AUTOS | BUS | BUSETA | C-2P | C-2G | C 3-4 | C5 | ≥C6 | MOTOS | |
| 1 | 2 | 4 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 |
| 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| 3 | 0 | 8 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 49 |
| 4 | 6 | 10 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74 |
| 5 | 12 | 54 | 5 | 0 | 9 | 28 | 9 | 1 | 3 | 3 | 80 |

Fuente: Autores

La Tabla 12 muestra los resultados obtenidos del aforo vespertina realizado el 29- 04 - 2024 en los cinco puntos en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla, este nos muestra que en total 436 vehículos pasaron por los puntos de muestreo. De todos los anteriores vehículos se encontraron que 3 motos, 1 autos, 1 de C-2p, 1 de C-2G, 1 de C 3- 4. Los cuales por sus características físicas presentan una antigüedad en el mercado. En el aforo del punto 5 se registró 6 camiones de C- 2G y C3-4 de llantas con residuos, este es muy frecuente en el área por la cercanía que se tiene con el relleno sanitario los Pocitos.



Gráfica 6 Aforo vehicular jornada vespertina 29 de abril del 2024.

Fuente: Elaboración propia

La grafica 6 representa el aforo vehicular en la jornada vespertina del día 29- 04- 2014 en los cinco puntos de muestreos en el corregimiento de Juan Mina, donde se puede observar que el punto que presenta mayor afluencia vehicular presenta es el punto 5 seguido del punto 4; En el punto 5 se presenta gran afluencia de motos y autos, por su parte el punto 4 presento una gran afluencia de motos y carros. En este aforo se encontró que el punto 4 transito 74 motos, muy cercano al valor presentado en el punto 5, donde se aforo 80 motos, estos resultados están ligados a la hora pico de las zonas aforadas.

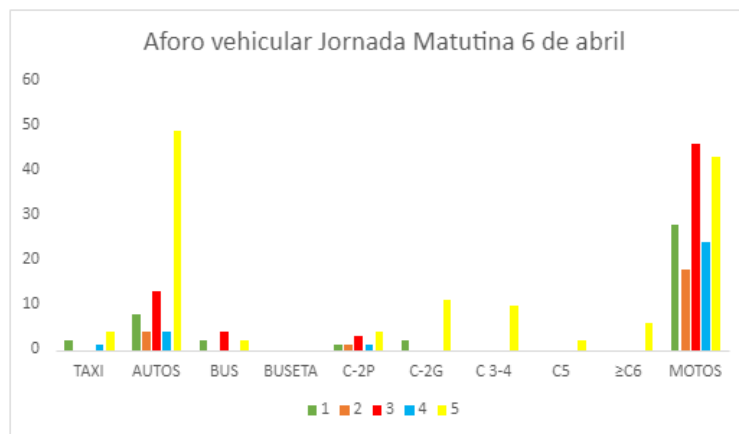
Datos obtenidos de los días no hábiles

Tabla 13. Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día No hábil 1 jornada Matutina.

| Dia no hábil (Matutina) Fecha:06-04-2024 | | | | | | | | | | |
|--|------|-------|-----|--------|------|------|-------|----|-----|-------|
| Tipo de vehículos | | | | | | | | | | |
| Puntos | TAXI | AUTOS | BUS | BUSETA | C-2P | C-2G | C 3-4 | C5 | ≥C6 | MOTOS |
| 1 | 2 | 8 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| 2 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| 3 | 0 | 13 | 4 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 |
| 4 | 1 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 |
| 5 | 4 | 49 | 2 | 0 | 4 | 11 | 10 | 2 | 6 | 43 |

Fuente: Autores

La Tabla 13 muestra los resultados obtenidos del aforo matutino realizado el 06- 04 - 2024 en los cinco puntos en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla, este nos muestra que en total 293 vehículos pasaron por los puntos de muestreo. De todos los anteriores vehículos se encontraron que 3 motos, 3 autos; por sus características físicas presentan una antigüedad en el mercado. En el aforo del punto 5 se registró dos camiones 3-4 de cilindraje con residuos, este es muy frecuente en el área por la cercanía que se tiene con el relleno sanitario los Pocitos.



Gráfica 7 Aforo vehicular jornada matutina 6 de abril del 2024.

Fuente: Elaboración propia

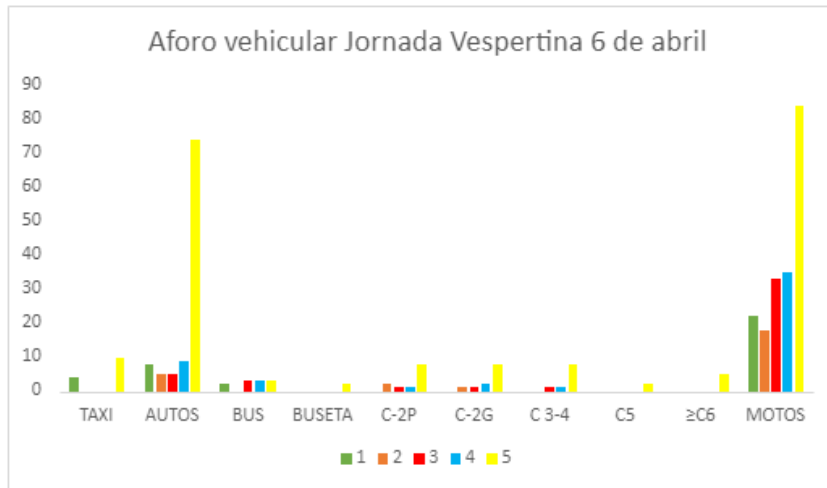
La grafica 7 representa el aforo vehicular en la jornada matutina del día 06- 04- 2014 en los cinco puntos de muestreo en el corregimiento de Juan Mina, donde se puede evidenciar que el punto con mayor afluencia de motos a diferencia de los aforos anteriores fue el 3, donde se aforo un total de 46 motos, se debe tener en cuenta que este punto se encuentra el IED de Juan Mina el cual ese día contaba con clases, así mismo se debe tener en cuenta que este punto se encuentra cerca del hospital y la iglesia del corregimiento. Otro de los vehículos con mayor afluencia fueron los autos en el punto 5 con un total de aforado de 49, es importante mencionar que por el área pasaron seis vehículos de más de 6 de cilindraje.

Tabla 14. Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día No hábil 1 jornada Vespertina.

| Dia no hábil (Vespertina) Fecha:06-04-2024 | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|-------|-----|--------|------|------|-------|----|-----|-------|
| Puntos | Tipo de vehículos | | | | | | | | | |
| | TAXI | AUTOS | BUS | BUSETA | C-2P | C-2G | C 3-4 | C5 | ≥C6 | MOTOS |
| 1 | 4 | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 |
| 2 | 0 | 5 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| 3 | 0 | 5 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 33 |
| 4 | 0 | 9 | 3 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 35 |
| 5 | 10 | 74 | 3 | 2 | 8 | 8 | 8 | 2 | 5 | 84 |

Fuente: Autores

La tabla 14 muestra los resultados obtenidos del aforo vespertina realizado el 06- 04 - 2024 en los cinco puntos en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla, este nos muestra que en total 361 vehículos pasaron por los puntos de muestreo. De todos los anteriores vehículos se encontraron que 3 motos, 8 autos; por sus características físicas presentan una antigüedad en el mercado. En el aforo del punto 5 se registró dos camiones 3-4 de cilindraje y uno de 2 cilindraje pequeño con basura, este es muy frecuente en el área por la cercanía que se tiene con el relleno sanitario los Pocitos.



Gráfica 8 Aforo vehicular jornada vespertina 6 de abril del 2024.

Fuente: Elaboración propia

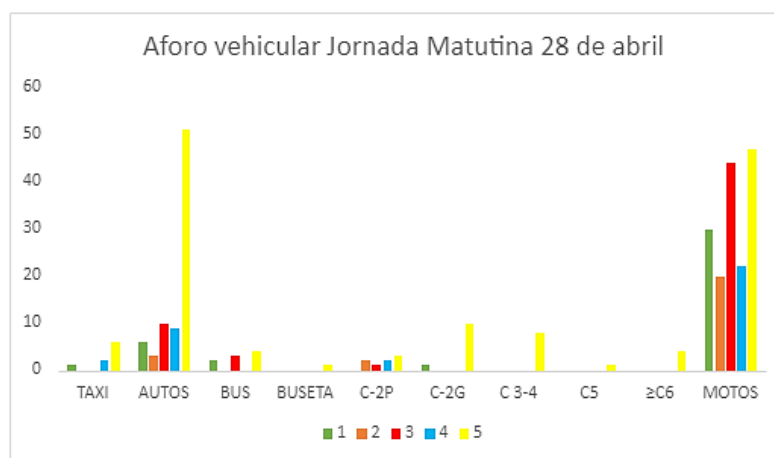
La grafica 8, representa el total de vehículos aforados en los 5 puntos del municipio de Juan Mina en la jornada vespertina del 06-03-2024 donde se presenta que en todos los puntos el vehículo más frecuente son las motos seguido de autos. Así mismo, esta jornada nos muestra que el punto cinco presenta mayor tráfico de los distintos vehículos considerados en el aforo.

Tabla 15. Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día No hábil 2 jornada Matutina.

| Puntos | Tipo de vehículos | | | | | | | | | |
|--------|-------------------|-------|-----|--------|------|------|-------|----|-----|-------|
| | TAXI | AUTOS | BUS | BUSETA | C-2P | C-2G | C 3-4 | C5 | ≥C6 | MOTOS |
| 1 | 1 | 6 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 |
| 3 | 0 | 10 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 |
| 4 | 2 | 9 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 |
| 5 | 6 | 51 | 4 | 1 | 3 | 10 | 8 | 1 | 4 | 47 |

Fuente: Autores

La Tabla 15 muestra los resultados obtenidos del aforo matutina realizado el 28- 04 - 2024 en los cinco puntos en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla, este nos muestra que en total 293 vehículos pasaron por los puntos de muestreo. De todos los anteriores vehículos se encontraron que 4 motos, 6 autos; por sus características físicas presentan una antigüedad en el mercado. En el aforo del punto 5 se registró cuatro camiones de C 3-4, y de dos de C-2P con residuos, estos son muy frecuente en el área por la cercanía que se tiene con el relleno sanitario los Pocitos.



Gráfica 9 Aforo vehicular jornada matutina 28 de abril del 2024.

Fuente: Elaboración propia

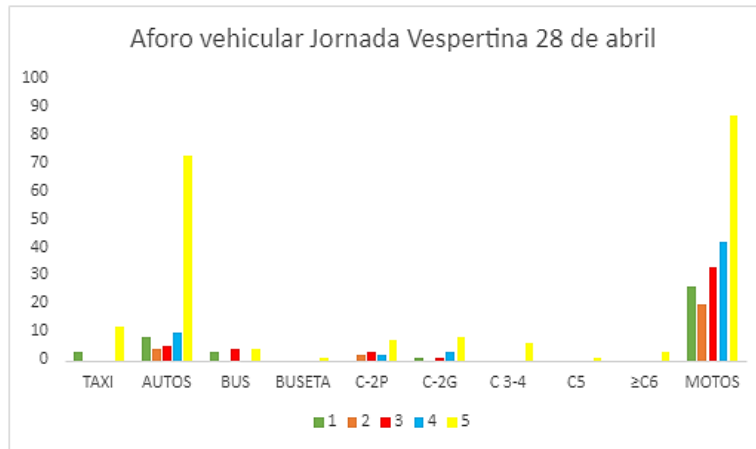
La grafica 9 representa el aforo vehicular en la jornada matutina del día 28- 04- 2014 en los cinco puntos de muestreos en el corregimiento de Juan Mina, donde se puede observar que el punto que presenta mayor afluencia vehicular es el punto 5, 3 y 1. Se encontró que el vehículo con mayor aforo fueron los autos en el punto número 5, en este mismo punto se dio una gran afluencia de motos donde se contabilizaron en total 293. Otro de los puntos que presentó mayor afluencia vehicular (motos) se encuentran el punto 1 y 3 con un total 30, 44 respectivamente.

Tabla 16. Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día No hábil 2 jornada Vespertina.

| Puntos | Dia no hábil (Vespertina) 28-04-2024 | | | | | | | | | |
|--------|--------------------------------------|-------|-----|--------|------|------|-------|----|-----|-------|
| | Tipo de vehículos | | | | | | | | | |
| | TAXI | AUTOS | BUS | BUSETA | C-2P | C-2G | C 3-4 | C5 | ≥C6 | MOTOS |
| 1 | 3 | 8 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 26 |
| 2 | 0 | 4 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 |
| 3 | 0 | 5 | 4 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 33 |
| 4 | 0 | 10 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 42 |
| 5 | 12 | 73 | 4 | 1 | 7 | 8 | 6 | 1 | 3 | 87 |

Fuente: Autores

La Tabla 16 muestra los resultados obtenidos del aforo vespertina realizado el 28- 04 - 2024 en los cinco puntos en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla, este nos muestra que en total 372 vehículos pasaron por los puntos de muestreo. De todos los anteriores vehículos se encontraron que 3 motos, 5 autos; por sus características físicas presentan una antigüedad en el mercado. En el aforo del punto 5 se registró cuatro camiones de C 3-4, y de uno de C-2P con residuos, estos son muy frecuente en el área por la cercanía que se tiene con el relleno sanitario los Pocitos.



Gráfica 10 Aforo vehicular jornada vespertina 28 de abril

Fuente: Elaboración propia

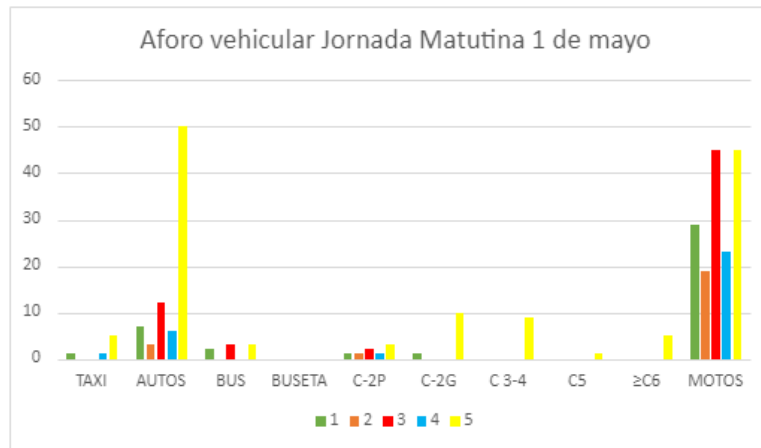
La grafica 10 representa el aforo vehicular en la jornada vespertina del día 28- 04- 2014 en los cinco puntos de muestreos en el corregimiento de Juan Mina, donde se puede observar que el punto que presenta mayor afluencia vehicular es el punto 5 donde se tiene un gran número de autos y motos aforados en comparación de los demás puntos. En esta jornada en el punto 5 circularon todos los tipos de vehículos que se tenían contemplados en el aforo. Este punto ha sido el único que ha registrado afluencia de todos los tipos de vehículos considerados al realizar el aforo.

Tabla 17. Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día No hábil 3 jornada Matutina.

| Puntos | Tipo de vehículos | | | | | | | | | |
|--------|-------------------|-------|-----|--------|------|------|-------|----|-----|-------|
| | TAXI | AUTOS | BUS | BUSETA | C-2P | C-2G | C 3-4 | C5 | ≥C6 | MOTOS |
| 1 | 1 | 7 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 29 |
| 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 |
| 3 | 0 | 12 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 |
| 4 | 1 | 6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 |
| 5 | 5 | 50 | 3 | 0 | 3 | 10 | 9 | 1 | 5 | 45 |

Fuente: Autores

La Tabla 14 muestra los resultados obtenidos del aforo matutino realizado el 01- 05 - 2024 en los cinco puntos en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla, este nos muestra que en total 288 vehículos pasaron por los puntos de muestreo. De todos los anteriores vehículos se encontraron que 3 motos, 2 autos; por sus características físicas presentan una antigüedad en el mercado. En el aforo del punto 5 se registró tres camiones de C 3-4, y dos de C-2P con residuos, estos son muy frecuente en el área por la cercanía que se tiene con el relleno sanitario los Pocitos.



Gráfica 11 Aforo vehicular jornada matutina 1 de mayo

Fuente: Elaboración propia

La grafica 11 representa el aforo vehicular en la jornada matutina del día 01- 05- 2014 en los cinco puntos de muestreos en el corregimiento de Juan Mina, donde se puede observar que el punto que presenta mayor afluencia vehicular es el punto 5 y 3. Para el punto 5 se tuvo un aforo para autos de 50, en motos se presentaron 45. También se transitó casi todos los tipos de vehículos considerados en el aforo.

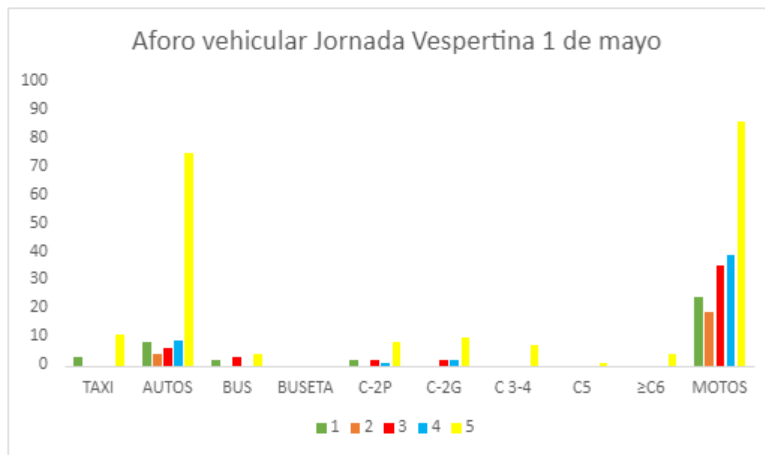
Para el punto 3 este tuvo un aforo en autos de 12, para motos se presentaron 45. Así mismo, circularon buses y vehículos de C-2P. Es importante resaltar que al corregimiento de Juan Mina ingresan 2 rutas de transporte urbano.

Tabla 18. Resumen de los cinco puntos de aforo vehicular día No hábil 3 jornada Vespertina.

| Puntos | Tipo de vehículos | | | | | | | | | |
|--------|-------------------|-------|-----|--------|------|------|-------|----|-----|-------|
| | TAXI | AUTOS | BUS | BUSETA | C-2P | C-2G | C 3-4 | C5 | ≥C6 | MOTOS |
| 1 | 3 | 8 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 |
| 2 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 |
| 3 | 0 | 6 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| 4 | 0 | 9 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 39 |
| 5 | 11 | 75 | 4 | 0 | 8 | 10 | 7 | 1 | 4 | 86 |

Fuente: Autores

La Tabla 18 muestra los resultados obtenidos del aforo vespertina realizado el 01- 05 - 2024 en los cinco puntos en el corregimiento de Juan Mina de la ciudad de Barranquilla, este nos muestra que en total 367 vehículos pasaron por los puntos de muestreo. De todos los anteriores vehículos se encontraron que 4 motos, 4 autos; por sus características físicas presentan una antigüedad en el mercado. En el aforo del punto 5 se registró cinco camiones de C 3-4, y tres de C-2P con residuos, estos son muy frecuente en el área por la cercanía que se tiene con el relleno sanitario los Pocitos.



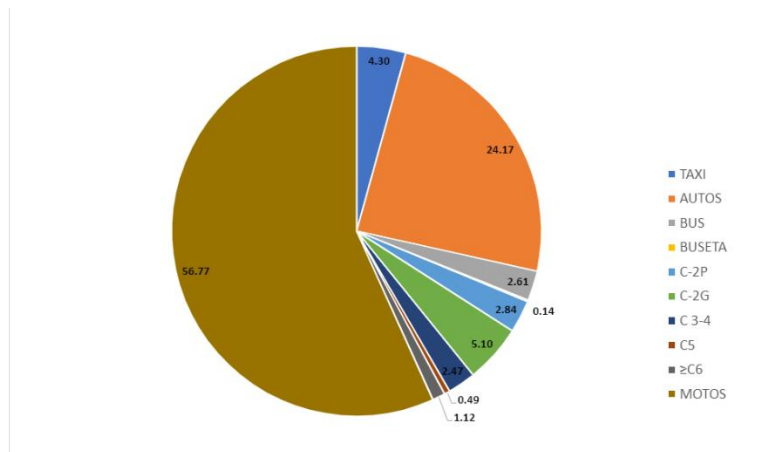
Gráfica 12 Aforo vehicular jornada vespertina 1 de mayo

Fuente: Elaboración propia

La grafica 12 representa el aforo vehicular en la jornada vespertina del día 01- 05- 2014 en los cinco puntos de muestreos en el corregimiento de Juan Mina, donde se puede observar que el punto que presenta mayor afluencia vehicular presenta es el punto 5 seguido del punto 4. Para el punto 5 se tuvo un aforo para autos de 75, en motos se presentaron 86. También se transitó casi todos los tipos de vehículos considerados en el aforo.

Para el punto 4 este tuvo un aforo en autos de 9, para motos se presentaron 39. Circularon buses y vehículos de C-2P y de C-2G. Es importante resaltar que al corregimiento de Juan Mina ingresan 2 rutas de transporte urbano.

- **Composición Vehicular.**



Gráfica 13 Aforo total de vehículos
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 13 muestra el porcentaje correspondiente a cada tipo de vehículo aforado en los 5 puntos del corregimiento de Juan Mina. En el que se evidencia que el tráfico sobre los puntos es heterogéneo, con predominancia de motos en la zona. Esto debe que el medio de transporte más usado en el corregimiento es de un 56,77%. Este tipo de vehículo lo siguen los autos, con una representación del 24,17 %. Es importante mencionar que en esta gráfica el porcentaje que

representan los vehículos de C2- G es de 5,10% siendo el tercer tipo de vehículo más transitado en la zona.

12.2. Estimación de los contaminantes criterios CO, NOx y COV'S emitidos por fuentes móviles por medio de factores de emisión.

De acuerdo con la cantidad de vehículos que transitaron durante los días monitoreados, se determinó la emisión caliente de cada tipo de vehículos identificado, considerando los indicadores de contaminación ajustados a los contaminantes criterios como COV's, NOx y CO.

Bajo la metodología utilizada (CORINAIR), para la determinación de la emisión caliente según el modelo del vehículo y considerando los factores de emisión de la EURO Relacionado con el año de fabricación de los vehículos se obtuvo los siguientes resultados.

12.2.1. Emisión para días hábiles

Para la estimación de las emisiones generadas por las fuentes móviles en el corregimiento de Juan Mina, se consideró la metodología anteriormente mencionada, considerando aspectos como el modelo del vehículo, la distancia recorrida, número de vehículos que transitaron durante el monitoreo y los factores de emisión ajustados a la tecnología vehicular y según lo estipulado por la EURO VI.

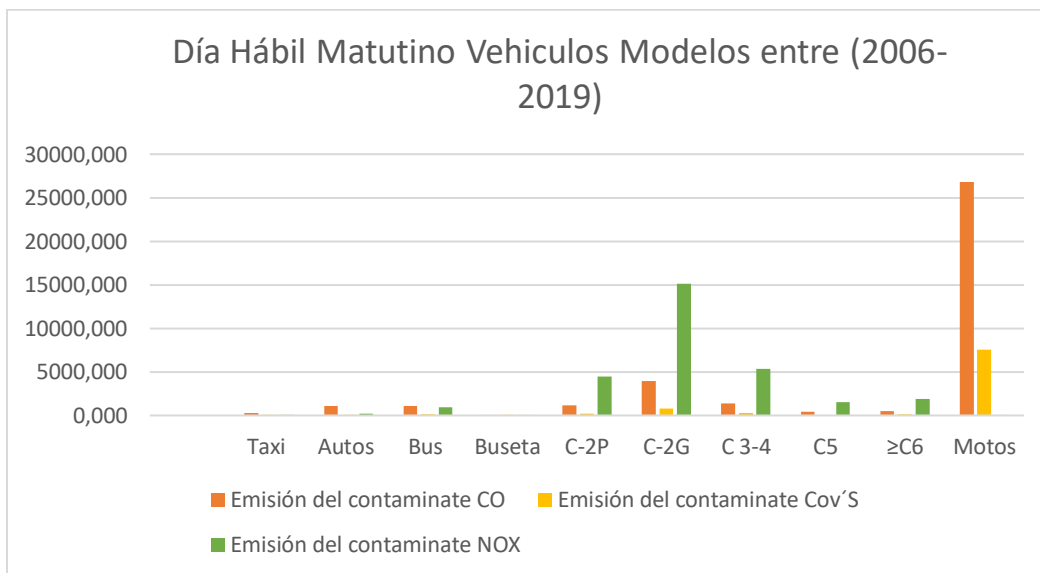
Los vehículos que transitaron durante los 3 días hábiles del monitoreo en ambas jornadas se relacionan con vehículos con modelos comprendidos entre el 2006 y 2019.

A continuación, se presenta en la tabla 19 y 20, los días hábiles monitoreados en los cinco puntos, para analizar cómo fue por jornada el comportamiento de emisión por fuente móvil en el corregimiento de Juan Mina.

Tabla 19. Estimación de emisiones para fuentes móviles jornada matutina días hábiles.

| DIA HABIL MATUTINO VEHICULOS SON MODELO (2006-2019) | | | | | | | | |
|---|---------------------|--------------------------|-------------------|---------|---------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Modelo del Vehículo | Número de vehículos | Distancia Recorrida (Km) | Factor de Emisión | | | Emisión del contaminante CO | Emisión del contaminante COV'S | Emisión del contaminante NOX |
| | | | CO | COV'S | NOX | | | |
| Taxi | 54 | 10 | 0,4928 | 0,02338 | 0,0852 | 266,431 | 12,640 | 46,063 |
| Autos | 220 | 10 | 0,4928 | 0,02338 | 0,0852 | 1085,461 | 51,498 | 187,665 |
| Bus | 24 | 10 | 4,5516 | 0,50452 | 3,9341 | 1093,692 | 121,230 | 945,327 |
| Buseta | 2 | 10 | 4,5516 | 0,50452 | 3,9341 | 91,141 | 10,103 | 78,777 |
| C-2P | 21 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 1177,815 | 227,726 | 4475,819 |
| C-2G | 71 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 3982,136 | 769,931 | 15132,532 |
| C 3-4 | 25 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 1402,161 | 271,102 | 5328,356 |
| C5 | 7 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 392,605 | 75,909 | 1491,940 |
| ≥C6 | 9 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 504,778 | 97,597 | 1918,208 |
| Motos | 495 | 10 | 5,4040 | 1,52968 | 0,0175 | 26782,098 | 7581,002 | 86,729 |

Fuente: Autores



Gráfica 14 Emisiones por contaminantes de los vehículos aforados día hábil jornada matutina.
Fuente: Elaboración propia

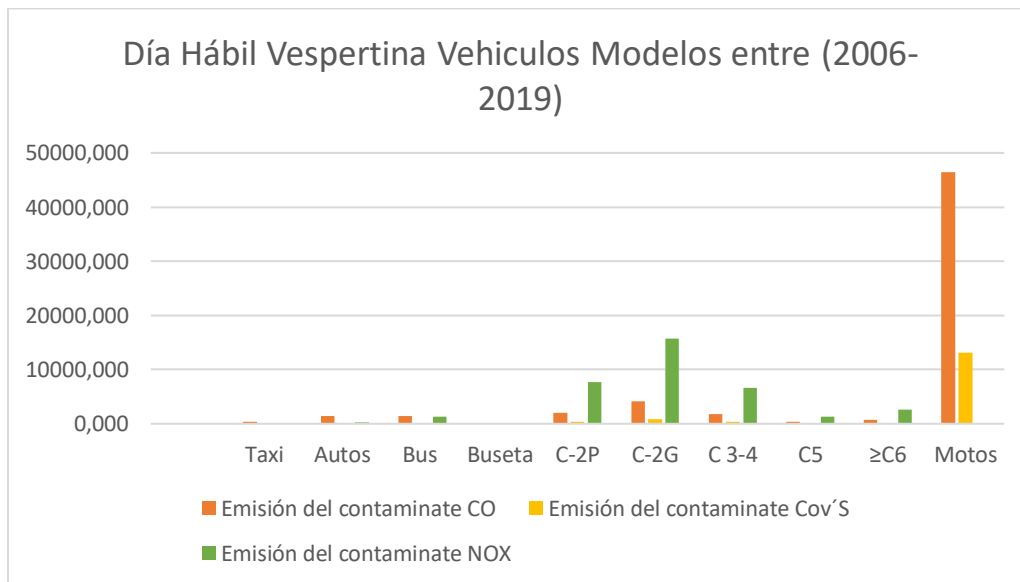
En la gráfica 14, se puede observar que la mayor concentración que se generó durante el aforo vehicular por los 5 puntos fue el contaminante CO para tipos de vehículos de motos los cuales la mayoría resaltada en el monitoreo fueron motos 4 tiempos, no obstante hubo motos de 2 tiempos, resaltando que dentro de diversos estudios es razonable que este sea uno

de los mayores contaminantes a partir de estas fuentes móviles, debido a que no se realiza la combustión completa, y adicional para la tecnología vehicular observada durante el monitoreo son de años que aun la transición de combustible ya sea de gasolina a diésel, no se ha ajustado a estas tecnologías vehiculares.

Tabla 20. Estimación de emisiones para fuentes móviles jornada vespertina días hábiles.

| DIA HABIL VESPERTINO VEHICULOS SON MODELO (2006-2019) | | | | | | | | |
|---|---------------------|--------------------------|-------------------|---------|---------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Modelo del Vehículo | Número de vehículos | Distancia Recorrida (Km) | Factor de Emisión | | | Emisión del contaminante CO | Emisión del contaminante COV'S | Emisión del contaminante NOX |
| | | | CO | COV'S | NOX | | | |
| Taxi | 65 | 10 | 0,4928 | 0,02338 | 0,0852 | 320,704 | 15,215 | 55,446 |
| Autos | 281 | 10 | 0,4928 | 0,02338 | 0,0852 | 1386,430 | 65,777 | 239,699 |
| Bus | 32 | 10 | 4,5516 | 0,50452 | 3,9341 | 1458,257 | 161,640 | 1260,436 |
| Buseta | 1 | 10 | 4,5516 | 0,50452 | 3,9341 | 45,571 | 5,051 | 39,389 |
| C-2P | 36 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 2019,111 | 390,388 | 7672,833 |
| C-2G | 74 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 4150,395 | 802,463 | 15771,935 |
| C 3-4 | 31 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 1738,679 | 336,167 | 6607,162 |
| C5 | 6 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 336,519 | 65,065 | 1278,806 |
| ≥C6 | 12 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 673,037 | 130,129 | 2557,611 |
| Motos | 859 | 10 | 5,4040 | 1,52968 | 0,0175 | 46476,408 | 13155,719 | 150,505 |

Fuente: Autores



Gráfica 15 Emisiones por contaminantes de los vehículos aforados día hábil jornada Vespertina.

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 15, se puede observar que las mayores emisiones generadas por los vehículos es el CO (monóxido de Carbono) para vehículos de motos, resaltando que en esta zona del corregimiento se presentan en mayoría motos de 4 tiempos. No obstante, los vehículos de carga grande con dos ejes generan mayores emisiones de NOx, dando así que el tipo de combustible utilizado es diésel a diferencia de las motos.

Comparando ambas jornadas, cabe resaltar que en ambas la emisión por CO (monóxido de carbono), es la que mayor y estas representan la mayor participación en los resultados totales del inventario, debido a que están relacionadas con algunos elementos que generan menos eficiencia en los motores de los vehículos como los procesos de combustión incompleta, las bajas velocidades de circulación, la edad del parque automotor y las deficiencias en el mantenimiento y sincronización de los vehículos.

12.2.2. Emisión para días No hábiles.

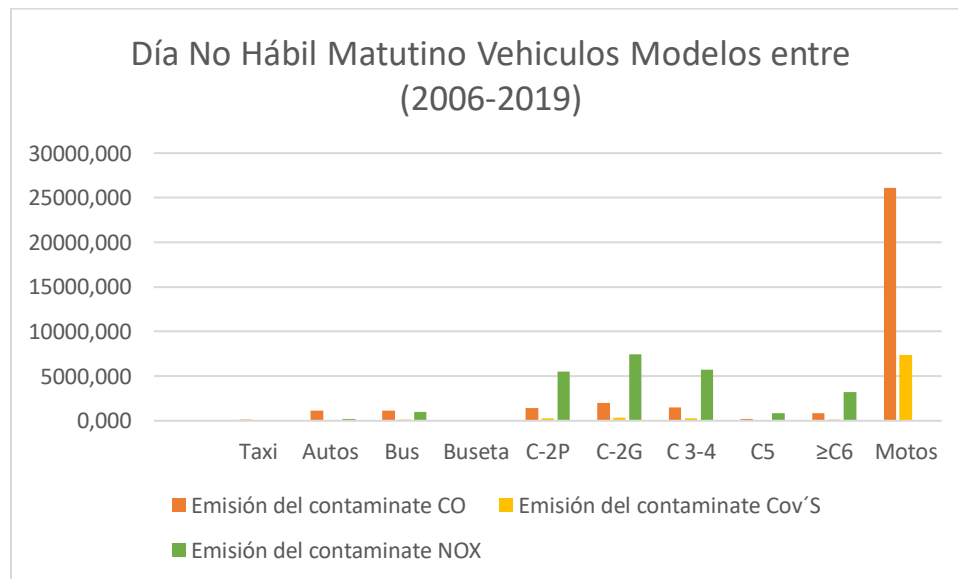
Para la estimación de las emisiones generadas por las fuentes móviles en el corregimiento de Juan Mina, durante los 3 días No hábiles del monitoreo en ambas jornadas se relacionan con vehículos con modelos comprendidos entre el 2006 y 2019, como se consideró para los días hábiles.

A continuación, se presenta en la tabla 21 y 22, los días No hábiles monitoreados en los cinco puntos, para analizar cómo fue por jornada el comportamiento de emisión por fuente móvil en el corregimiento de Juan Mina.

Tabla 21. Estimación de emisiones para fuentes móviles jornada matutina días No hábiles

| DIA HABIL MATUTINO VEHICULOS SON MODELO (2006-2019) | | | | | | | | |
|---|---------------------|--------------------------|-------------------|---------|---------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Modelo del Vehículo | Número de vehículos | Distancia Recorrida (Km) | Factor de Emisión | | | Emisión del contaminante CO | Emisión del contaminante COV'S | Emisión del contaminante NOX |
| | | | CO | COV'S | NOX | | | |
| Taxi | 23 | 10 | 0,4928 | 0,02338 | 0,0852 | 113,480 | 5,384 | 19,620 |
| Autos | 235 | 10 | 0,4928 | 0,02338 | 0,0852 | 1159,470 | 55,009 | 200,460 |
| Bus | 25 | 10 | 4,5516 | 0,50452 | 3,9341 | 1139,263 | 126,281 | 984,715 |
| Buseta | 1 | 10 | 4,5516 | 0,50452 | 3,9341 | 45,571 | 5,051 | 39,389 |
| C-2P | 26 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 1458,247 | 281,947 | 5541,491 |
| C-2G | 35 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 1963,025 | 379,543 | 7459,699 |
| C 3-4 | 27 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 1514,333 | 292,791 | 5754,625 |
| C5 | 4 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 224,346 | 43,376 | 852,537 |
| ≥C6 | 15 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 841,296 | 162,661 | 3197,014 |
| Motos | 483 | 10 | 5,4040 | 1,52968 | 0,0175 | 26132,835 | 7397,220 | 84,626 |

Fuente: Autores



Gráfica 16 Emisiones por contaminantes de los vehículos aforados día No hábil jornada Matutina.

Fuente: Elaboración propia

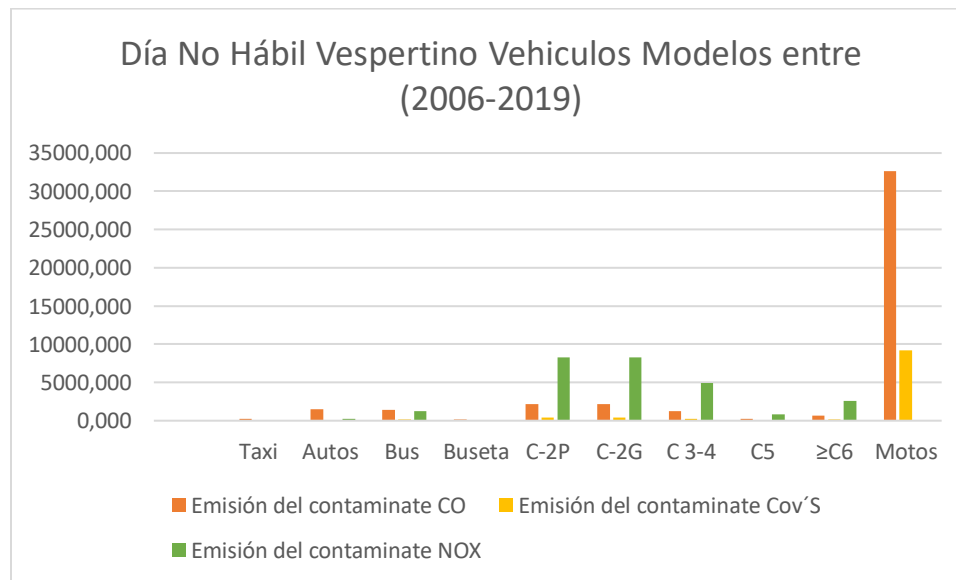
En la gráfica 16, se puede observar que la mayor concentración que se generó durante el aforo vehicular por los 5 puntos fue el contaminante CO para tipos de vehículos de motos, resaltando que estas fuentes trabajan con combustión incompleta de los combustibles a base

de hidrocarburos como gas, gasolina y otros derivados que son generadores de estas emisiones.

Tabla 22. Estimación de emisiones para fuentes móviles jornada matutina días No hábiles.

| DIA HABIL VESPERTINO VEHICULOS SON MODELO (2006-2019) | | | | | | | | |
|---|---------------------|--------------------------|-------------------|---------|---------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Modelo del Vehículo | Número de vehículos | Distancia Recorrida (Km) | Factor de Emisión | | | Emisión del contaminante CO | Emisión del contaminante COV'S | Emisión del contaminante NOX |
| | | | CO | COV'S | NOX | | | |
| Taxi | 43 | 10 | 0,4928 | 0,02338 | 0,0852 | 212,158 | 10,065 | 36,680 |
| Autos | 303 | 10 | 0,4928 | 0,02338 | 0,0852 | 1494,976 | 70,926 | 258,466 |
| Bus | 31 | 10 | 4,5516 | 0,50452 | 3,9341 | 1412,686 | 156,589 | 1221,047 |
| Buseta | 3 | 10 | 4,5516 | 0,50452 | 3,9341 | 136,712 | 15,154 | 118,166 |
| C-2P | 39 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 2187,370 | 422,920 | 8312,236 |
| C-2G | 39 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 2187,370 | 422,920 | 8312,236 |
| C 3-4 | 23 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 1289,988 | 249,414 | 4902,088 |
| C5 | 4 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 224,346 | 43,376 | 852,537 |
| ≥C6 | 12 | 10 | 5,6019 | 1,08311 | 21,2879 | 673,037 | 130,129 | 2557,611 |
| Motos | 603 | 10 | 5,4040 | 1,52968 | 0,0175 | 32625,465 | 9235,039 | 105,652 |

Fuente: Autores.



Gráfica 17 Emisiones por contaminantes de los vehículos aforados día No hábil jornada Vespertina.

Fuente: Elaboración propia

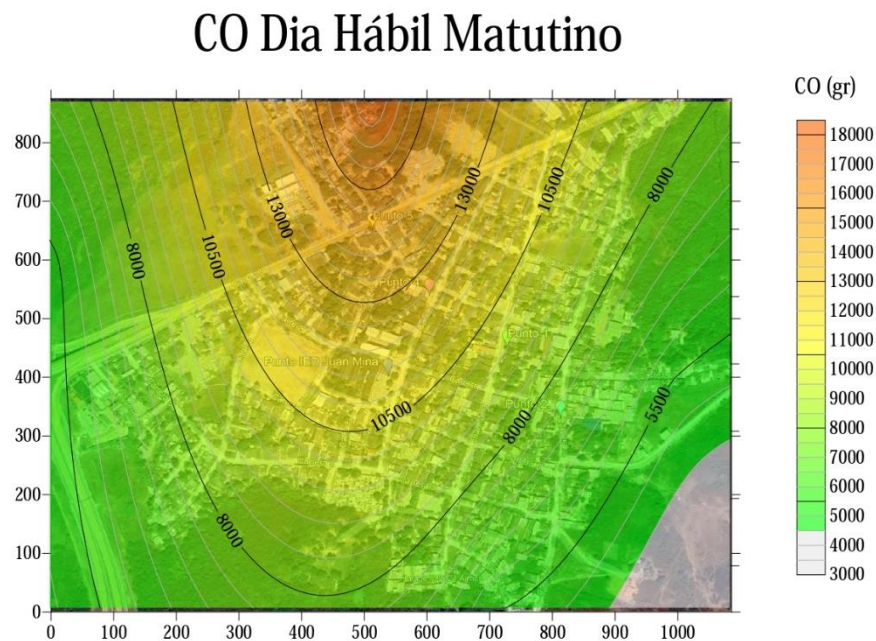
En la gráfica 17, se puede observar que la mayor concentración sigue siendo el contaminante CO para tipos de vehículos de motos los cuales la mayoría resaltada en el

monitoreo fueron motos 4 tiempos, no obstante, hubo motos de 2 tiempos, esto resalta aun los resultados anteriores donde se puede asociar que Las motocicletas más antiguas tienden a ser menos eficientes en términos de combustión y emiten más contaminantes.

12.3. Mapas de isoconcentración espacio- temporal de los contaminantes criterios CO, NOx y COV'S emitidos por fuentes móviles.

12.3.1 CO

En la figura 1 se muestra la comparación de los mapas de isoconcentración espaciotemporal del CO emitido por fuentes móviles en días hábiles. Se puede observar que las mayores cantidades de CO se concentran en el punto 5 ubicado en la vía Juan Mina, esto debido a que es una de las principales vías de la ciudad de Barranquilla donde hay gran actividad industrial y conecta con otros municipios se puede observar un alto flujo de vehículos de todos los tipos en comparación con el resto de los puntos.



CO Día Hábil Vespertino

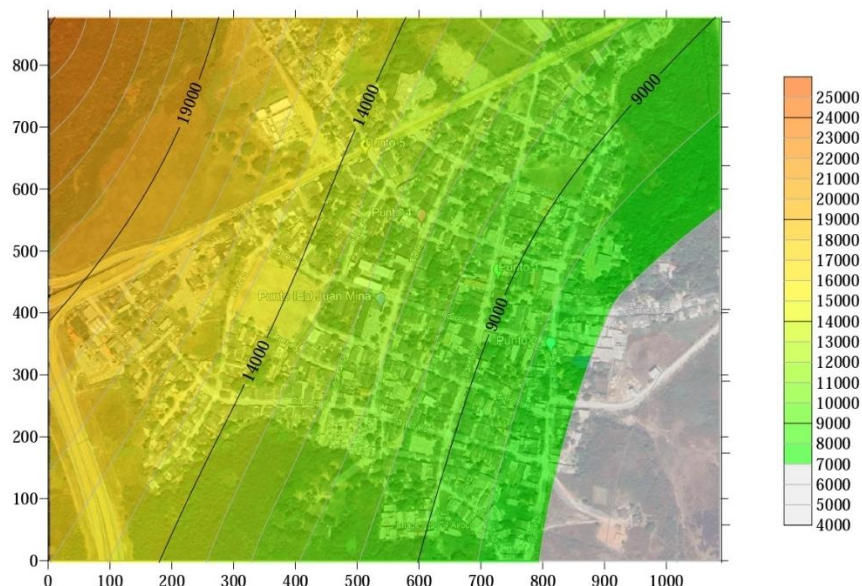
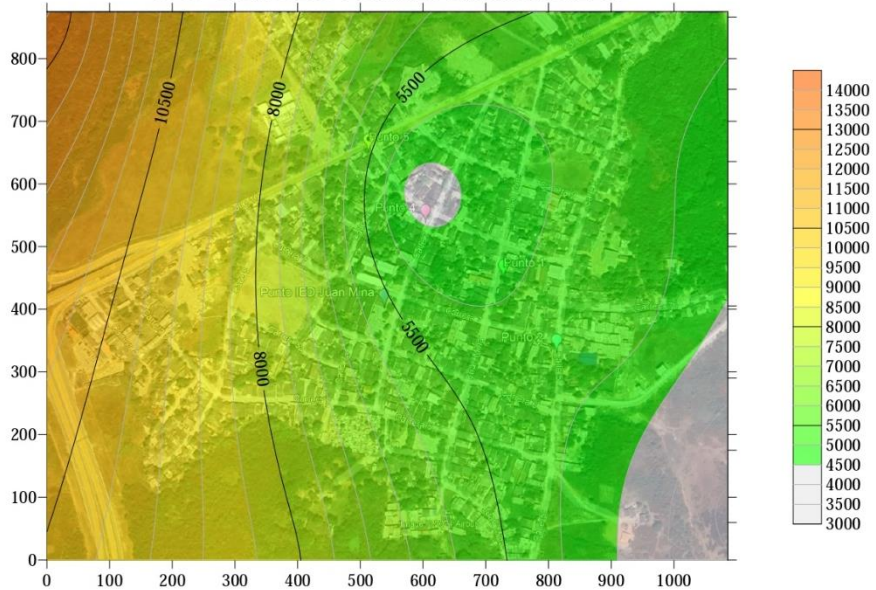


Figura 1 Mapas de isoconcentración espaciotemporal de CO en días hábiles Fuente: Autores

En la figura 2 se muestra la comparación de los mapas de isoconcentración espaciotemporal del CO emitido por fuentes móviles en días no hábiles. Se puede observar que las mayores cantidades de CO se concentran en el punto 5 ubicado en la vía Juan Mina. También, se puede resaltar bajas cantidades cercano al punto 4 en la jornada matutina y cercano al punto 2 en la jornada vespertina, esto relacionado con el bajo flujo vehicular debido a la poca cantidad de vehículos que transitaron y teniendo en cuenta que no hay flujo de varios tipos de vehículos como los buses, y los camiones grandes.

CO día no hábil matutino



CO día no hábil vespertino

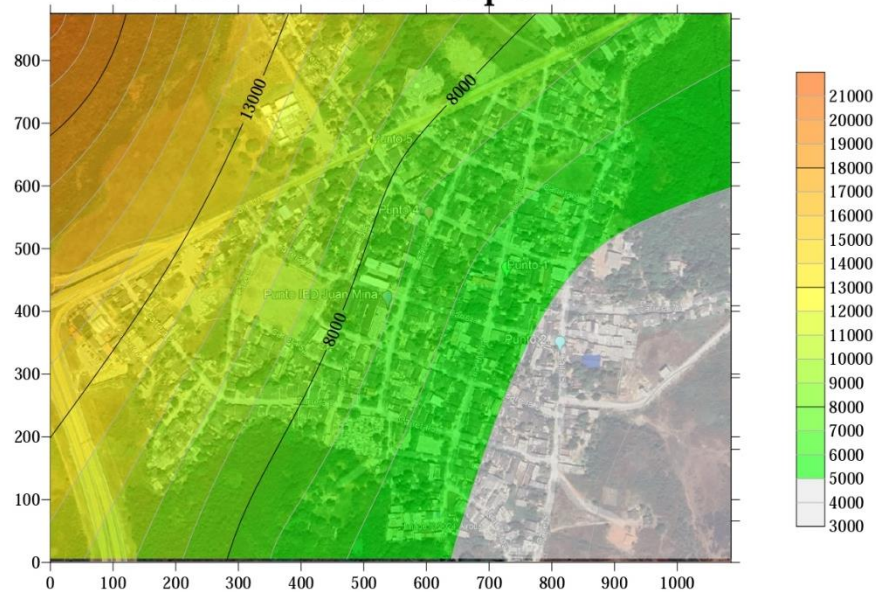


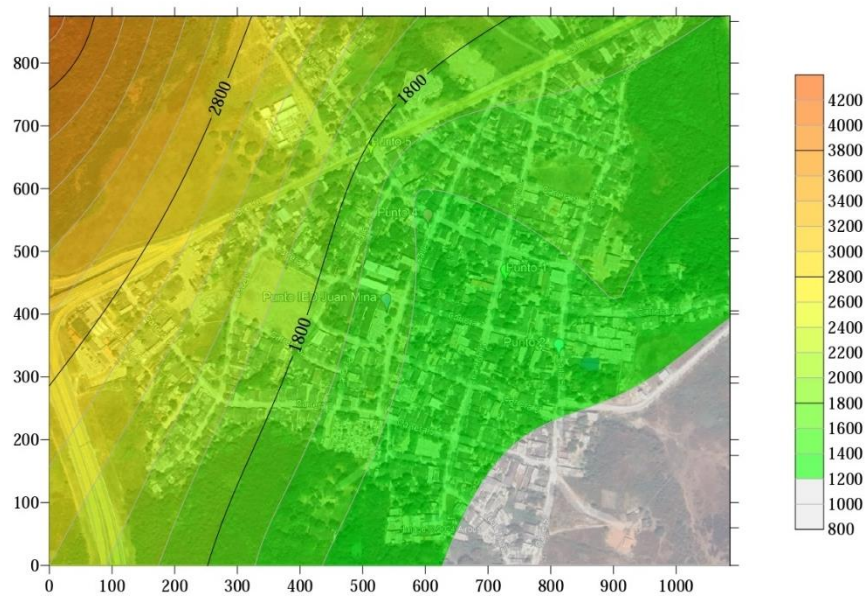
Figura 2 Mapas de isoconcentración espaciotemporal de CO en días no hábiles Fuente: Autores

12.3.2 COV'S

En la figura 3 se muestra la comparación de los mapas de isoconcentración espaciotemporal del COV's emitido por fuentes móviles en días hábiles. Se puede observar que las mayores cantidades se concentran en el punto 5 ubicado en la vía Juan Mina. También, se

puede resaltar bajas cantidades cercano al punto 4 en la jornada matutina y cercano al punto 2 en la jornada vespertina, esto relacionado con el bajo flujo vehicular debido a la poca cantidad de vehículos que transitaron y teniendo en cuenta que no hay flujo de varios tipos de vehículos como los buses, y los camiones grandes.

COV'S día hábil matutino



COV'S día hábil vespertino

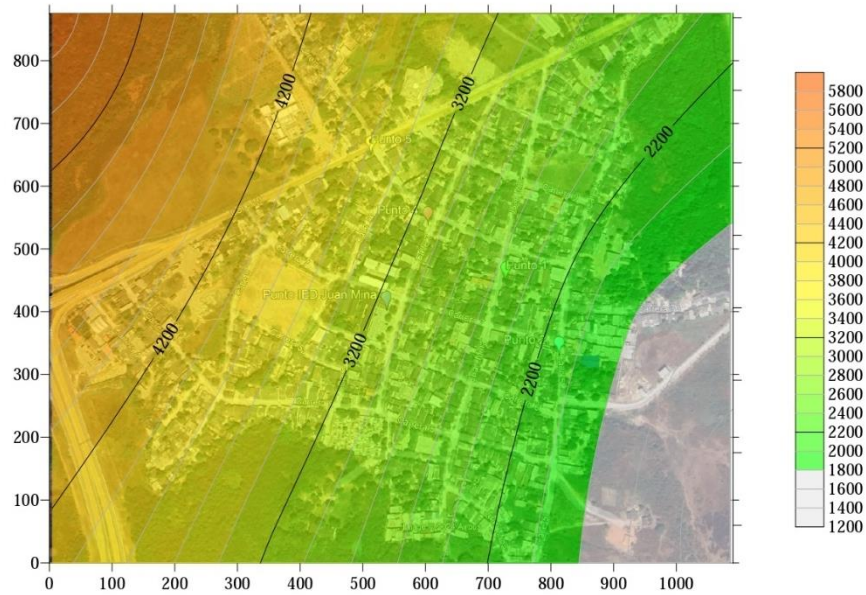
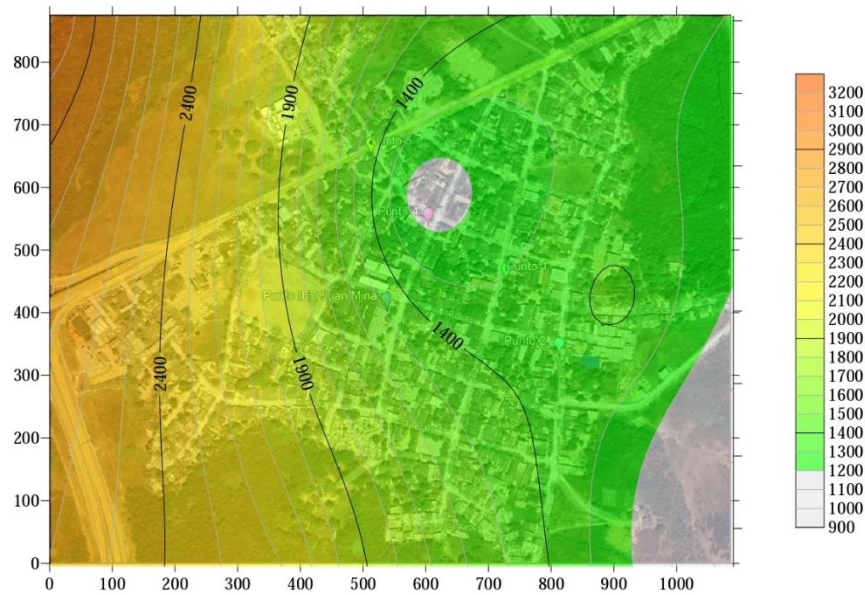


Figura 3 Mapas de isoconcentración espaciotemporal de los COV's en días hábiles Fuente: Autores

En la figura 4 se muestra la comparación de los mapas de isoconcentración espaciotemporal del COV's emitido por fuentes móviles en días no hábiles. Se puede observar que las mayores cantidades se concentran en el punto 5 ubicado en la vía Juan Mina. También al igual que en día hábil, hay bajas cantidades cercano al punto 4 en la jornada matutina y cercano al punto 2 en la jornada vespertina. No obstante, se observa menores emisiones de COV's porque el flujo de vehículos fue menor en comparación con el día hábil.

COV'S día no hábil matutino



COV'S día no hábil vespertino

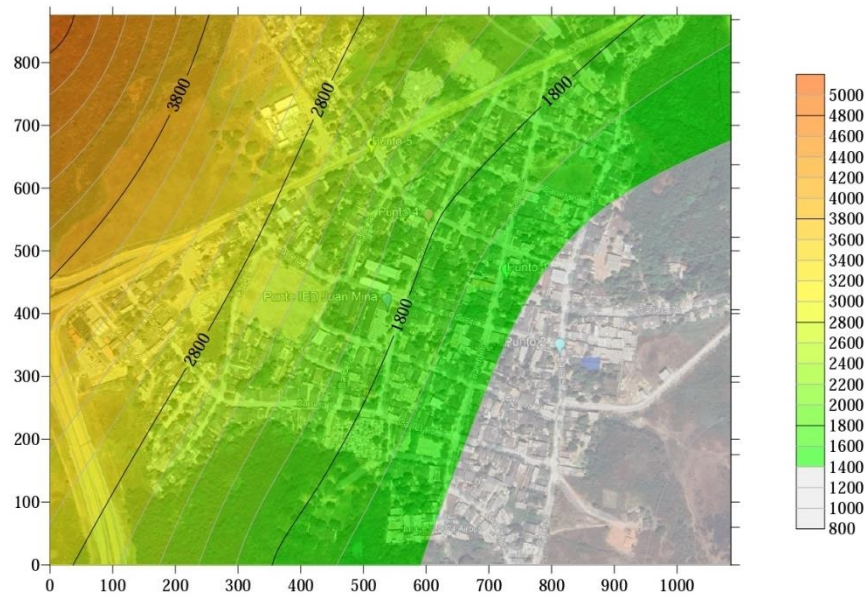


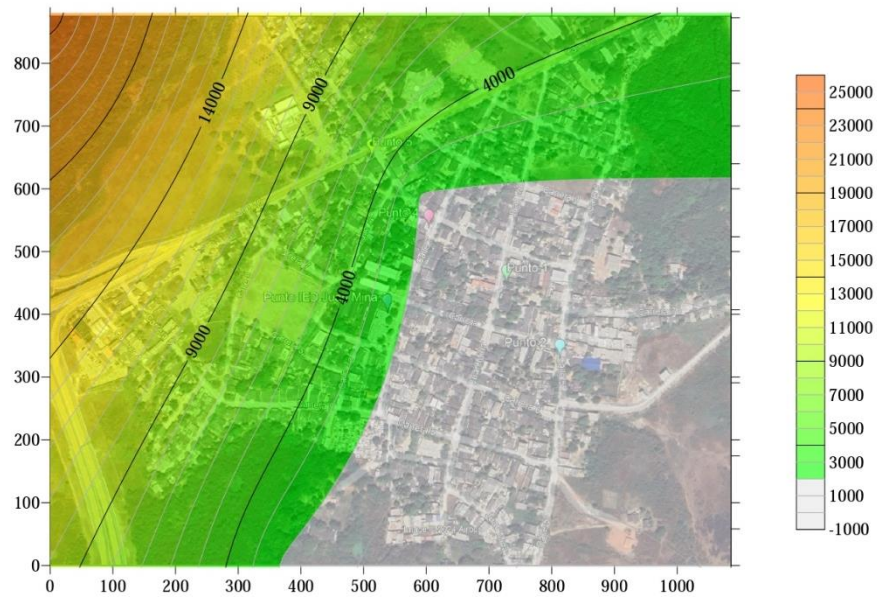
Figura 4 Mapas de isoconcentración espaciotemporal de los COV's en días no hábiles Fuente: Autores

12.3.3 NOx

En la figura 5 se muestra la comparación de los mapas de isoconcentración espaciotemporal del NOx's emitido por fuentes móviles en días hábiles. Se puede observar que

las mayores cantidades se concentran en el punto 5 ubicado en la vía Juan Mina, esto debido a que se encuentran diversas industrias lo que lleva a una gran cantidad de vehículos principalmente de carga pesada. Sin embargo, en comparación con los otros contaminantes, hubo menores emisiones de NOx en los puntos 1, 2, y 4. También, se resalta menores emisiones en la jornada matutina.

NOx día hábil matutino



NOx día hábil vespertino

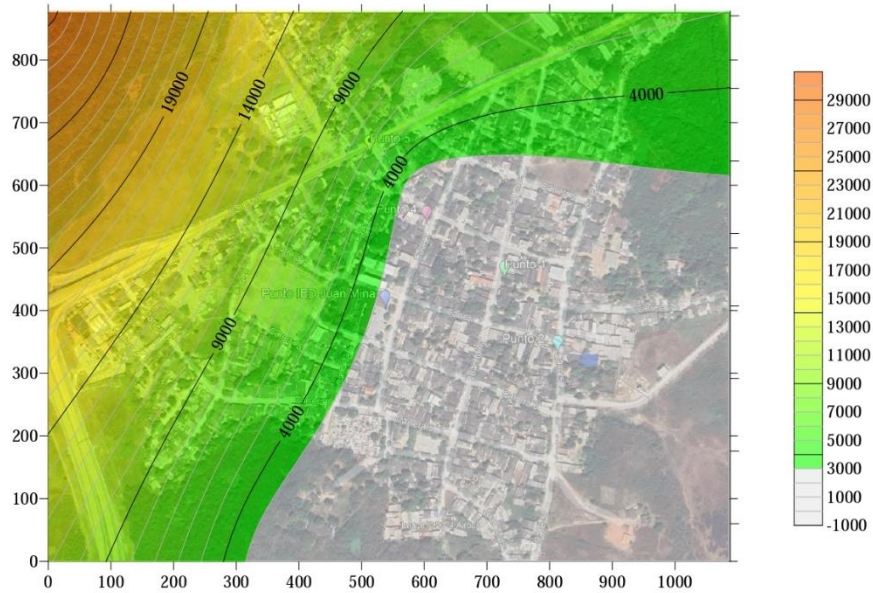
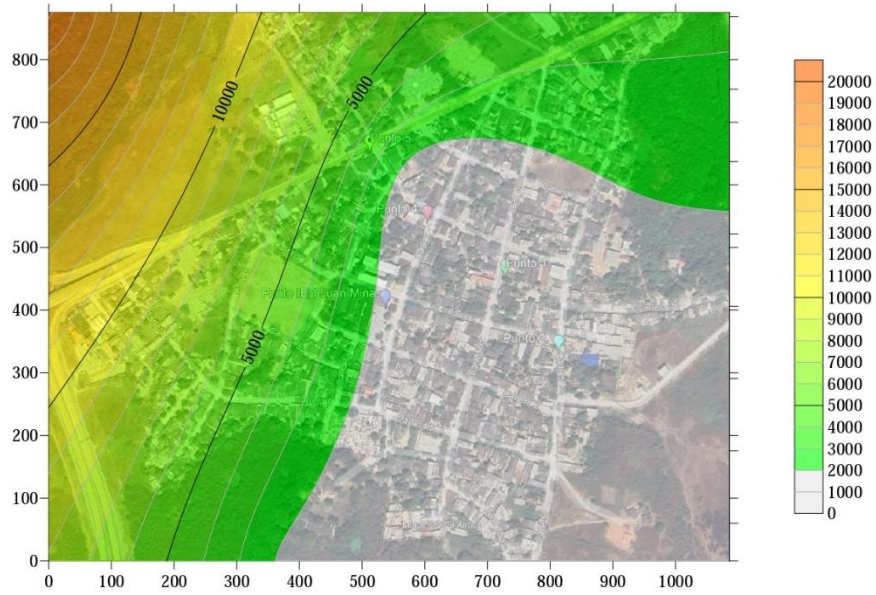


Figura 5 Mapas de isoconcentración espaciotemporal de NOx en días hábiles Fuente: Autores

En la figura 6 se muestra la comparación de los mapas de isoconcentración espaciotemporal del COV's emitido por fuentes móviles en días no hábiles. Se puede observar que las mayores cantidades se concentran en el punto 5 ubicado en la vía Juan Mina, aunque con menores emisiones a diferencia de día hábil. Adicionalmente, se puede resaltar bajas emisiones en los puntos 1 y 2 en la jornada matutina y en la jornada vespertina en los puntos 1, 2, 3 y 4. Esto se debe a que en esos puntos la circulación de vehículos pesados es excesivamente bajo.

NOx día no hábil matutino



NOx día no hábil vespertino

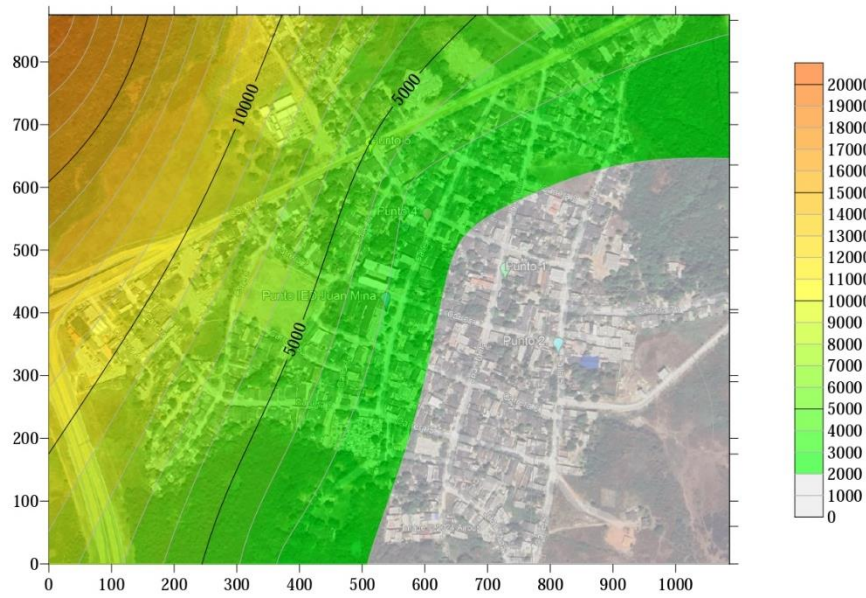


Figura 6 Mapas de isoconcentración espaciotemporal de NOx en días no hábiles Fuente: Autores

13. Conclusiones

De este proyecto se logra concluir distintos aspectos relevantes del aforo vehicular realizado en el corregimiento de Juan Mina, donde se determinó que en esta parte de la ciudad de Barranquilla el vehículo más usado por la comunidad son las motos, es importante señalar que se logró evidenciar que este tipo de transporte en la zona no cuenta con una regulación normativa oportuna por parte de las autoridades locales.

Es importante señalar, que, de los cinco puntos de aforados del corregimiento, el punto 5, que corresponde a una vía que comunica a Barranquilla con otros municipios y ciudades; es el más transitado. Lo anterior, coincide con los resultados obtenidos de las emisiones estimadas de los distintos contaminantes que se derivan de la combustión incompleta vehicular.

Con respecto a los contaminantes estudiados en el corregimiento, se encontró que el CO (monóxido de carbono) presentó mayores emisiones de emisiones en los días hábiles y en no hábiles. Lo anterior, considerando que este se presenta por la combustión incompleta de los motores a gasolina, lo que puede aumentar por la falta de mantenimiento de los vehículos. Esto fue un factor muy evidente en las jornadas de aforos realizadas en el corregimiento.

Otro de los contaminantes con mayor concentración son los COV's, los cuales son emitidos por distintas fuentes móviles principalmente las motos, buses y vehículos de carga pesada los cuales trabajan con gasolina y Diesel. En el caso de los vehículos que funcionan con gasolina sus afectaciones en las emisiones puede tener un incremento, ya que estos en caliente generan mayor ebullición de estos compuestos orgánicos volátiles. Teniendo en cuenta que los COV's presentaron mayores emisiones días hábiles se puede encontrar una relación directa entre el contaminante anteriormente mencionado, las motos que fue el vehículo con mayores emisiones

de los contaminantes, y fuente móvil mencionada presento mayor aforo en los días hábiles en el corregimiento de Juan Mina.

Para el caso de los NOx presento menor emisiones en las estimaciones realizadas. Es importante señalar que el vehículo que presento mayor estimación de este contaminante fueron los móviles de carga pesada, esto último teniendo en cuenta que sus motores funcionan con Diesel. Este tipo de automotor es muy constante en la zona debido al asentamiento de industrias en las zonas aledañas al corregimiento de Juan Mina.

Las estimaciones que en este proyecto se realizaron pueden ser usadas para la toma de acciones prevenidas por parte de los entes reguladores (Barranquilla Verde, CRA) para disminuir las exposiciones a las que se tienen que enfrentar las familias que habitan en el corregimiento de Juan Mina en la ciudad de Barranquilla, ya que solo estos no se enfrentan a la emisión generada por fuentes móviles sino todas aquellas que son generadas por las empresas que operan en esta zona de la ciudad.

14. Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos en el presente proyecto, se realizan las siguientes recomendaciones a futuras investigaciones:

- Tener mayor control por parte de los centros de diagnóstico automotriz, para realizar una revisión de los vehículos para verificar su cumplimiento con respecto a la normativa legal vigente para emitir contaminantes.
- Fomentar el uso de vehículos a gas para evitar combustión incompleta, ya que genera emisiones de contaminantes, especialmente el CO.

- Realizar con mayor frecuencia revisiones tecnicomecánicas en las motos, esto debido a que son de los vehículos más comunes en cualquier parte y por ende de los que más contaminación producen.
- Incentivar a las autoridades ambientales la realización de monitoreos de fuentes móviles, considerando que son las principales fuentes de contaminación atmosférica en entornos urbanos.
- Buscar alternativas que permitan que el uso de vehículos en zonas residenciales sea más controlado.

15. Referencias

Adrian Romero. (2012). Universidad central de Ecuador. Retrieved from

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/235/1/T-UCE-0012-37.PDF>

Autobody Magazine. (2017). CÓMO AFECTA EL TRÁNSITO EN EL MEDIO AMBIENTE.

<https://www.autobodymagazine.com.mx/2017/09/01/como-afecta-el-transito-en-el-medio-ambiente/>

Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de salud pública*, 79, 159-175.

Ballester Díez, F, Tenías, J. M., & Pérez-Hoyos, S. (1999). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción. *Revista Española de Salud Pública*, 73(2), 109-121.

Recuperado en 02 de septiembre de 2023, de

http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-

[57271999000200002&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57271999000200002&lng=es&tlng=es)

Barranquilla, A. d. (14 de septiembre de 2022). Vive la noticia. Obtenido de <https://www.barranquilla.gov.co/secretaria-general-del-distrito/barranquilla-estrena-cuarta-estacion-de-monitoreo-para-medir-y-analizar-la-calidad-del-aire>

Berdugo Arrieta, J. D., & Ramirez Rivas, D. E. (2016). Incidencia del flujo vehicular en la calidad del aire en sitios críticos por población, movilidad y características geométricas de las vías en la ciudad de Cartagena.

Centro de ciencias ecológicas. (2016). Retrieved from <http://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/Vol338.htm>

Céspedes, T. (2014). Prospectiva del Comportamiento de las Emisiones Generadas por las Fuentes Móviles en el Área Metropolitana de Monterrey, México. México: Tesis de Maestría en Ciencias con Especialidad en Sistemas. Retrieved from http://www.banrepcultural.org/sites/default/files/colf_cespedesclavijo_tatiana_tesis.pdf

Chana, J. L. (2004). Efectos de la contaminación atmosférica en el clima urbano y calidad ambiental de Arequipa. (Universidad Nacional San Agustín Arequipa, Perú). Cuadernos de investigación urbanística, (37).

COMDE-DERENDA. (2022). COMDE-DERENDA. Obtenido de Air Pollution Monitor APM-2: <https://www.comde-derenda.com/en/products/apm-2/>

Constitución política 1991 [Const] Art 79, 80. 7 de julio de 1991 (Colombia).

Consuegra, E. A. (2013). Informe del estado de los recursos naturales. Barranquilla: CONTRALORIA DISTRITAL. Retrieved from <http://contraloriabarranquilla.gov.co/apc-afiles/64646163313337626331653665633230/informe-ambiental-2013.pdf>

Decreto 948 de 1995 [Ministerio de Medio Ambiente]. Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto - Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.

Decreto 1076 de 2015 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. 26 de mayo de 2015.

De San Gil–UNISANGIL, F. U. (2019). Afectación de la salud humana por el deterioro de la calidad del aire debido a la emisión de contaminantes atmosféricos.

Documento Conpes 3344 del 2005. Retrieved from

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3344.pdf>

Documento Conpes 3943 del 2018. Retrieved from

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3943.pdf>

El aire. (s/f). Curriculumnacional.cl. <https://www.curriculumnacional.cl/portal/Recursos-digitales/Educacion-Ambiental/Aire/247698:El-Aire>

EPA. (1993). Retrieved from

[https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1003ODG.TXT?ZyActionD=ZyDocument](https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1003ODG.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1991+Thru+1994&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&S)
&Client=EPA&Index=1991+Thru+1994&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&S

ESTIMACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES 98

earchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=

EPA. (1999). Retrieved from <https://www3.epa.gov/ttnca1/dir1/fnoxdoc.pdf>

Folgozo, F., & De la Ossa, M. (2022). Análisis Del Comportamiento Del Material Particulado (PM10 Y PM2.5) A Través Del Modelo De Dispersión Qgis, En El Corregimiento De Juan Mina Para El Primer Semestre Del 2022 [Tesis de pregrado] Corporación Universitaria Reformada

Gallardo et al, L. E. (2012). Evaluation of vehicle emission inventories for carbon monoxide for Bogotá, Buenos Aires, Santiago, and São Paulo. Retrieved from <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/1542/1/TESIS%20INVENTARIO.pdf>

Gavidia, T., Pronczuk, J., & Sly, P. D. (2009). Impactos ambientales sobre la salud respiratoria de los niños: Carga global de las enfermedades respiratorias pediátricas ligada al ambiente. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 25(2), 99-108.

Gibson, J. (2001). *Teoría de Flujos Vehiculares*, 108.

GilC. (2008). ¿Qué son las PM2,5 y cómo afectan a nuestra salud? Retrieved from <https://www.ecologistasenaccion.org/17842/que-son-las-pm25-y-como-afectan-a-nuestra-salud/>

Giraldo, L. (2005). Ministerio de medio ambiente y desarrollo territorial. Retrieved from https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiFzW9levSAhXm0FQKHfa4DroQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Foab2.ambientebogota.gov.co%2Fapc-afiles%2F57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a%2FInventarioemisiones_fuentesm%25F3viles.pdf&usg=

Gobierno España. (2016). Ministerio de agricultura y pesca alimentación y medio ambiente. Retrieved from <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacionambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/oxidosnitrogeno.aspx>

Green facts. (2017). Retrieved from <http://www.greenfacts.org/es/glosario/mno/oxidosnitrogeno-nox-oxido-nitrico-no-dioxido-nitrogeno-no2.htm>.

Greenpeace. (2021). CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR EL TRÁFICO VEHICULAR BOGOTÁ, COLOMBIA. Informe Técnico de Greenpeace Research Laboratories

Hadi, M. (2023). Metodología de la Investigación: Guía Para El Proyecto de Tesis. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.

IDEAM - Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2016). Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia IDEAM 2011 – 2015.

IDEAM - Instituto de Hidrología. (2019). Emisiones. Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/web/siac/emisionesaire>.

INS. (2019) Informe Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia. Retrieved from <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Informe-Carga-de-Enfermedad-Ambiental-en-Colombia.aspx>

ISTAS. (2017). Risctox 1000 susrtancias. Retrieved febrero 16, 2017, from <http://risctox.istas.net/index.asp?idpagina=621>.

Lastra, F. H. (s.f de s.f de s.f). AMBIENTE, IDENTIDAD Y DESARROLLO: Percepciones locales sobre las transformaciones ambientales en el Corregimiento de Juan Mina. Obtenido de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0064389.pdf>

Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

22 de diciembre de 1993

Mayorga, C., Ruiz, M., & Aldas, D. (2020). Percepciones acerca de la contaminación del aire generada por el transporte urbano en Ambato, Ecuador. *Revista Espacios*, 41(17), 11.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Protocolo para el Monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.

Ministerio de Ambiente. (2016). Efectos del material particulado en el sistema respiratorio. Retrieved from <https://repositorioambiental.mma.gob.cl/index.php/2019/09/19/infografia-efectos-mp-en-sistema-respiratorio/>

ONU. (2016). Contaminación, automóviles y calidad del aire. Retrieved from <https://onuhabitat.org.mx/index.php/contaminacion-automoviles-y-calidad-del-aire>

OMS. (2016). Estimaciones nacionales sobre la exposición a la contaminación del aire y sus repercusiones para la salud. Retrieved from <https://www.who.int/es/news/item/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact#:~:text=El%20modelo%20de%20calidad%20del,de%20part%C3%ADculas%20con%20un%20di%C3%A1metro>

OMS. (2016). Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/deathsattributable-to-unhealthy-environments/es/>.

OMS. (2021). Contaminación de aire exterior. Retrieved from [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).

OPS. (2016). Calidad del aire. Retrieved from <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>

Ortega, W. A. (2019). Congestión vehicular de transporte urbano y su incidencia en salud y medio ambiente en la ciudad de Puno. *Revista Científica Investigación Andina*, 19(1).

Palacios, E., & Espinoza, C. (2 de septiembre de 2014). Contaminación del aire exterior. Cuenca - Ecuador, 2009 - 2013. Posibles efectos en la salud. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas- Universidad de Cuenca*, 32(2), 6-17. Recuperado el 6 de diciembre de 2019, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/22965>

Pineda, B. E., Muñoz, C. H., & Gil, H. (2018). Aspectos relevantes de la movilidad y su relación con el medio ambiente en el Valle de Aburrá: una revisión. *Ingeniería y desarrollo*, 36(2), 489-508.

Resolución 2154 de 2010 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones. 02 de noviembre de 2010

Resolución 2254 de 2017 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se adopta la norma de calidad de aire ambiente y se dictan otras disposiciones. 01 de noviembre de 2017

Romero Placeres, M., Diego Olite, F., & Álvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 44(2), 1-14. de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032006000200008

Rojas, N. Y. (2007). Aire y problemas ambientales de Bogotá.

Rodríguez, J. (2018). Estudio sobre la calidad del aire en el norte de Barranquilla. Tomado de:
<https://www.uninorte.edu.co/es/web/grupo-prensa/w/avanza-estudio-sobre-la-calidad-del-aire-en-el-norte-de-barranquilla>

Sampieri, R. H. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw Hill México.

Secretaría Distrital de Planeación. (s/f). CONDICIONES AMBIENTALES. Recuperado el 29 de marzo de 2024, de <https://www.sdp.gov.co/transparencia/informacion-interes/glosario/condiciones-ambientales>

SEMARNAT. (2007). Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas. México DF.: Instituto Nacional de Ecología. Retrieved from
http://www.inecc.gob.mx/descargas/calaire/2007_guia_moviles.pdf

SEMARNAT. (2018). Gob.mx:8443. Recuperado de
https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2018/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServlet8999.html

Shelton, S., Liyanage, G., Jayasekara, S., Pushpawela, B., Rathnayake, U., Jayasundara, A., & Jayasooriya, L. D. (2022). Seasonal Variability of Air Pollutants and Their Relationships to Meteorological Parameters in an Urban Environment. *Advances in Meteorology*, 2022.

Téllez et al, j. R. (2006, 4). Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental. *Rev. salud pública*, 8, 108-117. Retrieved from
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642006000100010

Toro, M. V., Ramírez, J. J., Quiceno, R. A., & Zuluaga, C. A. (2001). Cálculo de la emisión vehicular de contaminantes atmosféricos en la ciudad de Medellín mediante factores de emisión Corinair. *Revista Acodal*, 191, 42-49.

Toro et al., M. A. (2010). Actualización del inventario de emisiones atmosféricas en el Valle de Aburrá. Medellín (Antioquia): Universidad Pontificia Bolivariana. Retrieved from <http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/IsdocPlannedescontaminacion/Inventario%20de%20emisiones.pdf>

Tox Town. (2016, 11). Retrieved from <https://toxtown.nlm.nih.gov/espanol/chemicals.php?id=41>

Tox Town. (2017, 5). Retrieved from <https://toxtown.nlm.nih.gov/espanol/chemicals.php?id=41>.

Transportation Research Board. (2000). Highway capacity manual. Environmental Protection. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000746](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000746)

Trespalacios, R. (2024). RPubs - Estadística Espacio Temporal -Introducción. (s/f). Rpubs.com. Recuperado de <https://www.rpubs.com/robertrespa/404095>

Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2017). Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 28(1), 111-118.

Universidad de la Laguna. (s/f). PARTE 2: ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA. Ull.es. Recuperado el 29 de marzo de 2024, de https://jferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion03/parte_2_estabilidad_atmosfrica.html