

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del
Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE
CARBONO EN EL DISTRITO DE MARIANO MELGAR PARA ELABORAR LA
PROPUESTA DE REORDENAMIENTO VEHICULAR.**

Tesis presentada por el bachiller:

**Canales Manchuria Angel
Fabrizzio**

Para Optar el Título Profesional de:

Ingeniero Ambiental

Asesora:

Mg. Arredondo Lazarte Sonia

Arequipa Perú

2022

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA AMBIENTAL
DICTAMEN DE APROBACIÓN DE BORRADOR
TITULACIÓN CON TESIS

Arequipa, 15 de Septiembre del 2021

Dictamen: 002419-C-EPIA-2021

Visto el Borrador del expediente 002419, presentado por:

2014700411 - CANALES MANCHURIA ANGEL FABRIZIO

Titulado:

**ANALISIS COMPARATIVO DE LA CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO EN EL
DISTRITO DE MARIANO MELGAR PARA ELABORAR LA PROPUESTA DE REORDENAMIENTO
VEHICULAR.**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**3246 - BEJARANO MEZA MARIA ELIZABETH
DICTAMINADOR**



**3043 - PAREDES ZAVALA JOSHELYN MARIANGELA
DICTAMINADOR**

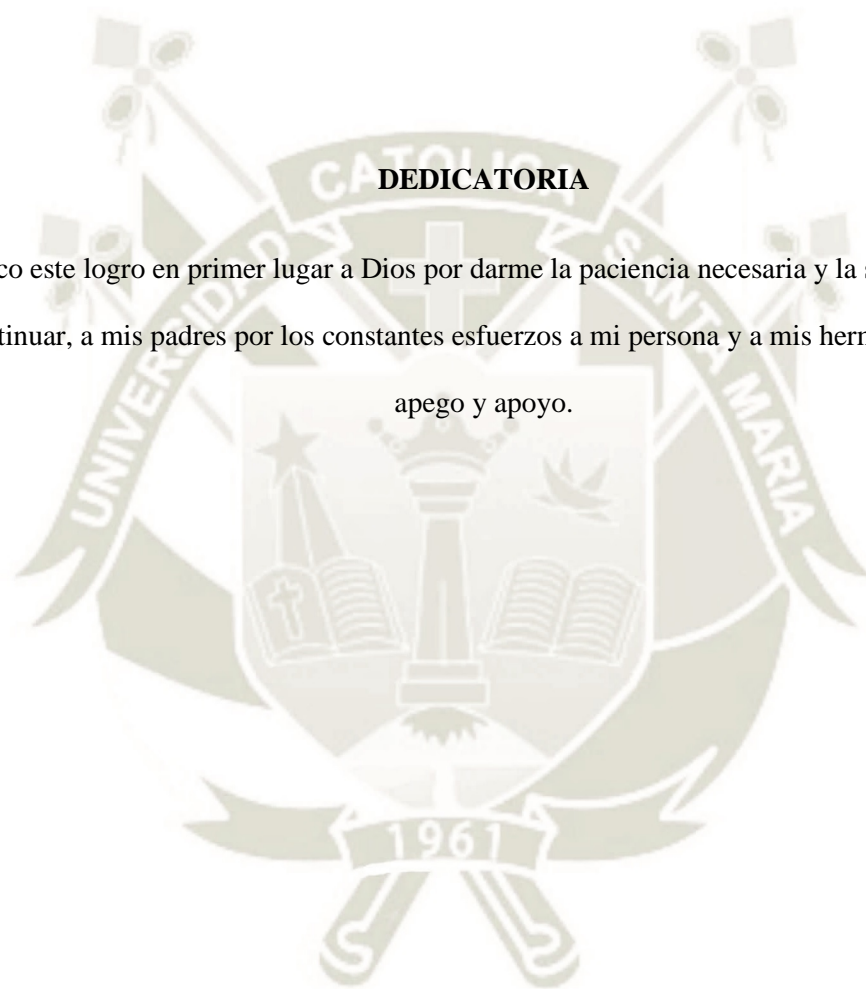


**7727 - CARDENAS PILLCO BERLY EDINSSON
DICTAMINADOR**



DEDICATORIA

Dedico este logro en primer lugar a Dios por darme la paciencia necesaria y la sabiduría para continuar, a mis padres por los constantes esfuerzos a mi persona y a mis hermanos por su apego y apoyo.



AGRADECIMIENTO

A mis profesores por la enseñanza en todos los cursos desarrollados durante mis estudios de
pregrado



RESUMEN

La contaminación por gases, disminuye la calidad del aire, cuyos efectos tienen consecuencias en la salud de las personas. La investigación sobre concentración de monóxido de carbono (CO), se han realizado en tres avenidas del Distrito de Mariano Melgar en 2019. Los objetivos fueron: a) Cuantificar la concentración de monóxido de carbono en los meses de julio, agosto y setiembre en tres Avenidas (Av. Mariscal Castilla, Av. Argentina y Av. Perú) en los horarios (06:00 a 08:00 h y 17:00 a 19:00 h) del distrito de Mariano Melgar, b) Comparar la concentración de monóxido de carbono obtenida entre avenidas, horarios, meses y los Estándares de calidad ambiental y c) Elaborar una propuesta de Reordenamiento Vehicular. Se ha utilizado el método de medición *in situ* a través del uso de sensor de CO, en diferentes avenidas, cuadras, meses, horario de muestreo y la elaboración de mapas de reordenamiento vehicular. Los resultados fueron: Existe una mayor concentración de CO en la Avenida Mariscal Castilla con 2.33 mg/m^3 de CO y la menor concentración se registró en la Avenida Argentina con 0.37 mg/m^3 de CO. La mayor concentración se registró en julio con 1.69 mg/m^3 y el horario de la tarde registró mayores concentraciones con 1.59 mg/m^3 de CO, con estos datos se ha presentado una propuesta de Reordenamiento Vehicular el cual muestra la cantidad de paraderos fijos, tiempo de permanencia y medidas adicionales.

Palabras clave: Avenidas, contaminación, monóxido de carbono, reordenamiento vehicular,

ABSTRACT

Gas pollution decreases air quality, the effects of which have consequences on people's health. The research on carbon monoxide (CO) concentration was carried out in three avenues of the District of Mariano Melgar in 2019. The objectives were: a) Quantification of the concentration of carbon monoxide in the months of July, August and September in three avenues (Mariscal Castilla Avenue, Argentina Avenue and Peru Avenue) during the hours (06:00 to 08:00 h and 17:00 to 19:00 h) in the district of Mariano Melgar, b) Comparison of the concentration of carbon monoxide obtained between avenues, hours, months and environmental quality standards and c) Develop a proposal for vehicle reorganization. The *in situ* measurement method has been used through the use of a CO sensor, in different avenues, blocks, months and sampling schedule and the elaboration of vehicle reorganization maps. The results were: There is a higher concentration of CO on Avenida Mariscal Castilla with 2.33 mg/m³ of CO and the lowest concentration was recorded on Avenida Argentina with 0.37 mg/m³ of CO. The highest concentration was recorded in July with 1.69 mg/m³ and the afternoon hours recorded higher concentrations with 1.59 mg/m³ of CO. With these data, a proposal for vehicle reorganization has been presented, which shows the number of fixed stops, time of permanence and additional measures.

Key Words: Avenues, pollution, carbon monoxide, vehicle reorganization

INTRODUCCIÓN

El problema de la contaminación ambiental de la ciudad de Arequipa, tiene sus efectos en el deterioro del medio ambiente y en la salud de las personas, que se ven afectadas en su calidad de vida.

Las investigaciones sobre las variaciones de los componentes de los gases contaminantes que se encuentran en la atmósfera con el monóxido de carbono, es importante debido a que es uno de los gases que a concentraciones fuera de los estándares de la calidad del aire, puede ocasionar muertes de niños y adultos. No necesariamente, se debe esperar sobrepasar los límites máximos permisibles para la toma de decisiones, sino más bien en base al monitoreo ambiental, considerar estrategias que permitan plantear alternativas de solución al problema.

La información generada permite brindar alertas sobre como el parque automotor, puede ocasionar daño a la salud, sino se toman acciones de reordenamiento vehicular o evitar que unidades vehiculares antiguas circulen por la vía pública.

Las calles y las avenidas, son los espacios por donde circulan los vehículos, sin embargo, alrededor de dichas vías, se encuentran las viviendas donde habitan las familias, las cuales son afectadas en forma directa e indirecta en su salud, por esta situación, es importante determinar que avenidas y cuadras, presentan un mayor riesgo de contaminación por gases.

Asimismo, es necesario conocer los horarios de circulación con la finalidad de determinar, la mayor concentración vehicular, las que deben ser consideradas en un plan de reordenamiento vehicular y propuestas de una gestión ambiental integral, donde se considere la educación ambiental, reordenamiento del plan de rutas, reforestación, ordenanzas que prohíban la circulación de vehículos antiguos o promover la circulación de vehículos con energía renovable.

El objetivo fundamental de una investigación es generar información científica, que posibilite realizar monitoreos permanentes con la finalidad de plantear propuestas de mitigación ambiental, que considere los resultados obtenidos del proceso de generación de gases.

ÍNDICE

DICTAMEN APROBATORIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO TEÓRICO	9
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	9
1.1. Determinación del problema	10
1.2. Enunciado del Problema	10
a. Ambiental	12
b. Económica	4
c. Social	13
d. Tecnológica	13
2.1. Objetivos	14
a. Objetivo General	14
b. Objetivos Específicos	14
Exposición de las variables	15
a. Variable independiente	15
b. Variable dependiente	15
Tabla 2. Operacionalización de variables	15
3.1. Conceptos básicos	16
3.2. Antecedentes de la Investigación	19
4. HIPÓTESIS	22
CAPITULO II PLANTEAMIENTO OPERACIONAL	24
1. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN	25
a. Tipo de Investigación	25
1.2. Instrumentos para la recopilación de datos	25
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. Determinación del problema

La contaminación atmosférica, es uno de los problemas medio ambientales más serios a los que la sociedad tiene que hacer frente. Las demandas de movilidad están suponiendo una emisión extraordinaria de sustancias contaminantes a la atmósfera. Esta situación acarrea que entornos concretos (grandes ciudades o zonas próximas a elevada actividad industrial) puedan registrar niveles de calidad del aire inadecuados con efectos negativos en la salud humana y los ecosistemas.

Los municipios suelen desarrollar inventarios de emisiones, pero estos solo son diagnósticos de calidad del aire sin valor operativo, debido a la carencia de propuestas realistas de acciones que mitiguen, controlen o reduzcan la emisión de contaminantes, este es otro de los factores que originan el deterioro de la calidad del aire.

La contaminación ambiental a nivel global, como consecuencia de la actividad del flujo vehicular, es creciente, debido al incremento de vehículos adquiridos por las familias, que funcionan con combustibles fósiles. Cada día los vehículos particulares y de carga liviana que operan con gasolina son las unidades más contaminantes, pues aportan un total del 73% de las emisiones, siendo el Monóxido de Carbono el gas con más presencia en la emisión equivalente al 60.4% (Herrera, Rodríguez, y Marín, 2012). Ocasionando problemas ambientales como el efecto invernadero y fundamentalmente incidiendo en la salud de las personas que viven en zonas contaminadas por actividad permanente de tránsito vehicular.

A nivel nacional la calidad de aire se ha visto reducida en parte por las emisiones emitidas por el flujo vehicular, como se informa en los inventarios de emisiones publicados por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA, 2009).

El problema ambiental radica en que altas concentraciones se relacionan directamente con afluencia vehicular, donde tales concentraciones ocasionan daños y perjuicios a la salud de las personas a corto y largo plazo.

1.2. Enunciado del Problema

¿Cómo realizar el análisis comparativo de la concentración de monóxido de carbono para elaborar la propuesta de reordenamiento vehicular en el Distrito de Mariano Melgar?

1.3. Descripción del problema

A nivel de la ciudad de Arequipa existen puntos criterio donde la emisión de monóxido de carbono es alta, como los lugares con alta congestión vehicular Av. Sepúlveda, Av. Lima, Av. Mariscal Castilla, Av. Argentina, Av. Jesús entre otros mostrados en el inventario de emisiones dado por DIGESA en el 2009. A parte de albergar una alta afluencia vehicular también presenta una alta concurrencia de personas debido a la cercanía que tiene a mercados, supermercados, ferias, colegios, centros de salud, etc. Como parte de la combustión del petróleo gasolina y gas la emisión e inmisión de CO en dichas zonas puede llegar a ser peligrosa si se encuentra en altas concentraciones, generando malestar en la población.

El parque automotor en la ciudad de Arequipa ha tenido un aumento considerable en los últimos 10 años. La congestión vehicular se vuelve constante en zonas troncales en la ciudad de Arequipa entre las (06:00 a 0:800 h) y (17:00 a 19:00 h) (Rivera, 2016), el poco mantenimiento de las unidades vehiculares que prestan servicios de transporte originan que se agrave la contaminación ambiental en dichos lugares (Tabla 1).

Tabla 1. Emisiones Total de CO (ton/año) por avenida en diferentes distritos

Nombre de Vía	EMISION TOTAL (ton/año)	
	CO(ton/año)	Lugar
Av. Goyeneche	266.53	
Av. Peru	315.88	Mariano Melgar
Av. Alcides Carrión 2	352.45	
Av. Jesús - trm 02	360.45	
Av. Argentina	372.66	Mariano Melgar
Av. Sepúlveda	389.6	Mariano Melgar
Av. Jesús - tramo 01	424.71	Mariano Melgar
Av. Kenedy	434.19	
Av. Progreso	493.46	

Av. Avelino Cáceres - trm 01	555.04	
Av. Avelino Cáceres - trm 02	624.53	
Av. Mariscal Castilla	750.28	Mariano Melgar
Av. Dolores	1,970.45	

Fuente:(MDA, 2009)

1.3. Justificación

a. Ambiental

¿Por qué?

Existe un incremento de gases a causa del aumento de vehículos para garantizar el acceso a la población para la movilización, genera un alza en los niveles de monóxido de carbono. Asimismo, en la ciudad de Arequipa existe el efecto de la Inversión Térmica originando que los contaminantes se queden confinados bajo una capa de inversión que actúa como un tapón térmico, este efecto se produce durante el invierno, este es el interés de poder analizar los contaminantes en estos meses o época del año.

¿Para qué?

Para garantizar la calidad del aire a través de medidas de mitigación que puedan reducir y limitar las inmisiones de dicho gas, que origina la contaminación ambiental que se vive en estos tiempos; asimismo a través de la medición de la concentración de monóxido de carbono se podrá valorar si cumple con lo establecido en las políticas ambientales.

b. Económica

¿Por qué?

El uso de equipos de medición portátiles ofrece una medición a tiempo real y con exactitud dependiendo del rango de partícula, son equipos de costo medio a elevado que si el investigador puede costear puede obtener buena información.

¿Para qué?

Para proponer el reordenamiento vehicular es requerido el uso de información actual y verificada acerca de la calidad del aire por CO, para ello es necesario determinar su concentración.

c. Social

¿Por qué?

La presente investigación tendrá un impacto positivo para la sociedad, debido a que proporcionará una medida de mitigación que tendrá la finalidad de mejorar la calidad del aire, de esta manera se podría lograr revertir las tendencias de deterioro de la calidad de aire en zonas donde yacen contaminadas. Esta medida lograra controlar y reducir las emisiones de contaminantes y se fundamentan en la relación existente entre la inmisión de los contaminantes por las fuentes móviles que los producen y el impacto que ocasionan en la calidad del aire y sobre la salud de las personas.

¿Para qué?

Para proponer acciones de mitigación relevantes es necesario, contar con información actualizada y veraz, que permitirá inferir y hacer conocer a las autoridades competentes, sobre el estado actual de calidad del aire, grado de afectación a las personas (Liu *et al.*, 2007), es por ello que la Organización Mundial de la Salud OMS (2013) estima que la contaminación del aire causa unos dos millones de muertes prematuras al año en todo el mundo.

d. Tecnológica

¿Por qué?

El uso de equipos portátiles aporta una medición en tiempo real, otorgando una facilidad al usuario para movilizarse, el uso de sensores electroquímicos, además de otorgar que la data es almacenada y puede ser recuperada a través del sistema integrado del software que cuenta el equipo, otorgando tablas, graficas inmediatas.

¿Para qué?

Para obtener información de varios puntos de la zona de estudio, y de tal manera realizar comparaciones en relación a los niveles encontrados con mayor facilidad que transportando equipos más pesados y tediosos.

2. OBJETIVOS

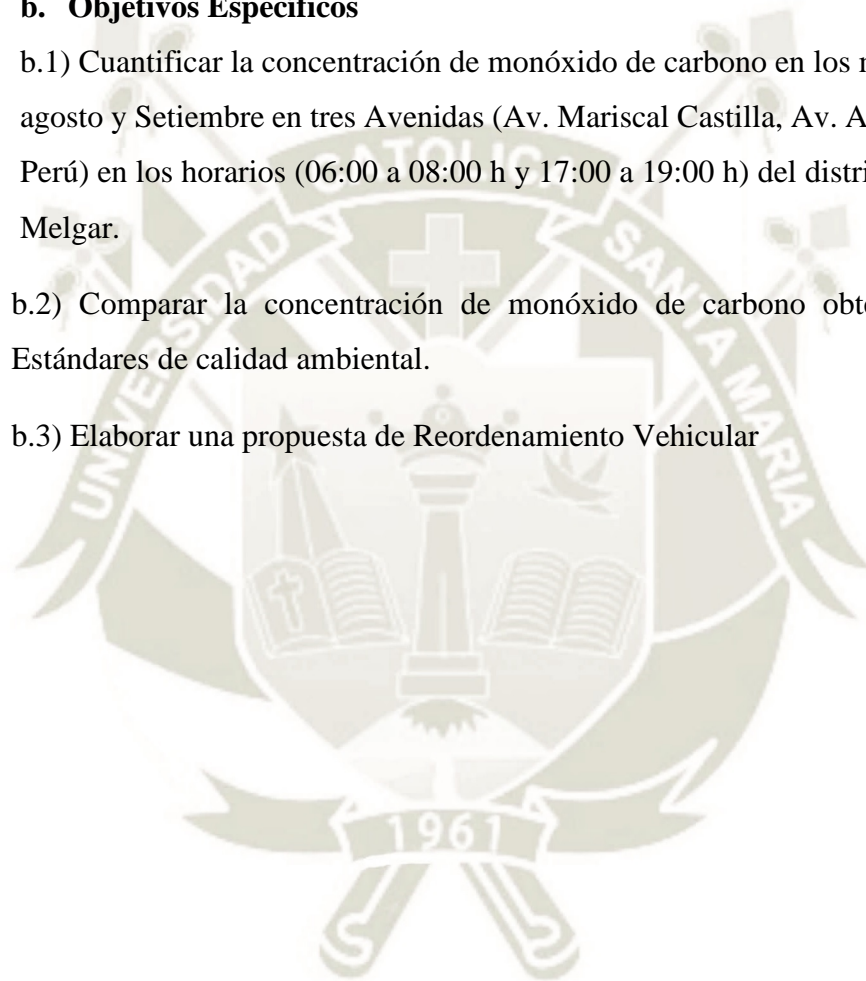
2.1. Objetivos

a. Objetivo General

Analizar comparativamente la concentración de monóxido de carbono para elaborar una propuesta de Reordenamiento Vehicular en el Distrito de Mariano Melgar

b. Objetivos Específicos

- b.1) Cuantificar la concentración de monóxido de carbono en los meses de julio, agosto y Setiembre en tres Avenidas (Av. Mariscal Castilla, Av. Argentina y Av. Perú) en los horarios (06:00 a 08:00 h y 17:00 a 19:00 h) del distrito de Mariano Melgar.
- b.2) Comparar la concentración de monóxido de carbono obtenida con los Estándares de calidad ambiental.
- b.3) Elaborar una propuesta de Reordenamiento Vehicular



2.2. Exposición de las variables

a. **Variable independiente:** Avenidas, Cuadras, meses y Horario

b. **Variable dependiente:** Medición de CO (mg/m³)

Tabla 2. Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Escala	Instrumentos
Independiente - Avenidas - Horarios - Meses - Paraderos para ordenamiento vehicular	Sistema vial	Número de cuadras	3 avenidas Horarios	Google Map
Dependiente	Contaminación del aire			
Concentración de CO (mg/m ³)		Variaciones por meses de evaluación y comparación con ECAs	mg/m ³	Aeroqual S500
VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	INSTRUMENTOS

V.		Concentración	Mg/m ³	Equipo portátil del CO
Independiente:		Tiempo	h	Cronometro
Avenidas, cuadras, meses y horario	Contaminación	Áreas	Avenidas	Google map Poblaciones finitas
		Paraderos fijos	Números	Arcgis
V.	Sistema Vial (Reordenamiento Vehicular)	Velocidad	Km/h	Velocímetro
Dependiente:		Tiempo estimado de permanencia de autos	min	Cronometro
Concentración de CO (mg/m ³)				

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Conceptos básicos

a. Contaminación ambiental

La contaminación ambiental se refiere a la presencia en el ambiente de cualquier agente físico-químico y biológico, pudiendo ser también una combinación de varios agentes que afectan la salud de las personas y también a la flora y fauna silvestre (Jiménez, 1972).

b. Monóxido de carbono

El monóxido de carbono, es un gas contaminante del ambiente. Las emisiones de CO son causadas el 80% por vehículos motorizados que utilizan combustible. El CO, es ampliamente reconocido por ser tóxico para el humano. Sus efectos contaminantes dentro de los estudios demuestran que pueden ocasionar la muerte (Téllez, Rodríguez y Fajardo, 2006)

c. Combustión Interna

Predominan los vehículos como causa de la contaminación ambiental, cuando hay un exceso de combustible por cantidad de aire existente, que no puede quemarse en su totalidad, evacuando hacia el ambiente el CO (Flores y Silva, 2016)

d. Mediciones de Emisión

Es la cantidad de contaminante que se libera a la atmósfera desde una fuente, como por ejemplo, el dióxido de azufre que se emite a través de una chimenea o las partículas emitidas por una fuente difundida como el viento que quede trasladar (Generalitat Catalunya, 2017).

e. Mediciones de Inmisión

Las inmisiones son la concentración del contaminante (o nivel) en cada punto del territorio, es decir, lo que respiraría una persona en aquel punto (Generalitat Catalunya, 2017).

f. Plan vial y rutas

El Plan Vial, es un instrumento de planeación para el desarrollo e implementación de Proyectos de Infraestructura Vial en general y de Gestión Vial, que tiene la finalidad de mejorar las condiciones de movilidad urbana, con la integración de redes viales para transportar bienes y personas (Municipalidad Provincial de Arequipa, 2016).

3.1.1. Estimación emisiones Parque automotor

Las estimaciones de emisiones para vehículos automotores en circulación, tales como autos, camiones, taxis y microbuses, que generan compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno, (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), partículas totales en suspensión (PTS) y plomo, que afectan la salud pública (Inche, 2001).

a. Paradero

Es el espacio de la vía pública técnicamente calificado, autorizado y adecuado. Los paraderos autorizados del servicio especial son considerados como zonas rígidas para todos aquellos vehículos que no se encuentren autorizados para su uso (ORDENANZA N° 00186, 2015).

c. Contaminación del Aire

Cuando en el aire aparecen una o varias sustancias extrañas, en determinadas cantidades y durante determinados periodos de tiempo, que pueden resultar nocivas para el ser humano, los animales y las plantas (OMS, 2008).

d. Fuentes móviles

Es toda fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, que incluyen a los vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza. (Superintendencia de Sociedades, 2016).

e. Fuentes Fijas

Es toda aquella fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa. Ejemplo: actividad industrial, procesos industriales, entre otros (Superintendencia de Sociedades, 2016).

f. Fuentes Naturales

Es aquella que libera compuestos a la atmósfera como resultado de procesos biológicos tanto bióticos como abióticos, sin intervención directa del hombre. Estas incluyen, océanos, agua fresca, microorganismos presentes en el suelo, vegetación, biomasa quemada, relámpagos, seres vivos, entre otras (Velasco y Bernabé, 2004).

3.1.2. Zonas de Atención Prioritaria (ZAP)

Son centros poblados que posean actividades económicas que planteen real o potencial afectación en la calidad del aire, que posean actividad vehicular ambientalmente relevante, las 13 zonas de atención prioritaria establecidas en el 2001 son: Arequipa, Pasco, Chiclayo, Chimbote, Cusco, Huancayo, Ilo, Iquitos, La Oroya, Lima-Callao, Pisco, Piura y Trujillo (MINAM, 2017).

a. Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

Es un instrumento de gestión ambiental prioritario que considera los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire en su condición de cuerpo receptor, con el fin de prevenir y planificar el control de la contaminación ambiental (MINAM, 2017)

b. Medidas de Mitigación

Son los cambios que minimizan el consumo de recursos y la disminución de las emisiones. Sin embargo, existen políticas sociales, económicas y tecnológicas que reducirían las emisiones, la mitigación al cambio del clima, aplicando políticas destinadas a reducir los contaminantes (MINAM, 2015).

c. Reordenamiento Vehicular

Es un proceso político, administrativo y ambiental, orientando a la organización y gestión del uso del transporte público, en función de las características ambientales del sector, este proceso debe basarse en objetivos que propicien la reducción de contaminación del aire al corto, mediano y largo plazo, con la finalidad de mejorar la calidad de vida (Municipalidad Provincial de Arequipa, 2016).

3.2. Antecedentes de la Investigación

Las preocupaciones están relacionadas con la calidad del aire que se respira y los efectos que éste tiene sobre su salud, siendo el monóxido en altas concentraciones, las causantes de daños a la salud y medioambiente, debido a que el monóxido de carbono degrada la calidad del aire (Quispicuro, 2015), por ejemplo la quema de biomasa de la agricultura y su dispersión por los vientos (Lin, Xu, Ge y Zhang, 2009).

La contaminación del aire ambiental, también se puede investigar utilizando observaciones satelitales para monitorear las fuentes de contaminación y el transporte. Los satélites pueden tomar muestras de todo el planeta y podrían complementar la red de estaciones terrestres in situ para pronósticos de calidad del aire (Clerbaux *et al.*, 2008). Por ejemplo el funcionamiento del Metro de Beijing redujo significativamente las concentraciones de contaminantes del aire de PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂ y CO en más del 155%, 125%, 78%, 110% y 109%, respectivamente (Guo y Chen, 2019).

Umbral de concentración mayores a 50 ppm de CO, se considera tóxico en el medio ambiente cuya causa está influenciada por el tipo de combustible (Leyenda *et al.*, 2010), estas exposiciones presentan mayores concentraciones de CO en las estaciones de invierno (Hernández *et al.*, 2004) debido al descenso de la temperatura, provocando que el monóxido de carbono se mantenga a niveles bajos de la troposfera, debido a que en invierno las noches son más largas (OMS, 1992).

La estimación de contaminantes atmosféricos (CO, NO_x, SO₂, PM₁₀ y COV) provenientes de fuentes móviles en la zona urbana, se utiliza información de vehículos matriculados en el municipio y con la ayuda de un sistema SIG, se puede representar gráficamente (Londoño, 2011), sin embargo a nivel sanguíneo, el CO en concentraciones menores a 35 ppm, ocasiona hipertensión arterial, aparición de arritmias y signos electrocardiográficos de isquemia, déficit en memoria, atención, concentración y alteraciones del movimiento tipo parkinsonismo (Téllez, Rodríguez & Fajardo, 2006), por tanto, es importante, reducir el riesgo de intoxicación por monóxido de carbono, utilizando detectores de monóxido de carbono (Galada *et al.*, 2009).

La propuesta de uso de combustible renovable y tecnologías, sería la más adecuada (Saavedra, 2014), así como el reordenamiento vehicular por ejemplo de la Av. Abancay en Lima, redujo 62% los niveles de PM_{2,5}; 55% los niveles de PM₁₀; 65%

los niveles NO₂; y 82% los de SO₂ (Tapia y Gonzales, 2018), las variaciones de CO, es por el alto flujo vehicular en horarios de 07:00 a 08:00 y de 17:00 a 18:00 h (Huamán y Pérez, 2016).

En los horarios de 07:00 a 8:00, 12:30 a 13:30 h y de 17:00 a 18:00 horas y con 12 muestras se registró un porcentaje de humedad promedio de 68% y una velocidad de viento con registro mínimo de 0.13 m/s que permiten al CO se mantenga a niveles próximos de la superficie terrestre (Gonzales, 2016). Por otro lado, el medio ambiente es también receptor de los contaminantes (monóxido y dióxido de carbono) y su consecuencia es el calentamiento global. Por tanto, han sido y están siendo considerados para el estudio y monitoreo en interiores y exteriores (Huamán, 2015). Los niveles elevados de CO en el medio ambiente aumentan las concentraciones de CO exhalado en la línea de base en los no fumadores. Estos hallazgos añaden pruebas importantes tanto para la comprensión de los resultados de la monitorización del CO (Gregorczyk-Maga *et al.*, 2019). Actualmente, los casos de SARS-CoV-2 y las muertes se relacionaron positivamente con los contaminantes ambientales de CO. Un aumento de 1 unidad en el nivel de CO aumentó significativamente el número de casos y de muertes en un 21,3%. La concentración de CO, tiene una asociación positiva con un mayor número de casos diarios de SARS-CoV-2 (Ayoub Meo *et al.* 2021), por tanto, la mala calidad del aire y el consumo de cigarrillos son las razones más importantes del aumento del nivel de monóxido de carbono (CO) en el aire exhalado. Los datos sobre la calidad del aire, obtenidos de las Inspecciones Regionales de Protección del Medio Ambiente, revelaron las diferencias en la concentración de CO atmosférico entre las distintas localidades. El nivel medio de CO en el aire exhalado es significativamente mayor en los fumadores que en los no fumadores (Maga *et al.*, 2017).

La pandemia de COVID-19, está produciendo un importante coste económico y social a nivel mundial, se considera que las restricciones a la movilidad y las medidas de confinamiento aplicadas en todo el mundo ayudan a reducir la contaminación atmosférica. Existe una evidencia, en la pandemia hubo reducción de las emisiones de CO (Barua y Nath, 2021).

Las mediciones de la exposición al monóxido de carbono fueron significativamente mayores en las escuelas de la ciudad en comparación con la zona rural. Existe un gran

impacto de la gestión del tráfico y el modo de transporte en la exposición al monóxido de carbono de los escolares (Payus *et al.*, 2019), se evidencia que existe una de correlación de Spearman entre las partículas (PM) y el monóxido de carbono y las concentraciones de ozono, siendo necesario tomar medidas de protección (Wang *et al.*, 2019), frente al monóxido de carbono (CO), que es el resultado de una combustión incompleta. La tendencia a la baja de la concentración de CO implica la mejora de la eficiencia de la combustión y el éxito de las políticas de control de la contaminación atmosférica en Pekín y sus alrededores (Li *et al.*, 2020).

Existe una asociación diaria entre la mortalidad y la contaminación atmosférica, esta es alarmante y hay pruebas consistentes de que la contaminación atmosférica tiene efectos a corto plazo sobre la mortalidad y la morbilidad respiratoria. El monóxido de carbono tiene un efecto significativo en la mortalidad respiratoria total (Khojasteh *et al.*, 2021). La contaminación, en cualquiera de sus formas (aire, agua o tierra), está afectando a casi todas las formas de vida de la tierra (Dass *et al.*, 2021). Los posibles efectos de la exposición a corto plazo al monóxido de carbono (CO) en la mortalidad y en la salud de las concentraciones muy elevadas de CO. Un aumento de 1 mg/m^3 en la concentración de CO del día anterior se asociaba con un aumento significativo en la mortalidad diaria (Hoek, 2021)

La contaminación atmosférica es una grave amenaza en todo el mundo y puede causar notables pérdidas a la salud humana, relacionadas con zona comercial, industrial y vehicular. Las concentraciones medias de CO fueron de $1037,62 \pm 383,6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, $434,62 \pm 65 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, $35,88 \pm 1,7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, y $6,4 \pm 1,95 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, comercial, industrial y vehicular) (Aslam *et al.*, 2021) presentan altas correlaciones con la presión atmosférica, la humedad relativa, las precipitaciones y la temperatura. La contaminación atmosférica más grave se produjo en invierno, lo que se debió en parte a que las condiciones meteorológicas del invierno eran más desfavorables para la dispersión y dilución de los contaminantes que las de otras estaciones (Hu *et al.*, 2021). Se comprobó que la variación estacional afecta a los niveles de concentración de CO en interiores y exteriores, con un patrón general de aumento de los niveles desde el otoño hasta el invierno (Elbayoumi *et al.*, 2014), los casos son más comunes en época de invierno por aumento en el uso de hornos, estufas, calentadores y chimeneas con mal funcionamiento o en espacios poco ventilados (Buchelli, 2014).

La exposición individual a los contaminantes atmosféricos por inhalación se estimó combinando su volumen respiratorio diario y las concentraciones de seis contaminantes atmosféricos, incluidas las partículas (PM_{2,5}), las partículas inhalables (PM₁₀), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el dióxido de azufre (SO₂), el monóxido de carbono (CO) y el ozono (O₃), procedentes de estaciones locales de control del aire ambiente (Qiu *et al.*, 2021).

Tabla 3. Parámetros meteorológicos de la estación de la Pampilla- Arequipa

Tiempo (mes)	T°C (máx)	T°C (min)	Humedad Relativa %	Velocidad Viento (m/s)	Dirección del viento
JULIO	24,37	7,35	39,04	2.96	Sureste
AGOSTO	24,86	7,73	37,63	3.17	Sureste
SETIEMBRE	24,81	9,13	41,72	2.96	Suereste

Fuente: SENAMHI, 2019. Arequipa

4. HIPÓTESIS

General

Ha: Si se mide la concentración de Monóxido de Carbono de acuerdo al tiempo y lugar, entonces se sabrá en qué lugares son necesarios aplicar un reordenamiento vehicular de acuerdo a los niveles encontrados.

Específicas

a)

Ho: Las concentraciones registradas de CO (mg/m³) de la Avenidas Mariscal Castilla, Perú y Argentina, no son diferentes.

Ha: Las concentraciones registradas de CO (mg/m³) de la Avenidas Mariscal Castilla, Perú y Argentina, son diferentes.

b)

H0:: Las concentraciones registradas de CO (mg/m³) de la Avenidas Mariscal Castilla, Perú y Argentina, en relación a los meses de julio, agosto y setiembre, no son diferentes

Ha: Las concentraciones registradas de CO (mg/m^3) de la Avenidas Mariscal Castilla, Perú y Argentina, en relación a los meses de julio, agosto y setiembre, son diferentes

c)

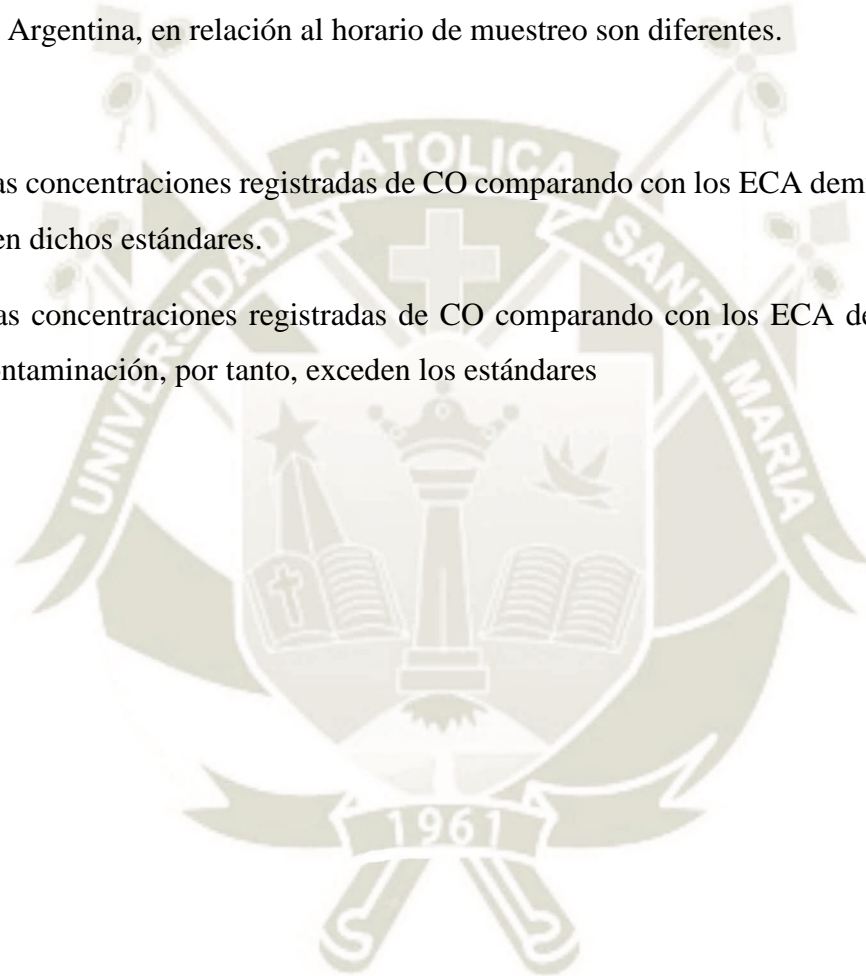
H0: Las concentraciones registradas de CO (mg/m^3) de la Avenidas Mariscal Castilla, Perú y Argentina, en relación al horario de muestreo no son diferentes.

Ha: Las concentraciones registradas de CO (mg/m^3) de la Avenidas Mariscal Castilla, Perú y Argentina, en relación al horario de muestreo son diferentes.

d)

H0: Las concentraciones registradas de CO comparando con los ECA demuestran que no exceden dichos estándares.

Ha: Las concentraciones registradas de CO comparando con los ECA demuestran que hay contaminación, por tanto, exceden los estándares





1. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN

1.1. Técnicas

a. Tipo de Investigación

El diseño de la investigación fue cuasi experimental, debido a que se seleccionó tres avenidas con sus respectivas cuadradas como muestra. El tipo de investigación es comparativa e inferencial, debido a que se tiene variable independiente y dependiente, considerando las avenidas, cuadradas, meses, horario de muestreo y un plan de mitigación para el transporte público.

b. Población, Muestra y muestreo

Población

La base de la investigación para la selección de la población se basó en la cantidad de Avenidas Principales en el Distrito de Mariano Melgar dadas por el INVENTARIO DE EMISIONES DE DIGESA en el 2009, no considerando estas a calles anexas o pasajes, se delimitó únicamente a tres avenidas como prueba piloto si se ejecuta.

Las tres avenidas delimitadas para el estudio (Avenida Mariscal Castilla, Argentina y Perú), son las más transitadas por vehículos de transporte público y que poseen similares números de cuadradas y que presentan intersecciones principales, donde convergen la afluencia vehicular.

1.2. Instrumentos para la recopilación de datos

En cada cuadrada seleccionada para el muestreo se registró con el equipo Portátil Aeroqual S500 con calibración de fábrica (Figura 14 y 16), y el Sensor Electroquímico para CO (Figura 18), durante 5 minutos la inmisión de monóxido de carbono, luego de cumplido el tiempo, nos desplazamos al siguiente punto de muestreo y así sucesivamente.

Asimismo, para la elaboración de mapas se ha utilizado el software de ArcGis versión 10.4 usando la data obtenida durante el periodo de investigación sobre monóxido de carbono en el distrito de Mariano Melgar.

1.3. Materiales de verificación

- a. Las mediciones se hicieron de acuerdo a los investigadores que contaron con un total de 3815 datos a través de los muestreos realizados en la zona de estudios.

- b. Para el estudio se analizaron los niveles de concentración del monóxido de carbono en la época de invierno (julio, agosto, setiembre).
- c. Para la elaboración de los mapas se hizo una predicción de la concentración de CO en el Distrito de Mariano Melgar, a través de la herramienta de interpolación del ARCGIS versión 10.4.
- d. Computadora portátil, Google Earth, Programa ArcGis 10.4 y Software INFOSTAT Versión 2018.

2. CAMPO DE VERIFICACIÓN

2.1. Ámbito

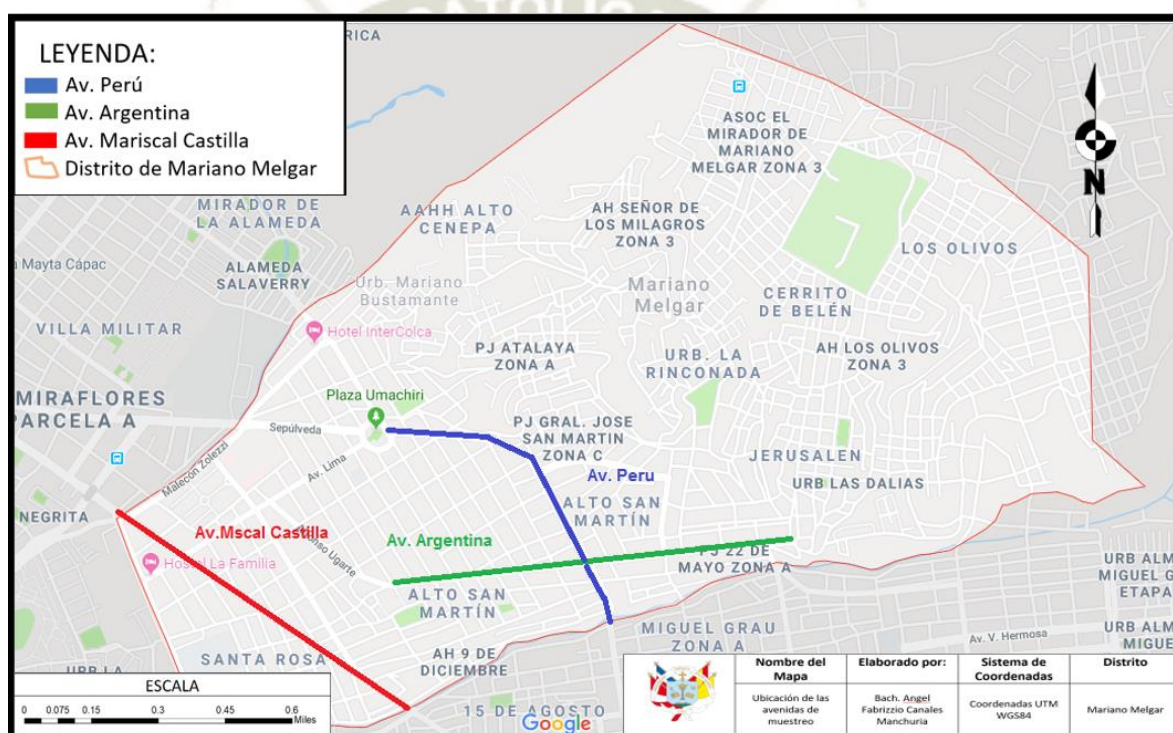


Figura 1. Ubicación de las Avenidas de Muestreo

Fuente: Google Earth 2019.

La selección de cuales Avenidas se tomaron como población se rigió a cuáles tienen mayor emisión en orden Descendente: Av. Mariscal Castilla, Av. Jesús, Av. Sepúlveda, Av. Argentina, Av. Perú, de dichas Avenidas, se tomaron las avenidas más grandes para poder tener una mayor representatividad en el tamaño de población.

La población de la investigación fue de 4.2 km (41 cuadras), De manera respectiva el número de cuadras que contiene cada avenida es la siguiente: Av. Mariscal Castilla es de 12 cuadras (1367 m), Av. Argentina de 14 cuadras (1627 m) y Av. Perú es de 15 cuadras

(1282 m) (Figura 1). Asimismo, solo se consideraron están tres avenidas como prueba piloto para el reordenamiento vehicular, debido a las posibles fallas que puedan suscitarse durante la ejecución del mismo.

2.2.Unidades de estudio

Tabla 4. Emisiones totales por avenidas en el Distrito de Mariano Melgar.

Nombre de Vía	EMISION TOTAL (Ton/año)	
	CO	Lugar
Av. Perú	315.88	Mariano Melgar
Av. Argentina	372.66	Mariano Melgar
Av. Sepúlveda	389.6	Mariano Melgar
Av. Jesús - trm 01	424.71	Mariano Melgar
Av. Mariscal Castilla	750.28	Mariano Melgar

Fuente: MDA (2009)

Muestra

La escala del muestreo se basó en la fórmula de Muestreo para Poblaciones Finitas:

Ecuación N°1: Fórmula de muestreo para poblaciones finitas

$$\frac{P * Q}{\left(\frac{E}{Z}\right)^2 + \frac{P * Q}{N}}$$

Dónde:

P: Proporción

Q: 1-P

E: Error

Z: Valor Normal

N: Población

Con el fin de ser más precisos y detallados la escala de Muestreo se desarrolló por cada Vía:

a) Av. Mariscal Castilla

La Avenida contó con 12 cuadras, para lo cual se utilizó la fórmula de la Ecuación 1 para poblaciones finitas:

CÁLCULO PARA POBLACIÓN DE MUESTRA FINITA

INGRESO DE PARÁMETROS	
Tamaño de la Población (N)	12
Error Muestral (E)	0.01
Proporción de Éxito (P)	0.05
Proporción de Fracaso (Q)	0.95
Valor para Confianza (Z) (1)	1.96

(1) Si:	Z
Confianza el 99%	2.32
Confianza el 97.5%	1.96
Confianza el 95%	1.96
Confianza el 90%	1.28
Tamaño de Muestra	12

Haciendo uso de la fórmula de la ecuación 1 se obtuvo, para la evaluación cuadras, que fueron representativa para las avenidas.

b) Av. Argentina

La Avenida contó con 14 cuadras, para lo cual se usó la fórmula de la Ecuación 1, para poblaciones finitas:

INGRESO DE PARAMETROS	
Tamaño de la Población (N)	14
Error Muestral (E)	0.01
Proporción de Éxito (P)	0.95
Proporción de Fracaso (Q)	0.05
Valor para Confianza (Z) (1)	1.96
(1) Si:	Z
Confianza el 99%	2.32
Confianza el 97.5%	1.96
Confianza el 95%	1.96
Confianza el 90%	1.28
Tamaño de Muestra	12

Haciendo uso de la formula indicó que 12 cuadras se tomaron para la representatividad.

c) Av. Perú

La avenida Perú contó con 15 cuadras para lo cual se usó la fórmula de la Ecuación 1 para poblaciones finitas:

INGRESO DE PARAMETROS

Tamaño de la Población (N)	15
Error Muestral (E)	0.1
Proporción de Éxito (P)	0.95
Proporción de Fracaso (Q)	0.05
Valor para Confianza (Z) (1)	1.96
(1) Si:	Z
Confianza el 99%	2.32
Confianza el 97.5%	1.96
Confianza el 95%	1.96
Confianza el 90%	1.28
Tamaño de Muestra	12

Haciendo uso de la formula indicó que 12 cuadras son necesarias para la representatividad.

2.3. Temporalidad

Los registros de datos, se realizaron los días lunes, jueves y domingo, durante los meses de julio, agosto y setiembre, un total de 13 semanas.

Los horarios de muestreos se realizaron de 06:00 a 08:00 h y 17:00 a 19:00 h en las tres avenidas del Distrito de Mariano Melgar.

3. ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1. Organización

- a. **Cuantificar la concentración de monóxido de carbono en los meses de julio, agosto y setiembre en tres Avenidas (Av. Mariscal Castilla, Av. Argentina y Av. Perú) en los horarios (06:00 a 08:00 h y 17:00 a 19:00 h) del distrito de Mariano Melgar.**

Diseño del Monitoreo

Se ha considerado como diseño de monitoreo zonas del Distrito de mariano Melgar, que se delimita para la investigación tres avenidas con 24 cuadras cada uno y para el monitoreo se ha seleccionado 12 cuadras para cada avenida. Este diseño de muestreo se basó en base a los objetivos planteados y la disponibilidad de recursos económicos, humanos y tiempo (período de monitoreo) Se adjunta fotografías en anexos sobre monitoreo en las avenidas y cuadras (Figura 20 al 22).

Escala de Monitoreo

La escala es local, debido a que es un área relativamente uniforme, cuyas dimensiones se encuentran dentro de un rango de 0.5 a 4.0 km.

Selección del parámetro de monitoreo

El parámetro a monitorear fue el monóxido de Carbono que está dentro de la categoría de contaminantes según MINAM (2017), el cual puede causar efectos adversos a la salud.

Los altos costos de equipos automáticos no permiten monitorear todos los gases, es por ello que se elegirá solamente un gas por el costo mismo del equipo. Las unidades están transformadas a $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con la finalidad de realizar la comparación con los ECAs, y en mg/m^3 para la comparación con otros estudios que se encuentran en la discusión.

Frecuencia del monitoreo y periodos de muestreo

En cada uno de los puntos de muestreo de la Avenida Mariscal Castilla, Argentina y Perú, se registraron por sectores, para dar una mayor uniformidad en la toma de muestra se homogenizó a 12 cuadras por cada avenida, de tal forma que se tomaron las 4 cuadras primeras en el primer día por cada avenida, el segundo día las 4 cuadras siguientes y finalmente las 4 cuadras finales de cada avenida así sucesivamente durante todos los meses, así todas las cuadras tuvieron la posibilidad de ser elegidas.

Selección del Equipo de Medición

El registro de la concentración de la inmisión de monóxido de carbono, se realizó utilizando un equipo de alta tecnología de medición de gases *in situ* Aeroqual S500, que registra los datos con un sensor acondicionado al equipo. El medidor de gases Aeroqual S500, es un medidor muy preciso para la medición de concentraciones de monóxido de carbono, que funciona con diferentes sensores de medición de gas en el aire, contando con su respectiva calibración de fábrica.

El monitor portátil de la serie 500 de Aeroqual ha sido el más y ampliamente utilizado en la investigación científica para diversas aplicaciones en comparación con los otros monitores. Muchas de las aplicaciones mostradas demuestran que este monitor ha sido utilizado tanto individualmente como en red, en varios entornos diferentes y en muchos países del mundo. La base del monitor permite al usuario emplear varios sensores y cada uno diseñado para medir un gas individual (Lin et al., 2015). Este equipo portátil Aeroqual, ha sido aprobado por la Agencia de Protección Ambiental -EPA de Estados Unidos (Williams *et al.*, 2014).

Sistema de Recolección de Datos y Cuantificación

En total se realizaron 24 muestreos por día, esto implicó 12 muestreos aproximadamente por horario (06:00 a 08:00 h) y 12 muestreos en el horario de (17:00 a 19:00 h). El total de muestreo por los 3 meses de estudio, con evaluaciones de tres veces a la semana (lunes, jueves y domingo), fue de 72 muestreos por semana y en total 13 semanas de muestreo que duro la investigación entre julio, agosto y setiembre El registro de muestras fue de 936 muestreos y con un total de 3815 datos de Monóxido de carbono.

El equipo portátil medidor de gases Aeroqual S500, tiene una alta precisión, así como una larga duración de los sensores. Los datos son registrados en la memoria interna o transferidos a un PC a través del puerto USB.

Posee una salida analógica instantánea, registrara valores mínimos, máximos, promedio, pudiendo registrar hasta 8 188 registros en la memoria. La descarga de dichos datos para analizar la concentración será a través de un PC (Windows 7, 8, XP) con un Software y cable.

b. Comparar la concentración de monóxido de carbono obtenida con los estándares de calidad ambiental

Las variables que se consideraron para hacer la comparación fueron, Las avenidas seleccionadas, El Horario de Muestreo, Los meses de julio, agosto y setiembre y la concentración de monóxido de carbono.

Una vez con la cuantificación del monóxido de carbono se pudieron elaborar graficas que aclaren la situación actual del distrito de Mariano Melgar y se pudieron hacer relaciones. Se procedió a comparar los datos obtenidos mensuales con los estándares de calidad ambiental como lo expresa el D.S. N°003-2017-MINAM (Tabla 5).

Tabla 5. Estándares de Calidad Ambiental para Monóxido de Carbono

Parámetros	Periodo	Valor (mg/m3)	Criterios de Evaluación
Monóxido de Carbono	1h	30000	NE más de una vez al año
	8h	10000	Media Aritmética Móvil

Aplicación Estadística

Para contrastar las hipótesis específicas planteadas para este objetivo, se utilizó una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, comparar los datos en forma de rangos y mostrando las diferencias de la concentración de monóxido de carbono (mg/m3) entre las diferentes avenidas, entre los horarios y entre los meses de evaluación

Para los análisis se utilizó como base de datos el programa EXCEL y para los análisis estadísticos el Programa INFOSTAT versión 2018 con licencia de uso.

c. Elaborar una Propuesta de Reordenamiento Vehicular

Esta medida puede contribuir con la disminución continua de diversos contaminantes ambientales, la extensión de esta medida podría mejorar la calidad de aire y estado de salud de la población residente en las avenidas de estudio.

El reordenamiento vehicular seguido de una metodología implementada por Tapia (2018) en su artículo reordenamiento vehicular y contaminación ambiental por material particulado (2.5 y 10) y dióxido de nitrógeno.

Siguiendo tal metodología se dividió primeramente en el Diseño del Estudio que durante esta etapa se evaluó las concentraciones de monóxido de carbono que se determinaron en el distrito de Mariano Melgar durante los tres meses de estudio sobre el estado de la calidad del aire.

Implementación del Reordenamiento Vehicular

Con los datos obtenidos de la concentración de monóxido de carbono, se pudo proponer el reordenamiento vehicular que contó con una serie de medidas que se pueden aplicar únicamente a las tres avenidas de estudio donde:

- a) Se determinó la cantidad de paraderos fijos y ubicación de estos en las zonas de estudio
- b) Contar en cada paradero con un tiempo estimado que podrá permanecer el autobús.
- c) Medidas como la prohibición del carril derecho para vehículos particulares, prohibición de taxis en toda la avenida son medidas que se tendrá en cuenta tener para un adecuado flujo vehicular, por ende, se tendrá que contar con vigilancia municipal o policial para el cumplimiento de toda esta medida adoptada en la zona de estudio.
- d) Finalmente se elaboraron unos mapas temáticos en el software de ArcGis versión 10.4 usando la data obtenida durante el periodo de investigación donde se visualizará la concentración de monóxido de carbono en el distrito de Mariano Melgar de manera didáctica

3.2. Recursos

a. Humano

Investigador como tesista para la ejecución del proyecto de investigación sobre monóxido de carbono, durante tres meses: julio, agosto y setiembre en dos horarios de muestreo: mañana y tarde.


Asimismo, se ha considerado apoyo de una persona para el traslado de los materiales y equipos de muestreo y anotaciones de los datos recolectados.

b. Equipos y materiales

Uso de un equipo portátil para medición de gas modelo Aeroqual S500, con sensores para la recolección de información. También se ha requerido el uso de una PC y el programa ARGIS para la elaboración de los mapas.

c. Recursos financieros

La investigación ha sido autofinanciada con recursos propios



CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Cuantificar la concentración de monóxido de carbono en los meses de julio, agosto y setiembre en tres Avenidas (Av. Mariscal Castilla, Av. Argentina y Av. Perú) en los horarios (06:00 a 08:00 h y 17:00 a 19:00 h) del distrito de Mariano Melgar.

Los valores registrados de monóxido de carbono (mg/m^3) en la Avenida Mariscal Castilla, en julio, tuvieron una variación promedio en el horario de 06:00 a 08:00 h de 1.99, mientras en el horario de 17:00 a 19:00 h, registraron valores de 2.71, mientras que en agosto fue de 2.33 y 1.13 y finalmente en setiembre, tuvieron una variación de 2.59 y 2.02. Mientras para la Avenida Argentina, tuvieron una variación en Julio de 0.57 y 1.58, en agosto fue de 0.37 y 0.92 y finalmente en setiembre, tuvieron una variación de 0.67 y 1.66. Para la Avenida Perú, tuvieron una variación en julio de 1.49 y 1.89, en agosto fue de 0.84 y 1.02 y finalmente en setiembre, tuvieron una variación de 0.90 y 1.41 (Tabla 6).

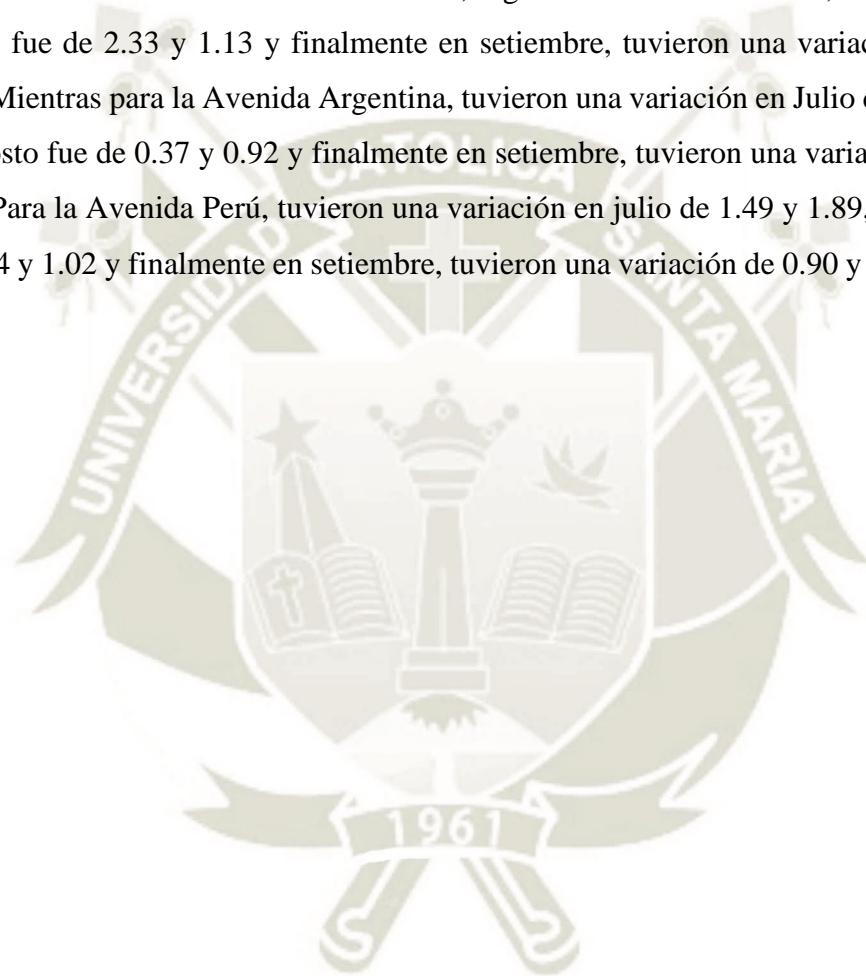


Tabla 6. Evaluación de monitoreo de la concentración de monóxido de carbono en del Distrito de Mariano Melgar de Arequipa.

Avenidas	Mes	Horario	Concentración [mg/m ³]
Mariscal Castilla		6:00-8:00 h/17:00- 19:00 h	1.99/2.71
Argentina	julio	6:00-8:00 h/17:00- 19:00 h	0.57/1.58
Perú		6:00-8:00 h/17:00- 19:00 h	1.49/1.89
Mariscal Castilla		6:00-8:00 h/17:00- 19:00 h	2.33/1.13
Argentina	agosto	6:00-8:00 h/17:00- 19:00 h	0.37/0.92
Perú		6:00-8:00 h/17:00- 19:00 h	0.84/1.02
Mariscal Castilla		6:00-8:00 h/17:00- 19:00 h	2.59/2.02
Argentina	setiembre	6:00-8:00 h/17:00- 19:00 h	0.67/1.66
Perú		6:00-8:00 h/17:00- 19:00 h	0.90/1.41

Fuente: Elaboración propia.

Las variaciones en el incremento de la concentración de monóxido de carbono, en la ciudad de Arequipa, han tenido cambios en los últimos 10 años y se presentaron en los horarios de mañana y tarde (Rivera, 2016), concordando los resultados obtenidos en la investigación ejecutada en horarios de la mañana y tarde. Actualmente los niveles elevados de CO en el medio ambiente aumentan las concentraciones de CO en zonas con alta contaminación (Gregorczyk-Maga *et al.*, 2019).

También, los casos de SARS-CoV-2 y las muertes se relacionaron positivamente con los contaminantes ambientales como CO, teniendo una asociación positiva con un mayor número de casos diarios de SARS-CoV-2 (Ayoub Meo *et al.*, 2021). Por esta razón el estudio del monóxido de carbono es importante y la toma de decisiones de parte de las autoridades.

Las menores concentraciones de CO (mg/m^3) se registraron en agosto con 1.13, mientras que las mayores concentraciones fueron en julio con 1.69 y en setiembre con 1.54 (Figura 2).

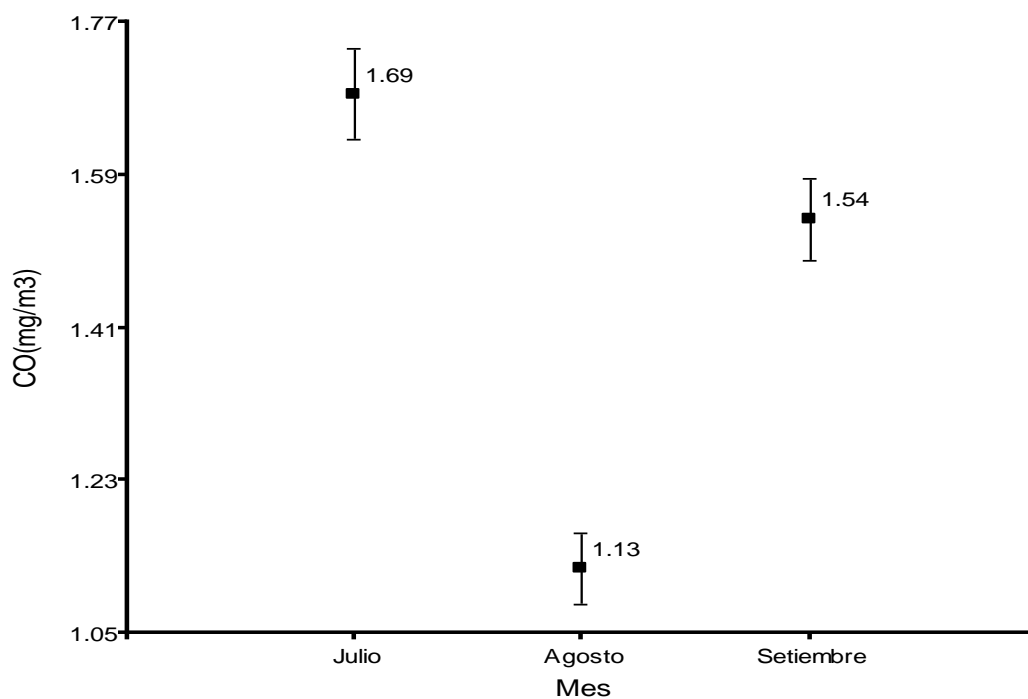


Figura 2. Prueba de contraste de la concentración CO (mg/m^3) en el Distrito de Mariano Melgar de Arequipa.

Fuente: Elaboración propia.

Los registros de CO realizados en agosto, presentaron menores concentraciones siendo 1.13 de CO (mg/m^3), mientras que existieron mayores concentraciones en julio con 1.69 y setiembre con 1.54 de CO (mg/m^3) respectivamente ($H_{cal}(0.05) = 89.23$; $Gl = 2$; $P = 0.0004$) (Figura 2). Validando la hipótesis específica planteada, que existe diferencias entre las concentraciones de CO (mg/m^3) entre los meses.

Los resultados mostraron relación significativa entre los días con inversión térmica de gran espesor y duración con la acumulación de contaminantes, lo cual provoca que se incrementen los índices de contaminación en la zona.

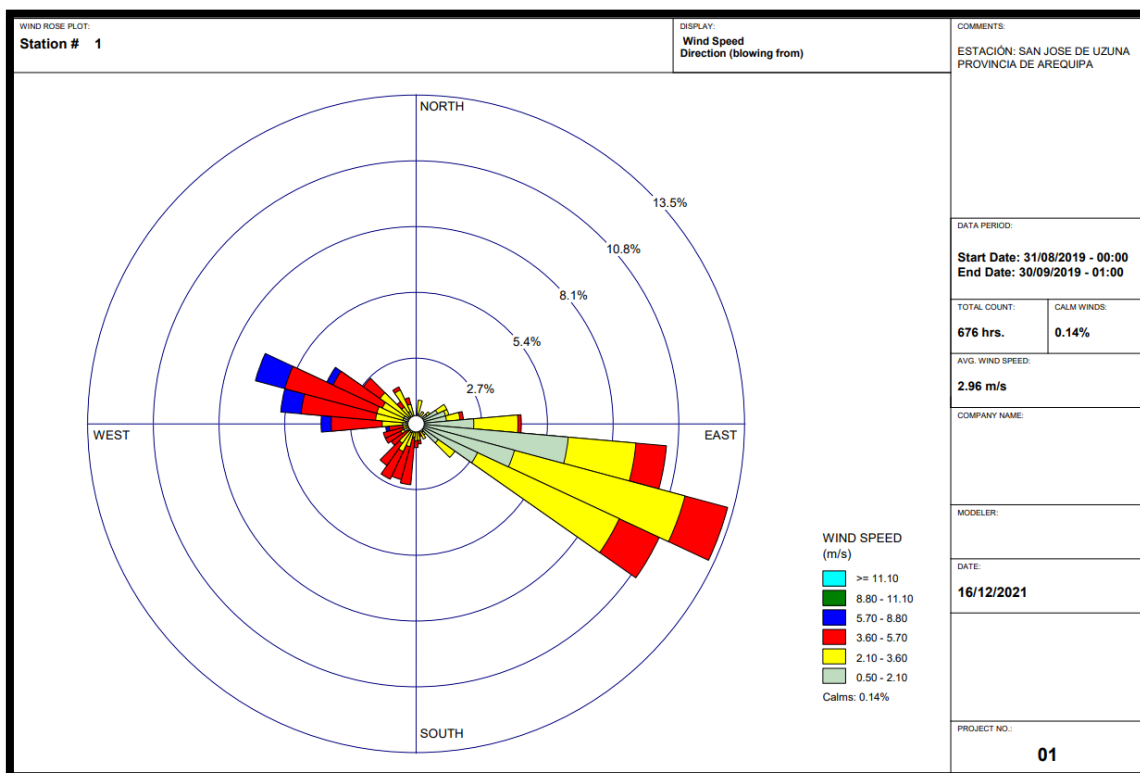


Figura 3. Rosa de vientos del mes de julio.

Asimismo, el mes de julio tuvo una temperatura promedio de 15.86 °C (Tabla 3) y con una velocidad promedio de viento de 2.96 m/s con dirección Sur-Este (SENAMHI, 2019), Esto indica que al haber una temperatura más baja ocasiona que los contaminantes permanezcan en el suelo por la menor densidad existente, y al no existir mucha intensidad en la velocidad del viento, las partículas no se dispersan lo suficientes unas de otras, contrastando la razón por la cual este mes presenta mayores concentraciones de CO que los otros meses (Figura 3).

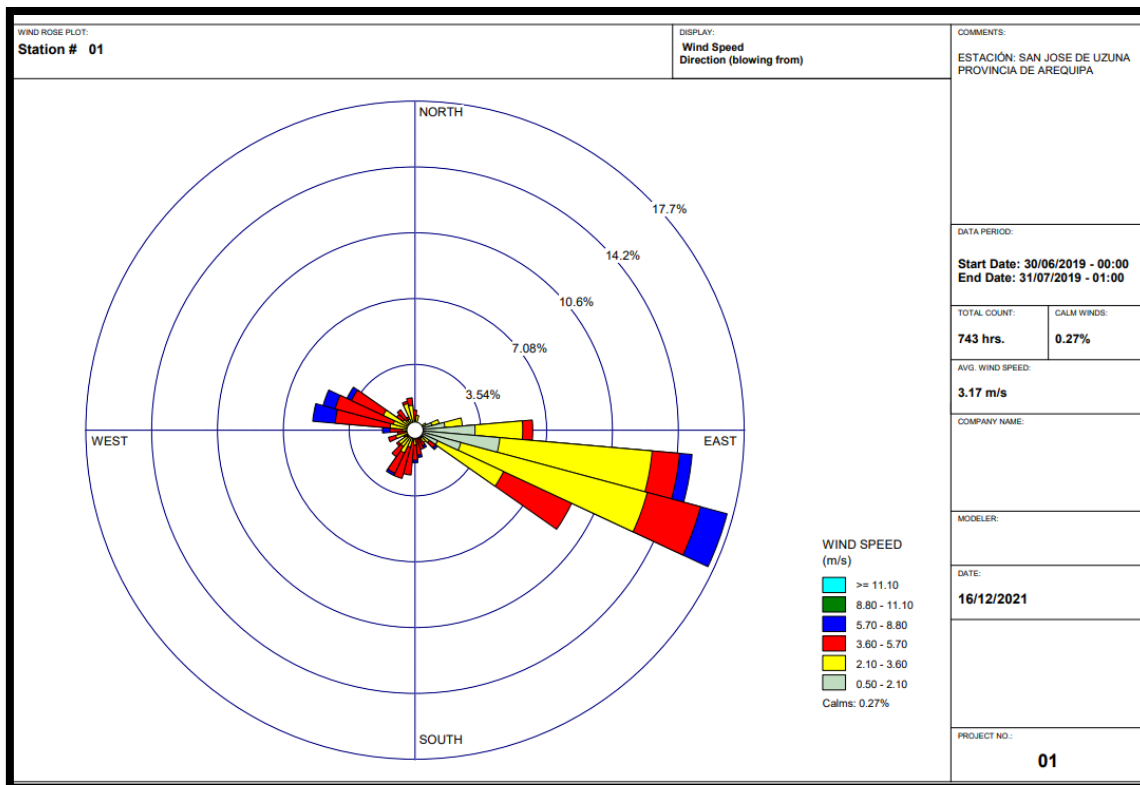


Figura 4. Rosa de vientos del mes de agosto

El mes de agosto presento una temperatura promedio de 16.3°C (Tabla 3), mayor que el de julio y teniendo una velocidad de viento promedio mayor de 3.17 m/s a diferencia del mes de julio, con una dirección de viento al Sur-Este incidiendo en tener una mayor dispersión de los contaminantes de la zona debido al porcentaje del tiempo que incide el viento hacia la zona Sur Este con un registro de 14.2%. Además, el incremento de la temperatura ha ocasionado que las partículas estén más dispersas unas que otras (Figura 4).

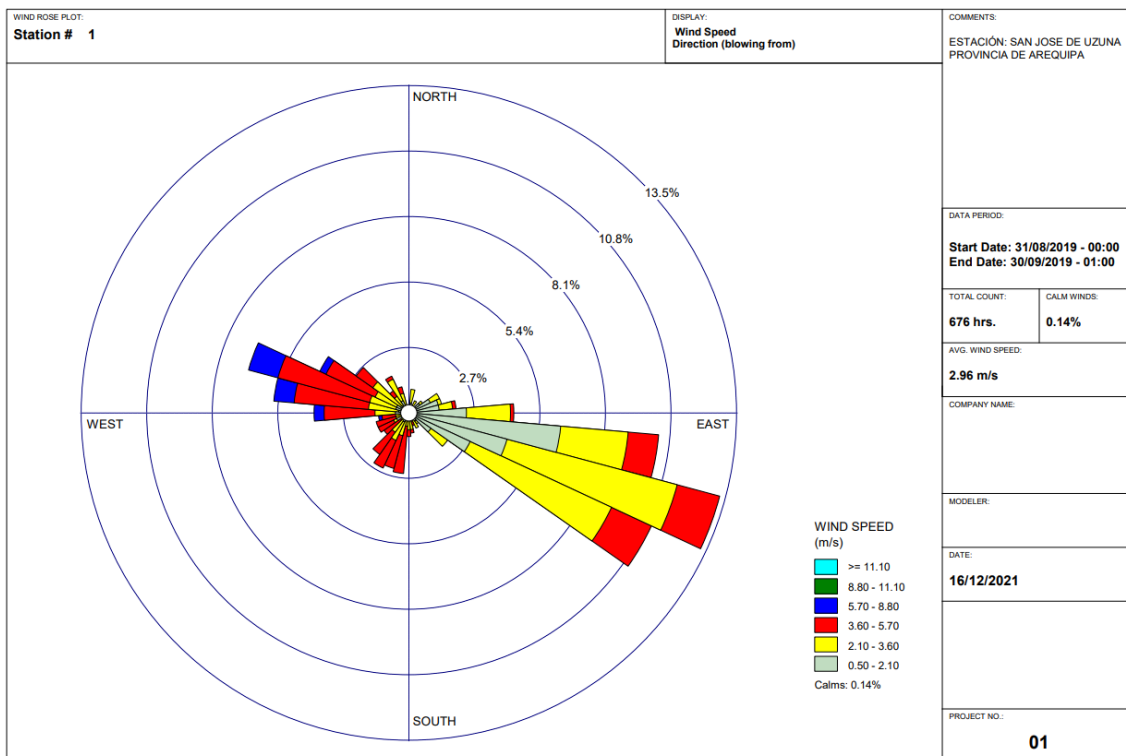


Figura 5. Rosa de vientos del mes de setiembre

Por otro lado, el mes de setiembre presenta una temperatura promedio de 16.97°C temperatura más alta a comparación de los otros meses (Tabla 3) y con una velocidad de viento promedio de 2.96 m/s, similar al mes de julio, teniendo en cuenta que los registros fueron de 10.8% del tiempo, esta situación ha provocado una menor dispersión de contaminantes debido a la baja intensidad del mismo, y por consiguiente las partículas de CO permanecieron a nivel del suelo a pesar de que hubo una mayor temperatura (Figura 5).

Asimismo, los meses con presencia importante de inversiones térmicas y contaminación elevada ocurrieron durante las estaciones de invierno y primavera (noviembre-mayo). En estudios realizados en España- Valencia, se han encontrado patrones de concentración de monóxido, más altos en invierno, registrando 9 mg/m³ (Ballester, 2005), coincidiendo con la teoría de que la época de invierno se presenta mayores concentraciones de monóxido de carbono en los estudios realizados en Arequipa. Asimismo, en otros estudios se ha comprobado que existe un incremento de los niveles de concentración de CO desde el otoño hasta el invierno (Elbayoumi *et al.*, 2014), debido al aumento en el uso de hornos, estufas y calentadores (Buchelli, 2014). Este mismo comportamiento de las concentraciones de CO, se manifiesta en la ciudad de Arequipa,

específicamente en el distrito de Mariano Melgar, por esta situación se realizó la investigación en invierno, donde las temperaturas disminuyen y es probable también el uso de estufas y otros equipos por parte de las familias y que influyan en un incremento en la concentración de CO.

Una conclusión relevante es que las inversiones térmicas fuertes han sido factor en elevados índices de contaminación en la ZMG. (García *et al.*, 2012)

La contaminación atmosférica es una grave amenaza en todo el mundo y puede causar notables pérdidas a la salud humana. Por consiguiente, se debe incluir la aplicación de una estrategia integrada de control de múltiples contaminantes, siendo la época de invierno la que produce una mayor riesgo (Aslam *et al.*, 2021).

En Bogotá se han registrado concentraciones alta de monóxido de carbono en las avenidas principales, presentando valores entre 11.45 a 22.90 mg/m³ (Olaya, 1985), siendo estos registros mucho mayores encontrados en nuestra investigación, la diferencia es probable que sea por la mayor cantidad de vehículos y población que posee la ciudad de Bogotá.

En invierno el desplazamiento de frentes fríos, existe un proceso de inversión térmica donde se invierte el aire caliente se coloca por encima de una capa de aire frío, a consecuencia de que se forma una especie de techo o capa a una temperatura cálida, en donde se detienen los contaminantes (Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, 2014), es probable por esta situación de la combinación de aire frío y temperatura caliente, en julio se haya registrado una mayor concentración de monóxido de carbono en las avenidas evaluadas (SENAMHI, 2019). Por tanto, inferimos la dinámica del movimiento de los gases, no es estática, debido a las variaciones de dirección y velocidad de viento, que ocurren en la mañana y tarde son diferentes en la ciudad de Arequipa. Según los datos de SENAMHI (2019), de la estación meteorológica de la Pampilla, se registró para agosto una mayor temperatura (24.86°C), también la velocidad del viento (km/h), fue mayor (11.4 km/h), esta situación influyó en la dispersión de la concentración de monóxido de carbono (SENAMHI, 2019).

Existe diferencia estadística en la concentración de monóxido de carbono (mg/m³), entre las diferentes cuadras de la Avenida Mariscal Castilla ($H_{cal} (0.05) = 260.3$; $GI = 11$; $P < 0.0001$). Validando la hipótesis específica planteada

Sin embargo, las concentraciones están por debajo de los ECAs, eso no implica que no se debe tomar en cuenta las alternativas de solución, las autoridades y la ciudadanía, debe

exigir propuesta de mitigación, debido a que con el tiempo las concentraciones irán en aumento y la calidad del aire y la salud se verán afectadas (Quispicuro, 2015), más aún si existe quema de biomasa de la agricultura y con la ayuda de los vientos se dispersa más CO (Lin, Xu, Ge y Zhang, 2009).

Los registros de CO realizados en las cuadras de Mariscal Castilla, presentaron que la menor concentración se da en la octava cuadra siendo 0.94 de CO (mg/m^3), mientras que la cuadra que presenta mayor concentración es la primera siendo 3.84 de CO (mg/m^3) (Figura 6).

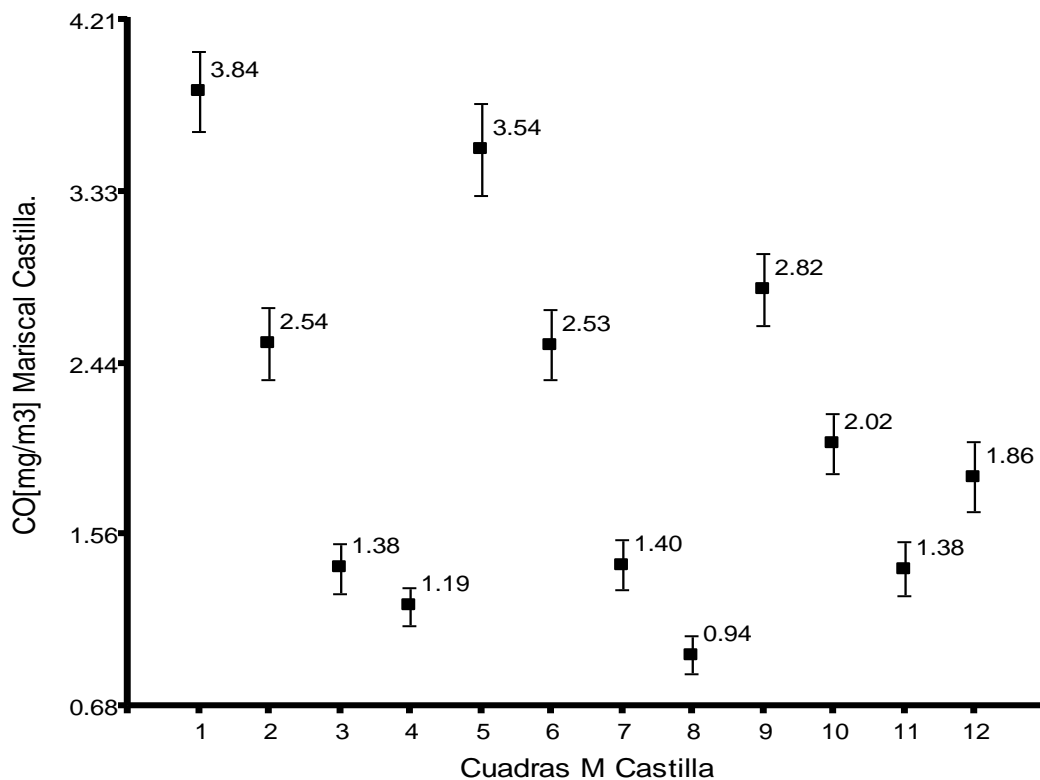


Figura 6. Prueba de contraste de la concentración CO (mg/m^3) en el Distrito de Mariano Melgar de Arequipa.

Fuente: Elaboración propia.

Las cuadras 1 y 5 son las que presentaron una mayor concentración de monóxido de carbono y son menores en las cuadras 7 y 8. Esta situación está relacionada con la presencia del parque automotor y zonas de paradero, a mayor presencia del parque automotor, hay una mayor contaminación ambiental.

También los vientos son factores que están relacionados con la dirección y velocidad del viento que ocurren en agosto y noviembre y que pueden llegar de 8.34 km/h en el horario de las 22:00 a 07:00 h (Llanque, 2004).

Las emisiones de CO, se ocasionan en lugares como las estaciones de transporte, lugares de trabajo, tiendas de comestibles y farmacias, comercio minorista y recreación, y parques aumentan las emisiones (Barua y Nath 2021), por esta razón el estudio se realizó en zonas con alto tráfico vehicular como son las avenidas Perú, Argentina, Mariscal Castilla.

Los niños son más vulnerables a la contaminación atmosférica, debido a que pasan la mayor parte del tiempo en la escuela y su sistema respiratorio, aún en desarrollo, les hace más susceptibles, los vehículos en movimiento tienen más efectos en la contaminación que los vehículos en reposo y los vehículos ligeros (Payus *et al.* 2019). Esta situación, permite acciones inmediatas para que la concentración de monóxido de carbono, no sobrepase los ECAs, aún estamos a tiempo para tomar decisiones. También, las partículas están asociadas a la concentración de monóxido de carbono y las concentraciones de ozono (Wang *et al.*, 2019).

Los registros de CO realizados en las cuadras de la Avenida Argentina, presentan que las menores concentraciones se dan en la 3, 4, 7 y 8 siendo 0.59, 0.55, 0.57, 0.58 respectivamente de CO (mg/m^3), mientras que la cuadra que presenta mayor concentración es la 9 siendo 1.88 de CO (mg/m^3) (Figura 7).

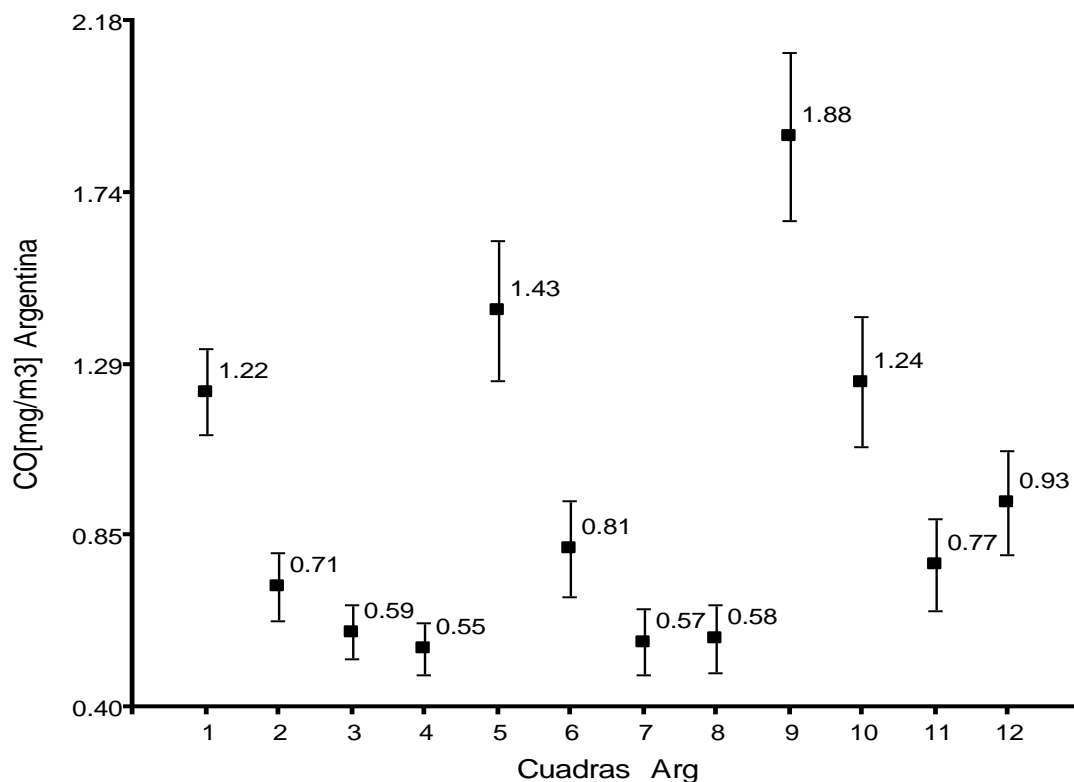


Figura 7. Prueba de contraste de la concentración CO (mg/m^3) entre las cuadras de la avenida Argentina del distrito de Mariano Melgar de Arequipa.

Fuente: Elaboración propia.

Los registros de CO realizados en las cuadras de la Avenida Argentina, presentan que las concentraciones menores se dan en las cuadras 4, 6 y 7 siendo 0.71, 0.76 y 0.64 respectivamente de CO (mg/m^3) (Figura 8). Esto es debido que en la cuadra número nueve se presenta una intersección de dos avenidas, la avenida Argentina y la Av. Perú, en la cual se encuentra un paradero, he de allí que la concentración es mucho mayor en zonas donde haya vehículos motorizados estacionados (mg/m^3).

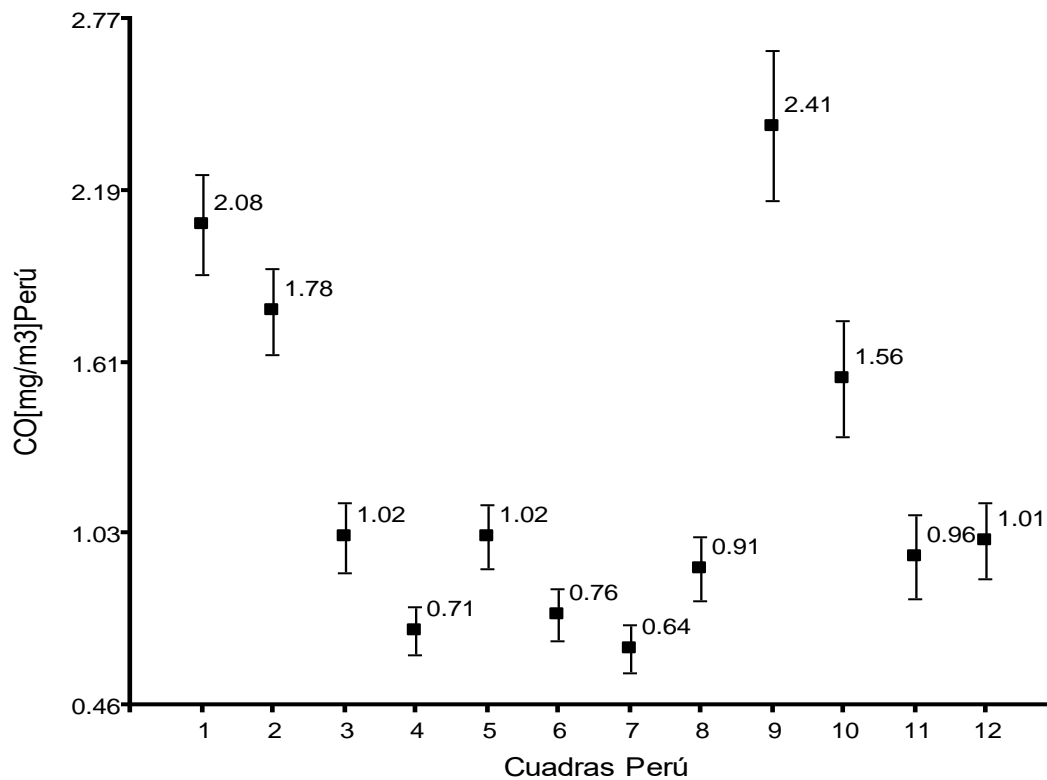


Figura 8. Prueba de contraste de la concentración CO (mg/m^3) entre las cuadras de la avenida Perú del Distrito de Mariano Melgar de Arequipa.

Fuente: Elaboración propia.

Los registros de CO realizados en las cuadras de la Avenida Perú, presentan que las menores concentraciones se dan en las cuadras 4, 6 y 7 siendo 0.71, 0.76 y 0.64 respectivamente de CO (mg/m^3), mientras que la cuadra que presenta mayor concentración es la novena siendo 2.41 de CO (mg/m^3). Resalta ver que las dos primeras cuadras de la Av. Perú, se encuentra una empresa que realiza uso de varias cocinas que causa combustión incompleta y se genera CO y la mayor concentración se encuentra en la cuadra número nueve, siendo un paradero fijo de vehículos automotores y además es una intersección de doble vía, donde hay movimiento del flujo vehicular alto.

La ciudad de Arequipa, es una ciudad con una cantidad de personas y vehículos con tendencia de incremento, donde en el año 1996, con 625.658 habitantes los niveles de concentración CO, ascendía a un promedio de 25 PPM/h, mientras que, en el año 2000, con 870 000 habitantes, ascendía a 28 PPM/h (Llanque, 2004).

Las exposiciones de CO están influenciadas por el tipo de combustible y trabajo desempeñado (Leyenda *et al.*, 2010), estas exposiciones presentan mayores concentraciones de CO en las estaciones de invierno,, las lluvias y los vientos

predominantes, transportan y diluyen a este gas a otras zonas, siendo los elementos climáticos los principales responsables de la concentración, el tiempo de permanencia, el transporte, la combinación y dilución de este gas. (Hernández *et al.*, 2004).

Las fuentes móviles son las que generan una mayor contaminación atmosférica de los gases y partículas como CO, NO_x, SO₂, PM₁₀ y COV (Londoño, 2011), por esta situación se debe reordenar el sistema de transporte público en la ciudad de Arequipa.

3.2. Comparar la concentración de monóxido de carbono obtenida entre avenidas, horarios, meses y los estándares de calidad ambiental

La avenida Mariscal Castilla, presentó un promedio de 2.14 de CO (mg/m³), siendo mayor en relación con las avenidas Argentina con 0.93 de CO (mg/m³) y Perú con 1.23 CO (mg/m³) (Figura 9)

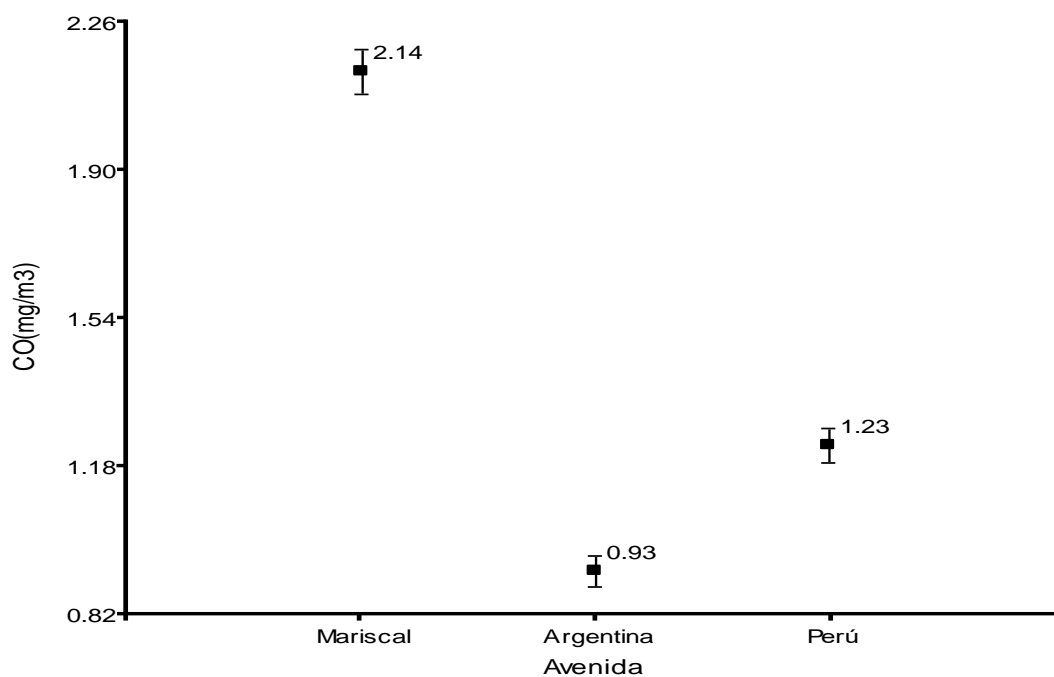


Figura 9. Prueba de contraste de la concentración CO (mg/m³) de las avenidas Mariscal Castilla, Argentina y Perú del Distrito de Mariano Melgar de Arequipa.

Fuente: Elaboración propia.

Existe diferencia de concentración de monóxido de carbono, entre las avenidas evaluadas, siendo mayor la concentración en la Av. Mariscal Castilla con 2.14 mg/m³, mientras fueron menores en las avenidas Perú con 1.23 mg/m³ Argentina con 0.93 mg/m³ (Hcal (0.05)= 379.570; Gl= 2; P= <0.0001). Validando la hipótesis específica planteada de las diferencias entre avenidas

La mayor concentración de monóxido de carbono se presenta en la Avenida Mariscal Castilla, la cual está relacionada con el alto tráfico vehicular que circula por dicha avenida, esta situación afecta en una mayor contaminación por CO, mientras que los valores menores se presentan en la Av. Perú y finalmente en la Avenida Argentina, debido a un menor flujo vehicular tanto en los horarios matutinos como vespertinos. Esta situación de contaminación ambiental por gases, no solo afecta al medio ambiente, sino también a la salud pública (Saavedra 2014), siendo el parque automotor es una fuente de contaminación ambiental de CO, NO_x, SO₂, PM₁₀ y COV (Londoño, 2011).

Existe la tendencia decreciente de la concentración de CO con relación a las masas de aire contaminado, es más rápida que la de los sectores de donde proceden las masas de aire limpio (Li *et al.*, 2020), por esta situación, es necesario realizar monitoreos permanentes sobre dirección y velocidad del viento en la ciudad de Arequipa, con monitoreos durante todo el año. Debido a que existe una asociación diaria entre la mortalidad y la contaminación atmosférica (Khojasteh *et al.*, 2021).

En el horario de la tarde (17:00 a 20:00h), fue mayor el promedio de concentración, siendo 1.59 de CO (mg/m³), siendo mayor en relación con el horario de la mañana con 1.32 de CO (mg/m³) (Hcal (0.05) = 99.66; Gl= 1; P= 0.0001) (Figura 10). Se valida la hipótesis específica planteada de la diferencia entre los horarios.

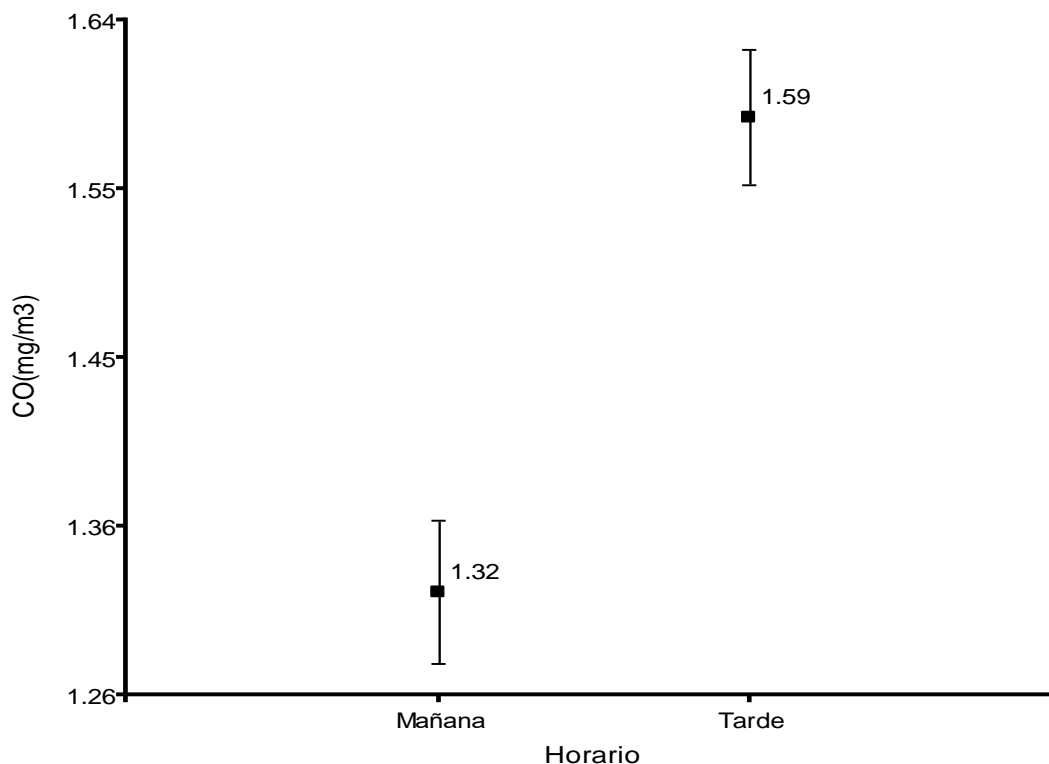


Figura 10. Prueba de contraste de la concentración CO (mg/m^3) entre los horarios de muestreo 06:00 a 09:00 y 17:00 a 20:00 h en el Distrito de Mariano Melgar de Arequipa. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de concentración de CO por horario hacen denotar que en el horario de 17:00 a 20:00 h, se incrementó numéricamente los niveles de CO, así mismo por que en dicho horario hubo mayor congestión vehicular y flujo, mostrando una tendencia al incremento

Los registros con sensores de contaminantes de monóxido de carbono, pueden generar información de control y evaluación de contaminantes de forma continua y en el lugar donde se producen las inmisiones (Escalona, Manganiello, López y Vega, 2012).

Es necesario considerar las características estacionales y temporales de los factores meteorológicos que afectan a las emisiones de contaminantes atmosféricos, priorizando el control de la contaminación atmosférica urbana basándose en el análisis de los puntos calientes (Hu *et al.*, 2021). Por ejemplo, en la ciudad de Arequipa, los puntos calientes de contaminación, se ubican en las zonas con mayor congestión vehicular, cerca de los mercados de abastos que posee la ciudad.

Los niveles de CO en los meses de medición no superan los ECA por una diferencia notoria, sin embargo, cabe constatar que el estudio se realizó en horarios de la mañana y horarios de la tarde, para realzar la variación del contaminante (Figura 11).

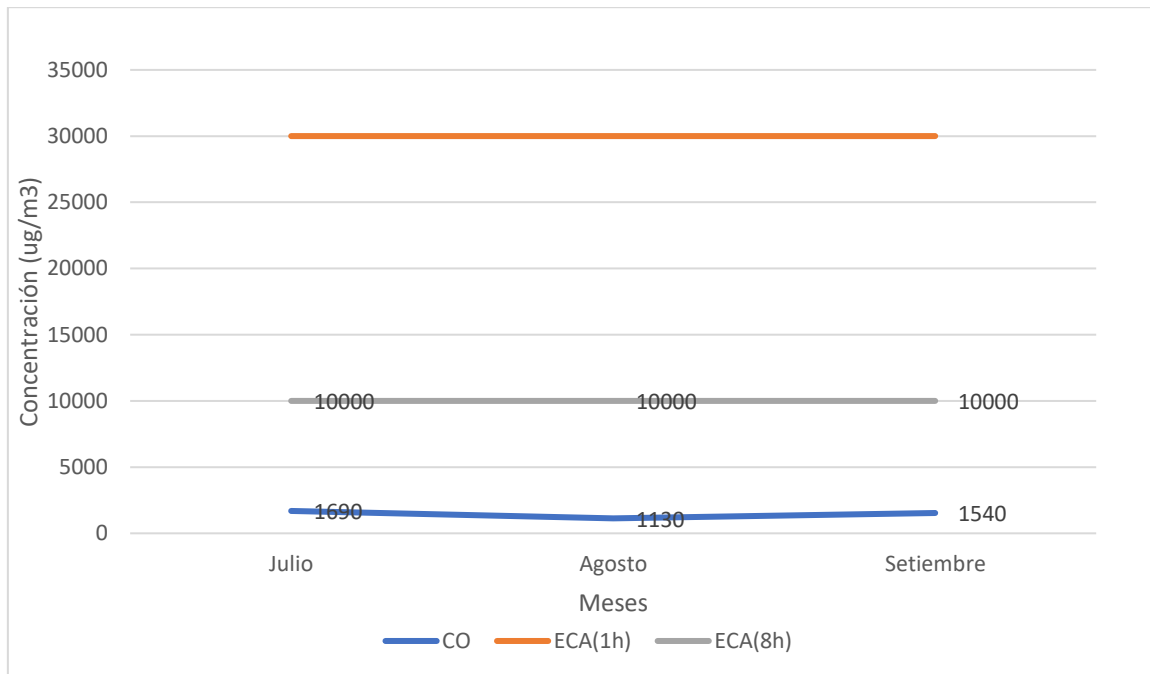


Figura 11. Comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para Aire para el gas CO (ug/m^3).

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que los niveles de CO, con el paso de los años ha ido incrementado como lo ha mencionado Llanque, (2008), hay una tendencia al incremento de este valor con el paso de los años. Con la generación de la información sobre CO, todavía estamos a tiempo de plantear estrategias de mitigación como el reordenamiento vehicular y que la concentración se mantenga o disminuya a fin de no sobrepasar los ECAs, por tanto, actualmente no hay contaminación por CO en el distrito de Mariano Melgar.

La contaminación del aire es uno de los principales factores que contribuyen a la insalubridad de la ciudad de Arequipa, cuya causa principal es el parque automotor que contamina con óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono. La contaminación del aire por los vehículos ha ido empeorando con el tiempo. La contaminación ambiental sobrepasa patrones de calidad de aire según Ministerio de Salud es de ($200 \text{ mg}/\text{m}^3$) (Llanque, 2004).

La concentración de gases en la ciudad de Arequipa, tales como: monóxido de carbono, dióxido de azufre, ozono y dióxido de nitrógeno no superan los estándares de calidad ambiental (ECA) para el aire. (Apaza, 2018)

La exposición a corto plazo a los contaminantes atmosféricos tiene efectos adversos sobre la función hepática entre los adultos urbanos. Estos efectos adversos duran más tiempo en las zonas de alta contaminación que en las de baja contaminación. (Qiu *et al.*, 2021). Es por tal razón, la importancia de realizar monitoreos permanentes sobre la dinámica de contaminación no solamente de monóxido de carbono, sino también de otros contaminantes como partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} .

3.3. Elaborar una propuesta de Reordenamiento Vehicular

3.3.1. Pre ordenamiento vehicular

La evidencia que existe un desequilibrio en el promedio de las concentración de monóxido de carbono en las zonas de estudio debido a la falta de un reordenamiento vehicular que permita que las concentraciones de monóxido de carbono sean más equilibradas y generen menos focos contaminantes (Av. Mariscal Castilla, Cuadra N°9 de la Av. Argentina, Cuadra N° 1,2,9,10 de la Av. Perú) asociados al transporte vehicular y consecuentemente mejore la calidad de aire del distrito de Mariano Melgar (Figura 12)



Figura 12. Concentración de alta y bajas [CO] en la zona de estudio

Se aprecia que la avenida con mayor concentración de CO es la Av. Mariscal Castilla, seguidamente la Av. Perú y finalmente la Av. Argentina, en estas avenidas existe una gran afluencia de personas debido a que las avenidas en estudio son las de mayor uso por los pobladores del distrito de Mariano Melgar, en cercanías de estas avenidas se presencia instituciones educativas, centros comerciales, áreas de recrea miento, etc. Es por ello la necesidad de implementar el Reordenamiento Vehicular, para que estas afluencias de personas no presenten alteraciones o lesiones debido a estar expuestos a altas concentraciones de monóxido de carbono en tiempos prolongados (Figura 13).

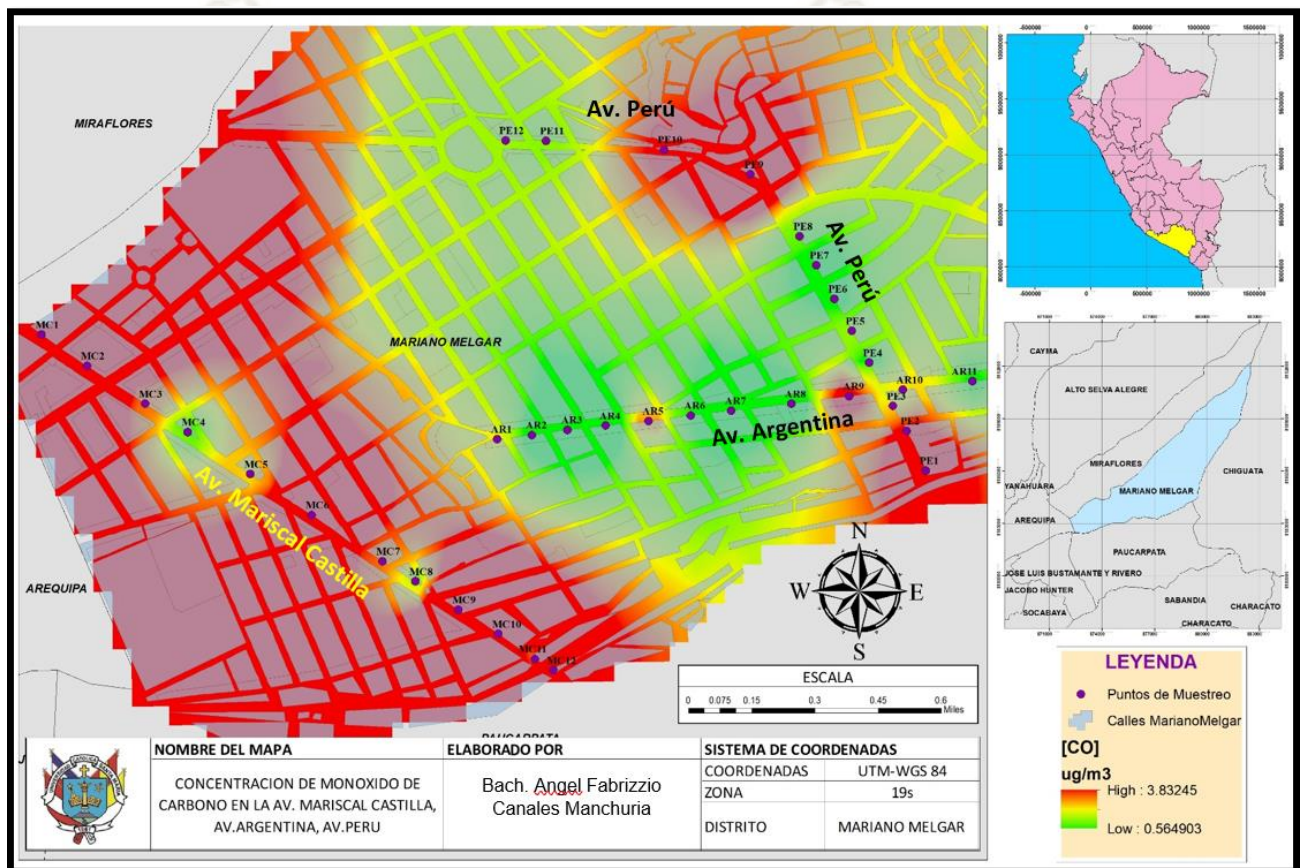


Figura 13. Puntos de muestreo de [CO] por avenida investigadas

Fuente: Elaboración propia.

.El presente escenario fue elaborado en base al Sistema Integrado de Transporte publico realizado por la Municipalidad de Arequipa, esto nos ayuda a entender la dinámica del transporte público, la cual en la av. Mariscal Castilla toma en su totalidad, para la av. Argentina es utilizada desde la cuadra N° 5 hasta la cuadra N°12 y para la av. Perú solo en la cuadra N° 8. Se evidencia que en las cuadras por donde circula el transporte público, son las que presentan mayor concentración de Monóxido de Carbono (Figura 14).

.3.1.2. Propuesta de ordenamiento vehicular

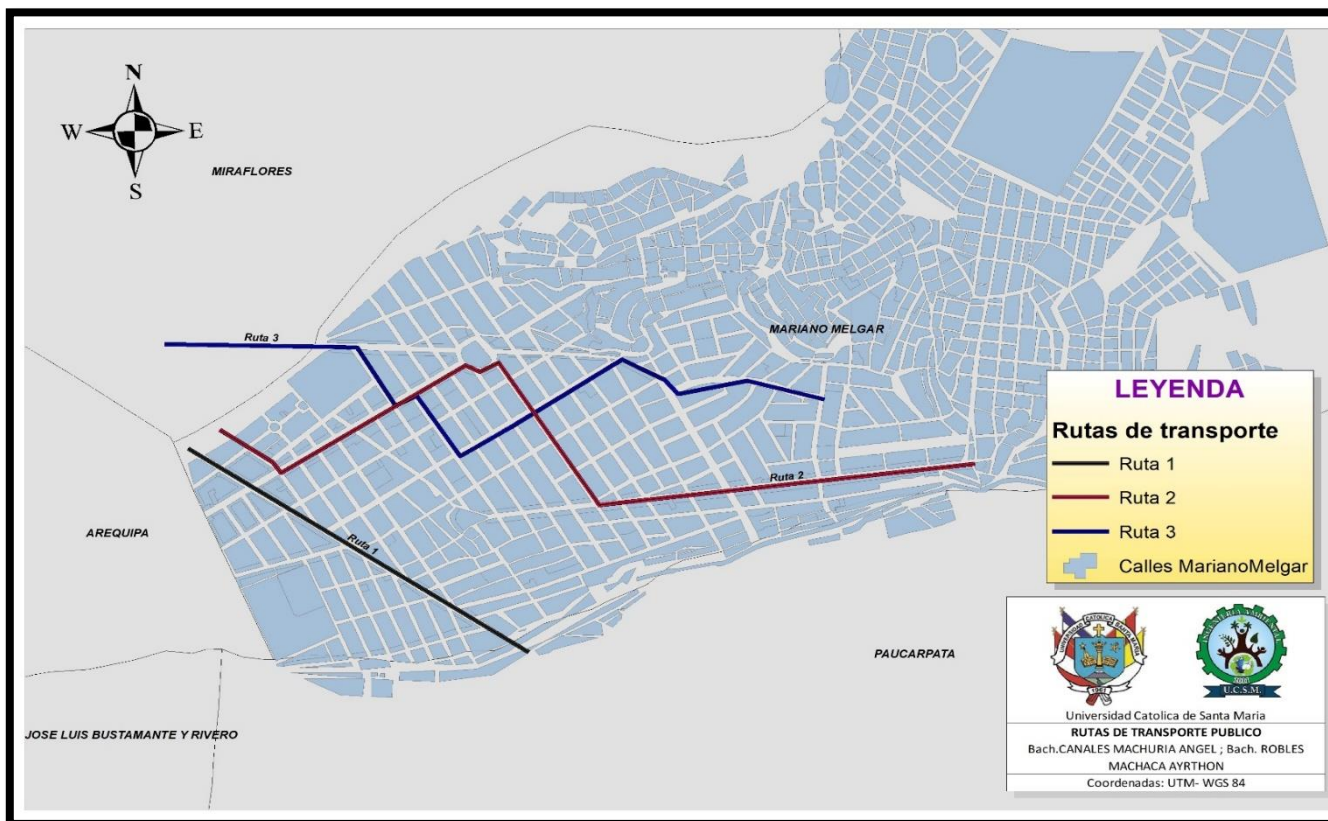


Figura 14. Escenario actual del sistema de transporte público en las avenidas en estudio

Fuente: Elaboración propia

Elaborado el análisis de los datos obtenidos en campo respecto a las avenidas en estudio en el pre-ordenamiento vehicular recomendamos las siguientes premisas:

- a. **Determinar cantidad de paraderos fijos, ubicación y tiempo estimado que podrán permanecer los autobuses que brinden servicios públicos.**

Los paraderos fijos permitirán agrupar a los pasajeros que suben y bajan al usar el transporte público, de esta manera se reduce el tiempo de viaje y permanencia de los automóviles en los paraderos, se aumentará la velocidad del servicio la cual según Tapia 2017 deberá ser para el transporte público de 10 km/h a 20 km/h y de los particulares de 20 km/h a 40 km/h.

Así mismo, el diseño y ubicación de los paraderos fijos contemplan las siguientes consideraciones:

a) Ubicación

- Zonas donde exista una alta demanda de usuarios que hacen uso del transporte público según las rutas del transporte público cercanas o dentro de las avenidas de estudio

La av. Mariscal Castilla, las calles son usadas en su totalidad por los usuarios del transporte público como paraderos informales, esta avenida presenta la mayor afluencia de vehículos ya que en su totalidad es tomada por el Sistema Integrado de Transporte.

En la Av. Argentina los usuarios hacen de uso de las cuadras N° 5 y N° 9 como paraderos informales con mayor frecuencia.

En la Av. Perú los usuarios del transporte público no utilizan las calles como paraderos informales debido a que el Sistema Integrado de Transporte solo usa la cuadra N° 8. Las cuadras restantes son utilizadas por vehículos particulares.

- Avenidas donde se acentúa la presencia de concentración de monóxido de carbono

Como se muestra en el Figura 12 y 10, las avenidas de mayor concentración son:

- Av. Mariscal Castilla : Su totalidad
- Av. Argentina : Cuadra 9 y 5
- A. Perú : Cuadra 8

- Tener una distancia considerable entre uno y otro para evitar el congestionamiento por causas de los buses

La distancia entre cada paradero será de 500 metros aproximadamente (Moller, 2006).

Tabla 7. Georreferenciación de Paraderos

Avenida	Código	Georreferenciación		Descripción
		Este	Norte	
Mariscal Castilla	PMC1	231310	8184798	Ubicado en la cuadra N°3 de la av. Mariscal Castilla, cruce con Malecón Solezi
	PMC2	231801	8184474	Ubicado en la cuadra N°5 de la av. Mariscal Castilla cruce con calle Piura
	PMC3	232305	8184140	Ubicado en la cuadra N°9 de la av. Mariscal Castilla, cruce con Francisco Mostajo
Argentina	PAR1	233159	8184631	Ubicado en la cuadra N° 9, de la av. Argentina, cruce con Av. Perú
	PAR2	233887	8184719	Ubicado en la Cuadra N°12 de la av. Argentina, cruce con 8 de octubre

Fuente: Elaboración Propia

Cabe mencionar que las avenidas en estudio los vehículos se mueven en ambas direcciones, por ende los paraderos serán ubicado al frente de los paraderos georreferenciados, de tal manera que se contara con 05 paraderos fijos distribuidos en la av. Mariscal Castilla y Argentina, asimismo para la av. Perú, no se propone ubicación de parados debido a que el transporte público toma tan solo 1 cuadra del mismo, así mismo, existe ya un paradero cercano a la Av. Perú ubicado en el jirón Trujillo que intercepta con la avenida ya mencionada (Figura 15).

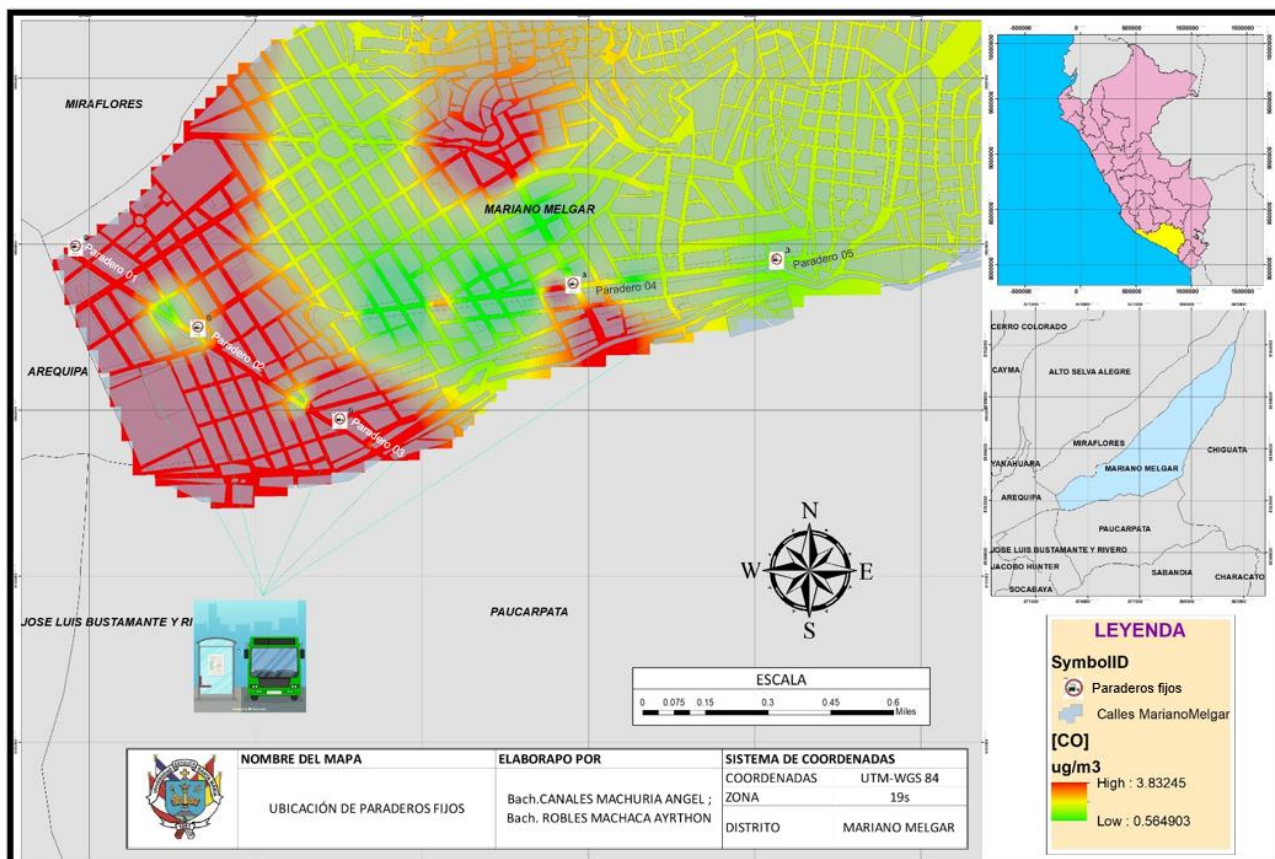


Figura 15: Ubicación de los paraderos fijos

Fuente: Elaboración propia.

a) Tiempo de permanencia

Será de 20 de segundos para el abordaje y descenso de pasajeros.

b) Medidas adicionales:

- Diseño y señalización adecuada de los paraderos para tener una adecuada visibilidad e identificación por parte de los usuarios, así mismo evitar accidentes considerando la distancia adecuada entre vereda y el carril.
- Prohibir que los vehículos particulares ingresen al carril derecho en las avenidas Mariscal Castilla, Av. Perú
- Semáforos sincronizados
- Las empresas de transportes deberán de ayudar a difundir el establecimiento de paraderos fijos
- Implementar un sistema de vigilancia municipal o policial para el cumplimiento de las medidas mencionadas en párrafos precedentes

CONCLUSIONES

- a) Al término de la investigación se demostró que la concentración de CO se ve variada de acuerdo a los horarios de medición, siendo así el horario vespertino el que presenta mayores niveles de contaminación.
- b) Las vías que presentan mayor número de paraderos o intersecciones, son las que presentan mayores niveles de contaminación.
- c) El análisis comparativo demostró que el mes más contaminado es el de Julio por razón de festividades.
- d) Los datos recolectados en el periodo de monitoreo de la concentración de Monóxido de Carbono se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental, “Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM”.
- e) Se ha contrastando y se evidencia que no existe contaminación por Monóxido de Carbono en las tres avenidas de estudio.
- f) El reordenamiento vehicular en función al análisis de monóxido de carbono realizado en base a los monitoreos en los meses de julio, agosto y setiembre, representa una herramienta preventiva en términos de contaminación de aire ya que al ejecutarlo se reducirá los focos contaminantes por presencia de CO, equilibraran las concentraciones de CO, permitirá reducir el congestionamiento vehicular en la Av. Mariscal Castilla, mejorara la calidad del aire de los pobladores del distrito de Mariano Melgar.

RECOMENDACIONES

Estas recomendaciones son para futuras investigaciones relacionadas a la medición de gases en la ciudad de Arequipa

- a) Se recomienda cubrir las tres estaciones restantes (verano, primavera y otoño) para futuras investigaciones, para conocer cuál es el comportamiento del contaminante.
- b) Se puede añadir el horario de medio día para conocer cómo es que influye la temperatura máxima en la concentración de monóxido de carbono

c) El distrito de Mariano Melgar cuenta con otras avenidas que si bien no son principales, pueden darnos información valiosa y de control para tener un dato más preciso al momento de interpolar los datos para el reordenamiento vehicular.

d) Solo se tomó en consideración el monóxido de carbono como gas de estudio, sin embargo, puede ampliarse la investigación tomando en consideraciones los diferentes gases del parque automotor.

c) Además del reordenamiento vehicular, si deseamos mejorar y monitorear la calidad del aire de la ciudad de Arequipa, podemos utilizar observaciones satelitales para monitorear las fuentes de contaminación y el transporte.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apaza, R. (2018). “Impacto de la Contaminación Ambiental en la Salud de la Población de Arequipa Metropolitana en el Periodo 2013 - 2017” Tesis”. 121.

Aslam, A., Ibrahim, M., Mahmood, A., Mubashir, M., Fayyaz, H., Sipra, K., ... Talib, M. 2021. Journal of Environmental Chemical Engineering Mitigation of particulate matters and integrated approach for carbon monoxide remediation in an urban environment. Journal of Environmental Chemical Engineering, 9(4), 105546. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105546>

Ayoub Meo, S., Adnan Abukhalaf, A., Sami, W., & Hoang, T. D. 2021. Effect of environmental pollution PM2.5, carbon monoxide, and ozone on the incidence and mortality due to SARS-CoV-2 infection in London, United Kingdom. Journal of King Saud University - Science, 33(3), 101373. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101373>

Ballester, Ferran. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. Revista Española de Salud Pública, 79(2), 159-175. Recuperado en 20 de agosto de 2021, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200005&lng=es&tlng=es.

Barua, S., & Nath, S. D. 2021. The impact of COVID-19 on air pollution: Evidence from global data. Journal of Cleaner Production, 298, 126755.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126755>

- Buchelli, H., Fernández, R., Rubinos, G., Martínez, C., Rodríguez, F. & Casan, P. 2014. Niveles elevados de carboxihemoglobina: fuentes de exposición a monóxido de carbono. Archivos de Bronconeumología. Elsevier España. 50(11); 465-468. <https://www.archbronconeumol.org/es-pdf-S0300289614001173>
- Canales, A. 2011. Bioestadística: Herramienta para la investigación. Editorial Meru Corporation EIRL. 271 pp.
- Dass, A., Srivastava, S., & Chaudhary, G. 2021. Air pollution: A review and analysis using fuzzy techniques in Indian scenario. Environmental Technology and Innovation, 22, 101441. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101441>
- Elbayoumi, M., Nor Azam R., Noor Faizah F. & Wesam Al M., 2014. The effect of seasonal variation on indoor and outdoor carbon monoxide concentrations in Eastern Mediterranean climate, Atmospheric Pollution Research, Volume 5, Issue 2, 2014, Pages 315-324, ISSN 1309-1042. <https://doi.org/10.5094/APR.2014.037>.
- Escalona, L.; Manganiello, L.; López, Martha y Vega, C. (2012). Los sensores químicos y su utilidad en el control de gases contaminantes. Revista Ingeniería, 19, 74–88.
- Flores, J.F., Silva, B.A. (2016). Desarrollo de una base de datos del mecanismo de formación de monóxido de carbono e hidrocarburos no combustionados de los vehículos pertenecientes al parque automotor de la ciudad de Cuenca [tesis, universidad politécnica salesiana sede matriz Cuenca]. Repositorio institucional.
- García Guadalupe, M., Ramírez Sánchez, H. U., Ulloa Godínez, H., Arias, S., & Pérez, A. (2012). Las inversiones térmicas y la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de Guadalajara (México). Investigaciones Geográficas, (58), 9–29. <https://doi.org/10.14198/ingeo2012.58.01>
- Generalitat Catalunya. (2017). Emisión e inmisión. In Departamento de calidad del Aire (Vol. 01, pp. 1–7). Retrieved from <http://www.albayan.ae>
- Gonzales, L. E. (2016). Evaluación e interpretación de la calidad del aire por gases de combustión (SO₂ y CO) en el sector Cercado y Los Jardines, Tarapoto–San Martín 2015. Ciencia, Tecnología y Desarrollo, 2(1).
- Gregorczyk-Maga, I., Maga, M., Wachsmann, A., Janik, M. K., Chrzastek-Janik, O.,

- Bajkowski, M., ... Koziej, M. 2019. Air pollution may affect the assessment of smoking habits by exhaled carbon monoxide measurements. *Environmental Research*, 172(June 2018), 258–265. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.01.063>
- Guo, S., & Chen, L. (2019). Can urban rail transit systems alleviate air pollution? Empirical evidence from Beijing. *Growth and Change*, 50(1), 130–144. <https://doi.org/10.1111/grow.12266>
- Hernández-Romero, Julio César; Madrigal-Uribe, Delfino; Morales-Méndez, C. (2004). Comportamiento del monóxido de carbono y el clima en la ciudad de Toluca, de 1995 a 2001. *Ciencia Ergo Sum*, 11(3), 263–274.
- Herrera, J., Rodríguez R., Marin, R. (2012). Determinación de las emisiones de contaminantes del aire generadas por fuentes móviles en carreteras de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 25(506), 10.
- Hoek, G. 2021. Carbon monoxide's potential comeback as a key air pollutant. *The Lancet Planetary Health*, 5(4), e177–e178. [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(21\)00052-8](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(21)00052-8)
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12748/1/UPS-CT006609.pdf>
- Hu, M., Wang, Y., Wang, S., Jiao, M., Huang, G., & Xia, B. 2021. Spatial-temporal heterogeneity of air pollution and its relationship with meteorological factors in the Pearl River Delta, China. *Atmospheric Environment*, 254(April), 118415. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118415>
- Huamán L. E. & Pérez J.E. 2016. Evaluación e interpretación de la calidad del aire por gases de combustión (SO₂ y CO) en el sector Cercado y Los Jardines, Tarapoto – San Martín 2015. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*. Vol. 2 Núm. 1: 41-54
- Huamán, V.(2015). Descripción de los efectos de los óxidos de carbono (CO₂ y CO) en ambientes interiores y exteriores. *Revista de Investigación Universitaria*, 4(1), 11–15.
- in, W., Xu, X., Ge, B., y Zhang, X. (2009). Characteristics of gaseous pollutants at Gucheng, a rural site southwest of Beijing. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 114(16). <https://doi.org/10.1029/2008JD010339>
- Inche, J. (2001). Estimación de emisiones en vehículos en circulación. *Industrial Data*, 4(1),

11–16. <https://doi.org/10.15446/dfj.n15.50535>

Jiménez-Cantú, J. (1972). Salud y ambiente. *Gaceta Medica de Mexico*, 103(3), 185–193.

Khojasteh, D. N., Goudarzi, G., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Asumadu-Sakyi, A. B., & Fehrest-Sani, M. 2021. Long-term effects of outdoor air pollution on mortality and morbidity—prediction using nonlinear autoregressive and artificial neural networks models. *Atmospheric Pollution Research*, 12(2), 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.10.007>

Leyenda, C., José, A., Ordás, Á., Cubillo, P., Vicente, V., Gerardo, J., ... Vicente, V. (2010). España Más información del artículo Sistema de Información Científica Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal ORIGINAL Exposure to Carbon Monoxide in Wildland Firefighters during Wildfires Suppression.

Li, Y., Ma, Z., Han, T., Quan, W., Wang, J., Zhou, H., ... Dong, F. 2020. Long-term declining in carbon monoxide (CO) at a rural site of Beijing during 2006–2018 implies the improved combustion efficiency and effective emission control. *Journal of Environmental Sciences (China)*, (xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.11.011>

Lin, C., Gillespie, J., Schuder, M., Duberstein, W., Beverland, I., Heal, M., 2015. Evaluation and calibration of aeroqual series 500 portable gas sensors for accurate measurement of ambient ozone and nitrogen dioxide. *Atmos. Environ.* 100, 111e116. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.11.002>.

Llanque Chana, J. (2004). Efectos de la Contaminación Atmosférica en el clima urbano y calidad ambiental de Arequipa. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, (37), 95–106.

Londoño, J. (2011). Estimation of the Emissions of Atmospheric Pollutants From Mobile Sources in the Urban Area of Envigado, Colombia. *Revista EIA*, (16), 149–162.

Maga, M., Janik, M. K., Wachsmann, A., Chrzęstek-Janik, O., Koziej, M., Bajkowski, M., ... Nizankowski, R. 2017. Influence of air pollution on exhaled carbon monoxide levels in smokers and non-smokers. A prospective cross-sectional study. *Environmental Research*, 152(October 2016), 496–502. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.09.004>

- MINAM. (2015). Lineamientos para la incorporación de la Adaptación al Cambio Climático en la Universidad Peruana. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/11/2013/10/LINEAMIENTOS-FINAL03.07.pdf>
- MINAM. (2017). prueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias (Decreto Supremo N°003-2017). Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Proyecto-de-DS-ECA-AIRE.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosAmbientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones_atmosfericas_contaminantes/documentos_relacionados/Guia_para_la_elaboracion_de_inventarios_de_emisiones_atmosfericas.pdf.
- Ministerio de Salud (2011). Guía de Prevención, Diagnóstico, Tratamiento y Vigilancia Epidemiológica de las Intoxicaciones por Monóxido de carbono. http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000000335cnt-06-Guia_intoxic_monoxido.pdf
- Moller, R., (2006). Transporte urbano y desarrollo sostenible en América Latina el ejemplo de Santiago de Cali, Colombia. Programa Editorial: Universidad del Valle.
- Municipalidad Distrital de Arequipa. (2009). Actualización del inventario de emisiones para fuentes fijas y móviles.
- Municipalidad Provincial de Arequipa (2015.). Plan Vial. Consultado el 11 de Octubre de 2019. <https://www.muniarequipa.gob.pe/descargas/centro%20historico/IV.%20PROPUESTA%20FISICO%20ESPACIAL/4.4%20PLAN%20VIAL.pdf>
- Ordenanza N° 00186/MDSA. Diario Oficial el peruano, Peru, 16 de diciembre del 2015
- Olaya, G. 1985. Evaluación de la Contaminación por Monóxido de Carbono en Bogotá. Revista Ingeniería e Investigación. Universidad Nacional de Colombia.
- Organización Mundial de la Salud (1992). Monóxido de carbono.
- Payus, C. M., Vasu Thevan, A. T., & Sentian, J. 2019. Impact of school traffic on outdoor

- carbon monoxide levels. *City and Environment Interactions*, 4(2019), 100032.
<https://doi.org/10.1016/j.cacint.2020.100032>
- Qiu, W., Zhou, Y., He, H., Wang, B., Mu, G., Zhou, M., ... Chen, W. 2021. Short-term effects of air pollution on liver function among urban adults in China. *Atmospheric Environment*, 245(June 2020). <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.118011>
- Quispicuro, V. 2015. Descripción de los efectos de los óxidos de carbono (CO₂ y CO) en ambientes interiores y exteriores. *Revista de Investigación Universitaria*. Vol. 4 Núm. 1:11-15
- Rivera, L.(2016). Planeación y Desarrollo Documental de un Proceso de Homologación para la Empresa Transporte Arequipa S.A.C 2015. Tesis Facultad de Ingeniería y Computación Ingeniería Industrial.
- Saavedra, J.D. (2014). Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. (2014). ProAire Jalisco 2014 - 2020. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/418381/13_ProAire_Jalisco.pdf
- SENAMHI (2019). Datos Hidrometeorológicos del año 2019. <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- Superintendencia de Sociedades. (2016). Programa: Control de Emisiones Atmosféricas y Ruido: Sistema de Gestión Integrado. Recuperado de: https://www.supersociedades.gov.co/nuestra_entidad/Planeacion/SGI/Documentos%20Infraestructura%20Fisica/Documentos/GINF-PRO-004%20Programa%20Control%20de%20Emisiones%20Atmosfericas%20y%20Ruido.pdf
- Tapia, Carvajal vilma, Luz, S., & Gonzales kyle, G. F. (2018). Reordenamiento Vehicular y Contaminación Dióxido De Azufre y Dióxido de Nitrógeno en Lima Nitrogen Dioxide in Metropolitan Lima , Peru. 35(2), 190–198. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3250.190>
- Téllez, J., Rodríguez, A., & Fajardo, Á. (2006). Contaminación por monóxido de carbono:


Un problema de salud ambiental. *Revista de Salud Publica*, 8(1), 108–117.
<https://doi.org/10.1590/s0124-00642006000100010>

Velasco, E., Bernabé, R.M. (2004). Emisiones Biogénicas. Secretaría de Medio v

Wang, Z., Lv, J., Tan, Y., Guo, M., Gu, Y., Xu, S., & Zhou, Y. 2019. Temporospatial variations and Spearman correlation analysis of ozone concentrations to nitrogen dioxide, sulfur dioxide, particulate matters and carbon monoxide in ambient air, China. *Atmospheric Pollution Research*, 10(4), 1203–1210.
<https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.02.003>

Williams, R.; Kilaru, V.; Snyder, E.; Kaufman, A.; Dye, T.; Rutter, A.; Russell, A.; Hafner, H. 2014. *Air Sensor Guidebook*; United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development: Washington DC.

ANEXOS



Aeroqual Limited
109 Valley Road, Mount Eden, Auckland, New Zealand
Phone: +64-9-623 3013 Fax: +64-9-623 3012
www.aeroqual.com

Calibration Certificate No. 6988

Calibration Date: 14 Jan 2018 10:28

Model:

Serial No: ECM-1301150-013

Environmental Conditions

Temperature °C

Relative Humidity %

Measurements

Calibration Standard /ppm	0.00	20.00	0.00	0.00
AQL Sensor (Mean) /ppm	0.00	20.01	0.00	0.00
AQL Sensor (Std. Dev) /ppm	0.000	0.008	0.000	0.000

*The Mean and Standard Deviation are calculated from three consecutive readings.

Calibration Standard

This sensor was calibrated against a certified mixture of carbon monoxide in synthetic air diluted with zero air using mass flow controllers with calibrations traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST).

QC Approval: Farid Yanes

Date: 14 Jan 2018

Figura 16. Certificado de calibración de fábrica del equipo Aeroqual S500



Figura 17. Maletín de equipo Aeroqual S500



Figura 18. Maletín con el equipo Aeroqual S500 con los sensores de CO



Figura 19. Equipo Aeroqual S500 con sensor de CO



Figura 20. Muestreo en Av. Argentina





Figura 21. Muestreo en Av. Argentina.



Figura 22. Muestreo en Mariscal Castilla.



Figura 23. Muestreo en Avenida Mariscal Castilla



Figura 24. Muestreo en Avenida Perú.



Figura 25. Muestreo en Avenida Perú.