



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE
CO Y CO₂ EN EL HABITÁCULO DE VEHÍCULOS TIPO SUV CON
LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN EL INTERIOR
DE LOS VEHÍCULOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA/O AUTOMOTRIZ

AUTORES:

DINA RAQUEL BARRIONUEVO DÍAZ

EDISON GERMAN MARTÍNEZ ESPINOZA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE
CO Y CO₂ EN EL HABITÁCULO DE VEHÍCULOS TIPO SUV CON
LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN EL INTERIOR
DE LOS VEHÍCULOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA/O AUTOMOTRIZ

AUTORES: DINA RAQUEL BARRIONUEVO DÍAZ

EDISON GERMAN MARTÍNEZ ESPINOZA

DIRECTOR: Ing. VÍCTOR DAVID BRAVO MOROCHO MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Dina Raquel Barrionuevo Díaz & Edison German Martínez Espinoza

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, DINA RAQUEL BARRIONUEVO DÍAZ y EDISON GERMAN MARTÍNEZ ESPINOZA, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de diciembre de 2022



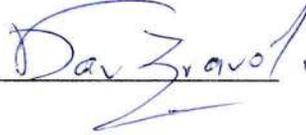
Dina Raquel Barrionuevo Díaz
060534840-8



Edison German Martínez Espinoza
010697484-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular, Tipo: Proyecto de Investigación, **ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CO Y CO2 EN EL HABITÁCULO DE VEHÍCULOS TIPO SUV CON LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN EL INTERIOR DE LOS VEHÍCULOS**, realizado por los señores: **DINA RAQUEL BARRIONUEVO DÍAZ y EDISON GERMAN MARTÍNEZ ESPINOZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-12-15
Ing. Víctor David Bravo Morocho MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-15
Ing. Rodrigo Rigoberto Moreno Pallares MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-15

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres y hermanos por ser un pilar importante y demostrarme su apoyo incondicional. A mi esposo e hija por creer siempre en mí, enseñarme a valorar lo que tengo y lo que soy, fomentando en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida.

Raquel

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xii
SUMMARY	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Delimitación del problema planteado.....	2
1.3. Formulación del problema	2
1.4. Objetivos	3
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.5. Justificación	3
1.6. Hipótesis.....	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes de la investigación.....	4
2.2. Referencias teóricas	6
2.2.1. <i>Confort térmico</i>	6
2.2.2. <i>Calidad de aire en el habitáculo de los vehículos</i>	8
2.2.3. <i>Emisiones generadas por motores de combustión interna</i>	9
2.2.4. <i>Monóxido de carbono en vehículos</i>	10
2.2.5. <i>Efectos tóxicos del CO en la salud humana</i>	11
2.2.6. <i>Efectos en el CO para diferentes modos de ventilación</i>	12
2.2.7. <i>Dióxido de carbono en vehículos</i>	13
2.2.8. <i>Norma Interestatal Estándar GOST 33554-2015</i>	15
2.2.9. <i>ASHRAE</i>	16

2.2.10.	<i>IAQ Testo 440</i>	17
2.2.11.	<i>Mampara de protección y separación</i>	19
2.2.12.	<i>Vehículo de pruebas: KIA SPORTAGE</i>	20

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	21
3.1.	Enfoque de la investigación	21
3.2.	Nivel de investigación	21
3.3.	Diseño de investigación	22
3.3.1.	<i>Investigación experimental</i>	22
3.3.2.	<i>Investigación transversal</i>	22
3.4.	Tipo de estudio	23
3.4.1.	<i>Investigación documental</i>	23
3.4.2.	<i>Investigación de campo</i>	23
3.5.	Población y tamaño de la muestra	23
3.6.	Organigrama de investigación	25
3.7.	Normativas e instrumentos de investigación	26
3.7.1.	<i>Norma interestatal rusa GOST 33554-2015</i>	26
3.7.1.1.	<i>Condiciones del climatizador</i>	27
3.7.2.	<i>ASHRAE standard 62.1-2019</i>	28
3.8.	Concentración de CO, CO₂, temperatura y humedad relativa	29
3.8.1.	Inspección visual del vehículo	29
3.8.2.	<i>Verificación del sistema de climatización</i>	29
3.8.3.	<i>Diagnóstico del vehículo con escáner</i>	30
3.8.4.	<i>Colocación de la mampara de separación</i>	31
3.8.5.	<i>Colocación de las sondas de medición</i>	32
3.8.6.	<i>Programación de los equipos de medición</i>	32
3.8.7.	<i>Configuración de la primera condición del climatizador</i>	33
3.8.8.	<i>Configuración de la segunda condición del climatizador</i>	33
3.8.9.	<i>Configuración de la tercera condición del climatizador</i>	34
3.8.10.	<i>Tiempo empleado en el proceso de medición</i>	34
3.9.	Metodología para el análisis de resultados	35

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	37
4.1.	Niveles de las concentraciones de CO mediante gráficas de dispersión	38
4.2.	Niveles de las concentraciones de CO2 mediante graficas de dispersión	41
4.3.	Niveles de variación de la humedad relativa mediante graficas de dispersión....	43
4.4.	Niveles de variación de la temperatura mediante graficas de dispersión	44
4.5.	Análisis de las concentraciones de CO y CO2 mediante gráficas de barras.....	46
4.6.	Correlación lineal de Pearson humedad relativa y CO en zona del conductor ...	61
4.7.	Correlación lineal de Pearson humedad relativa y CO en la zona de pasajeros .	63
4.8.	Correlación lineal de Pearson humedad relativa-CO2 en la zona de conductor.	65
4.9.	Correlación lineal de Pearson humedad relativa-CO2 en la zona de pasajeros..	67
4.10.	Correlación lineal de Pearson temperatura y CO en la zona del conductor	69
4.11.	Correlación lineal de Pearson temperatura y CO en la zona de pasajeros.....	71
4.12.	Correlación lineal de Pearson temperatura y CO2 en la zona del conductor	73
4.13.	Correlación lineal de Pearson entre temperatura-CO2 en la zona de pasajeros	75
4.14.	Promedios de coeficiente de Pearson y variabilidad	77
	CONCLUSIONES.....	80
	RECOMENDACIONES.....	81
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Tasa de respiración para adultos en función de la actividad	13
Tabla 2-2: Efectos fisiológicos del CO ₂ en la salud de un adulto promedio	14
Tabla 3-2: Datos técnicos de la sonda de medición de dióxido de carbono.....	18
Tabla 4-2: Datos técnicos de la sonda de medición de monóxido de carbono.....	19
Tabla 1-3: Especificaciones tomadas de la norma interestatal rusa GOST 33554.....	30
Tabla 2-3: Valores referenciales de emisiones contaminantes.....	28
Tabla 3-3: Valores según la OMS basados en efectos conocidos para la salud.....	32
Tabla 4-3: Tiempo empleado en el proceso de medición.....	38
Tabla 5-3: Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson.....	39
Tabla 1-4: Modos de ventilación en el vehículo.....	40
Tabla 2-4: Nomenclatura de las condiciones del sistema de climatización	38
Tabla 3-4: Concentraciones de CO y CO ₂ en la zona del conductor.....	47
Tabla 4-4: Promedios de CO y CO ₂ en la zona de pasajeros	51
Tabla 5-4: Promedios de la humedad relativa en la zona del conductor.....	59
Tabla 6-4: Promedios de la humedad relativa en la zona de pasajeros.....	61
Tabla 7-4: Promedios de CO y CO ₂ en las dos zonas analizadas.....	63
Tabla 8-4: Coeficiente de Pearson entre el CO-humedad relativa en la zona del conductor...66	
Tabla 9-4: Coeficiente de Pearson entre CO-humedad relativa en la zona de pasajeros	68
Tabla 10-4: Coeficiente de Pearson entre CO ₂ -humedad relativa en la zona del conductor.....	70
Tabla 11-4: Coeficiente de Pearson entre CO ₂ -humedad relativa en la zona de pasajeros.....	72
Tabla 12-4: Coeficiente de Pearson entre el CO-temperatura en la zona del conductor.....	74
Tabla 13-4: Coeficiente de Pearson entre el CO-temperatura en la zona de pasajeros.....	76
Tabla 14-4: Coeficiente de Pearson entre el CO ₂ -temperatura en la zona del conductor.....	78
Tabla 15-4: Coeficiente de Pearson entre el CO ₂ -temperatura en la zona de pasajeros.....	75
Tabla 16-4: Coeficiente de Pearson entre el monóxido de carbono y la humedad relativa	77
Tabla 17-4: Coeficiente de Pearson entre el dióxido de carbono y la humedad relativa..	77
Tabla 18-4: Coeficiente de Pearson entre el monóxido de carbono y la temperatura.....	78
Tabla 19-4: Coeficiente de Pearson entre el dióxido de carbono y la temperatura.....	78

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Temperatura en la cabina del vehículo en función del número de ocupantes..	7
Ilustración 2-2:	Humedad relativa en el habitáculo en función del número de ocupantes	8
Ilustración 3-2:	Distribución del aire en el habitáculo del vehículo	8
Ilustración 4-2:	Variación del CO en tres modos de ventilación.....	12
Ilustración 5-2:	CO2 en la cabina del vehículo en función del número de ocupantes.....	15
Ilustración 6-2:	IAQ Testo 440	17
Ilustración 7-2:	Sonda de medición CO	18
Ilustración 8-2:	Sonda de medición CO2	19
Ilustración 9-2:	Mampara	20
Ilustración 10-2:	Vehículo Kia Sportage.....	20
Ilustración 1-3:	Venta de vehículos livianos y pesados.....	23
Ilustración 2-3:	Venta de vehículos por segmentos.....	24
Ilustración 3-3:	Participación de ventas de vehículos por marcas.....	24
Ilustración 4-3:	Participación de ventas de vehículos por marcas.....	25
Ilustración 5-3:	Organigrama de la investigación	26
Ilustración 6-3:	Inspección visual del vehículo	29
Ilustración 7-3:	Verificación del sistema de climatización	30
Ilustración 8-3:	Diagnostico del vehículo con escáner.....	30
Ilustración 9-3:	Ventilación del vehículo	31
Ilustración 10-3:	Colocación de la mampara de separación.....	31
Ilustración 11-3:	Colocación de las sondas de medición.....	32
Ilustración 12-3:	Programación de los equipos de medición.....	33
Ilustración 13-3:	Configuración 1 del climatizador.....	33
Ilustración 14-3:	Configuración 2 del climatizador.....	34
Ilustración 15-3:	Configuración 3 del climatizador.....	34
Ilustración 1-4:	Comportamiento de monoxido de carbono en la zona del conductor.....	39
Ilustración 2-4:	Comportamiento de monoxido de carbono en la zona de pasajeros	40
Ilustración 3-4:	Comportamiento de dióxido de carbono en la zona del conductor	41
Ilustración 4-4:	Comportamiento de dióxido de carbono en la zona del conductor	42
Ilustración 5-4:	Comportamiento de la humedad relativa en la zona del conductor	43
Ilustración 6-4:	Comportamiento de la humedad relativa en la zona de pasajeros	44
Ilustración 7-4:	Comportamiento de la temperatuera en la zona del conductor	45
Ilustración 8-4:	Comportamiento de la temperatura de pasajeros	46

Ilustración 9-4: Media de las concentraciones de CO en la zona del conductor	47
Ilustración 10-4: Media de las concentraciones de CO ₂ en la zona del conductor	48
Ilustración 11-4: Media de las concentraciones de CO en la zona del conductor	48
Ilustración 12-4: Media de las concentraciones de CO ₂ en la zona del conductor	49
Ilustración 13-4: Media de las concentraciones de CO en la zona del conductor	50
Ilustración 14-4: Media de las concentraciones de CO ₂ en la zona del conductor	50
Ilustración 15-4: Media de las concentraciones de CO en la zona del pasajeros	51
Ilustración 16-4: Media de las concentraciones de CO ₂ en la zona del conductor	52
Ilustración 17-4: Media de las concentraciones de CO en la zona del pasajeros	53
Ilustración 18-4: Media de las concentraciones de CO ₂ en la zona del pasajeros	53
Ilustración 19-4: Media de las concentraciones de CO en la zona del pasajeros	54
Ilustración 20-4: Media de las concentraciones de CO ₂ en la zona del pasajeros	55
Ilustración 21-4: Media de concentraciones de humedad relativa en la zona del conductor... 56	56
Ilustración 22-4: Media de concentraciones de humedad relativa en la zona del conductor... 56	56
Ilustración 23-4: Media de concentraciones de humedad relativa en la zona del pasajeros.... 57	57
Ilustración 24-4: Media de las concentraciones de temperatura en la zona del pasajeros..... 58	58
Ilustración 25-4: Influencia de la manpara de separacion en la concentracion de CO..... 59	59
Ilustración 26-4: Influencia de la manpara de separacion en la concentracion de CO ₂ 60	60
Ilustración 27-4: Influencia de la manpara de separacion en la concentracion de HR..... 60	60
Ilustración 28-4: Influencia de la manpara de separacion en la concentracion de tempertatura 61	61
Ilustración 29-4: Correlacion de CO-humedad relativa en zona del conductor	62
Ilustración 30-4: Correlacion entre CO-humedad relativa en la zona de pasajeros	64
Ilustración 31-4: Correlacion entre CO ₂ -humedad relativa en la zona del conductor	66
Ilustración 32-4: Correlacion entre CO ₂ -humedad relativa en la zona de pasajeros	68
Ilustración 33-4: Correlacion entre CO-temperatura en la zona del conductor..... 70	70
Ilustración 34-4: Correlacion entre CO-temperatura en la zona de pasajeros..... 72	72
Ilustración 35-4: Correlacion entre CO ₂ -temperatura en la zona del conductor..... 74	74
Ilustración 36-4: Correlacion entre CO ₂ -temperatura en la zona de pasajeros..... 76	76

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SONDA DE MONÓXIDO DE CARBONO

ANEXO B: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SONDA DE DIÓXIDO DE CARBONO

ANEXO C: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TESTO 440

RESUMEN

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo establecer la correlación entre las concentraciones de monóxido de carbono, dióxido de carbono en el habitáculo de cuatro vehículos tipo SUV (Kia Sportage) con la temperatura y humedad relativa, mediante la utilización del equipo de medida calibrado IAQ Testo 440 con dos sondas de medición, donde la sonda 1 entrega valores de CO mientras que la sonda 2 registra CO₂, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica. Las mediciones se realizaron en la zona del conductor y del pasajero considerando una mampara de separación entre estas áreas, en tres diferentes modos de funcionamiento del sistema de climatización, con el vehículo estacionado y sus revoluciones a ralentí. La toma de datos se efectuó en base a la normativa interestatal rusa GOST 33554-2015. En los resultados, se determinó los comportamientos de las variables y la correlación entre ellas, determinando que, durante los tres modos de ventilación y en las dos zonas de estudio, hubo una correlación lineal inversa con un porcentaje moderado de 46% entre el monóxido de carbono y la humedad relativa, una correlación lineal inversa con un porcentaje fuerte de determinación equivalente al 64% entre el dióxido de carbono y la humedad relativa, una correlación lineal directa con un porcentaje moderado de determinación equivalente al 58% entre el monóxido de carbono y la temperatura, y una correlación lineal directa con un porcentaje fuerte de determinación equivalente al 77% entre el dióxido de carbono y la temperatura en el habitáculo de los vehículos. Se concluyó que, a medida que aumenta las concentraciones de CO y CO₂, aumenta la temperatura en el habitáculo del vehículo y disminuye la humedad relativa. Se recomienda tomar precauciones al encender el sistema de climatización, puesto que un mal uso puede causar graves problemas en la salud de los ocupantes.

Palabras clave: <SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN> <CALIDAD DE AIRE> <EMISIONES CONTAMINANTES> <CONFORT AMBIENTAL> <CORRELACIÓN DE PEARSON>.

0254-DBRA-UPT-2023

ESPOCH - DBRAI
PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS
BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL



26 ENE 2023

REVISIÓN DE RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Por: Rand Hora: 15:23

SUMMARY

This research work aimed to establish the correlation between the concentrations of carbon monoxide and carbon dioxide in the passenger compartment of four SUV-type vehicles (Kia Sportage) with temperature and relative humidity through the use of the calibrated measurement equipment IAQ Testo 440 with two measurement probes, where probe 1 delivers CO values while probing 2 registers CO₂, temperature, relative humidity, and atmospheric pressure. The measurements were made in the driver and passenger area considering a separation partition between these areas, in three different modes of operation of the air conditioning system, with the vehicle parked and its revolutions at idle. The data collection was based on the Russian interstate regulation GOST 33554-2015. In the results, the behavior of the variables and the correlation between them were determined, resolving that, during the three modes of ventilation and in the two study areas, there was an inverse linear correlation with an average percentage of 46% between carbon monoxide and relative humidity, an inverse linear correlation with a substantial percentage determination equivalent to 64% between carbon dioxide and relative humidity, a direct linear correlation with a reasonable percentage determination equal to 58% between carbon monoxide and close humidity temperature, and a straightforward linear correlation with a substantial percentage of determination equivalent to 77% between carbon dioxide and the temperature in the passenger compartment of the vehicles. It was concluded that as the concentrations of CO and CO₂ increase, the temperature in the passenger compartment increases, and the relative humidity decreases. It is recommended to take precautions when turning on the air conditioning system since misuse can cause serious health problems for the occupants.

Keywords: <AIR CONDITIONING SYSTEM>, <AIR QUALITY>, <POLLUTANT EMISSIONS>, <ENVIRONMENTAL COMFORT>, <PEARSON CORRELATION>.



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las emisiones de gases de efecto invernadero producidos por vehículos alcanzan cifras récord, actualmente 1,6 mil millones de toneladas métricas de gases de efecto invernadero son expedidas al medio ambiente, estos gases son; dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos no quemados (HC), compuestos de plomo, anhídrido sulfuroso y partículas sólidas, siendo el CO₂ el mayor contribuyente a causar el llamado efecto invernadero. Las concentraciones de los gases de efecto invernadero como el CO y CO₂ resultan ser perjudiciales para la salud de las personas y más aún cuando alcanzan niveles superiores de susceptibilidad, en su mayoría las personas se ven expuestas a estos gases durante el transporte en vehículos, humo del cigarrillo y uso de gas sin ventilación.

Para el año 2021 en Ecuador, con respecto al CO, al menos cinco personas murieron producto de la inhalación de monóxido de carbono en un ambiente cerrado, mientras que, con el CO₂, Ecuador emite 41141 megatoneladas ubicándose en el número 124 del ranking de países por emisiones de dióxido de carbono. (Datos macro, 2021). El cambio climático hoy en día ya es una realidad, la temperatura en la superficie terrestre sigue en aumento, aproximadamente 1 grado en el último siglo, esto debido al incremento de las emisiones contaminantes expedidos a la atmósfera. Las condiciones climáticas en cada una de las localidades también han variado, la temperatura ambiental, humedad relativa y precipitación son muestra de ello.

Por lo antes expuesto la presente investigación es de gran importancia para el desarrollo de una metodología adecuada para el análisis de gases en el habitáculo de un vehículo, teniendo relevancia las concentraciones de CO, CO₂ y la incidencia de las condiciones meteorológicas en estos valores. Este proyecto de investigación se realizó en vehículos tipo SUV variando tres modos de funcionamiento del sistema de climatización y con la utilización de mampara de separación entre las zonas de medición. Los parámetros y metodología adoptados de la normativa interestatal rusa GOST 33554-2015 ayudaron a la realización de la investigación.

El presente trabajo de integración está dividido de la siguiente manera; Capítulo I el problema de investigación en donde se detalla brevemente el porqué de la investigación y los objetivos a alcanzar; Capítulo II marco teórico referencial en donde se plasma la revisión bibliográfica con el fin de profundizar en conocimiento y dar relevancia a la investigación, Capítulo III marco metodológico en el cual se encuentran detallados los procesos y métodos efectuados para la toma de datos de las variables de estudio finalmente el Capítulo IV resultados y discusión en donde se analizan los valores obtenidos y se establece la correlación de los mismos.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La calidad del aire en el interior del habitáculo del vehículo depende de muchos factores directos e indirectos como la cantidad de pasajeros, velocidad, ruta y estado de funcionamiento del sistema de climatización, sin embargo, la temperatura y humedad relativa pueden ser parámetros que influyan en las concentraciones de CO y CO₂.

La exposición a monóxido de carbono y dióxido de carbono provoca que el conductor y sus ocupantes sienten cansancio, fatiga, estrés, debilidad, falta de concentración y malestar general, por lo que preservar la salud y la vida de las personas es tema de interés para algunos departamentos gubernamentales y personas jurídicas en nuestro país.

Actualmente existen estudios que demuestran la importancia de las concentraciones de monóxido y dióxido de carbono en la calidad del aire, sin embargo, no se conoce la influencia de parámetros meteorológicos como temperatura y humedad relativa propios de la localidad en las concentraciones de estos gases, siendo una problemática de estudio que se procura suplir mediante ensayos y el instrumento de medida testo IAQ 440.

1.2. Delimitación del problema planteado

Objeto de estudio	Medición de CO, CO ₂ , temperatura y humedad relativa
Línea de investigación	Análisis de gases en el habitáculo
Campo de acción	Estudio del comportamiento de CO y CO ₂ con respecto a la temperatura y humedad relativa
Límite espacial	Ecuador, Chimborazo, Riobamba Vehículos tipo SUV
Delimitación temporal	Año 2022

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es la correlación entre la temperatura, humedad relativa y la concentración de monóxido de carbono, dióxido de carbono en el habitáculo de los vehículos tipo SUV?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Analizar la concentración de CO y CO₂ en el habitáculo de vehículos tipo SUV, así como la temperatura y humedad relativa en el interior de estos, mediante el uso de instrumentación y normas internacionales para el análisis de gases, con el fin de determinar su correlación.

1.4.2. Objetivos específicos

- Obtener referencias bibliográficas acerca de emisiones contaminantes de vehículos con motores de combustión interna y las normas en las cuales se rigen para conseguir un valor cuantitativo de su concentración.
- Aplicar las normas ASHRAE 62.1-2019 y GOST 33554-2015 en la medición de CO, CO₂, temperatura y humedad relativa en el habitáculo de los vehículos mediante el uso del instrumento de medida IAQ Testo 440, variando la configuración del climatizador del vehículo.
- Realizar mediciones de CO, CO₂, temperatura y humedad relativa en la zona del conductor y pasajeros en cuatro vehículos tipo SUV con mamparas de separación mediante un estudio estático.
- Determinar la correlación entre CO, CO₂, temperatura del habitáculo y humedad relativa en cuatro vehículos tipo SUV.

1.5. Justificación

El incremento del parque automotor es un gran problema para el medio ambiente ya que las emisiones contaminantes que emanan los vehículos provocan deterioro en la capa de ozono, contaminación del aire incluso el aumento de los gases de efecto invernadero. Lo más preocupante es que estos gases nocivos permanecen en la atmósfera por un largo período de tiempo ocasionando de esta manera alteraciones en la salud de las personas.

Los gases contaminantes como el monóxido de carbono y dióxido de carbono al concentrarse en sitios cerrados como habitáculos de vehículos y sin ventilación, pueden alterar el correcto funcionamiento de los sistemas del cuerpo humano causando incluso una sobresaturación en el organismo produciendo la muerte del individuo.

Entre algunos de los problemas de salud que se puede enfrentar debido al incremento de las emisiones contaminantes se tiene: intoxicación, problemas gastrointestinales, mareos, dolor de cabeza, dificultad para respirar, desequilibrio; en concentraciones mucho más elevadas se puede presentar pérdida de la conciencia, convulsiones y caer en coma.

En tal sentido el presente proyecto de investigación tiene como base el análisis de gases en el interior del habitáculo de los vehículos, dando relevancia al monóxido de carbono y dióxido de carbono como piedra angular del estudio, con el objetivo de encontrar una correlación entre estos gases con respecto a la temperatura y humedad relativa presente en estos vehículos.

Para encontrar una correlación entre monóxido de carbono, dióxido de carbono y temperatura, humedad relativa en el habitáculo de vehículo, se establece el cumplimiento de la normativa internacional GOST 33554-2015, la cual especifica de manera detallada los pasos a seguir para la toma de datos en el interior de los vehículos. Además, se establece los equipos que van a medir la concentración de CO y CO₂ dando así datos fiables sobre el porcentaje de concentración de estos.

En esta investigación se cuenta con tres tipos de variables por prueba y cada una de estas se realiza en cuatro vehículos tipo SUV, estableciendo tres diferentes condiciones del sistema de climatización, estas condiciones son: climatizador apagado, ventilación cerrada, recirculación apagada/ encendida y mamparas de separación.

Tomando en cuenta que lo que se busca es una correlación entre los gases y la temperatura, humedad relativa, se usa el software Excel para la organización y análisis de datos, que dará finalmente el resultado que se indaga.

1.6. Hipótesis

H0. Las concentraciones de monóxido de carbono y dióxido de carbono con el motor encendido, tres modos de funcionamiento del sistema de climatización y uso de mamparas de separación en las zonas de medición, no altera las concentraciones de estos gases dentro del habitáculo del vehículo y tienen una correlación directa o inversa con la temperatura y humedad relativa.

H1. Las concentraciones de monóxido de carbono y dióxido de carbono con el motor encendido, tres modos de funcionamiento del sistema de climatización y uso de mamparas de separación en las zonas de medición, altera las concentraciones de estos gases dentro del habitáculo del vehículo y tienen una correlación directa o inversa con la temperatura y humedad relativa.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Las emisiones de los vehículos automotores son el resultado de la ignición del combustible generalmente gasolina y diésel, estas emisiones son expulsadas por el escape, el cárter y el sistema de combustible, causando un deterioro en la calidad del aire, el mismo que puede ingresar al habitáculo y causar molestias en sus ocupantes. Una persona permanece en su coche en promedio de dos a tres horas al día con las ventanillas cerradas, cuando el vehículo se encuentra detenido, con el motor a ralentí, las emisiones de monóxido de carbono y dióxido de carbono se elevan y tienden a ubicarse en el interior del habitáculo del automóvil.

Según los centros para el control y la prevención de enfermedades en los Estados Unidos, al menos dos personas mueren cada día por intoxicación accidental de CO, cada año aumenta 31% los casos de inhalación y el 36% de muertes probablemente suscitaron cuando se encontraban dormidas en lugares sin ventilación como habitáculos de vehículos.

En Ecuador uno de los casos actuales de intoxicación por monóxido de carbono en el habitáculo de un automóvil se registró el 21 de agosto de 2020 en la ciudad de Guayaquil, en donde al exponerse por más de 3 a 5 horas y en cantidades mayores a 1100 ppm puede producir la muerte. La estimación que se tiene según el Consejo Internacional de Transporte Limpio es de 385 mil muertes prematuras en el 2015 debido a las emisiones producidas por vehículos de combustión interna lo que llevo a una pérdida de 7.8 millones de años de vida y el costo de un 1 billón de dólares en daños a la salud de las personas.

Cada año, se supone que 7 millones de personas en todo el mundo mueren de contaminación del aire que inducen enfermedades graves como el aumento de los riesgos cardiovasculares, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares, cáncer de pulmón, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), asma e infecciones del tracto respiratorio, incluida la neumonía. Un informe de la OMS sugirió que 9 de cada 10 personas respiran aire con alto contenido de contaminantes con la consecuencia de 4,2 millones de muertes por exposición a la contaminación del aire circundante. (Zulauf et al., 2019)

Los diferentes modos de configuración del aire acondicionado en los vehículos influyen significativamente en la calidad del aire de la cabina. Es así como existen estudios que analizan su comportamiento como el publicado por Aswin Giri, Karthikeyan and Gokul Raj (2020) en el cual concluyen que la concentración de CO se acumula dentro del vehículo durante el modo de recirculación A/C-ON debido a que la cabina del automóvil actúa como un amortiguador y el uso continuo de esta configuración aumenta su nivel.

En el estudio denominado “Determinantes de las concentraciones de partículas ultrafinas, carbón negro, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono dentro de los vehículos en el área de París: estudio PUF-TAXI” las concentraciones de dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono varían en función de factores ambientales, hábitos de conducción, modos de ventilación y el buen mantenimiento del vehículo. (Hachem et al., 2021)

Estudios del año 2022, como el publicado por Zhao, Jiang and Song (2022) denominado “Patrones estacionales y modelado semiempírico de exposición en vehículos a dióxido de carbono y partículas en el aire en Dalian, China” realizan un análisis de correlación con el fin de evaluar los factores determinantes que influyen en las concentraciones de dióxido de carbono y partículas en el aire, siendo un precedente y guía para la realización de la actual investigación, en el mismo concluyen que las concentraciones de dióxido de carbono en el vehículo supera las 1000 ppm en los diferentes modos del sistema de climatización por lo que plantean una guía útil para optimizar el control de la ventilación en los vehículos.

Estos estudios tienen como fin evaluar la calidad del aire para resolver los impactos en la salud causado por la degradación ambiental ya que las enfermedades propagables por el aire pueden estallar cuando las personas con infecciones positivas tosen, estornudan, arrojan secreciones nasales y de garganta al aire, incluido el COVID-19 transmitido a través del contacto con gotitas respiratorias en el aire. (Prabhakaran et al., 2022)

La utilización de la mampara de separación en la zona del conductor y la zona de pasajeros se propone para estimar además el efecto directo de las partículas y contaminantes relacionados con el tráfico vehicular.

La recirculación activa, la velocidad y las aberturas de las ventanas son algunos de los parámetros que influyen en la renovación de aire por hora en un microambiente de tránsito, a pesar de ello, abrir ventanas durante la pandemia es una solución viable para el control de la transmisión del virus, pero también expone a la población humana al riesgo asociado con la exposición a partículas con lo que los riesgos a largo plazo asociados con los contaminantes no pueden pasarse por alto. (Das and Ramachandran, 2021)

Como se menciona anteriormente existen estudios del comportamiento de las emisiones de CO₂, CO y del factor lambda en un vehículo.

Sin embargo, en el país no existe un estudio que explore la incidencia de la temperatura y la humedad relativa en las concentraciones de CO, CO₂ en el habitáculo de un automotor, así la presente investigación se enfoca en conocer datos reales del comportamiento de las emisiones y su posible correlación.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Confort térmico

El confort en el habitáculo esta dado por ciertas condiciones, una de ellas es la temperatura ambiente en el mismo, para mantener la lucidez, concentración, evitar el sueño y sentir un confort en el habitáculo, esta temperatura puede oscilar entre 18°C hasta los 25°C, este rango se da debido a que no todos los usuarios se sienten cómodos con una temperatura específica, por ende, se tomó en cuenta un rango en el cual la mayoría de las personas sienten un confort y estén lucidas al conducir. (Rojas Reinoso et al., 2020)

Entre 8°C y 10°C debe ser la diferencia entre la temperatura exterior y la temperatura dentro del habitáculo, esto se da en condiciones normales, ha diferentes temperaturas exteriores la temperatura en el interior del habitáculo también varía, por ejemplo, cuando en el exterior se tiene una temperatura de 26.6°C, en el habitáculo se alcanza los 40.6°C en un tiempo de 20 minutos o menos, por ende la importancia de un sistema de climatización para la regulación de la temperatura dentro del habitáculo y el confort de las personas. (Rojas Reinoso et al., 2020)

Las malas condiciones ambientales en la cabina no sólo resultan incómodas, sino que además limita la capacidad de reacción al volante. Angelova et al. (2019) indica que el cambio más significativo en la temperatura del aire y la humedad relativa es para el escenario con un solo sujeto en el automóvil. La razón principal es la exposición prolongada. El confort termo fisiológico de los pasajeros en la cabina será primordial para el confort, y también para la seguridad vial.

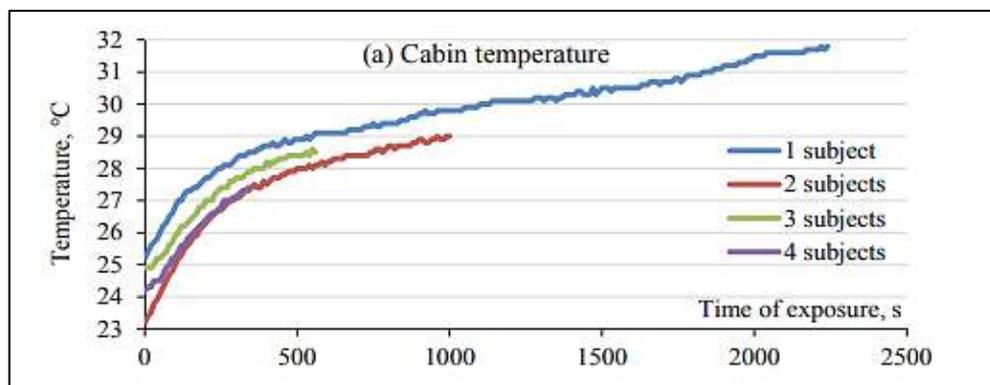


Ilustración 1-2: Temperatura en la cabina del vehículo en función del número de ocupantes

Fuente: (Angelova et al. 2019)

Un automotor está expuesto a un sin número de condiciones climáticas que de una u otra forma afectan el confort en el interior de este, las variables relacionadas a este fenómeno son la temperatura ambiente, la humedad relativa y la variación de calor. La humedad relativa (HR) es una medida de cuánto vapor de agua hay en una mezcla de agua y aire en comparación con la cantidad máxima posible. Es una relación de humedad de saturación a una temperatura determinada. (Angelova et al., 2019)

Cuando la humedad relativa del aire decrece, reduce el agua disponible para los microorganismos, lo que causa deshidratación y por tanto la inactivación de muchos de ellos. Valores entre el 30 y 70% son aceptables según la Guía Técnica del INSHT para confort ambiental.

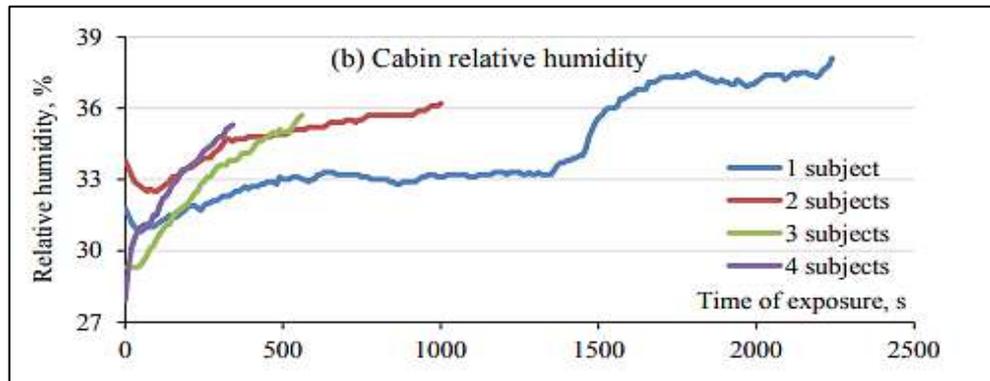


Ilustración 2-2: Humedad relativa en el habitáculo en función del número de ocupantes

Fuente: (Angelova et al., 2019)

2.2.2. Calidad de aire en el habitáculo de los vehículos

Muchas personas pasan más de una hora cada día dentro de vehículos cerrados en países industrializados, como Estados Unidos o la Unión Europea. En muchos otros países, los vehículos suelen tener aire acondicionado para mantener el confort de temperatura y reducir la entrada de aire contaminado al aire libre en la cabina. Una investigación que analizó 101 nuevos automóviles japoneses de uso privado encontró que la contaminación del aire en la cabina se debe principalmente a la infiltración de contaminantes del aire exterior, así como a las emisiones de escape. (Barnes et al., 2018)

La calidad del aire en la cabina depende de la calidad del aire ambiente fuera del vehículo a través del intercambio de aire que ocurre pasivamente o por intrusión. A su vez, la calidad del aire cerca de la carretera se ve afectada por el volumen y la composición del tráfico, la meteorología, el uso de la tierra y el entorno construido. (Harik et al., 2017)

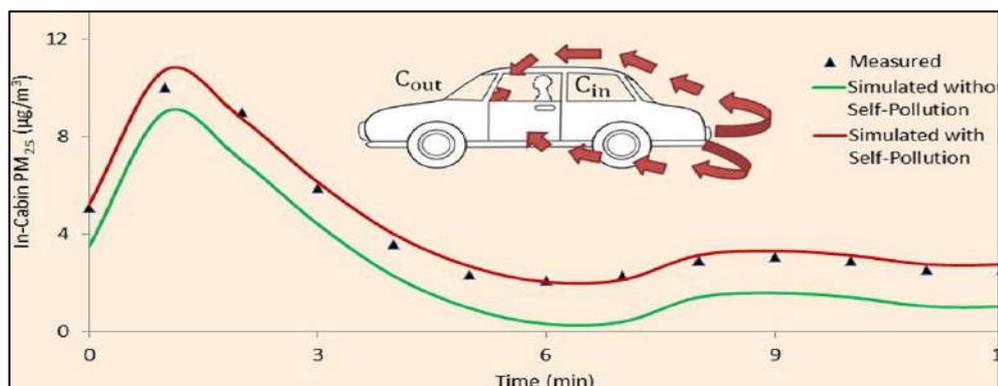


Ilustración 3-2: Distribución del aire en el habitáculo del vehículo

Fuente: (Harik et al., 2017)

Los vehículos pequeños representan más vulnerabilidad en comparación con otros tipos de vehículos debido a un pequeño volumen de cabina y al posicionamiento de la entrada de aire de la cabina a una altura cercana a los tubos de escape de otros vehículos. Si bien se han realizado diversos esfuerzos para mejorar la calidad del aire ambiente, lograr reducciones significativas en la exposición a la contaminación del aire dentro de los vehículos requiere la caracterización de la proporción de la calidad del aire en el vehículo resultante de la auto contaminación.

Para Atkinson, Hill and Mathur (2017) existe preocupación por la calidad del aire en la cabina de los vehículos por las siguientes razones:

- El dióxido de carbono se acumula en la cabina, a partir de la respiración de los ocupantes.
- El aire contaminado puede entrar en la cabina de pasajeros.
- Recolección de materiales extraños/retención de humedad en evaporador
- Los habitáculos pueden resultar en problemas de olor.
- Emisiones de COV de componentes plásticos interiores (que es a menudo referido como "Olor a coche nuevo") puede llegar a ser inaceptable.

2.2.3. Emisiones generadas por motores de combustión interna

En su mayor parte los vehículos están propulsados por motores de combustión interna, los mismos que están alimentados por combustibles fósiles como gasolina, diésel, entre otros, el funcionamiento de estos motores se basa en el principio de quemado de una mezcla compuesta por aire y combustible con una proporción de 14,7 a 1 respectivamente, esta mezcla comprimida está contenida en el cilindro, al ser hermética esta aumenta la presión y en el momento de la ignición se genera la potencia suficiente para que el cilindro baje del punto muerto superior al punto muerto inferior y gracias a esto la energía química contenida en el combustible pasa a transformarse en energía calorífica para finalmente producir movimiento gracias a la energía cinética la cual es la energía final transformada mediante dicho proceso, así el vehículo puede moverse en ruta.

Cabe recalcar que en los motores de combustión interna se debe preparar la mezcla de aire combustible debidamente dosificada para una combustión eficiente, una vez esta mezcla este en el cilindro se provoca la combustión por una chispa de alta tensión proporcionada por la bujía y así se obtiene el encendido provocado, antiguamente este proceso se lo realizaba en el carburador, en la actualidad esto se logra gracias a los sistemas de inyección controlados mediante una ECU para mayor eficiencia y control de consumo de combustible.

Los vehículos de combustión interna producen gases residuales, estos gases son perjudiciales para el medio ambiente, estos gases son el desecho producto de la combustión de combustible, entre

estos gases están monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no metanos (NMHC), hidrocarburos (HC), también conocidos como compuestos orgánicos volátiles (COV), óxidos de nitrógeno (NO y NO₂) llamados NO_x, y partículas de tamaño inferiores a 10 micras y 2,5 micras. Los estándares regulatorios actuales han reducido significativamente las emisiones en factores de 2 a 100 esto se dio en las últimas décadas, el HC, NO_x y CO muestra una reducción significativa en el mundo. En un estudio comparativo realizado por la organización mundial de la salud realizado en alrededor de tres mil ciudades, llamado Global Urban Ambient Air Pollution Database, este estableció que las personas que vienen estas urbes respiran un aire de mala calidad y contaminado son alrededor del 80%. (OMS, 2016)

En dicho estudio América Latina no fue una de las regiones con mayor índice de contaminación, pero hay ciudades en la región que sobrepasaron por mucho el límite de 20ug/m³ de PM 10, esta cifra es recomendada por la OMS, estas ciudades son, Santa Gertrudes-Brasil, Lima-Perú, Monterrey-México, La Paz-Bolivia, Toluca-México, San Salvador-El Salvador, Santo Domingo-Ecuador, Cubatao-Brasil, y gran parte de la contaminación en dichas ciudades viene de la emisiones de vehículos de combustión interna por lo que en la actualidad se evalúa nuevas tecnologías para la movilidad y con menor índice de contaminación.(Nilda, 2017)

Se establece que las nuevas tendencias en movilidad disminuyan aún más las emisiones hasta el punto en el cual los motores de combustión interna que producen gases residuales contaminantes se discontinúen y por ende sean substituidos por vehículos eléctricos.

2.2.4. Monóxido de carbono en vehículos

El CO se forma debido a una combustión incompleta, específicamente de material orgánico en presencia deficitaria de oxígeno, este gas es incoloro e inodoro por lo que su detección a simple vista se vuelve imposible, hay que destacar que es nocivo para la salud, y en cantidades relativamente altas puede causar el deceso de una persona. Este gas es considerado por toda la comunidad científica como uno de los mayores contaminantes del mundo presentes en todas las regiones del planeta.

Los vehículos automotores son la principal fuente de este contaminante debido a los procesos de combustión que usan para su movilidad, a más de esto los procesos industriales también contribuyen a la producción de este gas, 80% de las emisiones de monóxido de carbono están relacionadas con las industrias antes mencionadas.

Por sus propiedades fisicoquímicas al CO lo llaman también “el asesino silencioso” tomando en cuenta los efectos adversos que esa causa en la salud de quienes lo inhalan. Estos efectos son los siguientes: El CO compite con el oxígeno lo que causa una alteración en la curva de disociación de la hemoglobina. Al estar presente en el organismo el CO tiende a unirse a las enzimas del grupo HEM de la hemoglobina, de esta forma desplaza al oxígeno de la misma, formándose en la

sangre un complejo llamado carboxihemoglobina, dificultando el transporte de oxígeno a las diferentes células del cuerpo, lo que produce una hipoxia celular generalizada es decir hay una carencia de oxígeno en todo el cuerpo.

2.2.5. Efectos tóxicos del CO en la salud humana

El monóxido de carbono es uno de los contaminantes más perjudiciales para la salud de las personas, su principal fuente de emisión son los vehículos propulsados por un motor de combustión interna que utilizan como combustible gasolina o diésel, es así como se convierte en un gas incoloro, inodoro e insípido producto de la combustión incompleta del material orgánico. (Hsu y Huang, 2009).

El incremento de las concentraciones de monóxido de carbono en el ambiente provoca intoxicación y muertes intencionales debido a que es un gas altamente tóxico y que por sus características fisicoquímicas se lo llama también “el asesino silencioso”. (Téllez et al., 2006)

Los efectos adversos en la salud humana se deben a que el monóxido de carbono compite con el oxígeno del organismo alterando de esta manera la curva de disociación de la hemoglobina; dentro del organismo la hemoglobina cuenta con cuatro sitios de unión con el oxígeno, en una de estas uniones ingresa el monóxido de carbono desplazando el oxígeno que debe llegar a cada una de las células y tejidos del cuerpo humano, producto de esta unión se forma un complejo denominado carboxihemoglobina, lo que produce una hipoxia celular generalizada.

Los signos y síntomas iniciales se producen muy rápidamente incluso cuando en la sangre se encuentran niveles de carboxihemoglobina superior a 10 %, el valor biológico tolerable para carboxihemoglobina en sangre es de 3,5%. Dentro de los principales efectos crónicos se tiene alteraciones cardiovasculares como hipertensión arterial y enfermedad coronaria; así como también alteraciones neuropsicológicas como cefalea, reducción de la percepción visual, pérdida de memoria, disminución de la concentración, atención, trastornos del sueño, irritabilidad, deterioro demencial y aparición de un cuadro neurológico similar al Parkinson. (Téllez et al., 2006)

La exposición a corto plazo a altas concentraciones de CO puede causar mareos repentinos, pérdida de concentración, cansancio y náuseas. Los resultados de estos efectos van desde molestias menores a los ocupantes del vehículo hasta el deterioro del operador, que puede ser peligroso para los conductores y otros usuarios de la carretera. Estudios sugieren que cambiar la ventilación de un automóvil es uno de los comportamientos más influyentes que afectan a las exposiciones de los viajeros. Los entornos de ventilación vehicular pueden ser de naturaleza diversa, que implican el uso de aire fresco al aire libre (nuevo), un modo de recirculación, o el ajuste de ventanas. Además, el caudal producido por el ventilador generalmente se puede alterar, influyendo artificialmente en el tipo de cambio de aire. (Dirks et al., 2018)

2.2.6. Efectos en el CO para diferentes modos de ventilación

El monóxido de carbono fue uno de los primeros gases contaminantes que se estudió en los vehículos especialmente en automóviles de pasajeros debido a la disposición baja de la carrocería, este diseño pone en contacto cercano el sistema de ventilación del propio vehículo con el sistema de escape de los otros vehículos.

Para Abi Esber et al. (2007) las variaciones del nivel de monóxido de carbono no solo dependen de la configuración de ventilación sino también de las condiciones climáticas, el tipo de calzada, la velocidad del viento y del vehículo. Es así como los niveles más elevados de monóxido de carbono se encuentran durante la conducción urbana y en horas pico, cuando existe gran afluencia de vehículos, por el contrario, los niveles más bajos de monóxido de carbono se registran en la conducción rural y cuando no existe gran afluencia vehicular. De la misma manera Hsu and Huang (2009) indican que durante la mañana los niveles de CO son más elevados que en la tarde.

El patrón de variación de las concentraciones de monóxido de carbono en el interior de los vehículos difiere entre los distintos modos de ventilación, como se observa en la ilustración 4-2, en donde la exposición a CO más alta se presenta durante los modos de ventilación “WC; VC; A/C off” y “WC; VO; A/C RC” superando incluso los valores permitidos por la OMS y las pautas de calidad de aire interior de la Junta de Recursos del Aire de California (CARB). (Abi Esber et al., 2007)

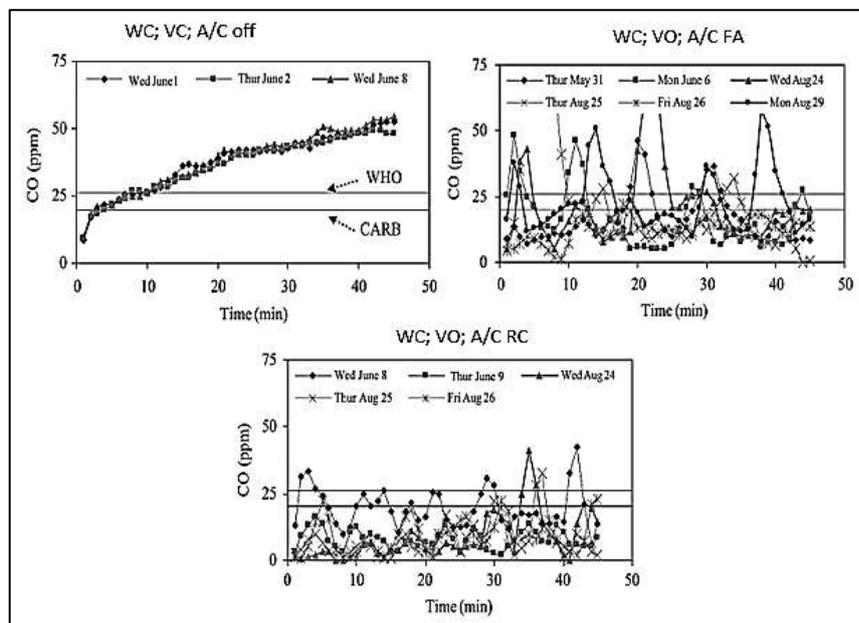


Ilustración 4-2: Variación del CO en tres modos de ventilación

Fuente: (Abi Esber et al., 2007)

La concentración de CO en el interior del vehículo en el modo de recirculación eleva sus valores debido a que la cabina del automóvil actúa como un amortiguador y el uso continuo de esta configuración provoca un alto nivel de las concentraciones de monóxido de carbono mientras que en el modo del aire fresco las concentraciones de monóxido de carbono son proporcionales en el interior como en el exterior del vehículo, cuando las ventanillas del automóvil se encuentran abiertas el CO del exterior del vehículo es igual al CO del interior con la única diferencia de que dependen de la ventilación natural. (Aswin Giri, Karthikeyan and Gokul Raj, 2020). (Matthaios et al., 2020)

2.2.7. Dióxido de carbono en vehículos

El habitáculo de un vehículo es un microambiente que expone a sus ocupantes a niveles elevados de contaminantes del aire, como compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y material particulado (PM). El nivel de dióxido de carbono generalmente es usado para medir la frescura del aire ya sea en ambientes interiores como en ambientes exteriores.

VARIABLES como la temperatura, la humedad relativa, el número de pasajeros, la duración del viaje, el número de ventanas y/o puertas abiertas, la edad del vehículo, las condiciones de ventilación son condiciones que determinan el efecto potencial en el nivel de dióxido de carbono en la cabina de los vehículos. (Hsu y Huang, 2009)

Mediante la respiración los seres humanos expulsan dióxido de carbono el mismo que en ambientes cerrados tienden acumularse, en el caso de los habitáculos de vehículos estas concentraciones permanecen en el interior durante el funcionamiento del sistema de aire acondicionado en modo de recirculación. En este punto el CO₂ vuelve a inhalarse y viaja por el torrente sanguíneo de los ocupantes produciendo un impacto negativo en la salud. (Mathur, 2011). En la tabla 1-2 se muestran las tasas de respiración promedio para un adulto.

Tabla 1-2: Tasa de respiración para adultos en función de la actividad

Nivel de actividad	Tasa de flujo del volumen de respiración	
	Litros/min	Litros/hora
Caminar	15	900
Andar lentamente en bicicleta	15	900
Caminar rápido	30	1800
Subir escaleras	30-40	1800-2400
Correr o andar rápidamente en bicicleta	60-100	3600-6000

Fuente: (Mathur, 2011)

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

El CO₂ no se puede considerar como un gas que afecte de manera directa a la salud, sino más bien, como un contaminante que afecta al medio ambiente de manera global, ya que tiene el efecto de calentar la atmósfera y el planeta, sin embargo, estas concentraciones si producen efectos fisiológicos adversos en las personas los mismos que se detallan en la tabla 2-2.

Tabla 2-2: Efectos fisiológicos del CO₂ en la salud de un adulto promedio

% en volumen de CO₂ en el aire	Efectos en un adulto promedio
<0.07	Aire normal
0.1	Confort al limite
0.2	Incremento en la frecuencia respiratoria
2	Un aumento del 50% en la frecuencia respiratoria
3	Aumento al 100% de la frecuencia respiratoria, límite de exposición a corto plazo en 10 minutos
5	300% de aumento en la frecuencia respiratoria, dolor de cabeza y sudoración
8-10	Dolor de cabeza después de 15 minutos, mareos, zumbidos en los oídos, aumento de la presión arterial, náuseas, pulso elevado y excitación.
10-18	Calambres luego de unos minutos, ataques epilépticos, pérdida del conocimiento, caída brusca de la presión arterial, las victimas pueden recuperarse rápidamente al aire libre.
18-20	Síntomas similares a los de un accidente cerebrovascular.
30	Inconciencia se da luego de 24 segundos
Al multiplicar estos valores por 10000 se convierte en PPM	

Fuente: (Mathur, 2011)

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Las diferentes concentraciones de dióxido de carbono afectan el rendimiento de los individuos en la realización de sus actividades cuando están expuestos por largo tiempo, es así como (Zhang et al., 2020) menciona que el rendimiento en las tareas disminuye significativamente cuando las concentraciones de CO₂ aumenta de 1500 ppm a 3500 ppm por lo que se recomienda controlar los espacios de trabajo cerrados para lograr el máximo rendimiento posible de las personas en cada una de las tareas. En función del número de ocupantes, la velocidad del aire, la humedad relativa y la temperatura ambiente las concentraciones de dióxido de carbono varían; para 1 ocupante la concentración máxima de CO₂ en la cabina es de 1520 ppm, para 4 ocupantes de

5680 ppm. (Mathur, 2011). La razón principal del incremento en los valores se debe al proceso de respiración de los ocupantes sin embargo la hermeticidad de los sellos de la carrocería de los vehículos también influyen porque impiden el intercambio con el aire exterior.

El artículo “Acumulación de dióxido de carbono metabólico (CO₂) en la cabina de un vehículo” presenta un estudio experimental sobre la acumulación de dióxido de carbono en la cabina de un vehículo a partir de la respiración y el metabolismo de los ocupantes. La concentración de CO₂ y O₂ varían en función del número de ocupantes (1-4) y también por el cambio en los parámetros ambientales interiores en la cabina del automóvil. (Angelova et al., 2019)

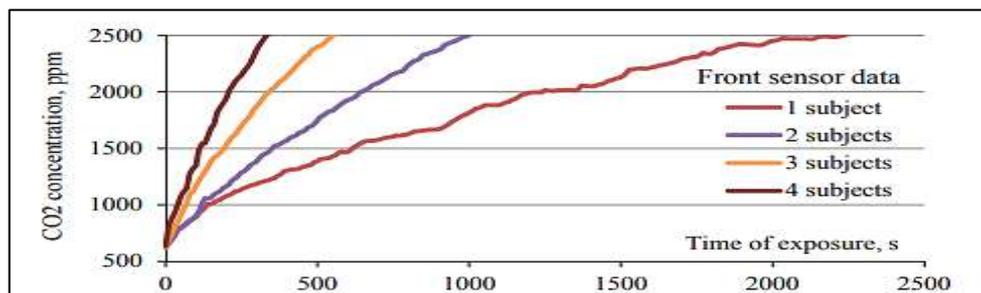


Ilustración 5-2: CO₂ en la cabina del vehículo en función del número de ocupantes

Fuente: (Angelova et al., 2019)

2.2.8. Norma Interestatal Estándar GOST 33554-2015

En esta norma establece el contenido de contaminantes en el interior de la cabina del conductor y del pasajero. En términos del impacto de la exposición química en la salud humana las sustancias nocivas se pueden dividir en cuatro fases de peligro:

- Extremadamente peligroso
- Altamente peligroso
- Moderadamente peligroso
- Riesgo bajo

La cantidad del contenido de contaminantes normalizados formaldehído, dióxido de nitrógeno, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos saturados y metano permisibles de la cabina tanto del conductor como del pasajero no debe exceder los valores máximos admisibles de su concentración, que es de 5 mg/m³ para monóxido de carbono en nuestro caso de estudio. (Russian Federation, 2016)

En esta normativa además incluye las condiciones de prueba en donde los ensayos se deben realizar en caminos pavimentados con pendientes de hasta 6%, el vehículo debe tener las ventanas, las puertas, luces laterales, escotillas de ventilación y toldo bien cerrados, las pruebas se pueden realizar tanto con ventilación encendida como con ventilación apagada es así que se permite la utilización de sistemas de calefacción, climatización o aire acondicionado para proporcionar la temperatura adecuada en el interior de la cabina del conductor así como también

el compartimiento de pasajeros, esto dentro de un rango de 18 a 30 °C sin embargo la temperatura recomendada es de 20 ±1 °C. (Russian Federation, 2016)

Además, especifica las condiciones meteorológicas normales durante las pruebas correspondiente a una temperatura ambiente de -15 a 30 °C, humedad relativa del 30 al 90%, velocidad del viento de 3.5 ± 1.5 m/s, presión atmosférica de 84 a 108.7 KPa. (Russian Federation, 2016).

2.2.9. ASHRAE

La Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado siempre ha sido un referente internacional en cuestiones de climatización, confort y ventilación de locales.

- ASHRAE Standard 62-2001. Ventilación para una aceptable calidad del aire interior, especifica los mínimos índices de ventilación y de IAQ aceptables para los ocupantes. Se aplica a todos los espacios interiores o cerrados que puedan ser ocupados por personas, excepto en aquellos donde otras normativas imponen índices de ventilación más elevados.
- ASHRAE Standard 55-1992. Condiciones térmicas ambientales para ocupación humana. Especifica las combinaciones del ambiente interior y los factores personales que producen unas condiciones térmicas aceptables para el 80% o más de los ocupantes del espacio interior.
- ASHRAE Standard 129-1997. Medida de la efectividad de las renovaciones de aire. Prescribe un método para medir la efectividad de la renovación de aire en los espacios y edificios ventilados mecánicamente según criterios especificados. La efectividad de la renovación del aire es una medida de la distribución del aire exterior en el nivel de la respiración dentro del espacio ventilado.
- ASHRAE Standard 62.1-2019. Ventilación para una calidad de aire interior aceptable. Establece el diseño para los sistemas de ventilación y la calidad aceptable del aire interior indicando las tasas mínimas de ventilación y otras medidas que minimizan los efectos adversos en la salud de los ocupantes de los vehículos principalmente. Un valor referencial es de 700 ppm sobre las concentraciones ambientales en los niveles de CO₂ aceptables en espacios interiores. El valor estándar promedio es de 1000 ppm en un periodo de 8 horas de exposición al CO₂.(ASHRAE, 2019)

El límite de concentración de CO₂ es de 700 ppm en condiciones ambientales continuas y en el ambiente exterior el nivel típico de concentración de dióxido de carbono es de 360 ppm por lo tanto la concentración de CO₂ en el interior de la cabina de un vehículo llegaría a 1100 ppm esto implica que debe introducirse aire exterior con el fin de reducir la concentración de CO₂. (Mathur, 2011)

2.2.10. IAQ Testo 440

La normativa GOST 33554-2015 establece tres métodos de medición para las concentraciones de contaminantes del aire formaldehído, óxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos saturados y metano. Estos tres métodos son:

- Espectrometría foto acústica infrarroja
- Detección electroquímica
- Cromatografía de gases con detección de fotoionización



Ilustración 6-2: IAQ Testo 440

Fuente: (Testo, 2022)

El instrumento de medida testo 440 mide y guarda todos los parámetros relacionados con la climatización en combinación con sondas de alta calidad, posee un peso aproximado de 250 gramos, medidas de 154 x 65 x 32 mm. El rango de temperatura de funcionamiento de -20 a 50°C, de color negro y naranja, la autonomía de 12 horas de medición típica la otorgan 3 pilas AA de 1.5 V. (Testo, 2022)

Las sondas de medición utilizan el principio de funcionamiento de detección electroquímica que es una técnica sensible para el análisis de las propiedades y el reconocimiento de diversas reacciones moleculares, que mediante biosensores se pueden detectar directamente diversos eventos moleculares. (Testo, 2022).



Ilustración 7-2: Sonda de medición CO

Fuente: (Testo, 2022)

La sonda de temperatura y humedad mide además dióxido de carbono y presión atmosférica, se conecta al instrumento mediante el cable que lleva incorporado. Pesa 170 gramos, cuenta con un cable de 1,4 metros, la resolución de sus mediciones es de 0.1°C, 0.1 %rH, 1 ppm y 0.1 hPa respectivamente. (Testo, 2022).

Tabla 3-2: Datos técnicos de la sonda de medición de dióxido de carbono

Datos técnicos generales	
Rango de medición	0 ... +50 °C 5 ... 95 %HR 0 ... 10000 ppm CO2 700 ... 1100 hPa
Exactitud (a 22 °C, ±1 dígito)	±0.5 °C ± (50 ppm + 3% del v.m.) (0 ... 5000 ppm) ± (100 ppm + 5% del v.m.) (5001 ... 10000 ppm) ±3 hPa
Exactitud (a 25 °C, ±1 dígito)	±3.0 %HR (10 %HR ... 35 %HR) ±2.0 %HR (35 %HR ... 65 %HR) ±3.0 %HR (65%HR ... 90 %HR) ±5 %HR (Rango restante) Imprecisión adicional: -Histéresis: ±1 %HR -Estabilidad a largo plazo: ±1 %HR/año
Temperatura de almacenamiento	-20 hasta 60°C

Temperatura de funcionamiento	-5 hasta 50°C
Diámetro del tubo de la sonda	12 mm

Fuente: (Testo, 2022)

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.



Ilustración 8-2: Sonda de medición CO2

Fuente: (Testo, 2022)

La sonda de CO se conecta al instrumento mediante el cable que lleva incorporado. Pesa 165 gramos, cuenta con un cable de 1,4 metros, la resolución de sus mediciones es de 0,1 ppm. (Testo, 2022). Otros datos técnicos de la sonda de medición se detallan en la tabla 4-2.

Tabla 4-2: Datos técnicos de la sonda de medición de monóxido de carbono

Datos técnicos generales	
Rango de medición	0 ... 100 ppm
Exactitud (a 22 °C, ±1 dígito)	±3 ppm (0 ... 30 ppm) ±5 ppm (30.1 ... 100 ppm) ±10% del v.m. (100.1 ... 500 ppm)
Temperatura de almacenamiento	-20 hasta 50°C
Temperatura de funcionamiento	-5 hasta 50°C
Diámetro del tubo de la sonda	30 mm

Fuente: (Testo, 2022)

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

2.2.11. Mampara de protección y separación

La mampara es una estructura que divide dos espacios con lo cual además aísla los componentes del aire en cada una de las zonas.

Actualmente las mamparas de protección son de vital importancia ya que son una barrera física básica que ayuda a reducir las posibilidades de contagio especialmente del coronavirus COVID-19, oficialmente, no existen directrices gubernamentales para su elaboración, sin embargo, hay

algunos factores a considerar al elegir el tipo de mampara de seguridad más adecuada para cada espacio por lo que la mampara a utilizarse en este estudio está elaborada en MDF de 4 mm cuyas dimensiones se ajustan al habitáculo de los vehículos Kia Sportage. Es importante tener en cuenta que las mamparas deben cubrir la interacción completa del habitáculo.



Ilustración 9-2: Mampara

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

2.2.12. Vehículo de pruebas: KIA SPORTAGE

El Kia Sportage es un automóvil todo terreno del segmento C producido por el fabricante surcoreano Kia Motors desde el año 1993. Es un cinco plazas con carrocería de cinco puertas y motor delantero transversal, disponible con tracción delantera o en las cuatro ruedas.



Ilustración 10-2: Vehículo Kia Sportage

Fuente: (KIA, 2022)

Kia Sportage cuenta con vehículos de primera a quinta generación clasificados por su año de lanzamiento, para un análisis de gases es necesario trabajar con vehículos que pertenecen a la

misma generación y están equipados con aire acondicionado además cuyas características técnicas no varían en función de su año. (KIA, 2022)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de la investigación

La presente investigación se fundamentó en el enfoque cuantitativo el cual ayuda a confirmar o negar la hipótesis mediante la recolección de datos, mediciones numéricas y un análisis estadístico.

El análisis estadístico establece los patrones y comportamientos de las variables de estudio. Se fundamenta en el método hipotético-deductivo en donde la hipótesis puede ser corroborada siempre y cuando los datos obtenidos la fundamenten, o negada en función de estos. (Hernández, 2014)

El enfoque implica la experimentación mediante la recolección de datos y valores de las concentraciones de monóxido de carbono, dióxido de carbono, temperatura en el habitáculo y humedad relativa de la localidad, los patrones que se obtiene ayudan a encontrar relaciones o correlaciones entre las variables y su incidencia en la salud de los ocupantes del vehículo.

El método hipotético-deductivo enfoca y mide las variables de estudio, lo que permitió diseñar un plan de prueba para en base a los conceptos revisados se pueda transformar las mediciones realizadas en valores numéricos cuantificables, posteriormente se analiza mediante técnicas estadísticas y se establece los estándares de validación de hipótesis.

3.2. Nivel de investigación

Esta investigación cuenta con estudios de alcance descriptivo y estudios de alcance correlacional. El alcance descriptivo busca especificar las propiedades, características y los perfiles de un fenómeno que se someta a un análisis, en otras palabras, únicamente mide y recoge información de manera independiente de las variables de estudio e indica sobre que se recolectaran estos datos. En tanto que un estudio de alcance correlacional asocia las variables mediante un patrón predecible, inicialmente se mide cada una de estas, después se cuantifica, analizan y posteriormente se establecen las vinculaciones.(Hernández, 2014)

Dentro del alcance descriptivo se efectúa la toma de datos en tiempo real de las concentraciones de monóxido de carbono, dióxido de carbono, temperatura en el habitáculo y humedad relativa

en cinco vehículos del tipo SUV de la ciudad de Riobamba, con esta información se procede al alcance correlacional en donde mediante técnicas estadísticas se crea vínculos entre las variables de estudio.

3.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación ayuda a cumplir con los objetivos planteados en el primer capítulo mediante las estrategias concebidas para obtener la información, además permite un análisis autentico de la hipótesis formulada y aporta evidencia respecto a los lineamientos de la investigación.

3.3.1. Investigación experimental

La investigación experimental recolecta información y obtiene los datos mediante la experimentación, posteriormente compara las variables de estudio considerando que las variables dependientes no se manipulan mientras que las variables independientes pueden variarse en dos o más grados. (Hernández, 2014).

La aplicación de la investigación experimental inicia con la medición de la variable dependiente que en este caso son las concentraciones de monóxido de carbono y dióxido de carbono en el habitáculo de los vehículos, a continuación, se manipula la variable independiente que corresponde a las distintas configuraciones del climatizador y la incorporación de la mampara de separación, por último, se mide el efecto que la variable independiente tiene sobre la variable dependiente y se valida internamente.

3.3.2. Investigación transversal

La investigación transversal recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y analizar su incidencia o correlación. El diseño transversal inicia con la recolección de datos de las concentraciones de monóxido de carbono, dióxido de carbono, temperatura en el habitáculo y humedad relativa, en donde a su vez se cumplen los niveles exploratorios y descriptivos del diseño puesto que se comienza a conocer las variables y su incidencia en una población.

El nivel correlacional-causal permite describir las relaciones y correlaciones entre variables, sin embargo, este nivel es más un complemento al alcance correlacional de esta investigación realizada.

3.4. Tipo de estudio

3.4.1. Investigación documental

A través de consultas en libros, artículos, publicaciones científicas y tesis doctorales e ingenieriles se ha obtenido la información documental para sustento y guía de esta investigación, con lo que se concreta exclusivamente la recopilación de información.

3.4.2. Investigación de campo

La investigación de campo se la realiza con el fin de recolectar datos de las variables directamente en los vehículos de estudio, los datos primarios recolectados entran en análisis estadístico y ayudan a probar o negar la hipótesis plantando en el primer capítulo.

3.5. Población y tamaño de la muestra

Un boletín publicado por la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador indica que desde enero hasta abril del año 2022 se han vendido 40198 vehículos livianos y 3881 vehículos comerciales dentro del territorio nacional, la venta de vehículos livianos y pesados desde el año 2000 hasta 2021 se detalla en la ilustración 1-3. (AEADE, 2022)



Ilustración 1-3: Venta de vehículos livianos y pesados

Fuente: (AEADE, 2022)

Los tres segmentos de vehículos más vendidos son: el tipo SUV con un 45,4%, el automóvil con el 26,01% y las camionetas con un 16,67%, como se indica en el gráfico 2-3.

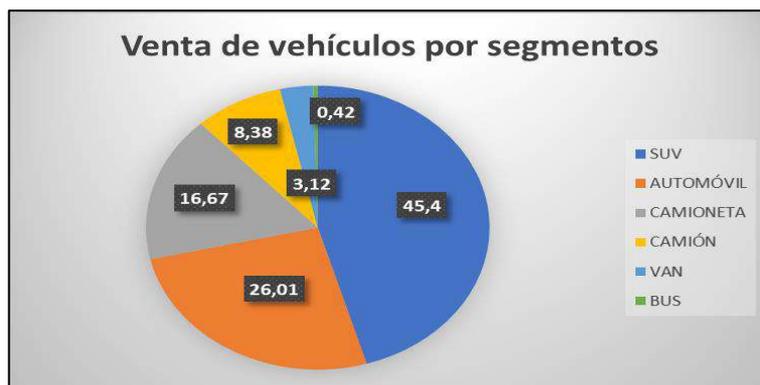


Ilustración 2-3: Venta de vehículos por segmentos

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Tomando en cuenta esa información, el estudio se realiza en los vehículos del tipo SUV los cuales combinan las características de un todo terreno y las de un sedán convencional convirtiéndole en un vehículo altamente deportivo.

En Ecuador la participación de ventas por marcas hasta el mes de marzo la lidera Chevrolet sin embargo para el tipo SUV, KIA es una marca líder en el mercado de vehículos livianos además que actualmente a nivel nacional se posiciona en segundo lugar, como se indica en la ilustración 3-3. (AEADE, 2022)



Ilustración 3-3: Participación de ventas de vehículos por marcas

Fuente: (AEADE, 2022)

Estas estadísticas analizadas dan un patrón de búsqueda y selección de la muestra, es así como se plantea analizar las concentraciones de monóxido de carbono, dióxido de carbono, temperatura en habitáculo y humedad relativa en los vehículos de cuarta generación de KIA SPORTAGE comprendido desde el año 2015 hasta la actualidad.

En la provincia de Chimborazo apenas el 1,9% representa las ventas de vehículo livianos a nivel nacional, como lo indica la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador y se detalla en la imagen 4-3.

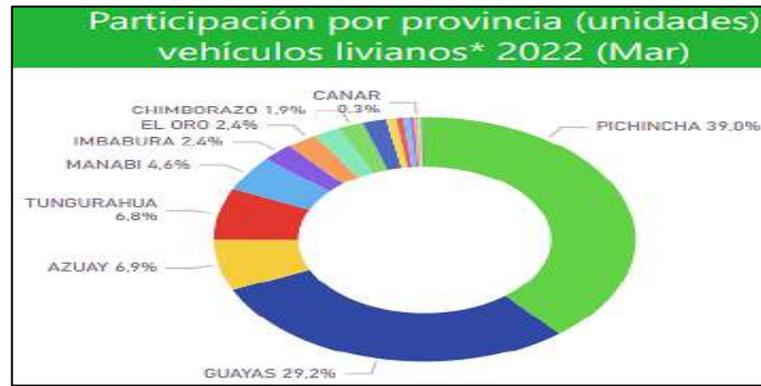


Ilustración 4-3: Participación de ventas de vehículos por marcas

Fuente: (AEADE, 2022)

Se estima la población real de estudio a través de la información estadística encontrada, el número total de vehículos livianos vendidos desde enero del 2015 hasta marzo de 2022 a nivel nacional, es nuestro dato de partida del cual, mediante cada uno de los porcentajes, se calcula su equivalente y finalmente la población de vehículos tipo SUV marca KIA modelo Sportage circulando en la provincia de Chimborazo.(AEADE, 2022)

<i>Población_{SUV}</i>	18249
<i>Población_{KIA}</i>	2664
<i>Población_{KIA en CHB}</i>	50
<i>Población_{KIA Sportage}</i>	22

En base a la población de estudio se calculó el tamaño de la muestra, siendo el tamaño del universo 22 vehículos, la heterogeneidad 50%, margen de error 50% y nivel de confianza 95 %, con lo que se obtuvo un tamaño de los cuatro vehículos utilizados como la muestra. (Netquest, 2022)

Con el fin de corroborar este dato se analizó el tamaño de la muestra mediante la dispersión el mismo que calcula las repeticiones a efectuarse para que la muestra sea segura, conociendo que la dispersión D resulta del cociente entre la diferencia del valor máximo y el mínimo, sobre el valor medio, expresado en porcentaje. (Jami, 2021)

Para ello se realizó una primera medición de las concentraciones de dióxido de carbono en el habitáculo de un vehículo KIA SPORTAGE durante 10 minutos obteniendo como valor máximo 783 ppm, valor mínimo 767 ppm y valor medio 780 ppm.

Calculando la dispersión obtenemos 2%, según la teoría de errores cuando el porcentaje obtenido es menor o igual del 2% basta con tres medidas para obtener un buen resultado de datos.

3.6. Organigrama de investigación

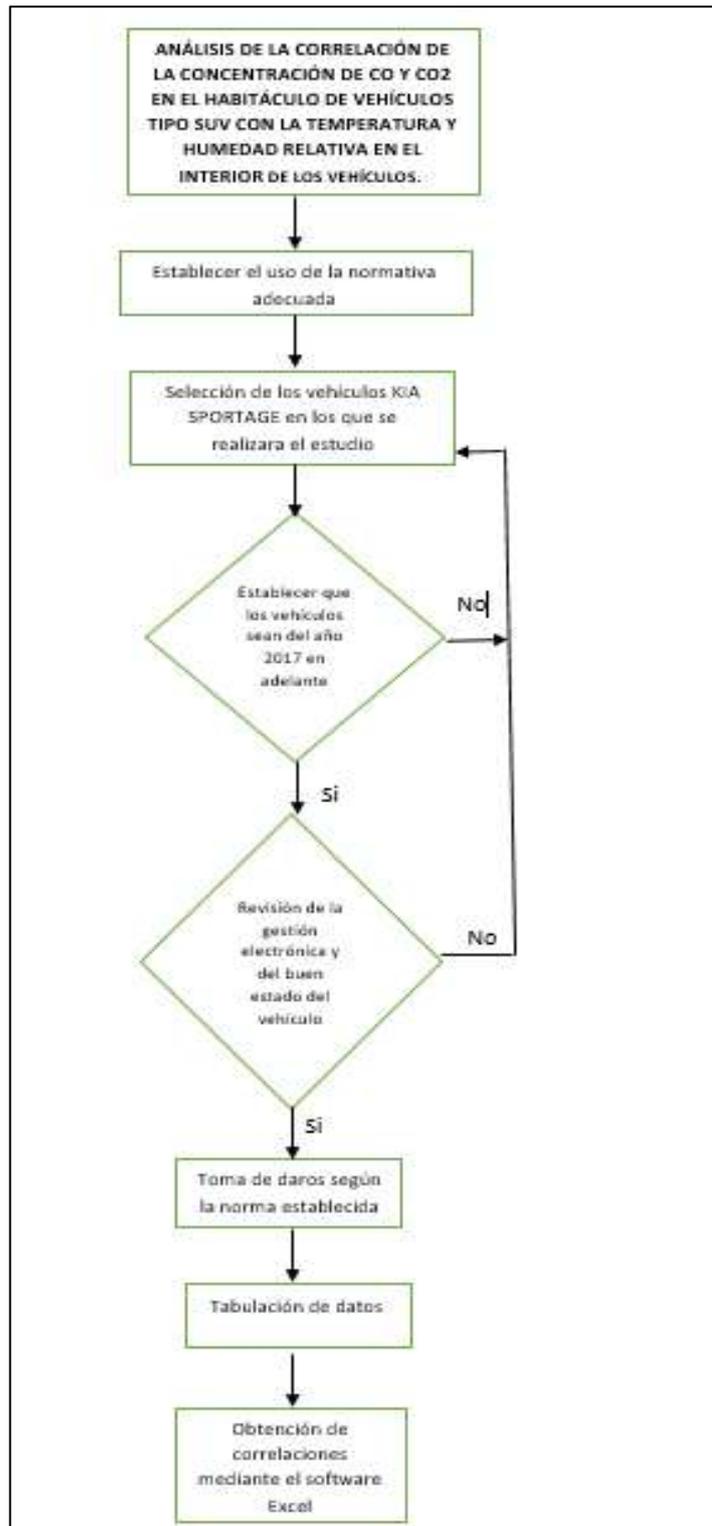


Ilustración 5-3: Organigrama de la investigación

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

3.7. Normativas e instrumentos de investigación

3.7.1. Norma interestatal rusa GOST 33554-2015

La normativa GOST 33554 establece los requisitos técnicos y métodos de prueba del contenido de contaminantes en el interior de la cabina del conductor y del pasajero en vehículos con motores de combustión interna, con un compartimento interior cerrado.

Antes de iniciar con las pruebas la norma dispone realizar una descripción y revisión técnica del vehículo que incluye marca, tipo, versión del vehículo, categoría M o N, número de identificación, ubicación del motor, tipo de combustible, régimen de ralentí nominal, ubicación del tubo de escape, calefacción, ventilación, sellado de puertas y ventanas, adicional a esto de acuerdo con el tema de estudio se añade color, tapizado y cristales del vehículo.(Russian Federation, 2016)

Tabla 1-3: Especificaciones tomadas de la norma interestatal rusa GOST 33554

Ventanas, puertas, escotillas, toldo	Cerrado
Temperatura	-15°C a 30°C
Humedad relativa	30% al 90%
Presión atmosférica	84 a 108,7 KPa
Ensayo	Estático
Ralentí	Dispuesto por el fabricante (500 rpm)
Lugar de prueba	Estacionamiento abierto
Ventilación con el motor apagado	2 minutos
Estabilización de equipos de medición	A 1m de la carrocería del vehículo con el motor apagado
Instrumento de medida	Homologado y calibrado (IAQ testo 440)
Método de medición	Medición electroquímica
Error permisible del instrumento	± 2 %
Error máximo de temperatura	± 1°C
Error máximo de humedad relativa	± 2,5%
Error máximo de presión atmosférica	± 0,1 kPa
Ubicación del equipo de medición	Zona de respiración (50 cm del volante para conductor y 50 cm de la mampara para ocupantes)

Fuente: (Russian Federation, 2016)

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

3.7.1.1. Condiciones del climatizador

- Primera condición: sistema de recirculación del aire interior apagado y climatizador apagado.
- Segunda condición: recirculación del aire apagada y velocidad del ventilador en 2.

- Tercera condición: recirculación del aire encendida, velocidad del ventilador en 2 y aire acondicionado encendido.

Tabla 2-3: Valores referenciales de emisiones contaminantes

Normalized pollutants	MAC; mg/m ³	Tested engine types*
Formaldehyde CH ₂ O	0.05	3,4,5
Nitrogen dioxide NO ₂	0.2	1,2,3,4,5
Nitrogen Oxide NO	0.4	1,2,3,4,5
Carbon Monoxide CO	5.0	1,2,3,4,5
Saturated hydrocarbons		
(C ₂ H ₅ -C ₇ H ₁₆)	50.0	1,2,3
Methane CH ₄	50.0	3,5
<p>*Engine Types</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Positive-ignition engine working on gasolina 2. Positive-ignition engine working on liquefied petroleum gas (LGP) 3. Positive ignition engines working on compressed natural gas (GNC) 4. Compression ignition engines working on mixed fuel (diesel + GNC) 		

Fuente: (Russian Federation, 2016)

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

3.7.2. ASHRAE standard 62.1-2019

Esta norma permite conocer las tasas mínimas de ventilación y otras medidas para minimizar los efectos adversos para la salud de los ocupantes, establece que los niveles permisibles de concentración de CO₂ en espacios interiores es de 700 ppm sin embargo al cabo de 8 horas esta concentración aumenta generándose un valor referencial más elevado de 1000 ppm. (ASHRAE, 2019)

Los valores referenciales para las concentraciones de CO se encuentran más detallado en la guía para la calidad de aire interior de la Organización Mundial de la Salud como se muestra en la tabla 3-3.

Tabla 3-3: Valores referenciales según la OMS basados en efectos conocidos para la salud

Valores guía según la OMS basados en efectos conocidos para la salud			
Compuesto	Efecto sobre la salud	Valor guía (µg/m ³)	Tiempo de exposición
		100.000 (90 ppm)	15 minutos

Monóxido de Carbono	Nivel crítico de Carboxihemoglobina < 2.5%	de	60.000 (50 ppm)	30 minutos
			30.000 (25 ppm)	1 hora
			10.000 (10 ppm)	8 horas

Fuente: (World Health Organization, 2010)

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

3.8. Determinación de la concentración de CO, CO₂, temperatura y humedad relativa

3.8.1. Inspección visual del vehículo

Como lo menciona la norma interestatal rusa GOST 33554 se realiza una inspección visual del objeto de estudio con lo cual se determina su hermeticidad, los cristales, puertas en buen estado, sin fisuras, ni aberturas adicionales que permitan el ingreso de aire del exterior.

El vehículo debe encontrarse en un estacionamiento abierto sin vehículos encendidos a su alrededor que sean fuentes de contaminación.



Ilustración 6-3: Inspección visual del vehículo

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

3.8.2. Verificación del sistema de climatización

Para verificar el sistema de climatización se procede a encender el sistema con el botón A/C y mediante la percepción del operador verificar el cambio de temperatura en el interior del vehículo, en caso de tener regulación automática el valor de temperatura actual se verá reflejado en la pantalla frontal.



Ilustración 7-3: Verificación del sistema de climatización

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

3.8.3. *Diagnóstico del vehículo con escáner*

Con el fin de determinar el estado inicial y funcionamiento adecuado de los vehículos se procedió a testear la gestión electrónica del vehículo mediante el diagnóstico de DTCs con escáner automotriz AUTEL 906 BT PRO, no es un parámetro establecido en una norma, pero se adapta debido a que los objetos de estudio deben encontrarse en las mejores condiciones posibles para que los datos obtenidos sean válidos y confiables.

Se coloca el conector OBD II al puerto de diagnóstico del vehículo para establecer conexión mediante bluetooth con el escáner, posterior a ello se enciende el escáner y el ingreso para el diagnóstico se lo hace mediante el código VIN que es único para cada vehículo, posteriormente se evalúa el estado de la gestión electrónica mediante la opción diagnostic auto escan.

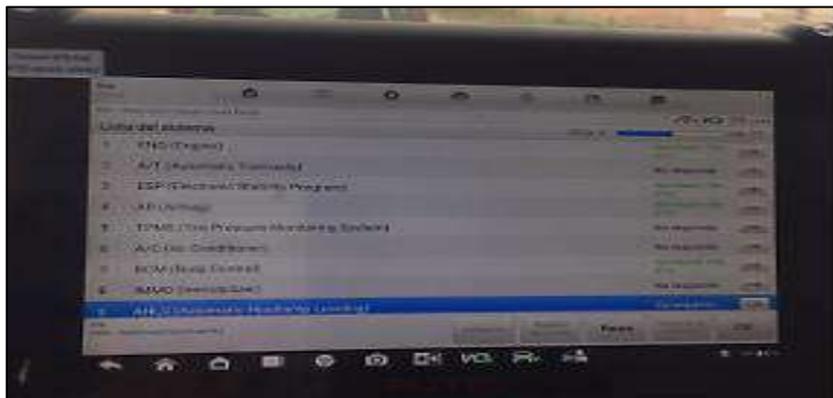


Ilustración 8-3: Diagnostico del vehículo con escáner

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Corroborado que el vehículo no tenga ningún código de avería se procede con la ventilación cuando el motor aun esta apagado durante 2 minutos como lo establece la norma, a la par se estabiliza los equipos en un perímetro de un metro de distancia de la carrocería.



Ilustración 9-3: Ventilación del vehículo

Realizado por: Barionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

3.8.4. Colocación de la mampara de separación

La mampara de separación se encuentra ubicada entre la zona del conductor y la zona de pasajeros por detrás de los asientos de la primera fila, se elaboró en MDF de 4 mm y a las medidas específicas del mismo, su función es separar el aire respirado en la parte frontal de la parte posterior del vehículo, se incluye en esta investigación con el fin de determinar cuál fue su influencia durante el tiempo de covid-19 en donde vehículos de transporte público lo adoptaron como medida de bioseguridad debido a la gran influencia de personas se abordaban sus unidades. La mampara es desmontable con el fin de utilizarla en todos los objetos de estudio y no incluir en gastos adicionales. Al finalizar el montaje encender el vehículo para iniciar con las mediciones de las concentraciones.



Ilustración 10-3: Colocación de la mampara de separación

Realizado por: Barionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

3.8.5. Colocación de las sondas de medición

Las sondas de medición deben estabilizarse por un tiempo de 5 minutos aproximadamente con una separación mínimo de un metro de la carrocería del vehículo y cuando el motor se encuentre apagado, cada vez que se prenden los equipos actualizar fecha, hora y condiciones meteorológicas iniciales que marca el mismo equipo, como son temperatura, humedad relativa y presión atmosférica.

La toma de datos se realiza con dos sondas de medición, una correspondiente al dióxido de carbono, la cual además mide temperatura, humedad relativa y presión atmosférica mediante medición electroquímica, la segunda sonda mide únicamente monóxido de carbono bajo el mismo principio.

A continuación, se procede a ubicarlos en la zona de respiración del conductor que está comprendido a 50 centímetros del volante, además se sugiere trabajar con un ángulo del asiento de 90 grados. Para fijar los equipos se usa un soporte elaborado en MDF de 4 mm.



Ilustración 11-3: Colocación de las sondas de medición

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

3.8.6. Programación de los equipos de medición

Con los equipos estabilizados y fijados se procede a configurarlos para que registren todos los datos requeridos en el estudio, el tiempo de medición está establecido en 30 minutos con un registro de datos cada segundo para cada una de las configuraciones del climatizador. Este proceso se lo debe realizar al inicio de cada registro.

Los datos registrados se guardan en la memoria del equipo en formato .log compatible con excel sin embargo para una mejor manipulación de la información se los debe exportar en .xlsx una vez culminado el registro.



Ilustración 12-3: Programación de los equipos de medición

Fuente: (Testo, 2022)

3.8.7. Configuración de la primera condición del climatizador

La primera condición del climatizador consiste en tener el sistema de recirculación del aire interior apagado y climatizador apagado, es decir el vehículo funcionando en modo estándar sin activación de módulos de confort.



Ilustración 13-3: Configuración 1 del climatizador

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

3.8.8. Configuración de la segunda condición del climatizador

La segunda condición del climatizador consiste en tener el sistema de recirculación del aire apagada y velocidad del ventilador en 2, para ello se enciende el ventilador desde la perilla ubicado en el tablero del vehículo.



Ilustración 14-3: Configuración 2 del climatizador

Realizado por: Barionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

3.8.9. Configuración de la tercera condición del climatizador

La tercera condición consiste en mantener la recirculación del aire encendida, velocidad del ventilador en 2 y adicional a esto el aire acondicionado encendido, para conseguir esta configuración se activa las funciones desde el panel del tablero del vehículo.



Ilustración 15-3: Configuración 3 del climatizador

Realizado por: Barionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

3.8.10. Tiempo empleado en el proceso de medición

Tabla 4-3: Tiempo empleado en el proceso de medición

Núm.	Modo ventilación	Zona	Tiempo
Configuración 1 del climatizador	Ventanas cerradas Ventoleras cerradas A/C apagado	Conductor	30 minutos
Configuración 2 del climatizador	Ventanas cerradas Ventoleras abiertas A/C encendido en modo renovación de aire		30 minutos
Configuración 3 del climatizador	Ventanas cerradas Ventoleras abiertas A/C encendido en modo de recirculación		30 minutos
Configuración 1 del climatizador	Ventanas cerradas Ventoleras cerradas A/C apagado	Pasajeros	30 minutos
Configuración 2 del climatizador	Ventanas cerradas Ventoleras abiertas A/C encendido en modo renovación de aire		30 minutos
Configuración 3 del climatizador	Ventanas cerradas Ventoleras abiertas A/C encendido en modo de recirculación		30 minutos
Total			180 minutos

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

3.9. Metodología para el análisis de resultados

Los resultados se compararon mediante la correlación de Pearson el cual considera el análisis matricial basados en el álgebra lineal, esto permite establecer similitudes o disimilitudes entre las variables de estudio. (Hernández et al., 2018)

El coeficiente de correlación de Pearson expresa la fuerza con la que se vinculan las variables de estudio, toma valores de +1 y -1 en donde el signo nos indica si es correlación directa o inversa respectivamente y mientras más cercano al entero se encuentre, más fuerte es su vínculo. Además, el coeficiente de Pearson es adimensional por lo que su magnitud se interpreta en un rango de valores independiente del signo como lo indica la tabla 5-3.

Tabla 5-3: Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson

Rango de valores	Interpretación
------------------	----------------

R < 0.10	Correlación nula
R < 0.30	Correlación débil
R < 0.50	Correlación moderada
R < 1.00	Correlación fuerte

Fuente: (Hernández et al., 2018)

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para realizar el análisis estadístico se tomó en consideración las tres diferentes condiciones del climatizador, las cuales se establecieron según la normativa internacional GOST 33554 2015, incluyendo una mampara de separación en el interior del habitáculo para el análisis independiente de la zona del conductor y la zona de pasajeros de un vehículo tipo SUV, los cuales se encuentran detallados en la tabla 1 – 4.

Tabla 1-4: Modos de ventilación en el vehículo

Zona del conductor			
Condición	Modo de ventilación	Mampara	Tiempo
1	Ventanas cerradas Ventoleras cerradas A/C apagado	Incluida	30 minutos
2	Ventanas cerradas Ventoleras abiertas A/C encendido Velocidad de ventilador 2		30 minutos
3	Ventanas cerradas Ventoleras abiertas A/C encendido Recirculación encendida Velocidad de ventilador 2		30 minutos
Zona de pasajeros			
1	Ventanas cerradas Ventoleras cerradas A/C apagado	Incluida	30 minutos
2	Ventanas cerradas Ventoleras abiertas A/C encendido Velocidad de ventilador 2		30 minutos
3	Ventanas cerradas Ventoleras abiertas A/C encendido		30 minutos

	Recirculación encendida		
	Velocidad de ventilador 2		
TOTAL			180 minutos

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Para el análisis de resultados y su correspondiente presentación de los parámetros analizados, se estableció el uso de gráficos de dispersión, diagrama de barras y el coeficiente R de correlación de Pearson el cual establece la influencia de una variable sobre otra, es decir, que tanto influye una condición sobre la otra, estando en un rango de -1 a 1 , entendiéndose que mientras más cercano a uno sea el coeficiente de correlación, esta será más fuerte.

4.1. Niveles de las concentraciones de CO mediante gráficas de dispersión

Los datos para cada gráfico de dispersión se obtuvieron en intervalos de 1 segundo durante un periodo de 30 minutos por cada condición del climatizador, se realizaron 6 pruebas por cada vehículo, 3 de ellas en la zona del conductor y 3 en la zona de pasajeros, con la mampara de separación presente en cada una de las pruebas, se seleccionó este tipo de gráficos ya que permite ver el comportamiento de cada una de las variables de estudio como son el CO, CO₂, humedad relativa y temperatura en el habitáculo.

A continuación, se presenta la nomenclatura que se usa en los gráficos de dispersión para indicar en que condición se encuentra el sistema de climatización durante la recolección de datos.

Tabla 2-4: Nomenclatura de las condiciones del sistema de climatización

Nomenclatura	Definición
WC; VC; A/C off	Ventanas cerradas, ventoleras cerradas, A/C apagado
WC; VO; A/C FA	Ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, velocidad de ventilador 2
WC; VO; A/C RC	Ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido recirculación encendida, velocidad de ventilador 2

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En la ilustración 1-4, se encuentra un gráfico de dispersión en donde se puede apreciar el comportamiento del monóxido de carbono en función del tiempo en los cuatro vehículos Kia Sportage de estudio, en las tres diferentes configuraciones del climatizador separados cada uno para mejor visualización, estas concentraciones corresponden a la zona del conductor, mientras que las curvas de la ilustración 2-4 hace referencia a la zona de pasajeros, en todas las pruebas estuvo presente la mampara de separación. Cabe recalcar que a cada vehículo se le asignó un color específico con el fin de no confundir la información recabada.

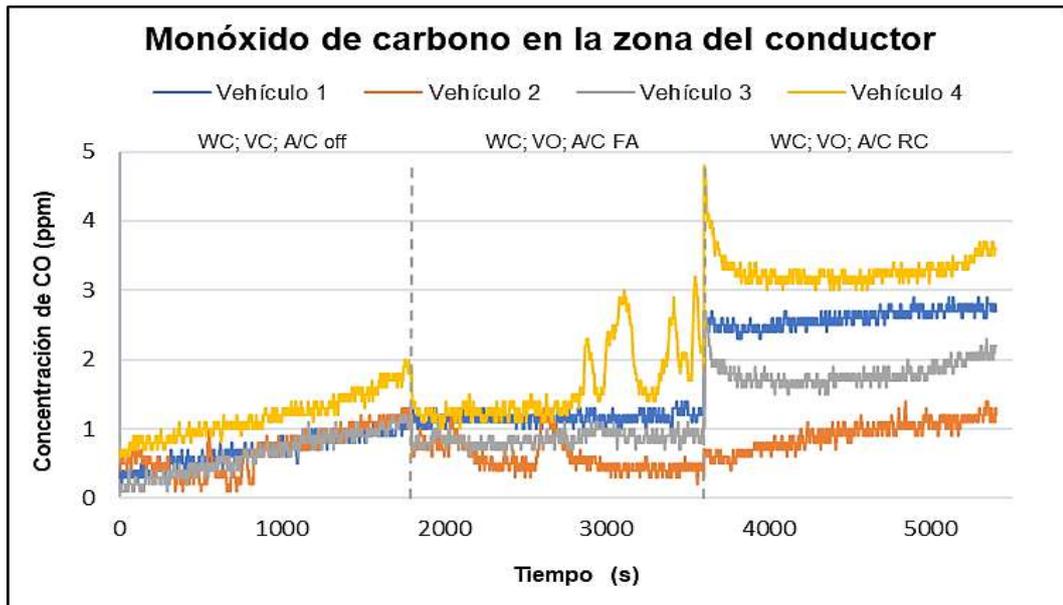


Ilustración 1-4: Comportamiento de monóxido de carbono en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

El comportamiento del monóxido de carbono CO en la primera condición, la cual es ventanas cerradas, ventoleras cerradas, A/C apagado en los vehículos tipo SUV denota un aumento de la concentración a medida que transcurren los treinta minutos que dura la prueba, alcanzando valores inferiores a 2 ppm, este comportamiento es compatible con el estudio que realizó (Abi Esber et al., 2007) en donde sus resultados arrojaron el mismo comportamiento.

Al realizar la segunda prueba con la misma duración, incluyendo ventanas cerradas, ventoleras abiertas, ventilador en la posición 2 y el A/C encendido se puede observar que en la concentración de CO mantiene una tendencia constante, teniendo ciertos picos de variación, esto debido a factores externos del vehículo, como condiciones meteorológicas de la zona y/o la inferencia de otros vehículos que circulan en un determinado momento por el sector.

Aplicando la tercera condición que incluye el ventilador funcionando en la posición 2, A/C encendido y recirculación activada, ventanas cerradas, ventoleras abiertas se puede observar que la curva tiende a ser constante, sin embargo, sus valores son mucho más elevados que en la primera condición, mostrándose además picos más pronunciados que denotan su variabilidad.

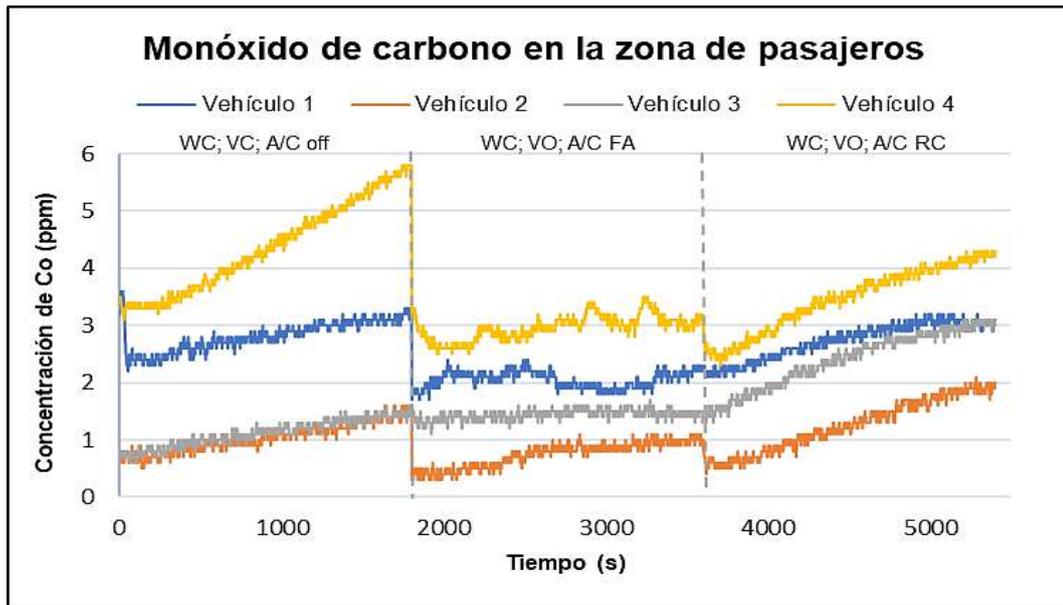


Ilustración 2-4: Comportamiento de monóxido de carbono en la zona de pasajeros

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Las mediciones de CO en la zona de pasajeros dan como resultado una mayor concentración de este gas, sin embargo, la tendencia es similar a la presentada en la parte del conductor del vehículo, pero con un incremento en sus valores, esto debido a la hermeticidad provocada por la mampara que separa el habitáculo del vehículo.

En la primera prueba con las ventanas cerradas, ventoleras cerradas, ventilación apagada y el A/C apagado, se observa un comportamiento similar a las mediciones de la parte delantera del habitáculo del vehículo, estas al tener la misma tendencia que el estudio comparativo y al realizarse las mediciones como indica la norma GOST 33554 2015, concluimos que los datos son fiables.

Las concentraciones cuando las ventanas están cerradas, las ventoleras abiertas, el ventilador en la posición 2 y el A/C encendido, tienden a ser más elevadas, de la misma manera que en la prueba antes mencionada, una vez más la hermeticidad de la parte trasera debido la mampara concentra mayor cantidad de CO, pero de igual manera la tendencia de la curva describe un comportamiento lineal con algunos picos.

Finalmente, en la tercera condición con ventanas cerradas, ventilación abierta, recirculación de aire encendida, A/C encendido y el ventilador en la posición 2, la tendencia de comportamiento de la curva indica un incremento de las concentraciones de este gas respecto a la medición de la prueba en la parte del conductor con las mismas características.

Es así como se puede determinar que la concentración de CO en la zona del conductor del vehículo es menor en comparación con la zona de pasajeros, teniendo como resultado mayor concentración de CO en dicha parte, pero sin embargo los niveles de CO no sobrepasaron las 5 ppm lo que no pone en riesgo la salud humana, la oscilación del monóxido de carbono en algunas curvas se debe

a factores externos, como la velocidad de viento y la intensidad de tráfico vehicular cerca de la prueba.

4.2. Niveles de las concentraciones de CO₂ mediante graficas de dispersión

En la ilustración 3-4, se encuentra un gráfico de dispersión en donde se puede apreciar el comportamiento del dióxido de carbono en función del tiempo en los cuatro vehículos Kia Sportage de estudio, en las tres diferentes configuraciones del climatizador separados cada uno para mejor visualización, estas concentraciones corresponden a la zona del conductor, mientras que las curvas de la ilustración 4-4 hace referencia a la zona de pasajeros, en todas las pruebas estuvo presente la mampara de separación. Cabe recalcar que a cada vehículo se le asigno un color específico con el fin de no confundir la información recabada.

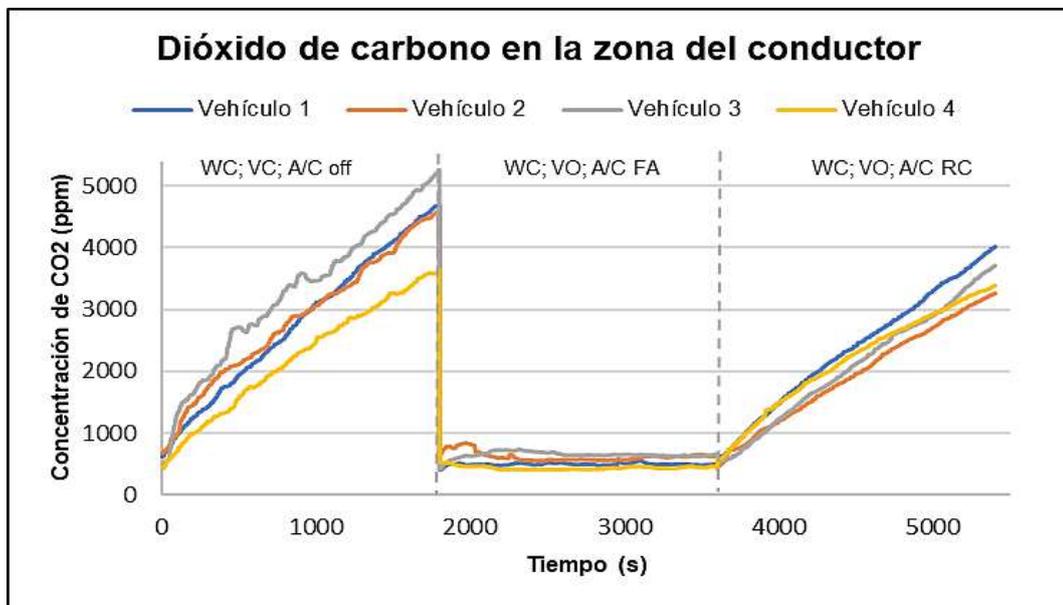


Ilustración 3-4: Comportamiento de dióxido de carbono en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Durante la primera condición de estudio, ventanas cerradas, ventoleras cerradas, ventilación apagada y A/C apagado, el dióxido de carbono presenta una tendencia aproximadamente lineal, a medida que transcurre el tiempo de prueba, el dióxido de carbono incrementa su concentración con un valor máximo por encima de las 5000 partes por millón, durante este tiempo de prueba en el vehículo se encontraban dos personas ubicadas una en la zona del conductor y otra en la zona de pasajeros, producto de la respiración de los ocupantes del vehículo el dióxido de carbono se ve aumentado en igual proporción en los cuatro vehículos estudio.

En la segunda condición, en donde el ventilador está encendido en la posición 2, el A/C encendido, ventanas cerradas y ventilación abierta las curvas se mantienen constantes y lineal por

debajo de las 1000 ppm, según los estudios encontrados se corrobora que los datos siguen una misma tendencia.

Finalmente, con ventanas cerradas, ventoleras abiertas, recirculación de aire encendida, A/C encendido y la ventilación en la posición 2 se puede observar que a medida que el tiempo transcurre las ppm del CO₂ aumentan comportándose de manera lineal, sin embargo, la cantidad de CO₂ que se concentró al final de la prueba en su punto máximo no supera el punto máximo de la prueba en la primera condición, con lo que una vez se corrobora con la investigación realizada por (Atkinson et al., 2017) en donde la recirculación del aire evita el incremento de estas concentraciones.

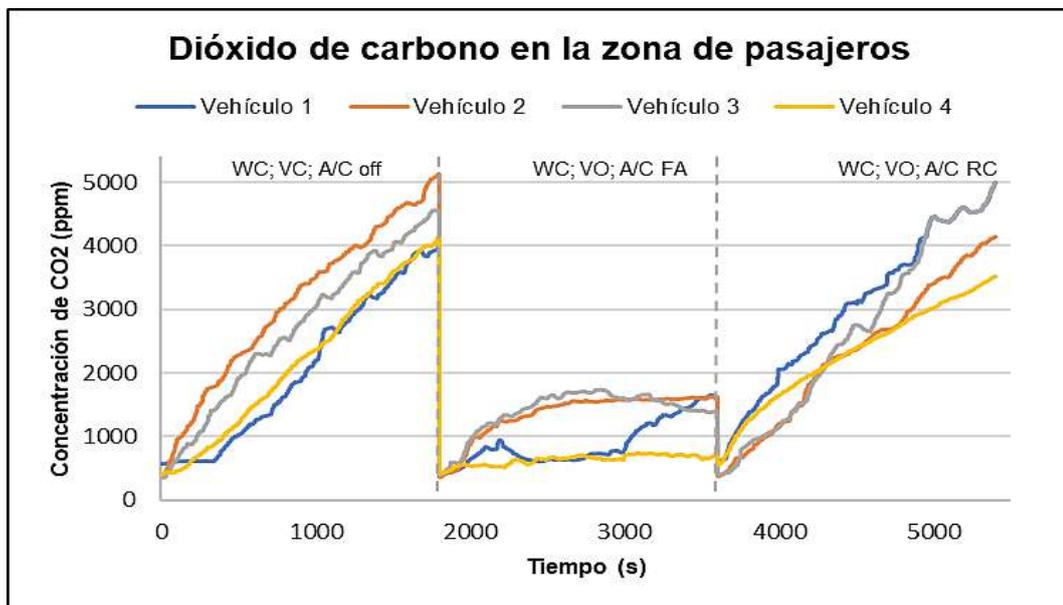


Ilustración 4-4: Comportamiento de dióxido de carbono en la zona del conductor

Realizado por: Barionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

El CO₂ en la zona de pasajeros muestran una tendencia similar a la zona del conductor, casi lineal, el dióxido de carbono aumenta mientras el tiempo avanza durante la condición inicial es decir con ventanas cerradas, ventoleras cerradas, ventilación apagada y A/C apagado. En todas las pruebas en la parte posterior del vehículo los niveles de CO₂ son ligeramente superiores que, a las pruebas en la parte delantera, una vez más debido a la hermeticidad de la mampara de separación, sin embargo, la tendencia no varía.

En la segunda condición, en la cual la ventilación está encendida en la posición 2, el A/C encendido, ventanas cerradas y ventilación abierta las curvas tienden a ser constantes por debajo de las 2000 ppm, existiendo además divergencia en la curva del vehículo 1.

Finalmente, en la tercera condición es decir con ventanas cerradas, ventoleras abiertas, recirculación de aire encendida, A/C encendido y la ventilación en la posición 2 se puede observar que el dióxido de carbono se comporta de manera lineal, como se observó en las pruebas

anteriores los niveles de concentración de CO2 en la parte de pasajeros del vehículo es más elevada que en la parte del conductor, sin embargo la cantidad de CO2 que se concentró al final de la prueba en su punto máximo no supera el punto máximo de la prueba número uno.

4.3. Niveles de variación de la humedad relativa mediante graficas de dispersión

En la ilustración 5-4, se encuentra un gráfico de dispersión en donde se puede apreciar el comportamiento de la humedad relativa en función del tiempo en los cuatro vehículos Kia Sportage de estudio, en las tres diferentes configuraciones del climatizador separados cada uno para mejor visualización, estas concentraciones corresponden a la zona del conductor, mientras que las curvas de la ilustración 6-4 hace referencia a la zona de pasajeros, en todas las pruebas estuvo presente la mampara de separación. Cabe recalcar que a cada vehículo se le asigno un color específico con el fin de no confundir la información recabada.

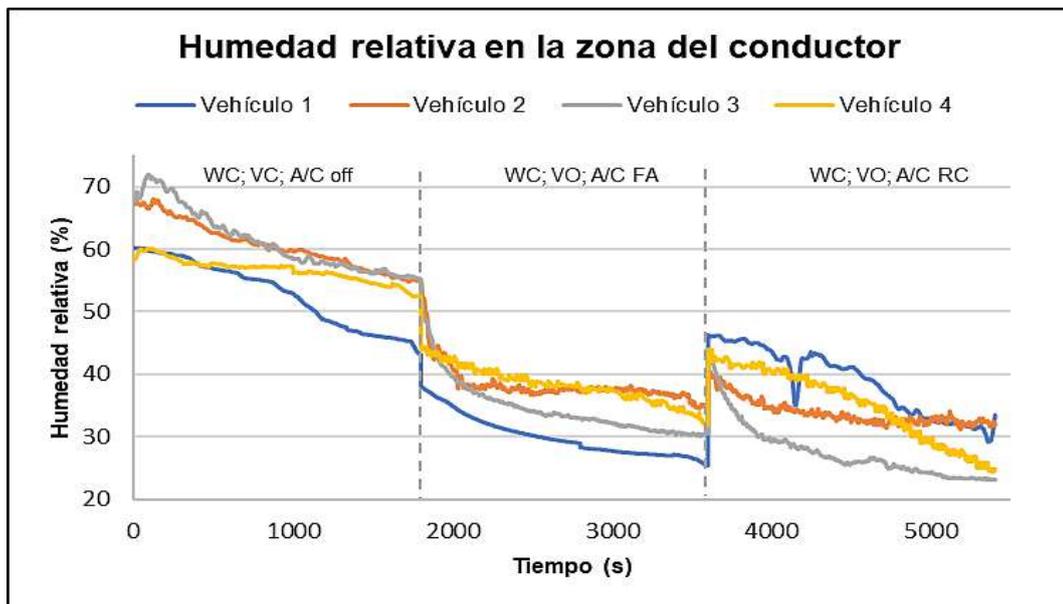


Ilustración 5-4: Comportamiento de la humedad relativa en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

El comportamiento de la humedad relativa en la primera condición ventanas cerradas, ventoleras cerradas, ventilación apagada y el A/C apagado denotan una disminución considerable a medida que transcurren los treinta minutos de prueba, sin embargo, su punto mínimo está por encima del 40%.

En la segunda condición, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, ventilación encendida en la posición 2 y el A/C encendido, la humedad relativa sigue en descenso alcanzando valores mínimos menores del 30%. Esto producto del A/C encendido.

En la tercera condición, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, la ventilación encendida en la posición 2, el A/C encendido, y recirculación de aire se observan picos en las gráficas, unos más pronunciados que otros, atribuidos a las condiciones de la prueba, y mostrando un descenso que alcanza valores muy por debajo del 30%.

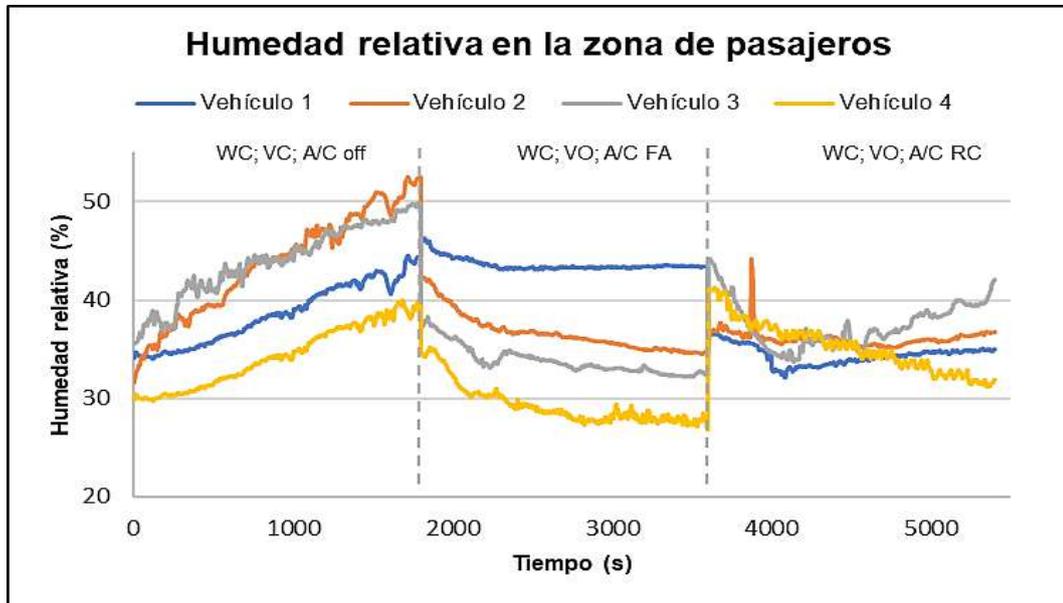


Ilustración 6-4: Comportamiento de la humedad relativa en la zona de pasajeros

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

El comportamiento de la humedad relativa en la zona de pasajeros durante la primera prueba es decir ventanas cerradas, ventoleras cerradas, ventilación apagada y el A/C apagado denotan en cambio un aumento en sus concentraciones sobrepasando el 50%.

En la segunda condición, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, ventilación encendida en la posición 2 y el A/C encendido hay un comportamiento estable con un ligero descenso y presencia de picos producto del A/C encendido.

En la tercera condición, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, ventilación encendida en la posición 2, el A/C encendido, y recirculación de aire se observan abundantes picos atribuidos a las condiciones de la prueba, además de un ligero descenso en la gráfica.

4.4. Niveles de variación de la temperatura mediante graficas de dispersión

En la ilustración 7-4, se encuentra un gráfico de dispersión en donde se puede apreciar el comportamiento de la temperatura en el habitáculo del vehículo en función del tiempo en los cuatro vehículos Kia Sportage de estudio, en las tres diferentes configuraciones del climatizador separados cada uno para mejor visualización, este comportamiento corresponden a la zona del conductor, mientras que las curvas de la ilustración 8-4 hace referencia a la zona de pasajeros,

en todas las pruebas estuvo presente la mampara de separación. Cabe recalcar que a cada vehículo se le asigno un color específico con el fin de no confundir la información recabada.

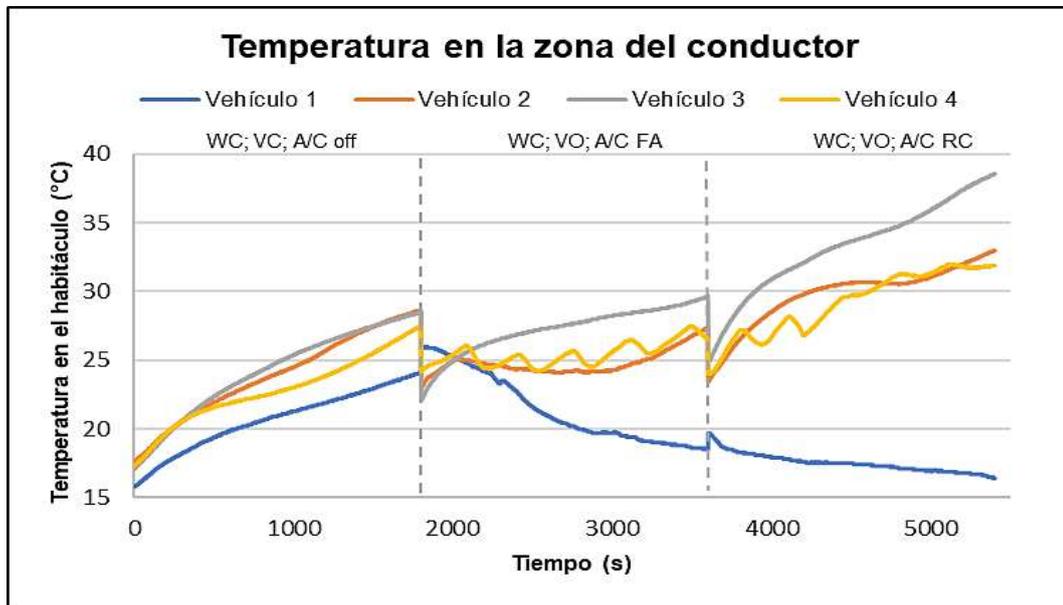


Ilustración 7-4: Comportamiento de la temperatura en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

La tendencia de la temperatura en la primera condición es decir ventanas cerradas, ventoleras cerradas, A/C apagado, denota que a medida que el tiempo de la prueba transcurre la temperatura en el interior del vehículo tiende a subir, debido al incremento de la temperatura corporal de los ocupantes.

En la segunda condición, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, velocidad de ventilador 2, la temperatura del habitáculo en los vehículos es inestable alcanzado picos pronunciados, en el vehículo 1 la temperatura decrece significativamente atribuyendo su comportamiento a las condiciones climáticas del exterior y la acción del aire acondicionado.

En la tercera condición, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido recirculación encendida, velocidad de ventilador 2, se observa que la temperatura tiende a subir a medida que el tiempo de la prueba transcurre, esto ocurre en 3 de los 4 vehículos analizados, una vez más el vehículo 1 tiende a bajar su temperatura a medida que el tiempo de la prueba transcurre.

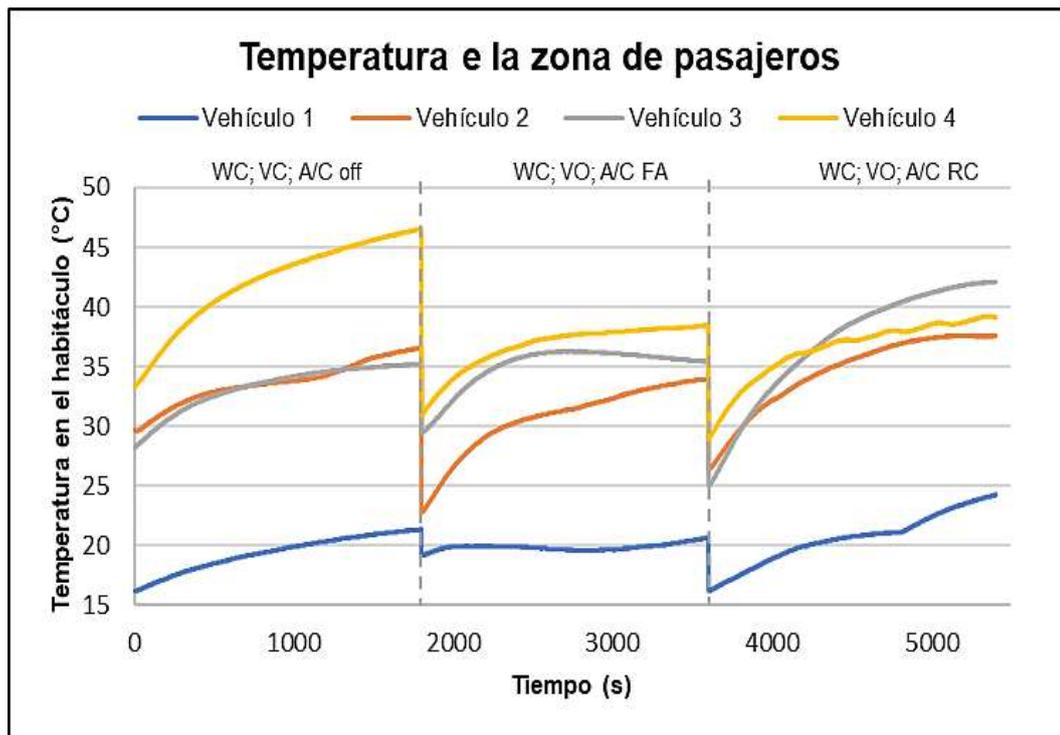


Ilustración 8-4: Comportamiento de la temperatura de pasajeros

Realizado por: Barrionuevo, Dina; Martínez, Edison, 2022.

El comportamiento de la temperatura en la zona de pasajeros del vehículo, en la primera condición, es decir, ventanas cerradas, ventoleras cerradas, A/C apagado, denota que a medida que el tiempo de la prueba transcurre la temperatura en el interior del vehículo tiende a subir.

En la segunda condición, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, velocidad de ventilador 2, la temperatura del habitáculo aumenta sin embargo en el vehículo 1 la tendencia es que a medida que transcurre el tiempo de prueba la temperatura permanece constante, no hay un incremento significativo de la misma.

En la tercera condición, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido recirculación encendida, velocidad de ventilador 2, se observa que la temperatura tiende a subir a medida que transcurre el tiempo de la prueba.

4.5. Análisis de las concentraciones de CO y CO2 mediante gráficas de barras

En la tabla 3-4 se presenta los valores promedio de las concentraciones de monóxido de carbono y dióxido de carbono en los tres diferentes modos de ventilación del vehículo en la zona del conductor, de los cuatro vehículos de estudio, que facilita la representación en graficas de barras y la visualización de la semaforización de los niveles permisibles de estos gases en la calidad del aire.

Tabla 3-4: Concentraciones de CO y CO2 en la zona del conductor

Zona del conductor						
N° Vehículo	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	CO (ppm)	CO2 (ppm)	CO (ppm)	CO2 (ppm)	CO (ppm)	CO2 (ppm)
1	0,7	2793,0	1,2	501,1	2,6	2382,3
2	0,7	2847,0	0,6	624,1	0,9	1954,2
3	0,6	3275,4	0,9	654,6	1,8	2094,9
4	1,2	2223,6	1,6	442,5	3,3	2192,1

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En la ilustración 9-4 se puede observar la media de las concentraciones de monóxido de carbono durante el modo de ventilación 1, es decir, ventanas cerradas, ventoleras cerradas, A/C apagado.

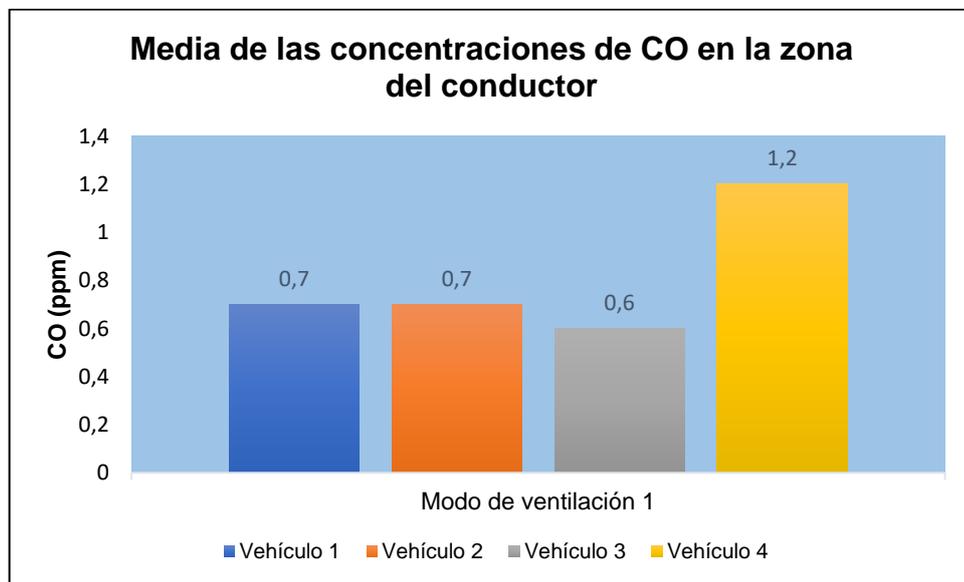


Ilustración 9-4: Media de las concentraciones de CO en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Mediante la representación gráfica de barras se obtuvo una concentración promedio máxima de CO 1,2 partes por millón en el vehículo 4, y como concentración mínima 0,6 partes por millón en el vehículo 3, siendo cantidades de monóxido de carbono buenas es decir no peligro para la salud de los ocupantes del vehículo.

En la ilustración 10-4 se puede observar la media de las concentraciones de dióxido de carbono durante el modo de ventilación 1, es decir, ventanas cerradas, ventoleras cerradas, A/C apagado.

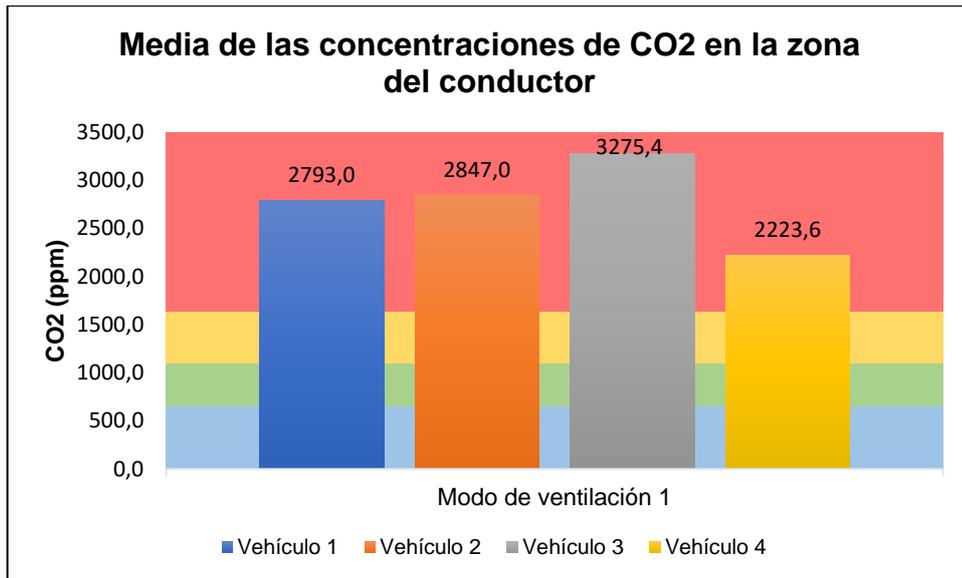


Ilustración 10-4: Media de las concentraciones de CO2 en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En este modo de ventilación se obtuvo una concentración máxima promedio de CO2 de 3275,4 partes por millón en el vehículo 3, y una concentración mínima promedio de 2223,6 partes por millón en el vehículo 4, las mismas que llegan a ser peligrosas para la salud humana, ya que sobrepasan las 1500 ppm.

En la ilustración 11-4 se puede observar la media de las concentraciones de monóxido de carbono durante el modo de ventilación 2, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido y velocidad del ventilador en 2.

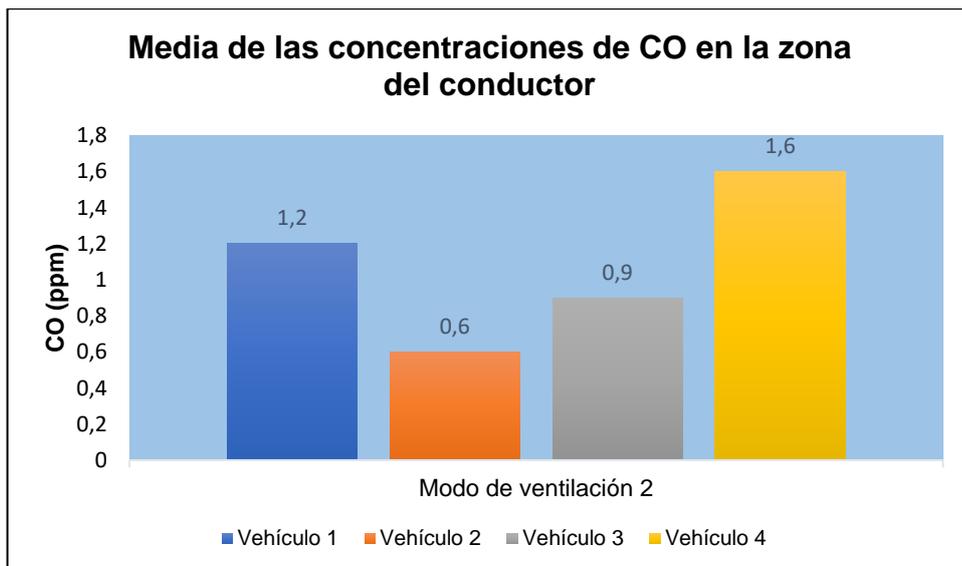


Ilustración 11-4: Media de las concentraciones de CO en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En este modo de ventilación se obtuvo una concentración máxima de CO 1,6 partes por millón en el vehículo 4, y como concentración mínima 0,6 partes por millón en el vehículo 2, encontrándose por debajo del 1,7 ppm por ende no se consideran peligrosas para la salud humana. En la ilustración 12-4 se puede observar la media de las concentraciones de dióxido de carbono durante el modo de ventilación 2, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido y velocidad del ventilador en 2.

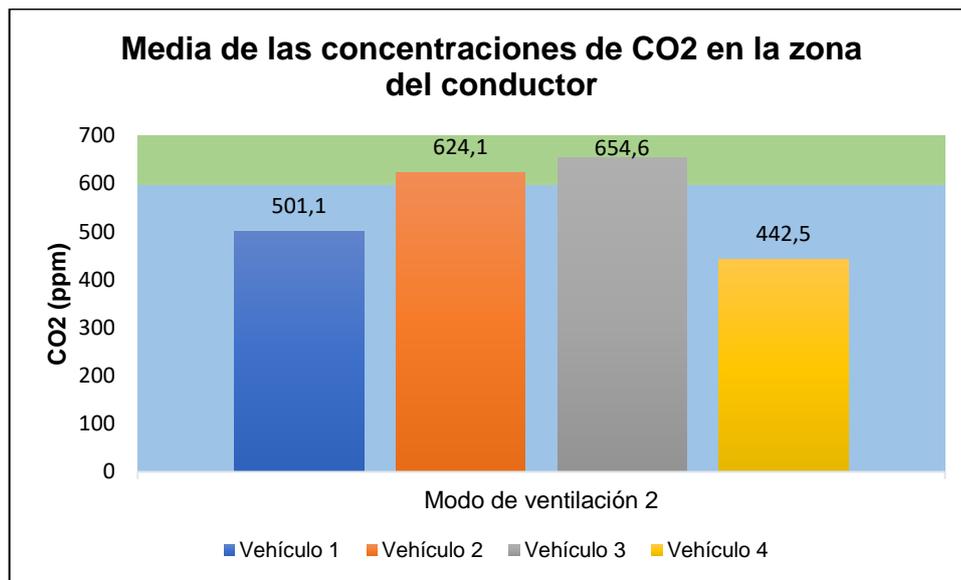


Ilustración 12-4: Media de las concentraciones de CO2 en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En este segundo modo de ventilación se obtuvo una concentración máxima promedio de CO2 de 654,6 partes por millón en el vehículo 3, y una concentración mínima promedio de 442,5 partes por millón en el vehículo 4, para las dos pruebas restantes so obtuvo un resultado promedio de 501,1 y 624,1 partes por millón para el vehículo 1 y 2 respectivamente, siendo cantidades de CO2 moderadas e inofensivos para la salud humana.

En la ilustración 13-4 se puede observar la media de las concentraciones de monóxido de carbono durante el modo de ventilación 3, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, recirculación encendida, y velocidad del ventilador en 2.

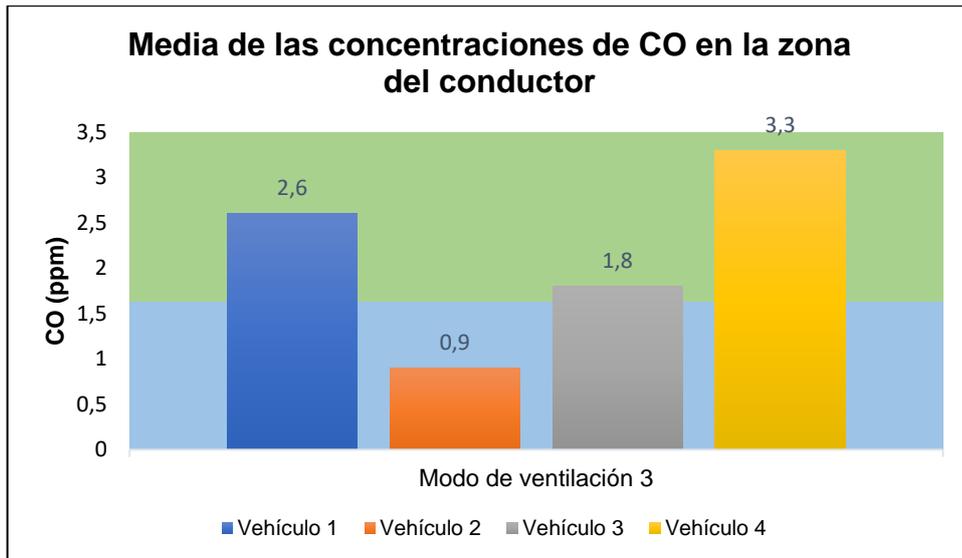


Ilustración 13-4: Media de las concentraciones de CO en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En este modo de ventilación se obtuvo una concentración máxima promedio de 3,3 ppm en el vehículo 4, y una concentración mínima promedio de 0,9 ppm en el vehículo 2, para las dos pruebas restantes se obtuvo un resultado promedio de 2,6 y 1,8 ppm en los vehículos 1 y 3 respectivamente, siendo cantidades moderadas de CO que no perjudican la salud de los ocupantes. En la ilustración 14-4 se puede observar la media de las concentraciones de dióxido de carbono durante el modo de ventilación 3, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, recirculación encendida, y velocidad del ventilador en 2.

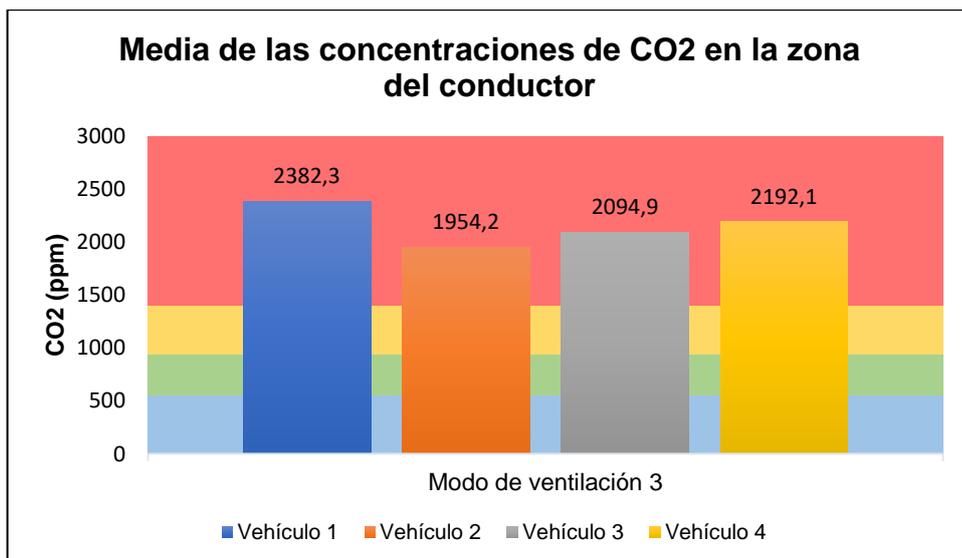


Ilustración 14-4: Media de las concentraciones de CO2 en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En este modo de ventilación se obtuvo una concentración máxima promedio de 2382,3 partes por millón en el vehículo 1, y una concentración mínima promedio de 1954,2 partes por millón en el vehículo 2, para las dos pruebas restantes se obtuvo un resultado promedio de 2094,9 y 2192,1 partes por millón, siendo todas estas concentraciones peligrosas para la salud humana dado que superan las 1500 ppm.

En la tabla 4-4 se presenta los valores promedio de las concentraciones de monóxido de carbono y dióxido de carbono en los tres diferentes modos de ventilación del vehículo en la zona de pasajeros, de los cuatro vehículos de estudio, que facilita la representación en gráficas de barras y la visualización de la semaforización de los niveles permisibles de estos gases en la calidad del aire.

Tabla 4-4: Promedios de CO y CO2 en la zona de pasajeros

Zona de pasajeros						
N° Vehículo	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	CO (ppm)	CO2 (ppm)	CO (ppm)	CO2 (ppm)	CO (ppm)	CO2 (ppm)
1	2,8	2065,0	2,1	892,8	2,7	3013,5
2	1,0	3099,5	0,7	1359,0	1,2	2320,3
3	1,1	2693,7	1,4	1400,2	2,4	2660,3
4	4,4	2184,1	3,0	635,2	3,5	2306,3

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En la ilustración 15-4 se puede observar la media de las concentraciones de monóxido de carbono durante el modo de ventilación 1, es decir, ventanas cerradas, ventoleras cerradas, A/C apagado.

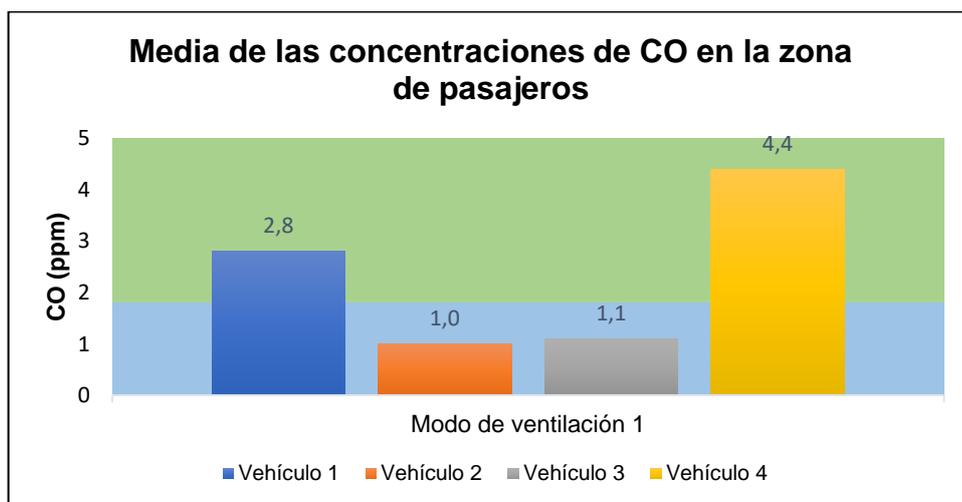


Ilustración 15-4: Media de las concentraciones de CO en la zona del pasajero

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En el primer modo de ventilación se obtuvo como una concentración máxima promedio de CO 4,4 partes por millón, y como concentración mínima promedio 1,0 partes por millón, para las dos pruebas restantes se obtuvo 1,1 y 2,8 partes por millón, alcanzando cantidades de CO moderadas, las cuales son tolerables y seguras para la salud humana. Las concentraciones en esta zona se ven incrementadas en comparación con la zona del conductor, esto debido a la hermeticidad que produce la mampara de separación utilizada en el estudio.

En la ilustración 16-4 se puede observar la media de las concentraciones de dióxido de carbono durante el modo de ventilación 1, es decir, ventanas cerradas, ventoleras cerradas, A/C apagado.

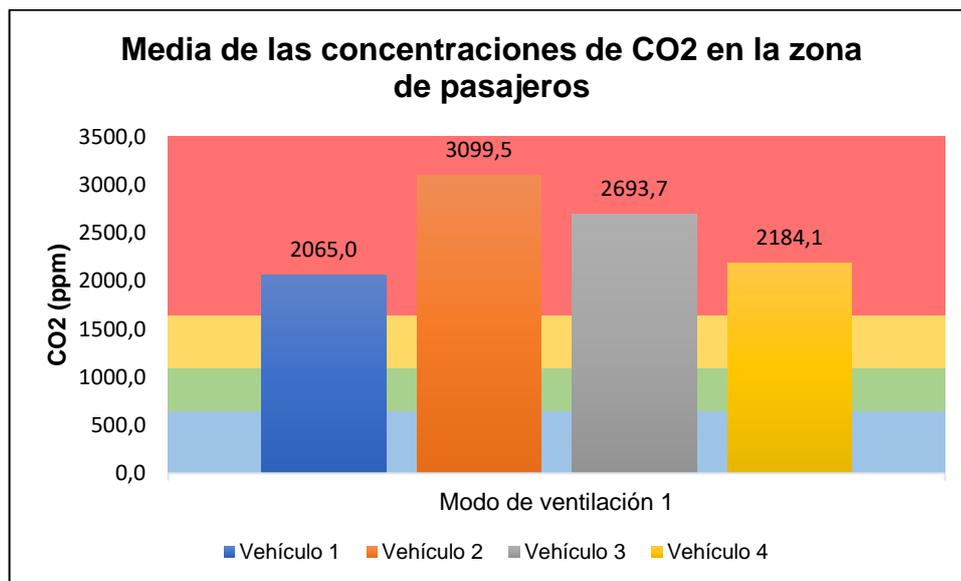


Ilustración 16-4: Media de las concentraciones de CO2 en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En este modo de ventilación se obtuvo una concentración máxima promedio de 3099,5 partes por millón, y una concentración mínima promedio de 2065,1 partes por millón, siendo niveles de CO2 peligrosos para la salud humana puesto que supera las 1500 ppm. Las concentraciones en esta zona se ven disminuidas en comparación con la zona del conductor, esto debido a la hermeticidad que produce la mampara de separación utilizada en el estudio, lo cual no permite que el sistema de climatización actúe de la misma manera en ambas zonas.

En la ilustración 17-4 se puede observar la media de las concentraciones de monóxido de carbono durante el modo de ventilación 2, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido y velocidad del ventilador en 2.

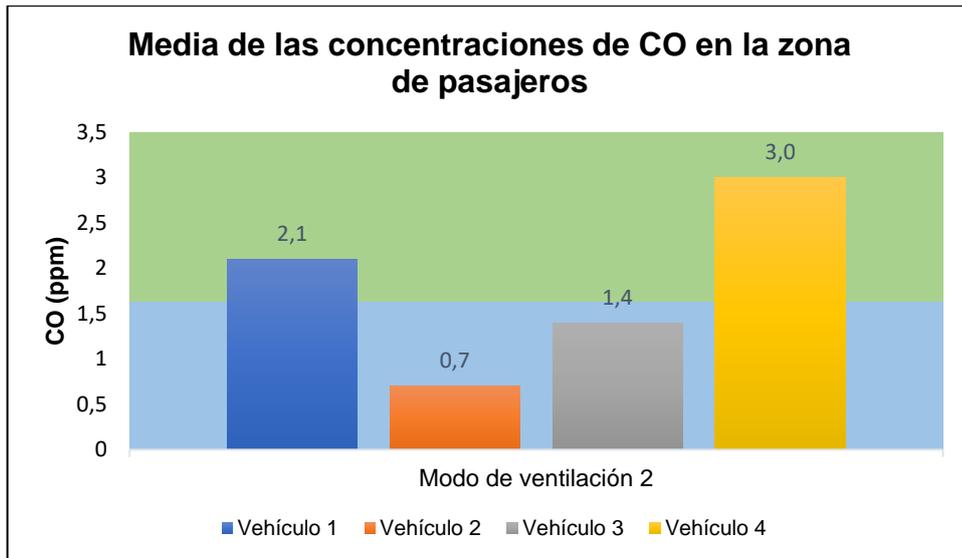


Ilustración 17-4: Media de las concentraciones de CO en la zona del pasajeros

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En este modo de ventilación se obtuvo una concentración máxima promedio 3,0 ppm de CO, y mínima de 0,7 ppm, siendo cantidades moderadas que no afectan la salud de los ocupantes del vehículo, los valores se ven aumentados en la zona de pasajeros debido a la hermeticidad que produce la mampara, lo cual no permite que el sistema de climatización actúe de la misma manera. En la ilustración 18-4 se puede observar la media de las concentraciones de CO₂ durante el modo de ventilación 2, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido y velocidad del ventilador en 2.

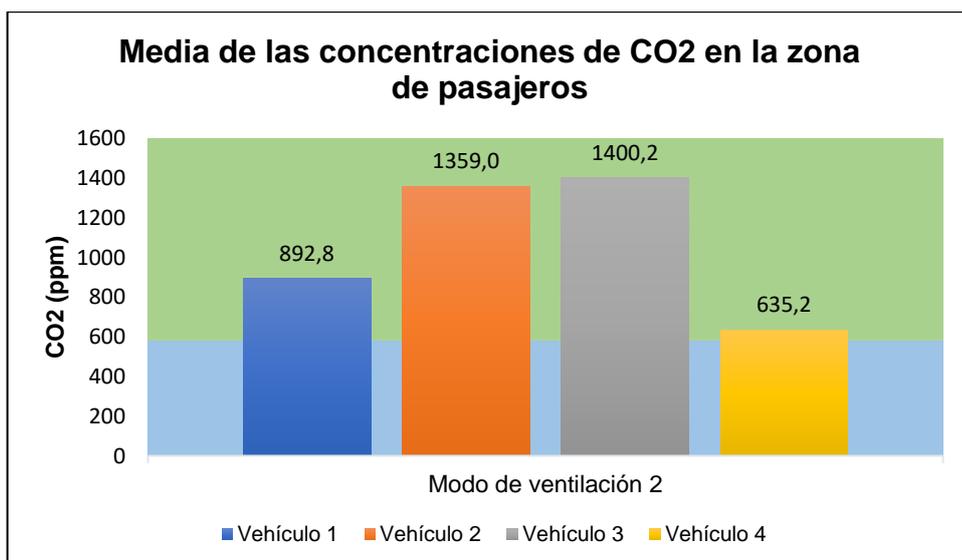


Ilustración 18-4: Media de las concentraciones de CO₂ en la zona del pasajeros

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En este modo de ventilación se obtuvo una concentración máxima promedio de 1400,2 partes por millón, y una concentración mínima promedio de 632,5 partes por millón, siendo cantidades de CO₂ moderadas e inofensivas para la salud humana, las concentraciones en esta zona se ven aumentadas en comparación con la zona del conductor, esto debido a la hermeticidad que produce la mampara de separación utilizada en el estudio, lo cual no permite que el sistema de climatización actúe de la misma manera en ambas zonas.

En la ilustración 19-4 se puede observar la media de las concentraciones de monóxido de carbono durante el modo de ventilación 3, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, recirculación encendida, y velocidad del ventilador en 2.

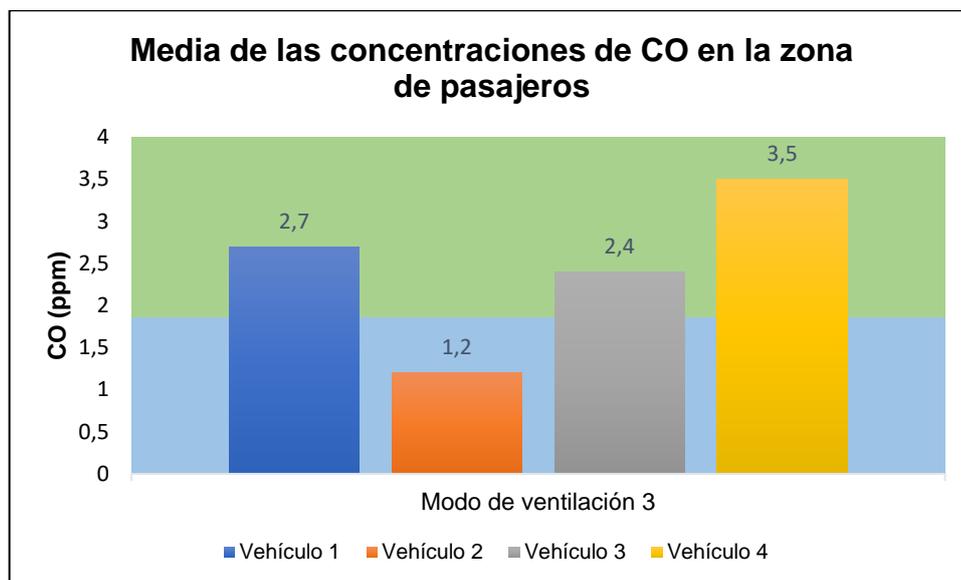


Ilustración 19-4: Media de las concentraciones de CO en la zona del pasajeros

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En este modo de ventilación se obtuvo una concentración máxima promedio de 3,5 partes por millón, y una concentración mínima promedio de 1,2 partes por millón, siendo cantidades moderadas de CO, una vez más seguras para la salud humana, las concentraciones en esta zona son similares en comparación con la zona del conductor.

En la ilustración 20-4 se puede observar la media de las concentraciones de dióxido de carbono durante el modo de ventilación 3, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, recirculación encendida, y velocidad del ventilador en 2.

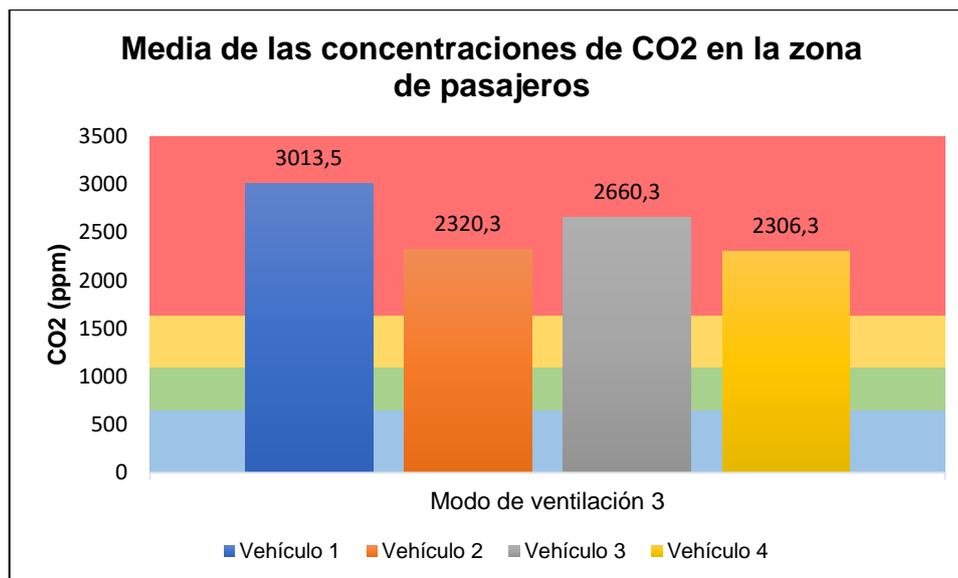


Ilustración 20-4: Media de las concentraciones de CO2 en la zona del pasajero

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En este modo de ventilación se obtuvo una concentración máxima promedio de 3013,5 partes por millón, y una concentración mínima promedio de 2306,3 partes por millón, siendo cantidades peligrosas para la salud humana ya que superan las 1500 ppm, las concentraciones en esta zona se ven aumentadas en comparación con la zona del conductor, esto debido a la hermeticidad que produce la mampara de separación utilizada en el estudio, lo cual no permite que el sistema de climatización actúe de la misma manera en ambas zonas.

En la tabla 5-4 se presenta los valores promedio de la humedad relativa y la temperatura del habitáculo en los tres diferentes modos de ventilación del vehículo en la zona del conductor, de los cuatro vehículos de estudio, que facilita la representación en gráficas de barras para su mejor interpretación.

Tabla 5-4: Promedios de la humedad relativa en la zona del conductor

Zona del conductor						
N° Vehículo	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	% rH	°C	% rH	°C	% rH	°C
1	53,0	21,0	30,0	21,0	38,8	17,5
2	60,6	23,9	38,2	24,8	33,8	29,8
3	61,3	24,2	34,5	27,2	27,5	33,3
4	56,6	22,8	38,2	25,4	35,2	29,2

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En la ilustración 21-4 se puede observar la media de la variación de la humedad relativa de los cuatro vehículos de estudio en los tres modos de ventilación analizados.

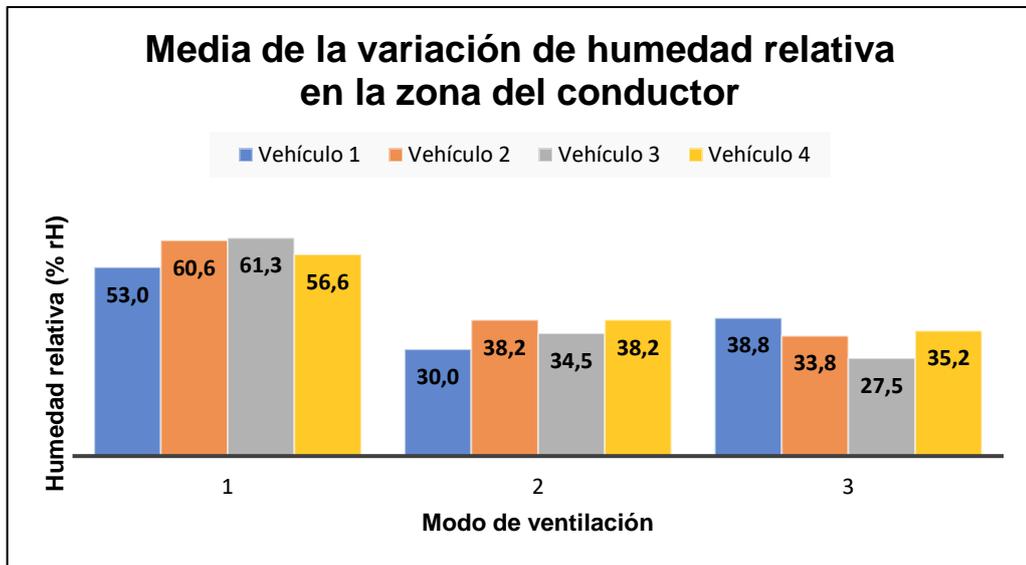


Ilustración 21-4: Media de las concentraciones de humedad relativa en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

La media de la humedad relativa en la zona del conductor presenta un comportamiento análogo para cada modo de ventilación e los cuatro vehículos de estudio lo que nos ayuda a corroborar que las pruebas se llevaron a cabo en similares condiciones climáticas del exterior por lo tanto no existe diferencia significativa que ponga en duda la confiabilidad de la información recabada. En la ilustración 22-4 se puede observar la media de la variación de la temperatura de los cuatro vehículos de estudio en los tres modos de ventilación analizados.

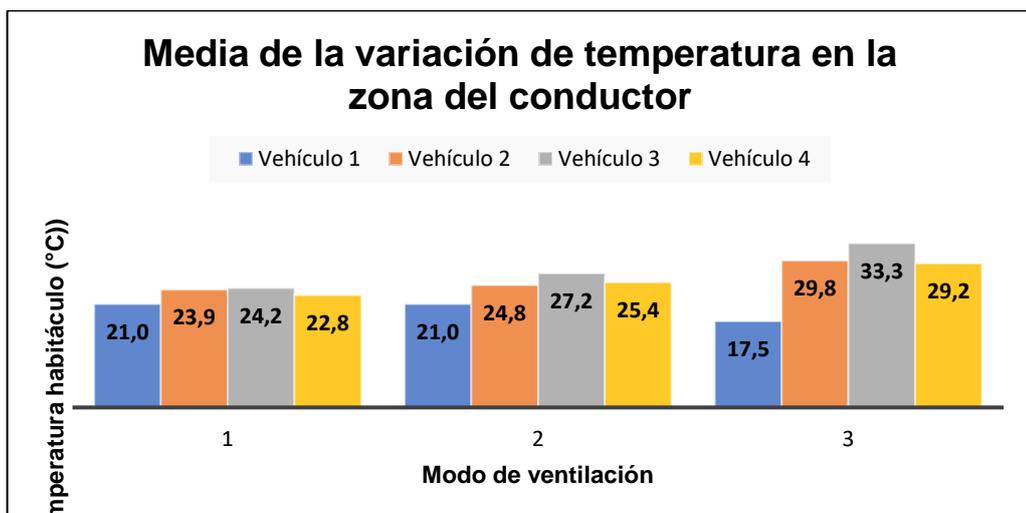


Ilustración 22-4: Media de las concentraciones de humedad relativa en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

La temperatura en la zona del conductor presenta un comportamiento similar en los cuatro vehículos para cada modo de ventilación lo que nos indica que las pruebas se llevaron a cabo en similares condiciones climáticas del exterior por lo tanto no existe diferencia significativa que ponga en duda la confiabilidad de la información recabada, sin embargo, existe una disminución significativa en los valores de temperatura en el vehículo 1 durante el tercer modo de ventilación como se evidenció de igual manera en la ilustración 7-4.

En la tabla 6-4 se presenta los valores promedio de la humedad relativa y la temperatura del habitáculo en los tres diferentes modos de ventilación del vehículo en la zona de pasajeros, de los cuatro vehículos de estudio, que facilita la representación en gráficas de barras para su mejor interpretación.

Tabla 6-4: Promedios de la humedad relativa en la zona de pasajeros

Zona de pasajeros						
N° Vehículo	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	% rH	°C	% rH	°C	% rH	°C
1	38,6	19,4	43,6	19,9	34,4	20,6
2	43,8	33,7	36,7	30,7	36,1	34,6
3	44,0	33,3	33,9	35,0	37,5	37,0
4	34,3	42,2	29,3	36,7	35,3	36,5

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En la ilustración 23-4 se puede observar la media de la variación de la humedad relativa de los cuatro vehículos de estudio en los tres modos de ventilación analizados.

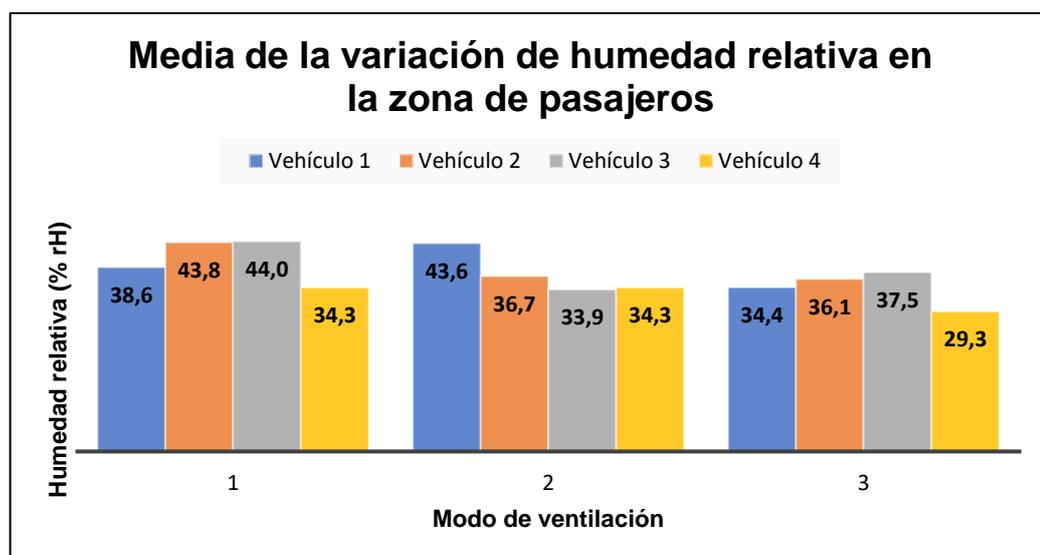


Ilustración 23-4: Media de las concentraciones de humedad relativa en la zona del pasajeros

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

El comportamiento de la humedad relativa en la zona de pasajeros es más estable que en la zona del conductor, teniendo valores similares en los diferentes modos de ventilación, esto se atribuye a la mampara de separación que divide las dos zonas del habitáculo del vehículo impidiendo que el sistema de climatización actúe de la misma manera en ambas zonas.

En la ilustración 24-4 se puede observar la media de la variación de la temperatura de los cuatro vehículos de estudio en los tres modos de ventilación analizados.

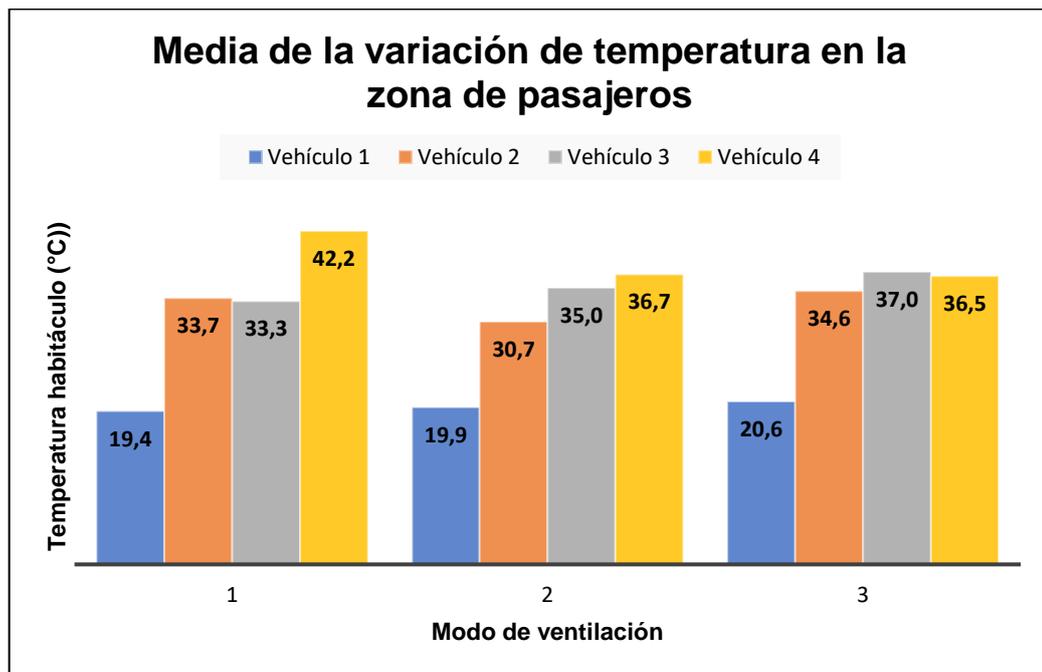


Ilustración 24-4: Media de las concentraciones de temperatura en la zona del pasajeros

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En este punto la temperatura en la zona de los pasajeros tiende a subir, ya que la mampara de separación al estar dividiendo el habitáculo del vehículo también restringe el pase de ventilación y aísla a la zona de pasajeros, por lo que la temperatura en esta zona suele mantenerse e incluso sube unos grados en lugar de disminuir.

En la tabla 7-4 se presenta los valores promedio de las concentraciones de monóxido de carbono, dióxido de carbono, humedad relativa y la temperatura del habitáculo en las zonas del conductor y de pasajeros, de los cuatro vehículos de estudio, que facilita la representación en gráficas de barras y facilita la interpretación de la influencia de la mampara.

Tabla 7-4: Promedios de CO y CO2 en las dos zonas analizadas

Vehículo	Zona del conductor				Zona de pasajeros			
	CO (ppm)	CO2 (ppm)	% rH	°C	CO (ppm)	CO2 (ppm)	% rH	°C
1	1,5	1892,1	40,5	19,9	1,9	1492,8	29,2	15,0

2	0,7	1808,4	44,2	26,2	1,0	2259,6	38,9	33,0
3	1,1	2008,3	41,1	28,2	1,7	2251,4	38,5	35,1
4	2,0	1619,4	43,3	25,8	3,6	1708,5	33,0	38,5

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En la ilustración 25-4 se puede observar la media de la concentración de monóxido de carbono de los cuatro vehículos de estudio en las dos zonas de medición.

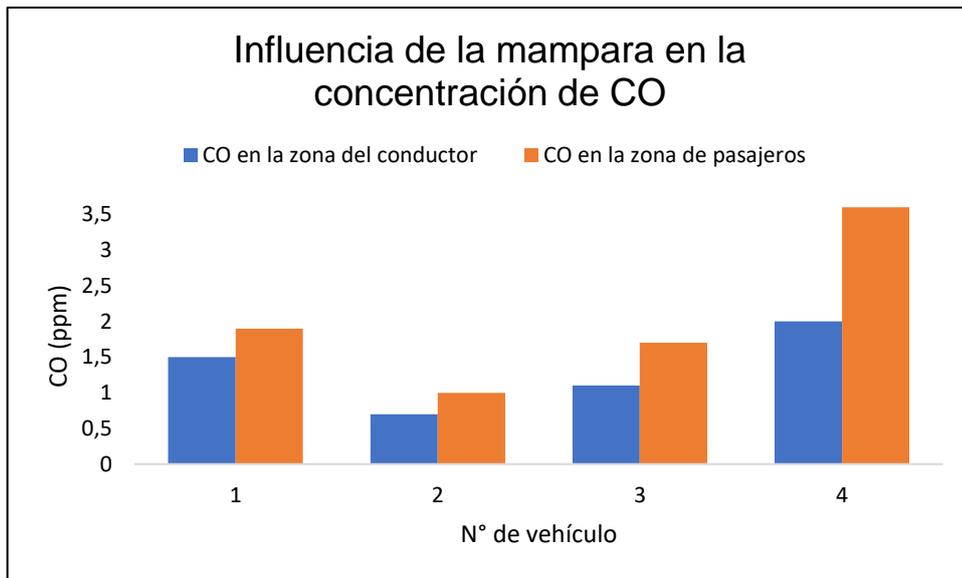


Ilustración 25-4: Influencia de la manpara de separacion en la concentracion de CO

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Las concentraciones de monóxido de carbono en la zona de pasajeros son superiores a las encontradas en la zona del conductor corroborando la influencia que tiene la mampara de separación impidiendo el paso de esta y otras partículas presentes en el aire hacia la zona posterior del vehículo, en un tiempo más prolongado a los 30 minutos estas concentraciones podrían llegar a ser perjudiciales para la salud de los ocupantes.

En la ilustración 26-4 se puede observar la media de la concentración de dióxido de carbono de los cuatro vehículos de estudio en las dos zonas de medición.

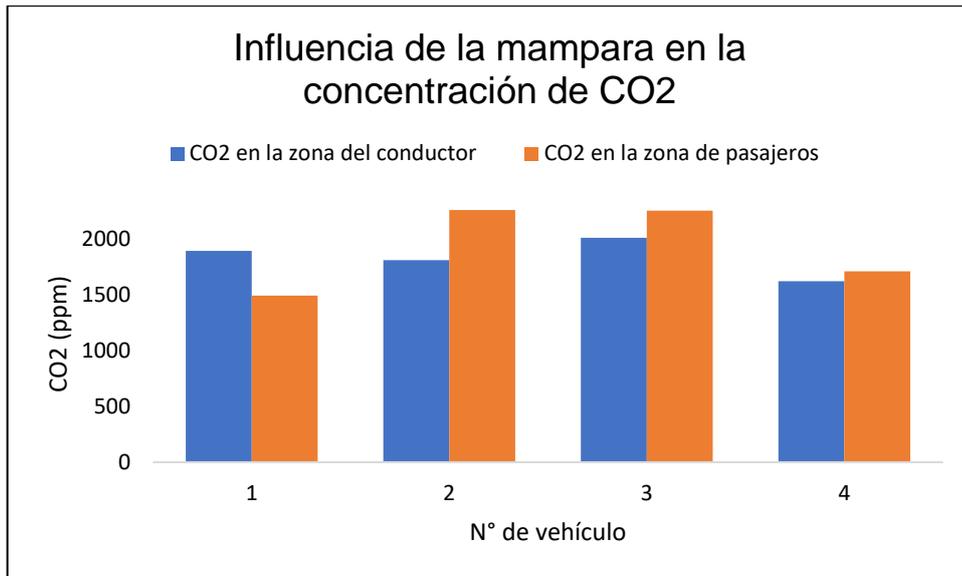


Ilustración 26-4: Influencia de la manpara de separacion en la concentracion de CO2

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Con respecto al dióxido de carbono se puede evidenciar que en 3 de las 4 pruebas realizadas su concentración es mayor en la zona de los pasajeros, siendo una vez más la mampara de separación la variable que influye en la concentración de este gas.

En la ilustración 27-4 se puede observar la media de la concentración de la humedad relativa de los cuatro vehiculos de estudio en las dos zonas de medición.

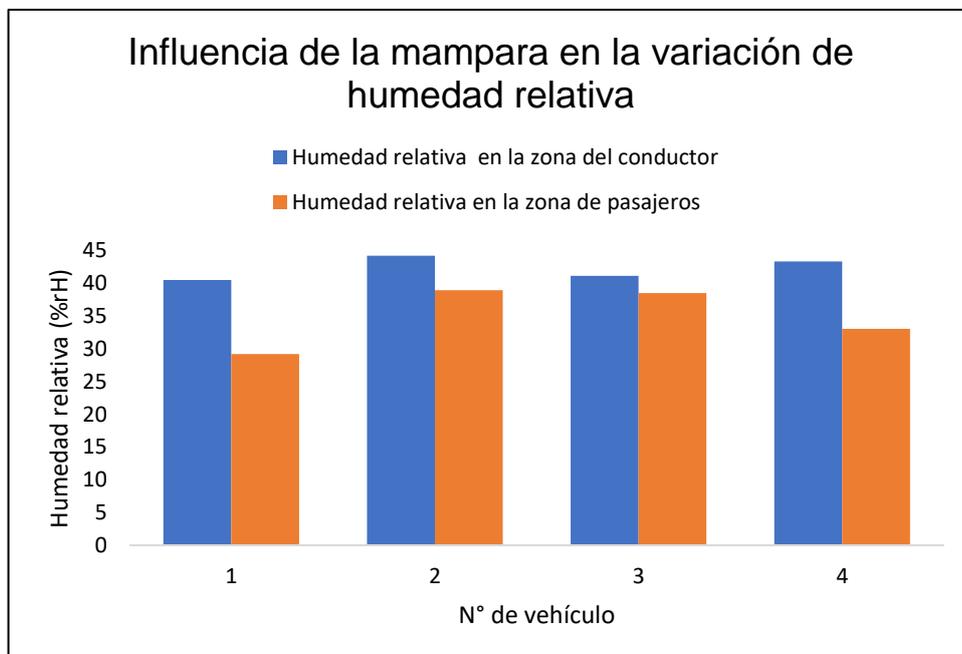


Ilustración 27-4: Influencia de la manpara de separacion en la concentracion de humedad relativa

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

La humedad relativa evidentemente es mayor en la zona del conductor que en la zona de los pasajeros en los 4 vehículos de estudio, una vez más este comportamiento se atribuye a la mampara de separación.

En la ilustración 28-4 se puede observar la media de la concentración de temperatura de los cuatro vehículos de estudio en las dos zonas de medición.

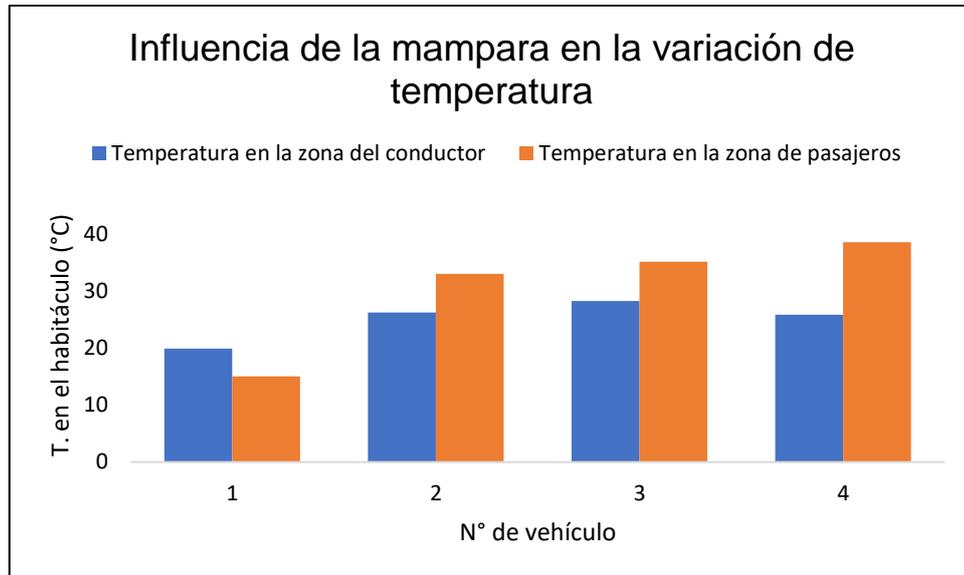


Ilustración 28-4: Influencia de la mampara de separación en la concentración de temperatura

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En 3 de los 4 vehículos analizados se puede observar una mayor temperatura en la zona de pasajeros, en el vehículo en el cual la tendencia es contraria se puede atribuir este comportamiento a las condiciones climatológicas externas.

4.6. Correlación lineal de Pearson entre humedad relativa y monóxido de carbono en la zona del conductor

En la tabla 8-4 se presenta los valores resultantes de la correlación de Pearson y el porcentaje de variabilidad entre el monóxido de carbono y la humedad relativa para cada modo de ventilación en la zona del conductor.

Tabla 8-4: Coeficiente de Pearson entre CO-humedad relativa en zona del conductor

	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad
Vehículo 1	-0,93	0,87	-0,25	0,06	-0,78	0,61

Vehículo 2	-0,76	0,58	0,36	0,13	-0,82	0,67
Vehículo 3	-0,94	0,88	-0,30	0,09	0,03	0,00
Vehículo 4	-0,95	0,90	-0,64	0,42	-0,14	0,02
PROMEDIO	-0,90	0,81	-0,21	0,17	-0,43	0,33

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En la ilustración 29-4 se muestra la correlación de Pearson entre el monóxido de carbono y la humedad relativa para cada vehículo en los tres modos de ventilación en la zona del conductor, V1 hace referencia al vehículo 1, V2 al vehículo 2 y así sucesivamente, las gráficas de color azul corresponden al modo de ventilación 1, las gráficas en color naranja al modo de ventilación 2 y las gráficas en gris al modo de ventilación 3. En cada uno se aprecia además el coeficiente de correlación encontrado mediante el software libre excel.

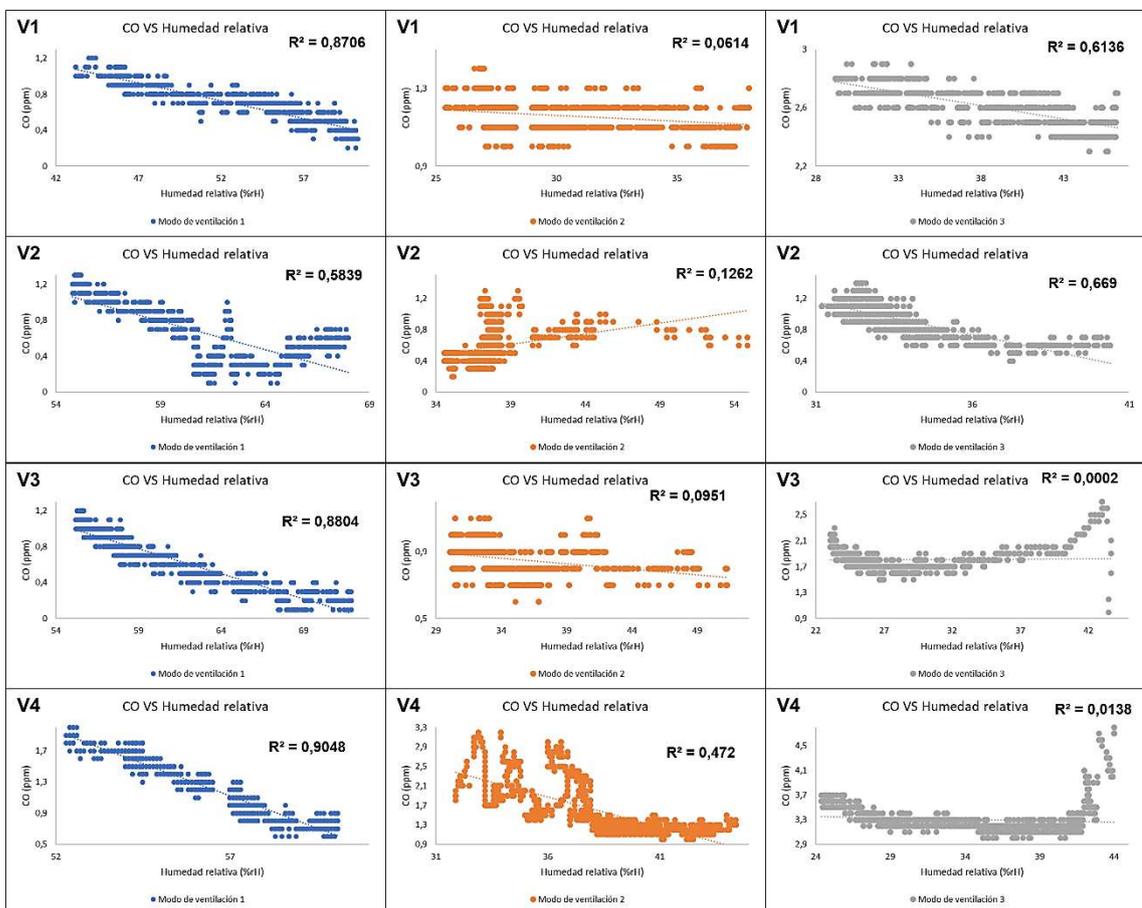


Ilustración 29-4: Correlacion entre monoxido de carbono y humedad relativa en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Para el modo de ventilación 1, es decir, ventanas cerradas, ventoleras cerradas y A/C apagado, existe una correlación lineal inversa, esto quiere decir que mientras la variable de humedad relativa aumenta, las partículas por millón de monóxido de carbono disminuyen. La variabilidad de

correlación para este modo de ventilación es del 81%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es fuerte.

Para el modo de ventilación 2, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal inversa, esto quiere decir que mientras la variable de humedad relativa aumenta, las partículas por millón de monóxido de carbono disminuyen. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 17%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es débil.

Para el modo de ventilación 3, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, recirculación encendida, y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal inversa, esto quiere decir que mientras la variable de humedad relativa aumenta, las partículas por millón de monóxido de carbono disminuyen. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 33%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es moderada.

4.7. Correlación lineal de Pearson entre humedad relativa y monóxido de carbono en la zona de pasajeros

En la tabla 9 – 4 se presenta los valores resultantes de la correlación de Pearson y el porcentaje de variabilidad entre el monóxido de carbono y la humedad relativa para cada modo de ventilación en la zona de pasajeros.

Tabla 9-4: Coeficiente de Pearson entre CO-humedad relativa en la zona de pasajeros.

	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad
Vehículo 1	0,84	0,70	-0,26	0,07	-0,25	0,06
Vehículo 2	0,94	0,88	-0,86	0,75	-0,28	0,08
Vehículo 3	0,94	0,89	-0,49	0,24	0,03	0,00
Vehículo 4	0,99	0,98	-0,55	0,31	-0,96	0,92
PROMEDIO	0,93	0,86	-0,54	0,34	-0,37	0,27

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En la ilustración 30-4 se muestra la correlación de Pearson entre el monóxido de carbono y la humedad relativa para cada vehículo en los tres modos de ventilación en la zona de pasajeros, V1 hace referencia al vehículo 1, V2 al vehículo 2 y así sucesivamente, las gráficas de color azul corresponden al modo de ventilación 1, las gráficas en color naranja al modo de ventilación 2 y

las gráficas en gris al modo de ventilación 3. En cada uno se aprecia además el coeficiente de correlación encontrado mediante el software libre excel.

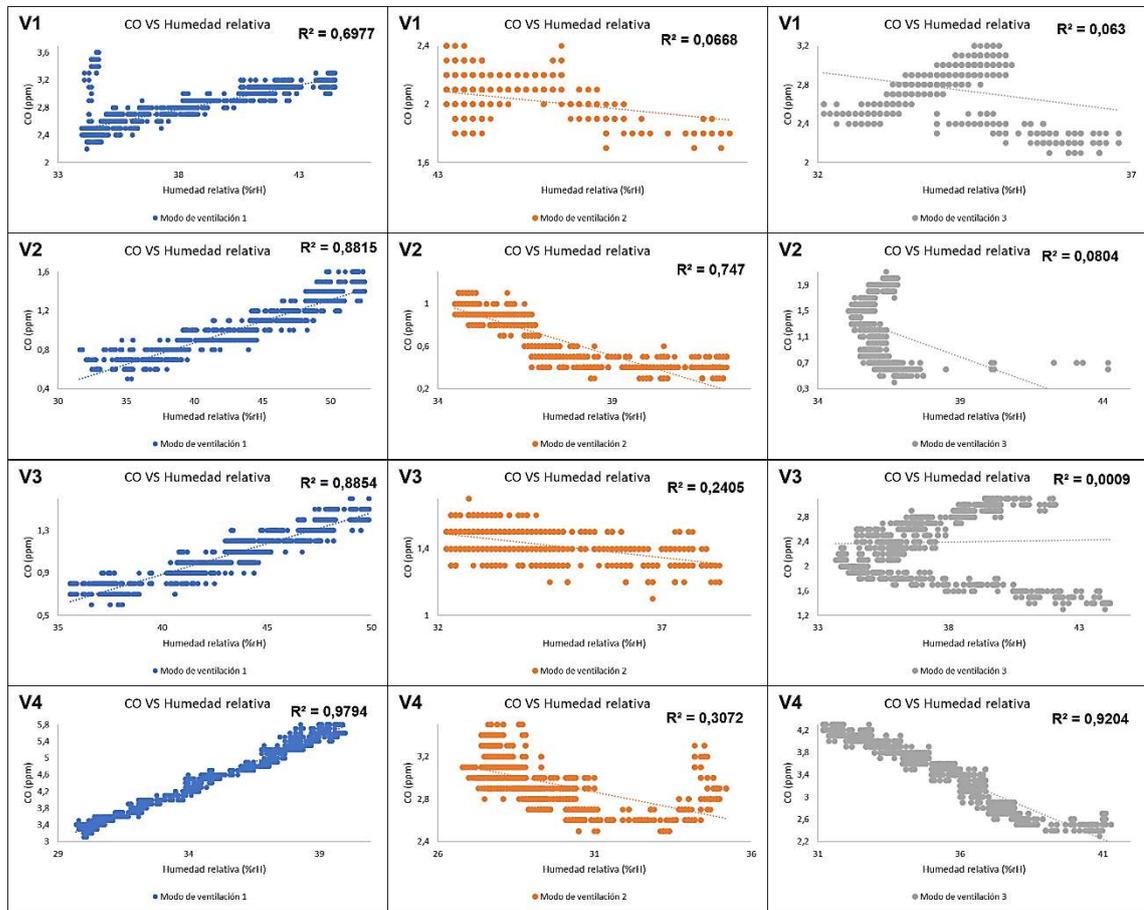


Ilustración 30-4: Correlacion entre monoxido de carbono y humedad relativa en la zona de pasajeros

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Para el modo de ventilación 1, es decir, ventanas cerradas, ventoleras cerradas y A/C apagado, existe una correlación lineal directa, esto quiere decir que mientras la variable de humedad relativa aumenta, las partículas por millón de monóxido de carbono también aumentan. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 86%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es fuerte.

Para el modo de ventilación 2, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal inversa, esto quiere decir que mientras la variable de humedad relativa aumenta, las partículas por millón de monóxido de carbono disminuyen. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 34%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es moderada.

Para el modo de ventilación 3, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, recirculación encendida, y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal inversa, esto quiere decir que mientras la variable de humedad relativa aumenta, las partículas por millón

de monóxido de carbono disminuyen. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 27%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es débil.

4.8. Correlación lineal de Pearson entre humedad relativa y dióxido de carbono en la zona del conductor

En la tabla 10 – 4 se presenta los valores resultantes de la correlación de Pearson y el porcentaje de variabilidad entre el dióxido de carbono y la humedad relativa para cada modo de ventilación en la zona del conductor.

Tabla 10-4: Coeficiente de Pearson entre CO2-humedad relativa en la zona del conductor.

	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad
Vehículo 1	-0,99	0,97	-0,28	0,08	-0,95	0,91
Vehículo 2	-0,99	0,98	0,61	0,38	-0,85	0,73
Vehículo 3	-0,96	0,92	-0,40	0,16	-0,89	0,79
Vehículo 4	-0,95	0,89	0,26	0,07	-0,95	0,91
PROMEDIO	-0,97	0,94	0,05	0,17	-0,91	0,83

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En la ilustración 31-4 se muestra la correlación de Pearson entre el monóxido de carbono y la humedad relativa para cada vehículo en los tres modos de ventilación, V1 hace referencia al vehículo 1, V2 al vehículo 2 y así sucesivamente, las gráficas de color azul corresponden al modo de ventilación 1, las gráficas en color naranja al modo de ventilación 2 y las gráficas en gris al modo de ventilación 3. En cada uno se aprecia además el coeficiente de correlación encontrado mediante el software libre excel.

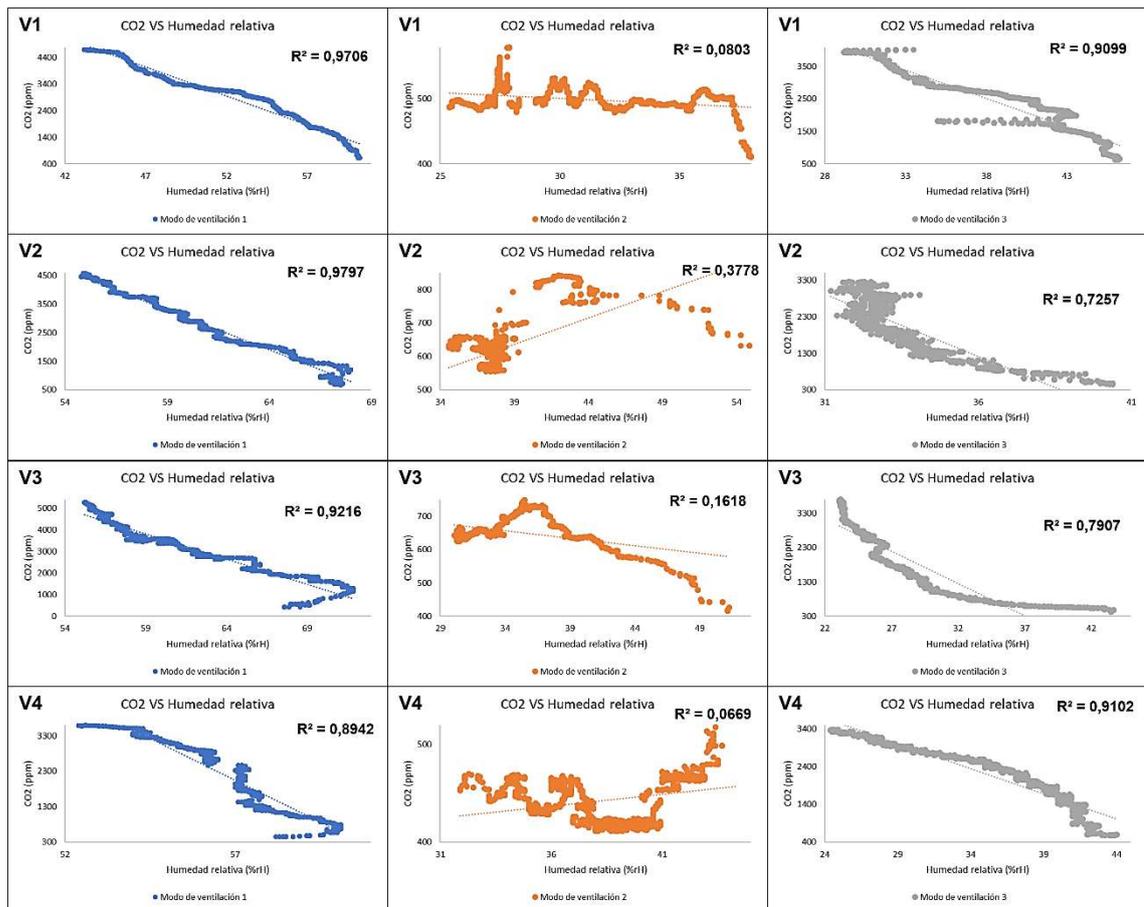


Ilustración 31-4: Correlacion entre dióxido de carbono y humedad relativa en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Para el modo de ventilación 1, es decir, ventanas cerradas, ventoleras cerradas y A/C apagado, existe una correlación lineal inversa, esto quiere decir que mientras la variable de humedad relativa aumenta, las partículas por millón de dióxido de carbono disminuyen. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 94%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es fuerte.

Para el modo de ventilación 2, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal directa, esto quiere decir que mientras la variable de humedad relativa aumenta, las partículas por millón de dióxido de carbono también aumentan. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 17%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es débil.

Para el modo de ventilación 3, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, recirculación encendida, y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal inversa, esto quiere decir que mientras la variable de humedad relativa aumenta, las partículas por millón de dióxido de carbono disminuyen. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 83%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es fuerte.

4.9. Correlación lineal de Pearson entre humedad relativa y dióxido de carbono en la zona de pasajeros

En la tabla 11- 4 se presenta los valores resultantes de la correlación de Pearson y el porcentaje de variabilidad entre el dióxido de carbono y la humedad relativa para cada modo de ventilación en la zona de pasajeros.

Tabla 11-4: Coeficiente de Pearson y variabilidad entre el dióxido de carbono y la humedad relativa en la zona de pasajeros.

	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad
Vehículo 1	0,98	0,97	-0,36	0,13	-0,18	0,03
Vehículo 2	0,99	0,99	-0,97	0,94	-0,28	0,08
Vehículo 3	0,98	0,97	-0,82	0,67	0,18	0,03
Vehículo 4	0,99	0,99	-0,84	0,71	-0,98	0,97
PROMEDIO	0,99	0,98	-0,75	0,61	-0,31	0,28

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En la ilustración 32-4 se muestra la correlación de Pearson entre el dióxido de carbono y la humedad relativa para cada vehículo en los tres modos de ventilación, V1 hace referencia al vehículo 1, V2 al vehículo 2 y así sucesivamente, las gráficas de color azul corresponden al modo de ventilación 1, las gráficas en color naranja al modo de ventilación 2 y las gráficas en gris al modo de ventilación 3. En cada uno se aprecia además el coeficiente de correlación encontrado mediante el software libre excel.

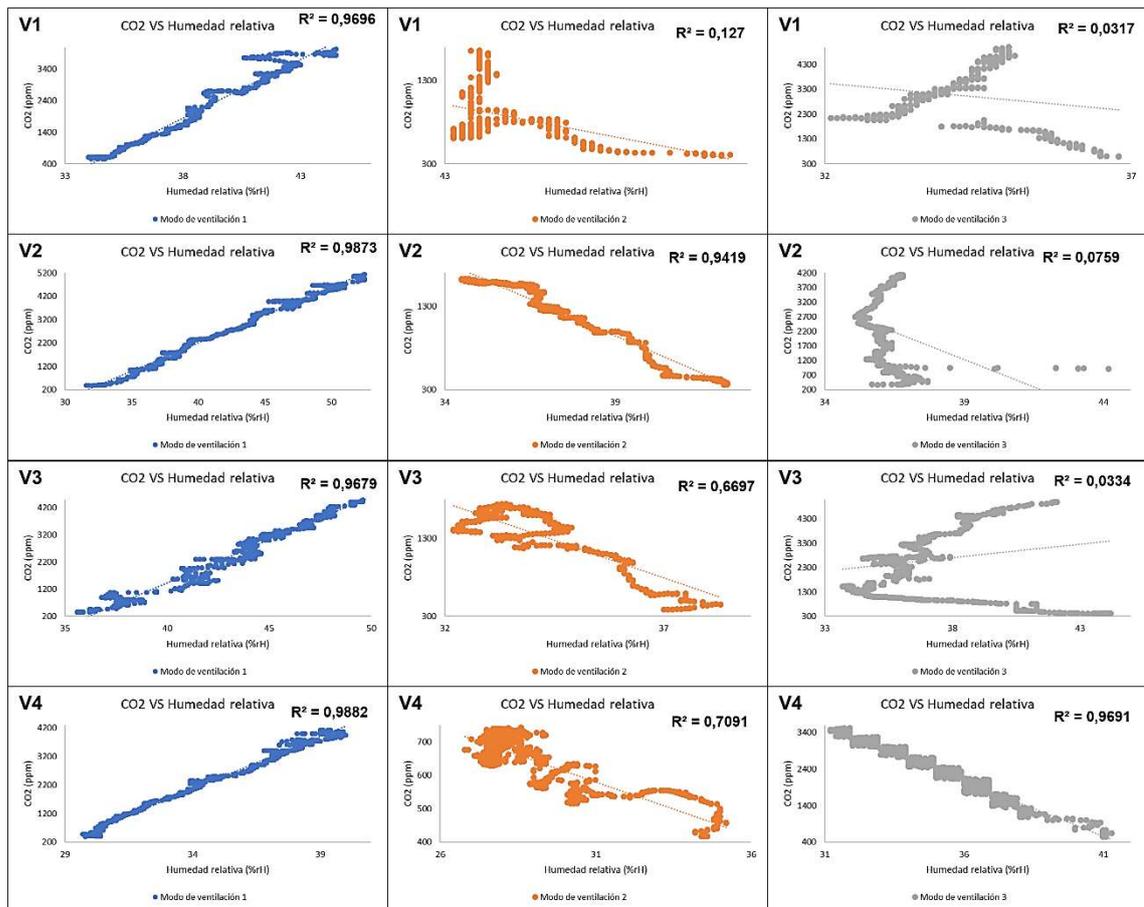


Ilustración 32-4: Correlacion entre dióxido de carbono y humedad relativa en la zona de pasajeros

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Para el modo de ventilación 1, es decir, ventanas cerradas, ventoleras cerradas y A/C apagado, existe una correlación lineal directa, esto quiere decir que mientras la variable de humedad relativa aumenta, las partículas por millón de dióxido de carbono también aumentan. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 99%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es fuerte.

Para el modo de ventilación 2, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal inversa, esto quiere decir que mientras la variable de humedad relativa aumenta, las partículas por millón de dióxido de carbono disminuyen. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 61%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es fuerte.

Para el modo de ventilación 3, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, recirculación encendida, y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal inversa, esto quiere decir que mientras la variable de humedad relativa aumenta, las partículas por millón de dióxido de carbono disminuyen. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 28%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es débil.

4.10. Correlación lineal de Pearson entre temperatura y monóxido de carbono en la zona del conductor

En la tabla 12-4 se presenta los valores resultantes de la correlación de Pearson y el porcentaje de variabilidad entre el monóxido de carbono y la temperatura para cada modo de ventilación en la zona del conductor.

Tabla 12-4: Coeficiente de Pearson y variabilidad entre el monóxido de carbono y la temperatura en la zona del conductor

	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad
Vehículo 1	0,94	0,88	-0,23	0,05	-0,69	0,47
Vehículo 2	0,78	0,61	-0,38	0,14	0,87	0,76
Vehículo 3	0,96	0,92	0,35	0,12	0,23	0,05
Vehículo 4	0,96	0,92	0,67	0,44	-0,12	0,02
PROMEDIO	0,91	0,83	0,10	0,19	0,07	0,33

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En la ilustración 33-4 se muestra la correlación de Pearson entre el monóxido de carbono y la temperatura para cada vehículo en los tres modos de ventilación, V1 hace referencia al vehículo 1, V2 al vehículo 2 y así sucesivamente, las gráficas de color azul corresponden al modo de ventilación 1, las gráficas en color naranja al modo de ventilación 2 y las gráficas en gris al modo de ventilación 3. En cada uno se aprecia además el coeficiente de correlación encontrado mediante el software libre excel.

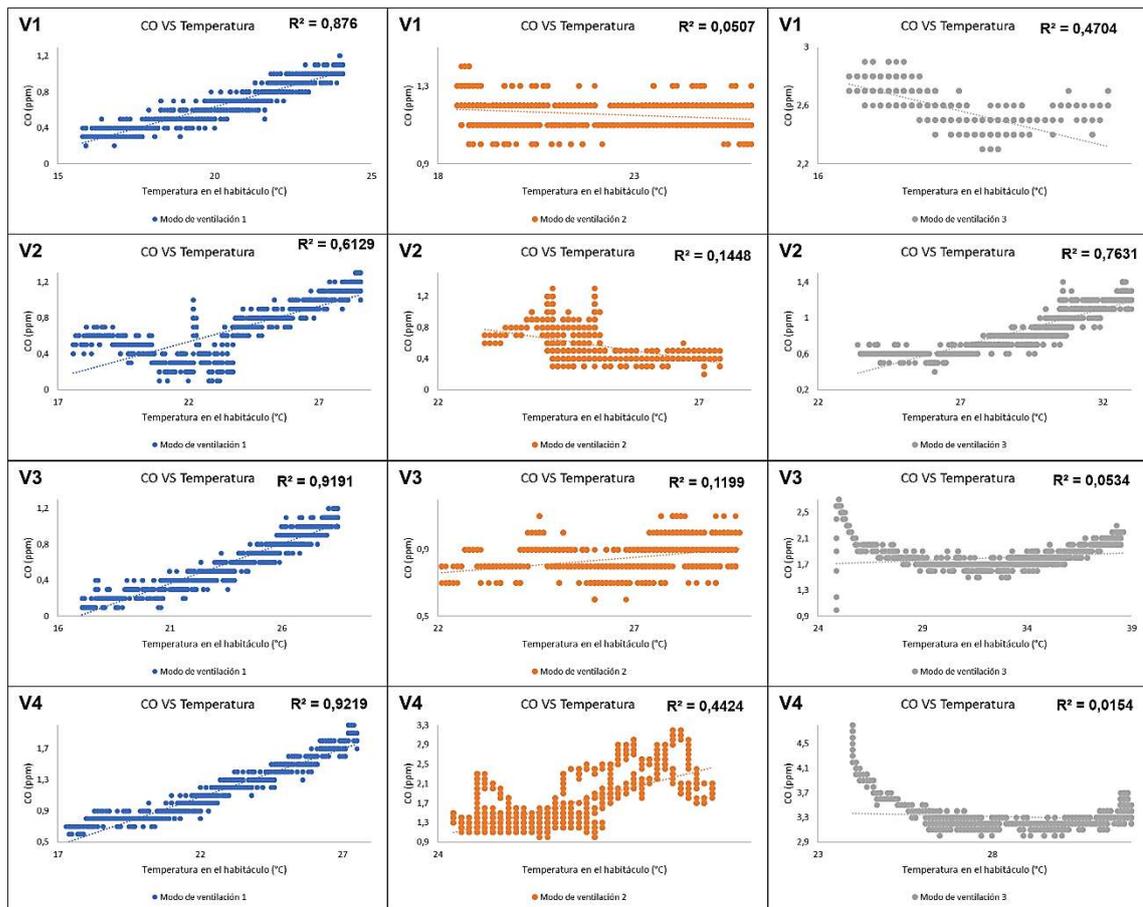


Ilustración 33-4: Correlacion entre monoxido de carbono y temperatura en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Para el modo de ventilación 1, es decir, ventanas cerradas, ventoleras cerradas y A/C apagado, existe una correlación lineal directa, esto quiere decir que mientras la variable de temperatura aumenta, las partículas por millón de monóxido de carbono también aumentan. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 83%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es fuerte.

Para el modo de ventilación 2, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal directa, esto quiere decir que mientras la variable de temperatura aumenta, las partículas por millón de monóxido de carbono también aumentan. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 19%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es débil.

Para el modo de ventilación 3, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, recirculación encendida, y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal directa, esto quiere decir que mientras la variable de temperatura aumenta, las partículas por millón de monóxido de carbono también aumentan. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 33%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es moderada.

4.11. Correlación lineal de Pearson entre temperatura y monóxido de carbono en la zona de pasajeros

En la tabla 13-4 se presenta los valores resultantes de la correlación de Pearson y el porcentaje de variabilidad entre el monóxido de carbono y temperatura para cada modo de ventilación en la zona de pasajeros.

Tabla 13-4: Coeficiente de Pearson y variabilidad entre el monóxido de carbono y temperatura en la zona de pasajeros.

	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad
Vehículo 1	0,78	0,61	0,56	0,32	0,93	0,87
Vehículo 2	0,93	0,87	0,90	0,80	0,92	0,85
Vehículo 3	0,91	0,83	0,52	0,27	0,97	0,95
Vehículo 4	0,92	0,85	0,56	0,32	0,94	0,89
PROMEDIO	0,89	0,79	0,64	0,43	0,94	0,89

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En la ilustración 34-4 se muestra la correlación de Pearson entre el monóxido de carbono y la temperatura para cada vehículo en los tres modos de ventilación, V1 hace referencia al vehículo 1, V2 al vehículo 2 y así sucesivamente, las gráficas de color azul corresponden al modo de ventilación 1, las gráficas en color naranja al modo de ventilación 2 y las gráficas en gris al modo de ventilación 3. En cada uno se aprecia además el coeficiente de correlación encontrado mediante el software libre excel.

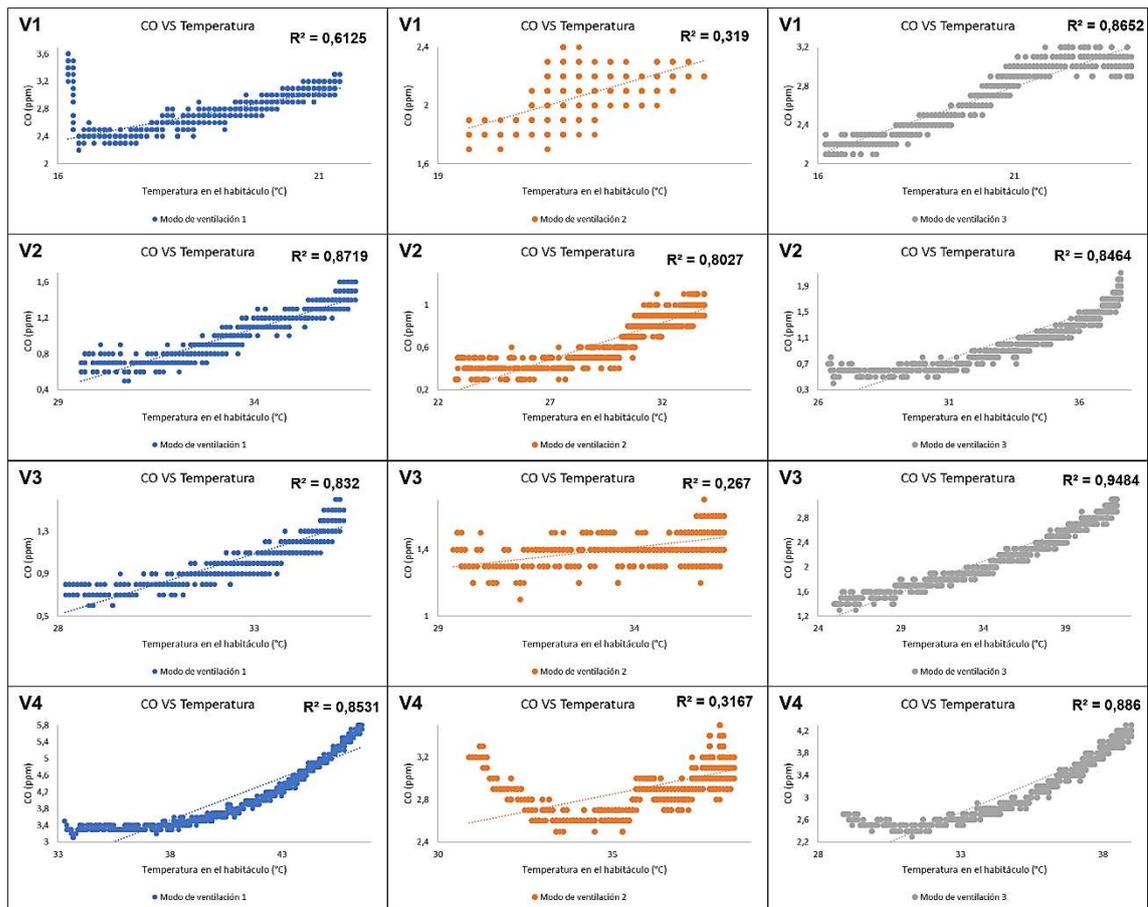


Ilustración 34-4: Correlacion entre monoxido de carbono y temperatura en la zona de pasajeros

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Para el modo de ventilación 1, es decir, ventanas cerradas, ventoleras cerradas y A/C apagado, existe una correlación lineal directa, esto quiere decir que mientras la variable de temperatura aumenta, las partículas por millón de monóxido de carbono también aumentan. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 79%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es fuerte.

Para el modo de ventilación 2, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal directa, esto quiere decir que mientras la variable de temperatura aumenta, las partículas por millón de monóxido de carbono también se incrementan. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 43%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es moderada.

Para el modo de ventilación 3, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, recirculación encendida, y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal directa, esto quiere decir que mientras la variable de temperatura aumenta, las partículas por millón de monóxido de carbono también aumentan. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 89%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es fuerte.

4.12. Correlación lineal de Pearson entre temperatura y dióxido de carbono en la zona del conductor

En la tabla 14-4 se presenta los valores resultantes de la correlación de Pearson y el porcentaje de variabilidad entre el dióxido de carbono y la temperatura para cada modo de ventilación en la zona del conductor.

Tabla 14-4: Coeficiente de Pearson y variabilidad entre el dióxido de carbono y la temperatura en la zona del conductor.

	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad
Vehículo 1	0,99	0,98	-0,24	0,06	-0,96	0,92
Vehículo 2	1,00	1,00	0,11	0,01	0,92	0,84
Vehículo 3	0,99	0,98	0,26	0,07	0,98	0,96
Vehículo 4	0,98	0,97	0,25	0,06	0,97	0,95
PROMEDIO	0,99	0,98	0,10	0,05	0,48	0,92

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En la ilustración 35-4 se muestra la correlación de Pearson entre el dióxido de carbono y la temperatura para cada vehículo en los tres modos de ventilación, V1 hace referencia al vehículo 1, V2 al vehículo 2 y así sucesivamente, las gráficas de color azul corresponden al modo de ventilación 1, las gráficas en color naranja al modo de ventilación 2 y las gráficas en gris al modo de ventilación 3. En cada uno se aprecia además el coeficiente de correlación encontrado mediante el software libre excel.

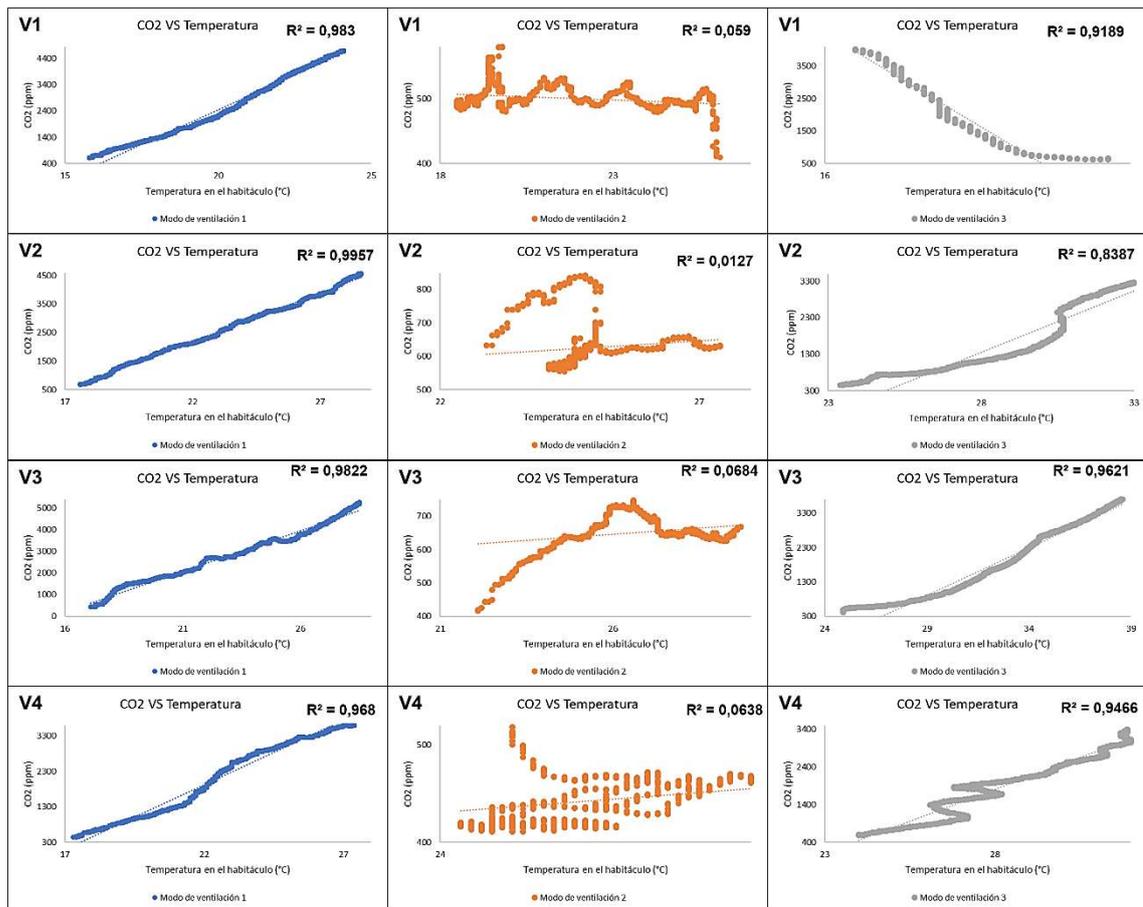


Ilustración 35-4: Correlacion entre dióxido de carbono y temperatura en la zona del conductor

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Para el modo de ventilación 1, es decir, ventanas cerradas, ventoleras cerradas y A/C apagado, existe una correlación lineal directa, esto quiere decir que mientras la variable de temperatura aumenta, las partículas por millón de monóxido de carbono también aumentan. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 98%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es fuerte.

Para el modo de ventilación 2, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal directa, esto quiere decir que mientras la variable de temperatura aumenta, las partículas por millón de monóxido de carbono también aumentan. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 5%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es débil.

Para el modo de ventilación 3, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, recirculación encendida, y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal directa, esto quiere decir que mientras la variable de temperatura aumenta, las partículas por millón de monóxido de carbono también aumentan. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 92%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es fuerte.

4.13. Correlación lineal de Pearson entre temperatura y dióxido de carbono en la zona de pasajeros

En la tabla 15-4 se presenta los valores resultantes de la correlación de Pearson y el porcentaje de variabilidad entre el dióxido de carbono y la temperatura para cada modo de ventilación en la zona de pasajeros.

Tabla 15-4: Coeficiente de Pearson y variabilidad entre el dióxido de carbono y la temperatura en la zona de pasajeros.

	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad
Vehículo 1	0,95	0,91	0,81	0,66	0,99	0,97
Vehículo 2	0,98	0,97	0,97	0,94	0,95	0,90
Vehículo 3	0,96	0,92	0,98	0,97	0,94	0,88
Vehículo 4	0,95	0,90	0,91	0,82	0,96	0,93
PROMEDIO	0,96	0,92	0,92	0,85	0,96	0,92

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En la ilustración 36-4 se muestra la correlación de Pearson entre el dióxido de carbono y la temperatura para cada vehículo en los tres modos de ventilación, V1 hace referencia al vehículo 1, V2 al vehículo 2 y así sucesivamente, las gráficas de color azul corresponden al modo de ventilación 1, las gráficas en color naranja al modo de ventilación 2 y las gráficas en gris al modo de ventilación 3. En cada uno se aprecia además el coeficiente de correlación encontrado mediante el software libre excel.

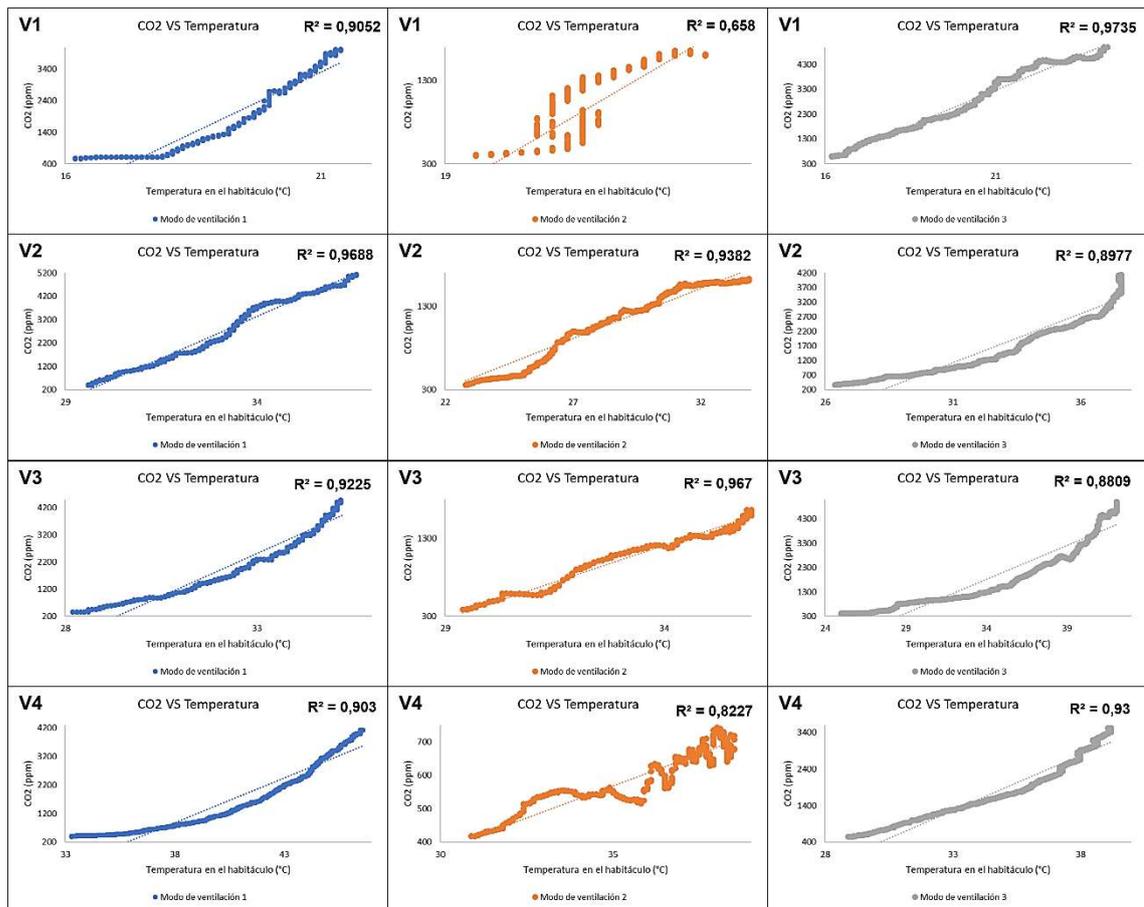


Ilustración 36-4: Correlacion entre dióxido de carbono y temperatura en la zona de pasajeros

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

Para el modo de ventilación 1, es decir, ventanas cerradas, ventoleras cerradas y A/C apagado, existe una correlación lineal directa, esto quiere decir que mientras la variable de temperatura aumenta, las partículas por millón de dióxido de carbono también aumentan. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 92%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es fuerte.

Para el modo de ventilación 2, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal directa, esto quiere decir que mientras la variable de temperatura aumenta, las partículas por millón de dióxido de carbono también aumentan. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 85%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es fuerte.

Para el modo de ventilación 3, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, recirculación encendida, y velocidad del ventilador en 2, existe una correlación lineal directa, esto quiere decir que mientras la variable de temperatura aumenta, las partículas por millón de dióxido de carbono también aumentan. La variabilidad de correlación para este modo de ventilación es del 92%, esto quiere decir que la fuerza de relación lineal entre estas variables es fuerte.

4.14. Promedios de coeficiente de Pearson y variabilidad

En la tabla 16-4 se presenta los valores promedios resultantes totales de la correlación de Pearson y el porcentaje de variabilidad entre el monóxido de carbono y la humedad relativa.

Tabla 16-4: Coeficiente de Pearson y variabilidad entre el monóxido de carbono y la humedad relativa

	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad
CO vs %rH zona del conductor	-0,90	0,81	-0,21	0,17	-0,43	0,33
CO vs %rH zona de pasajeros	0,93	0,86	-0,54	0,34	-0,37	0,27
PROMEDIO	0,92	0,84	-0,38	0,26	-0,40	0,30
	-0,57			0,46		

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En base a los valores promedios obtenidos se puede establecer que existe una correlación lineal inversa de -57 entre el CO y la humedad relativa, lo que se interpreta que a medida que aumenta la humedad relativa la concentración de monóxido de carbono disminuye, la variabilidad de correlación nos indica que estas variables tienen una fuerza de relación lineal moderada puesto que su porcentaje es inferior al 50%.

En la tabla 17-4 se presenta los valores promedios resultantes totales de la correlación de Pearson y el porcentaje de variabilidad entre el dióxido de carbono y la humedad relativa.

Tabla 17-4: Coeficiente de Pearson entre el dióxido de carbono y la humedad relativa

	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad
CO2 vs %rH zona del conductor	-0,97	0,94	0,05	0,17	-0,91	0,83
CO2 vs %rH zona de pasajeros	0,99	0,98	-0,75	0,61	-0,31	0,28
PROMEDIO	0,98	0,96	-0,4	0,39	-0,61	0,56
	-0,66			0,64		

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En base a los valores promedios obtenidos se puede establecer que existe una correlacion lineal inversa de -66 entre el CO₂ y la humedad relativa, lo que se interpreta que a medida que aumenta la humedad relativa la concentracion de dióxido de carbono disminuye, la variabilidad de correlacion nos indica que estas variables tiene una fuerza de relacion lineal fuerte puesto que su porcentaje supera al 50%.

En la tabla 18-4 se presenta los valores promedios resultantes totales de la correlación de Pearson y el porcentaje de variabilidad entre el monóxido de carbono y la temperatura.

Tabla 18-4: Coeficiente de Pearson y variabilidad entre el CO y la temperatura.

	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad
CO vs T zona del conductor	0,91	0,83	0,10	0,19	0,07	0,33
CO vs T zona de pasajeros	0,89	0,79	0,64	0,43	0,94	0,89
PROMEDIO	0,90	0,81	0,37	0,31	0,51	0,61
	0,59			0,58		

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En base a los valores promedios obtenidos se puede establecer que existe una correlacion lineal directa de 59 entre el CO y la temperatura, lo que se interpreta que a medida que aumenta la humedad relativa aumentan a la par de las concentraciones de monóxido de carbono, la variabilidad de correlacion nos indica que estas variables tiene una fuerza de relacion lineal fuerte puesto que su porcentaje supera al 50%.

En la tabla 19-4 se presenta los valores promedios resultantes totales de la correlación de Pearson y el porcentaje de variabilidad entre el dióxido de carbono y la temperatura.

Tabla 19-4: Coeficiente de Pearson y variabilidad entre el dióxido de carbono y la temperatura

	Modo de ventilación 1		Modo de ventilación 2		Modo de ventilación 3	
	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad	Coeficiente de Pearson	% de variabilidad
CO₂ vs T zona del conductor	0,99	0,98	0,10	0,05	0,48	0,92

CO2 vs T zona de pasajeros	0,96	0,92	0,92	0,85	0,96	0,92
PROMEDIO	0,98	0,95	0,51	0,45	0,72	0,92
	0,74			0,77		

Realizado por: Barrionuevo, Dina, Martínez, Edison, 2022.

En base a los valores promedios obtenidos se puede establecer que existe una correlacion lineal directa de 74 entre el CO2 y la temperatura, lo que se interpreta que a medida que aumenta la humedad relativa aumentan a la par de las concentraciones de dióxido de carbono, la variabilidad de correlacion nos indica que estas variables tiene una fuerza de relacion lineal fuerte puesto que su porcentaje supera al 50%.

CONCLUSIONES

En base a la revisión bibliográfica obtenida, y el instrumento de medición IAQ Testo 440, se establece que el monóxido de carbono proviene principalmente del motor del vehículo y el dióxido es el resultado de la respiración de los ocupantes dentro del habitáculo.

Las concentraciones de monóxido de carbono en los vehículos de estudio en su mayoría no sobrepasaron los límites permisibles de la calidad del aire, mientras que las concentraciones de dióxido de carbono en los modos de ventilación 1 y 3 son peligrosas para la salud, en tanto que con la segunda condición de ventilación, es decir, ventanas cerradas, ventoleras abiertas, A/C encendido, velocidad de ventilador 2, los niveles de concentración de CO y CO₂ son menores en el habitáculo del vehículo, concluyendo que esta condición del climatizador es más segura para la salud de los ocupantes.

La variación de la temperatura no solo se debe a la transferencia de calor del motor del vehículo al interior del habitáculo, sino también se debe a las condiciones climáticas externas, donde la temperatura exterior influía en la temperatura dentro del vehículo, tanto en la parte del conductor y la parte de los pasajeros, teniendo esta última una mayor temperatura debido a la hermeticidad que brinda la mampara de separación y así evita la circulación libre del aire proveniente del climatizador.

El comportamiento de las concentraciones del monóxido de carbono y dióxido de carbono depende en gran medida de las condiciones meteorológicas del sector es así como mediante la correlación de Pearson se encontró que la temperatura influye directamente en la concentración de estos gases con una fuerza intensa, se explica además mediante la ley de Charles que a mayor temperatura mayor es el volumen del gas.

La humedad relativa influye de manera inversa en las concentraciones de monóxido de carbono y dióxido de carbono con una fuerza de correlación de moderada a fuerte, lo que implica que en ambientes secos cuando la humedad relativa sea baja los niveles de CO y CO₂ se verán incrementados lo que conlleva a problemas en la salud de las personas en su entorno.

RECOMENDACIONES

En base al estudio realizado se recomienda tomar precauciones a la hora de encender el sistema de climatización, puesto que una mala utilización del mismo puede traer consecuencias graves en la salud de los ocupantes, así como disminución de las capacidades perceptivas del conductor desencadenado incluso accidentes de tránsito.

Para futuras investigaciones se recomienda contar con dos pares de equipos de medición con el fin de analizar el comportamiento de cada una de las variables en el mismo tiempo y bajo las mismas condiciones meteorológicas, obteniendo resultados más eficientes y reales.

De acuerdo con el estudio realizado se recomienda que mientras en el vehículo esta acoplado una mampara de separación, abrir las ventanas para la dispersión de la concentración de estos gases puesto que el sistema de climatización no cumple su función en su totalidad, además que provoca sofocación en los pasajeros producto del incremento de la temperatura.

BIBLIOGRAFÍA

ABI, L et al. *The effect of different ventilation modes on in-vehicle carbon monoxide exposure.* *Atmospheric Environment*, vol. 41, no. 17, 2007, pp. 3644-3657.

AEADE. *Sector automotor en cifras.* [en línea] 2022. Quito Disponible en: <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2022/05/4.-Sector-en-Cifras-Resumen-Abril-1.pdf>.

ANGELOVA, R. et al. *Accumulation of metabolic carbon dioxide (CO₂) in a vehicle cabin.* *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 664, no. 1.2019.

ASHRAE, *Ansi/Ashrae Standard 62.1-2019, Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality* [en línea]. 2019. Georgia: s.n. [Consulta: 11 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standards-62-1-62-2>.

ASWIN, J. *Effect of ambient concentration of Carbon monoxide (CO) on the in-vehicle concentration of Carbon monoxide in Chennai, India.* *Environmental Engineering Research*, 2020.

ATKINSON, W. et al. *The Impact of Increased Air Recirculation on Interior Cabin Air Quality.* 2017.

BARNES, N. et al. *In-Cabin Air Quality during Driving and Engine Idling in Air-Conditioned Private Vehicles in Hong Kong.* *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 15, no. 4, 2018, pp. 611.

DAS, D. y RAMACHANDRAN, G. *Risk analysis of different transport vehicles in India during COVID-19 pandemic.* *Environmental Research*, vol. 199, 2021, pp. 11.

DATOS MACRO. *Ecuador-Emisiones de CO₂.* [en línea]. [Consulta: 10 agosto 2022]. Disponible en: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/ecuador>.

DIRKS, K. et al. *In-Cabin Vehicle Carbon Monoxide Concentrations under Different Ventilation Settings.* *Atmosphere*, vol. 9, no. 9, 2018, pp. 338.

HACHEM, M. et al. *Determinants of ultrafine particles, black carbon, nitrogen dioxide, and carbon monoxide concentrations inside vehicles in the Paris area: PUF-TAXI study. Indoor Air*, vol. 31, no. 3, 2020, pp. 848-859.

HARIK, G. et al. *Is in-cabin exposure to carbon monoxide and fine particulate matter amplified by the vehicle's self-pollution potential? Quantifying the rate of exhaust intrusion. Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 54, 2017, pp. 225-238.

HERNÁNDEZ, J. et al. *Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones [en línea]. 2018. S.l.: Revista AVFT. Disponible en: https://www.revistaavft.com/images/revistas/2018/avft_5_2018/25sobre_uso_adecuado_coeficiente.pdf.*

HERNÁNDEZ, R. *Metodología de la investigación*. 6. México: 2014, p.21.

HSU, D. y HUANG, H. *Concentrations of volatile organic compounds, carbon monoxide, carbon dioxide and particulate matter in buses on highways in Taiwan. Atmospheric Environment*, vol. 43, no. 36, 2009, pp. 5723-5730.

JAMI, W. *Teoría de errores. [en línea] 2021, Disponible en: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-las-fuerzas-armadas-de-ecuador/metrologia-i/teoria-de-errores/16971392>.*

KIA. *Kia Sportage. [en línea]. 2022 Disponible en: <https://www.diariomotor.com/coche/kia-sportage/>.*

MATHUR, G. *Influence of vehicle age on build-up of carbon dioxide in cabin to monitor indoor air quality (IAQ). Vehicle Thermal Management Systems Conference and Exhibition (VTMS10). S.l.: Elsevier, 2011, pp. 623-634.*

MATTHAIOS, V. et al. *Quantification of within-vehicle exposure to NOx and particles: Variation with outside air quality, route choice and ventilation options. Atmospheric Environment*, vol. 240, 2020, pp. 117.

NETQUEST. *Calculadoras estadísticas. [en línea]. 2022. Disponible en: <https://www.netquest.com/es/panel/calculadora-muestras/calculadoras-estadisticas>.*

PRABHAKARAN, J. et al. *Air quality assessment in indoor and outdoor environments: A review. Materials Today: Proceedings*, 2022.

ROJAS, V. et al. *Control de la temperatura en el interior del habitáculo de un vehículo. Lámpsakos*, no. 23, 2020, pp. 79.

RUSSIAN FEDERATION. *GOST 33554-2015 Interstate council for standardization, metrology and certification* [en línea]. 2016. Disponible en: https://wiki.unece.org/download/attachments/54429624/VIAQ-11-06_RU_GOST_33554-2015_EN.pdf?api=v2.

TÉLLEZ, J. et al. *Contaminación por monóxido de carbono: un problema de salud ambiental. Revista de Salud Pública*, vol. 8, no. 1, 2006, pp. 108-117.

TESTO. *Instrumento para climatización testo 440- Para la medición de condiciones ambientales en interiores.* [en línea]. 2022, Disponible en: <https://www.testo.com/es-ES/instrumento-para-climatizacion-testo-440/p/0560-4401>.

ZHANG, J. et al. *The effects of elevated carbon dioxide concentration and mental workload on task performance in an enclosed environmental chamber. Building and Environment*, vol. 178, 2016, pp. 10.

ZHAO, Y. et al. *Seasonal patterns and semi-empirical modeling of in-vehicle exposure to carbon dioxide and airborne particulates in Dalian, China. Atmospheric Environment*, vol. 274, 2022, pp. 118.

ZULAUF, N. et al. *Indoor Air Pollution in Cars: An Update on Novel Insights. International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 16, no. 13, 2019, pp. 2441.

ANEXOS

ANEXO A: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SONDA CO

Kalibrier-Protokoll

Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Certificado de taratura • Informe de calibración

Be sure.



Gerät / Module type /
Modèle / Modelo:

0632 1270

Serien-Nr. / Serial no. /
No. de série / Número de serie:

20851848

Messwerte / Measured values /
Valeurs mesurées / Valores medidos:

Sollwert /
Reference /
Référence /
Referencia:

Toleranz /
Tolerance /
Tolérance /
Tolerancia:

Istwert /
Actual Value /
Valeur réelle /
Valor medido:

80.0 ppm

± 5.0 ppm

82.2 ppm

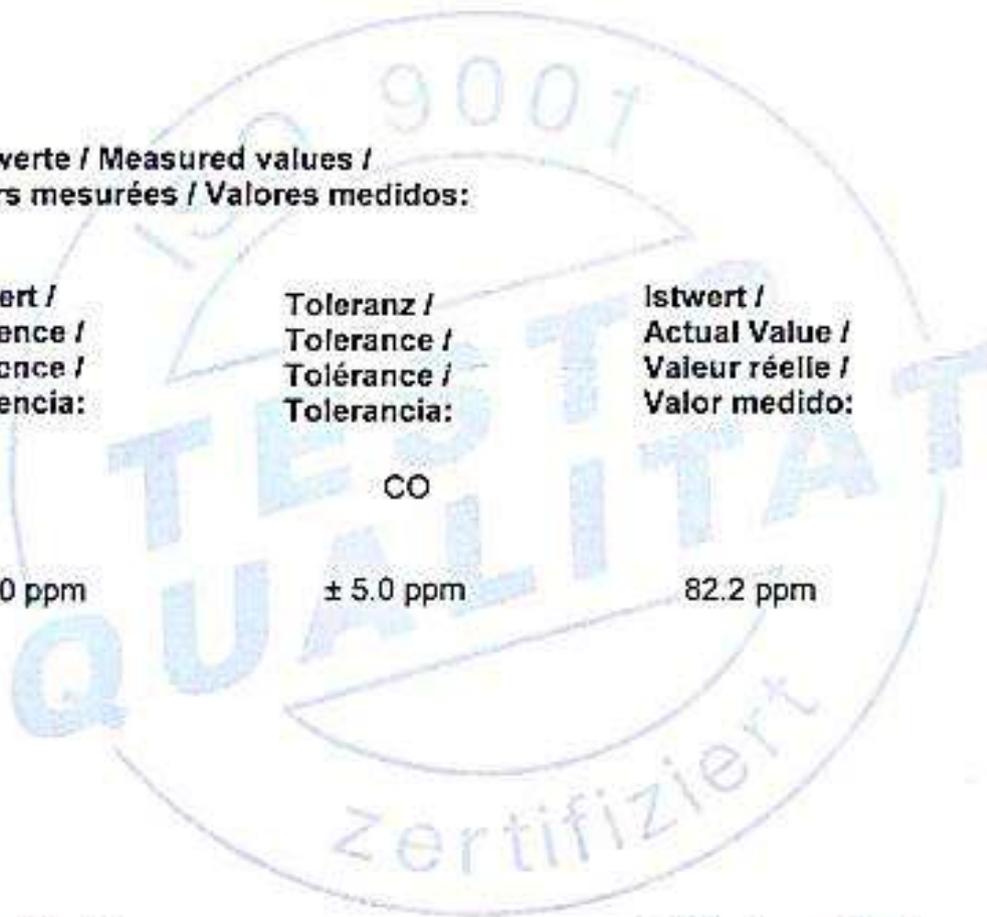
CO

Datum / Date /
Date / Fecha:

15.04.2021

Prüfer / Inspector /
Vérificateur / Verificador:

4869



ANEXO B: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Sonda CO2

Kalibrier-Protokoll

Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Certificado de taratura • Informe de calibración

Be sure.



Gerät / Module type /

Modèle / Modelo:

0632 1550

Serien-Nr. / Serial no. /

N°. de série / Número de serie:

58616604

Messwerte / Measured values / Valeurs mesurées / Valores medidos:		
Sollwert / Reference / Référence / Referencia:	Zulässige Toleranz / Permissible tolerance / Tolérance admise / Tolerancia permitida:	Istwert / Actual Value / Valeur réelle / Valor medido :
CO2		
998.5 ppm	± 80.0 ppm	1003.0 ppm
4996.0 ppm	± 350.0 ppm	4980.6 ppm
Temperatur / Temperature / Température / Temperatura (NTC)		
23.2 °C	±0.5 °C	23.1 °C
Relative Luftfeuchte / Relative humidity / Humidité relative / Humedad relativa		
43.5 %RH	±2.0 %RH	42.7 %RH
Absolutdruck / Absolute pressure / Pression absolue / Presión absoluta		
1021.0 hPa	±3.0 hPa	1020.9 hPa

Datum / Date / Date / Fecha:

18.01.2021

Prüfer / Inspector /

Responsable / Verificador

J. Young

Kalibrier-Protokoll

Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Certificado de taratura • Informe de calibración

Be sure. 

Gerät / Module type /
Modèle / Modelo:

0560 4401

Messbereich / Measuring range /
Etendue de mesure / Rango de medición:

**-200...+1370°C
-40...+150°C**

Serien-Nr. / Serial no. /
N°. de série / Número de série:

83264522

Messwerte / Measured values /
Valeurs mesurées / Valores medidos:

Sollwert /
Reference /
Référence /
Referencia:

Zulässige Toleranz /
Permissible tolerance /
Tolérance admise /
Tolerancia permitida:

Istwert /
Actual Value /
Valeur réelle /
Valor medido:

**80.0°C
25.0°C**

Temperature:
**+/-0.5°C
+/-0.5°C**

**80.0°C
25.0°C**

Datum / Date
Date / Fecha:
28.01.2021

Prüfer / Inspector /
Responsable / Verificador
1497