

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES



Determinación de concentración de monóxido de carbono y material
particulado 2,5 micras en el área urbana de Chulucanas-Piura

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORA

Milagros Karina Quintana Inga

ASESORES

Humberto Rivera Calle

José Francisco Solano Santamaría

Morropón, Perú

2024

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

Datos del Jurado

Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 003-2025/UCSS/FCAA-DI

Siendo las 10:00 a.m. del 04 de febrero de 2025 a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis integrado por:

- | | |
|--------------------------------------|-----------------|
| 1. Wilfredo Mendoza Caballero | presidente |
| 2. Weidi Flores Villanueva | primer miembro |
| 3. Alfredo Julián Sandoval Norabuena | segundo miembro |
| 4. Humberto Rivera Calle | asesor(a) |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada:

Determinación de concentración de monóxido de carbono y material particulado 2,5 micras en el área urbana de Chulucanas-Piura

Que presentan la bachiller en **Ciencias Ambientales**:

Milagros Karina Quintana Inga

Cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el jurado acuerda:

APROBAR	X
DESAPROBAR	...

La tesis, con el calificativo de **BUENA** y eleva la presente acta al decanato de la **Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales**, a fin de que se declare EXPEDITA para conferir el TÍTULO de INGENIERO AMBIENTAL.

Lima, 04 de febrero de 2025.

Wilfredo Mendoza Caballero
Presidente

Weidi Flores Villanueva
1° miembro

Alfredo Julián Sandoval Norabuena
2° miembro

Humberto Rivera Calle
Asesor(a)

Anexo 2**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO**

Chulucanas, 03 de Febrero de 2025

Señor(a),
Wilfredo Mendoza Caballero
Jefe del Departamento de Investigación
Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que **la tesis** / informe académico/ trabajo de investigación/ trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con **título:** "Determinantes de concentración de monóxido de carbono y material particulado 2,5 micras en el área urbana de Chulucanas – Piura", presentado por Milagros Karina Quintana Inga (código de estudiante 2013102040 y DNI 75195294) para optar el **título profesional**/grado académico de Ingeniero Ambiental ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 7 % (poner el valor del porcentaje)**. Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Humberto Rivera Calle', is positioned above a horizontal line.

Firma

Humberto Rivera Calle

DNI N°: 17896043

ORCID: 0000-0001-8472-2067

Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme y estar conmigo cada día de mi vida, y permitirme alcanzar mi objetivo.

A mi madre Edita Inga Chero, por el amor que me da, el apoyo incondicional que siempre tengo por parte de ella y porque siempre estuvo guiándome en mi camino universitario.

A mi padre Manuel Ibán Quintana Veliz, por el apoyo constante y porque, sin el esfuerzo y sacrificio que hace por sus hijos, no lo hubiera logrado.

A mi amado esposo, por confiar en mí y su apoyo en todo momento.

Al Ing. Miguel Trelles Morante, quien me apoyó y brindó buenos consejos para continuar en mi vida profesional.

A mi familia y amigos, por respetarme, apoyarme, comprenderme y por confiar en mí.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a todas aquellas personas, que, con su ayuda, han contribuido a la realización de esta tesis, mencionando especialmente:

- Quiero expresar mi especial agradecimiento a mi familia, por su enorme paciencia demostrada a lo largo de tanto tiempo.
- A mi esposo, Lic. Ps. David Steven Zapata Bobbio por su amor, confianza y apoyo durante todo este tiempo en el desarrollo de la tesis.
- Al MSc. Blgo. Humberto Rivera Calle, por sus acertados consejos y comentarios, por su confianza y permanente aliento, por todo lo que de él he aprendido, que han hecho posible que esta Tesis haya llegado a buen término.
- Al Ing. José Francisco Solano Santamaría; por su paciencia y su apoyo durante todo el desarrollo de la tesis y por su confianza quien desde un inicio creyó en el proyecto y ha convertido en realidad lo que para mí era un sueño.
- Al Ing. Luis Reyes Huancas y consultora ambiental “ICOSERGE” E.I.R.L por el apoyo durante la ejecución del proyecto.
- A todos los compañeros y amigos de la Universidad Católica Sedes Sapientiae - Filial Chulucanas - Morropón que me han brindado su apoyo,
- Quisiera también expresar mi agradecimiento de forma especial a mi querido amigo: José Huancas Julca de quien he recibido una impresionante lección de compañerismo y amistad que no olvidaré;

Milagros Karina Quintana Inga

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE APÉNDICES	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Bases teóricas especializadas.....	12
1.2.1. Historia de la contaminación atmosférica	12
1.2.2. Atmósfera: Composición.....	15
1.2.3. Clasificación de contaminantes según diferentes criterios	16
1.2.4. Determinación de parámetros de calidad del aire a monitorear.....	18
1.2.5. Clasificación de estaciones de monitoreo de calidad del aire.....	18
1.2.6. Monitoreo vinculado a la estrategia de acción.....	19
1.2.7. Criterios técnicos para la instalación de los equipos de monitoreo	20
1.2.8. Método de Muestreo según su Tecnología	21

1.2.9. Estrategia metodológica de monitoreo ambiental	25
1.2.10. Requerimientos para muestreo ambiental de aire	25
1.2.11. Clasificación de contaminantes atmosféricos	26
1.2.12. Fuentes móviles de emisión.....	28
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	30
2.1. Diseño de la investigación	30
2.2. Lugar y fecha	31
2.3. Población y muestra	32
2.4. Técnicas e instrumentos	34
2.5. Descripción de la investigación	35
2.6. Identificación de variables y su mensuración	36
2.7. Análisis estadístico de datos	40
2.7.1. Cálculo para hallar la concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de Gases.....	41
2.7.2. Cálculo para hallar la concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de Material Particulado	42
2.7.3. Desviación estándar de las concentraciones	43
2.8. Equipos y materiales	44
CAPÍTULO III: RESULTADOS	46
3.1. Conocer las zonas de muestreo en el área urbana de Chulucanas que tienen mayor concentración de monóxido de carbono y material particulado menor a 2,5 micras....	46
3.2. Conocer la dirección y la velocidad del viento en el área urbana de Chulucanas que podría influir en la concentración de los contaminantes	47
3.3. Conocer las zonas de muestreo que cumplen con los estándares de calidad ambiental para aire	51
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....	53

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	62
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS	65
TERMINOLOGÍA.....	73
APÉNDICE	77

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Clasificación de contaminantes según diferentes criterios</i>	17
Tabla 2. <i>Parámetros a priorizar según la función de fuentes vinculadas</i>	18
Tabla 3. <i>Estaciones por escala</i>	19
Tabla 4. <i>Número mínimo de estaciones de monitoreo de calidad del aire según el criterio poblacional</i>	20
Tabla 5. <i>Criterios técnicos para instalación de los equipos de monitoreo</i>	20
Tabla 6. <i>Descripción de las zonas de muestreo</i>	33
Tabla 7. <i>Descripción de la ubicación de la estación meteorológica</i>	36
Tabla 8. <i>Desviación estándar de las concentraciones de CO en los meses de mayo, junio y julio 2021</i>	43
Tabla 9. <i>Desviación estándar de las concentraciones de PM2,5 en los meses de mayo, junio y julio 2021</i>	44
Tabla 10. <i>Concentraciones de monóxido de carbono y material particulado en los meses mayo, junio y julio 2021</i>	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Capas de la atmósfera</i>	16
Figura 2. <i>Diagrama de muestreador de difusión pasiva</i>	22
Figura 3. <i>Ejemplo del proceso del Método Gravimétrico para Material Particulado</i>	23
Figura 4. <i>Esquema referencial de los componentes de un Tren de Muestreo Ambiental</i> ..	24
Figura 5. <i>Delimitación del Área Urbana de Chulucanas</i>	31
Figura 6. <i>Ubicación de las estaciones de muestreo de monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM_{2,5})</i>	34
Figura 7. <i>Diagrama de Muestreo de aire</i>	40
Figura 8. <i>Rosa de viento en la estación de muestreo CA-02 mayo</i>	48
Figura 9. <i>Rosa de viento en la estación de muestreo CA-04 mayo</i>	48
Figura 10. <i>Rosa de viento en la estación de muestreo CA-02 junio</i>	49
Figura 11. <i>Rosa de viento en la estación de muestreo CA-04 junio</i>	49
Figura 12. <i>Rosa de viento en la estación de muestreo CA-02 julio</i>	50
Figura 13. <i>Rosa de viento en la estación de muestreo CA-04 julio</i>	50
Figura 14. <i>Resultados de concentración de CO en comparación con el ECA para Aire</i> ..	51
Figura 15. <i>Resultados de concentración de PM_{2,5} en comparación con el ECA para Aire</i>	52

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág
Apéndice 1. Fotos de la Estación de Muestreo CA-01	77
Apéndice 2. Fotos de la Estación de Muestreo CA-02	77
Apéndice 3. Fotos de la Estación de Muestreo CA-03	78
Apéndice 4. Fotos de la Estación de Muestreo CA-04	78
Apéndice 5. Magnitudes del contaminante monóxido de carbono (CO) – mayo.....	79
Apéndice 6. Magnitudes del contaminante material particulado (PM _{2,5}) – mayo.....	80
Apéndice 7. Magnitudes del contaminante monóxido de carbono (CO) – junio	81
Apéndice 8. Magnitudes del contaminante material particulado (PM _{2,5}) - junio	82
Apéndice 9. Magnitudes del contaminante monóxido de carbono (CO) - julio.....	83
Apéndice 10. Magnitudes del contaminante material particulado (PM _{2,5}) – julio	84
Apéndice 11. Resultado del muestreo de calidad de aire CO y PM _{2,5} mayo	85
Apéndice 12. Resultado del muestreo de calidad de aire CO y PM _{2,5} junio	86
Apéndice 13. Resultado del muestreo de calidad de aire CO y PM _{2,5} julio	87
Apéndice 14. Cadena de custodia mes de mayo.....	88
Apéndice 15. Cadena de custodia mes de junio	89
Apéndice 16. Cadena de custodia mes de julio	90
Apéndice 17. Certificado de calibración OHLM 116-170620.....	91
Apéndice 18. Certificado de calibración OHLF 564-071220	93
Apéndice 19. Certificado de calibración SLAB 0288-211220.....	95
Apéndice 20. Certificado de calibración N° LHA-030-2021.....	96
Apéndice 21. Certificado de calibración OHLM 237-2021	98
Apéndice 22 Certificado de calibración OHLF- 017-2021	101
Apéndice 23. Certificado de calibración N° LPA- 0024-2021	103
Apéndice 24. Acreditación de laboratorio.....	105
Apéndice 25. Mapa temático de ubicación	106
Apéndice 26. Decreto supremo 003-2017 MINAM que establece la norma de calidad ambiental respecto al aire	107

RESUMEN

La presente investigación de tesis se desarrolló de mayo a julio del 2021, en cuatro estaciones de muestreo: CA-01 frente al terminal terrestre de Chulucanas, CA-02 frente al hospital de Chulucanas, CA-03 frente al mercado zona central y CA-04 la salida de Chulucanas hacia Yapatera. El objetivo de la investigación fue determinar la concentración de monóxido de carbono y material particulado 2,5 micras en el área urbana de Chulucanas. Para hallar la concentración de los contaminantes se utilizaron dos equipos, el primero fue el Tren de muestreo de gases MARCA CHENG XIN y MODELO LZM para CO, gases generados por el transporte vehicular, utilizando una solución captadora durante 8 horas; mientras que el segundo equipo fue el Muestreador de partículas MARCA INSTRUMEX y MODELO IPM-FDS 2510 para PM_{2,5}, que son generados por el movimiento o liberación de tierra y transporte de vehículos, la captación fue por medio de un filtro de teflón que adsorbió el contaminante durante 24 horas según la normativa ambiental vigente. Luego, los datos de ambos contaminantes fueron cuantificados en un laboratorio acreditado; también se utilizó la estación meteorológica MARCA DAVIS INSTRUMENTS y MODELO VANTAGE PRO2/6162 C en dos estaciones de muestreo con la finalidad de recopilar información: dirección y velocidad del viento, siendo la predominancia promedio de viento a Sotavento de ESE y WNW. Los resultados de ambos contaminantes CO y PM_{2,5} no superaron los Estándares de Calidad Ambiental para Aire en las cuatro zonas de muestreo siendo los valores mínimos y máximos de CO: en junio <1220 ug/m³ y julio <1261 ug/m³ respectivamente, los valores mínimos y máximos de PM_{2,5} en mayo: 17,85 ug/m³ y 24,96 ug/m³ respectivamente. En conclusión, al determinar la concentración de los dos contaminantes: CO y PM_{2,5} se encontraron por debajo del Estándar de Calidad Ambiental (ECA).

Palabras claves: Absorción, adsorción, CO, estación meteorológica, filtro de teflón, PM_{2,5}, solución captadora.

ABSTRACT

This thesis research was carried out from May to July 2021, at four monitoring stations: CA-01 in front of the Chulucanas land terminal, CA-02 in front of the Chulucanas hospital, CA-03 in front of the central zone market and CA-04 the exit from Chulucanas towards Yapatera. The objective of the research was to determine the concentration of carbon monoxide and 2,5 micron particulate matter in the urban area of Chulucanas. To find the concentration of the pollutants, two pieces of equipment were used, the first was the CHENG while the second piece of equipment was the INSTRUMEX BRAND Particle Sampler and MODEL IPM-FDS 2510 for PM_{2,5}, which is generated by the movement or release of soil, vehicle transportation or other type of transportation, the capture was through a Teflon filter that adsorbed the contaminant for 24 hours according to current environmental regulations. Then, the data for both contaminants were quantified at an accredited laboratory; The DAVIS INSTRUMENTS BRAND and MODEL VANTAGE PRO2/6162 C meteorological station was also used in two monitoring stations with the purpose of collecting information: direction, wind speed, etc., with the average predominance of wind to Sotavento being ESE and WNW. The results of both pollutants CO and PM_{2,5} did not exceed the Environmental Quality Standards for Air in the four monitoring stations, the minimum and maximum values of CO being: in June <1220 ug/m³ and July <1261 ug/m³ and the values Minimum and maximum PM_{2,5} in May: 17,85 ug/m³ and 24,96 ug/m³. In conclusion, when determining the concentration of the two pollutants: CO and PM_{2,5}, they were found below the Environmental Quality Standard (ECA).

Keywords: absorption, adsorption, capture solution, CO, PM_{2,5}, teflon filter, Weather station.

INTRODUCCIÓN

Hay muchos factores que afectan la calidad del aire que respiramos como, por ejemplo, la presencia de sustancias contaminantes como gases o partículas generadas por actividades antropogénicas. En los últimos años la demanda es aún mayor por el uso de energía, recursos y servicios por parte de la población e industrias, significando la liberación de contaminantes que alteran la calidad del aire produciendo daños en el ambiente (flora, fauna y ecosistemas) y afectando la salud de la población expuesta. Por ello, en el Perú, la calidad del aire se basa en el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental de Aire (ECA Aire), que establecen niveles de concentración de contaminantes, de modo que al mantenerse bajo estos niveles no representen riesgo a la salud de la población ni al ambiente (Decreto Supremo N° 003 [Ministerio del Ambiente], 2017).

Existen algunos estudios que se han enfocado en esta temática, tal es el caso de Flores (2018), quien hizo un estudio en San Martín donde determinó los niveles de concentración de CO ocasionado por el tráfico vehicular, utilizando un equipo de medición de CO marca TROTEC en ocho puntos de muestreo durante una hora y los datos obtenidos estuvieron por debajo de 100 ug/m^3 cumpliendo con el Estándar de calidad ambiental para aire. En la misma línea de estudio, Acuña y Zegarra (2018) desarrollaron una investigación referente a la evaluación del transporte de contaminantes atmosféricos: $\text{PM}_{2,5}$, CO, NO_2 y SO_2 en Huaraz-Quebrada Shallap, los resultados en las tres zonas de muestreo fueron: la concentración máxima de CO de $4\ 603 \text{ ug/m}^3$ y la mínima de $349,8 \text{ ug/m}^3$, y para material particulado menor a 2,5 micras la concentración máxima fue $28,67 \text{ ug/m}^3$ y la mínima de $2,6 \text{ ug/m}^3$ finalmente concluyeron que los resultados se encontraron por debajo de la normatividad ambiental vigente.

Así mismo, la dispersión de un contaminante en una zona se debe a los varios factores que influyen, como las variables meteorológicas, por ejemplo: la dirección y velocidad del viento, temperatura, etc. También, si la dirección del viento varía, el contaminante será dispersado sobre una región mayor y la concentración será relativamente baja; por lo tanto, si la velocidad aumenta, mayor es el volumen de aire que se desplaza en un tiempo determinado (Venegas y Mazzeo, 2012).

En las últimas décadas, el deterioro de la calidad ambiental de aire es uno de los principales problemas ambientales, debido al incremento del tránsito vehicular en áreas urbanas, siendo los contaminantes de mayor emisión e incidencia: el monóxido de carbono y material particulado menor a 2,5 micras por sus posibles efectos negativos en la salud. Ante esta realidad, en el presente trabajo de investigación, se determinó la concentración de ambos contaminantes, estableciendo cuatro estaciones de muestreo, dentro del área urbana de Chulucanas, procediendo al análisis de la concentración de dichos contaminantes, para CO: el equipo tren de muestreo de gases durante ocho horas y para PM_{2,5}: el equipo muestreador de partículas durante 24 horas, entre los meses de mayo, junio y julio del 2021. Así mismo, a través de estaciones meteorológicas se determinó las variables meteorológicas: velocidad y dirección del viento, para conocer la dispersión y el comportamiento del contaminante. Finalmente, los datos obtenidos, fueron que las concentraciones de ambos contaminantes están por debajo del nivel de contaminación que establece la normatividad ambiental vigente, relacionado al aire.

Por ello la investigación nos permite obtener registros sobre los niveles de concentración de CO y PM_{2,5} en el área urbana de Chulucanas, dicha información brinda alternativas de solución para contribuir a reducir el impacto al ambiente y cumplir el compromiso social y sostenible para la elaboración de estrategias, planes de acción y regulación de mejoramiento de la calidad del aire por parte de las entidades correspondientes.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la concentración de monóxido de carbono y material particulado 2,5 micras en el área urbana de Chulucanas, Piura 2021.

Objetivos específicos

- Conocer las zonas de muestreo en el área urbana de Chulucanas que tienen mayor concentración de monóxido de carbono y material particulado menor a 2,5 micras.
- Conocer la dirección y velocidad del viento en el área urbana de Chulucanas que podría influir en la concentración de los contaminantes.
- Conocer las zonas de muestreo que cumplen con los estándares de calidad ambiental para aire.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Internacionales

Franco (2020) realizó la investigación titulada “Análisis y caracterización del PM_{2,5} en la ciudad de Manizales” con el objetivo de realizar un análisis estadístico de los datos de concentración en aire de Material Particulado menor a 2,5 micras en la ciudad de Manizales-Colombia. La investigación fue desarrollada en octubre del 2018 a febrero del 2019 en 01 zona de monitoreo llamada Gobernación, utilizando el equipo Low Vol. (Thermo Partisol 2025i) durante 24 horas registrando 14 datos en total. Los resultados obtenidos del PM_{2,5} mostraron una concentración del contaminante promedio de 12,98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; siendo la máxima concentración del contaminante de 17,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y la mínima concentración de 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ debido a que la zona es influenciada por emisiones de transporte público (diésel) y vehículos particulares (gasolina y gas vehicular), no superando el límite permitido de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Moscoso (2019) realizó una investigación titulada “Estimación de contaminación atmosférica PM_{2,5} basada en la intensidad de tráfico vehicular en la ciudad de Quito” con el objetivo de demostrar la correlación entre la contaminación atmosférica urbana y la intensidad de tráfico en 02 zonas de monitoreo llamadas: parroquia jipijapa y la mariscal de la ciudad de Quito, utilizó el equipo Thermo Andersen/FH 62C14 cuyo método de medición fue atenuación rayos Beta, desde el 09 al 21 de julio del 2018 en 24 horas de alta y baja intensidad. Los resultados que obtuvo de la concentración de PM_{2,5} fue: en la estación jipijapa de 24,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la estación Mariscal de 26,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por lo cual el autor concluyó

que las concentraciones del contaminante están dentro de los límites máximos permisibles ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de la norma ecuatoriana de calidad del aire de $\text{PM}_{2,5}$ promedio en 24 horas.

Rodríguez *et al.* (2016) realizaron el estudio “Monitoreo de partículas totales suspendidas (PTS) en el aire en el Puerto de la Guaira, estado Vargas, Venezuela”, con el objetivo determinar la concentración de partículas totales suspendidas (PTS) en el aire provenientes de las actividades que se realizaron en el Puerto de La Guaira. El muestreo lo realizaron con High Vol. de gravimetría en un tiempo de 24 horas durante 7 días en 3 puntos de muestreo, obteniendo 21 muestras; los puntos de muestreo fueron: punto 1: zona alfa, punto 2: zona de refrigerados y punto 3: zona Charlie 1 (características tiene cada punto de muestreo). Para determinar la dirección y velocidad del viento utilizaron el software LAKES ENVIRONMENTAL 2015. Los resultados obtenidos de PTS mostraron una concentración promedio de $111 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual estuvo dentro de la normatividad ambiental para aire, considerando al punto de la Guaira como una zona de aire moderadamente contaminada, concluyeron además, que la principal fuente de emisión fueron los móviles, debido a los camiones de carga de contenedores que entran y salen del puerto, la causa es la quema DIÉSEL utilizado como combustibles y a medida que aumenta la cantidad de fuentes, aumenta la concentración de PTS.

Heredia (2014) realizó la investigación titulada “Evaluación de la exposición al monóxido de carbono en habitantes de la ciudad de Azogues”, Ecuador, con el objetivo de evaluar la exposición al monóxido de carbono ambiental en habitantes y comerciantes de las zonas consideradas como críticas por el alto tránsito vehicular en dicha ciudad. La investigación fue un estudio analítico y descriptivo de tipo transversal. La metodología empleada fue la aplicación de técnicas que utilizan la cuantificación de carboxihemoglobina como biomarcador de la exposición al CO, además, utilizaron el método espectrofotométrico con la técnica de WOLF modificada, y el ditionito de sodio como agente reductor, lo que generó dos picos en diferentes longitudes de onda. Las áreas que seleccionó para esta investigación fueron: Zona 1 el terminal interprovincial, zona 2 el centro de la ciudad y zona 3 el terminal Inter parroquial (las dos primeras zonas, con un número importante de comerciantes expuestos al CO provenientes del parque automotor y la otra zona donde circularon por lo menos 4 líneas de transporte y la exposición evidente de la población). De estas 4 zonas,

trabajó con una muestra de 60 individuos seleccionados aleatoriamente en un tiempo de 2 horas durante los meses de setiembre 2013, febrero, marzo y abril del 2014. Para el análisis estadístico aplicó una encuesta a la población expuesta y los datos los procesó con los programas EXCEL 2013, SPSS 2019 y GRAPH PAD PRISM 5. Los resultados de CO en el ambiente fueron: 336,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y la máxima 1845,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, concluyendo que las concentraciones de CO en el ambiente no superaron los límites establecidos por el Ministerio del Ambiente (3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) a diferencia de las concentraciones promedio de carboxihemoglobina que superaron los límites establecidos.

1.1.2. Nacionales

Loconi *et al.* (2021) realizaron un estudio titulado “Análisis de la concentración de $\text{PM}_{2,5}$ comparándolo con el límite máximo Permisible, en la Calera Juan de Dios I-Cajamarca” con el objetivo de evaluar la calidad del aire generado por la producción de óxido de calcio en la calera Juan de Dios I. El tipo de investigación fue cualitativa durante 12 horas de mediciones, utilizando el equipo contador de Partículas Handhled 3016 en una estación de monitoreo llamada Horno-Chancado. Los resultados obtenidos de concentración promedio de $\text{PM}_{2,5}$ en el mes de mayo fue de 3,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; la concentración máxima de 5, 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y la mínima de 2,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; no superando los límites máximos permisibles del aire $\text{PM}_{2,5}$ de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo cual no presenta riesgo alto de contaminación.

Mosqueira (2019) realizó la investigación titulada “Evaluación de las partículas $\text{PM}_{2,5}$ y PM_{10} en la construcción de carretera Chota-Cajamarca”, con el objetivo de determinar la concentración de $\text{PM}_{2,5}$ y PM_{10} , el tipo de investigación fue descriptivo – analítico. En la metodología tuvo en cuenta a la población y las emisiones de las partículas de $\text{PM}_{2,5}$ y PM_{10} en la construcción de la carretera Chota-Cajamarca a lo largo de 52 km lineales estableciendo 5 muestras: Punto 1 la chancadora Doñaña, punto 2 la plaza de armas de Lajas, punto 3 la chancadora Ajipampa, punto 4 la carretera el Molino y punto 5 la plaza de armas de Cochabamba. Asimismo, evaluó dichos puntos por 12 horas continuas de 7 a.m. a 6 p.m. en los meses de abril y diciembre del 2012, octubre y diciembre 2013, donde utilizó el equipo Handheld 3 016 Aq para la concentración de partículas con diámetro de 0,3 μm hasta 10 micras. Dicha concentración del material particulado fue generada por el movimiento de tierra, transporte, agregado extraído de río Chotano, agregado fino y grueso y movimiento

vehicular pesado. Los resultados mostraron que la concentración de $PM_{2,5}$ mínima fue de $35,86 \text{ ug/m}^3$ y la máxima de $74,9 \text{ ug/m}^3$ por lo que el autor concluyó que la concentración de material particulado estaba ligeramente afectada según el ECA para aire, recomendó realizar riegos en el área de camiones y cisternas para evitar la generación y concentración del material particulado. Además, el personal que labora en dicha construcción de carretera debe utilizar los equipos de protección personal con el fin de evitar enfermedades ocupacionales.

Mostacero (2019) realizó un estudio titulado “Variación en el tiempo de la concentración atmosférica de CO , NO_2 y SO_2 en la construcción de la carretera Chota- Cochabamba Cajamarca”, con el objetivo de determinar la variación en el tiempo de la concentración atmosférica de dichos contaminantes. La investigación fue descriptiva. La metodología fue determinar la población de las emisiones de los gases muestreados que fueron encontrados a lo largo de los 52 km lineales de la carretera Chota-Cochabamba, siendo 5 puntos de monitoreo: punto 1 chancadora Doñaña, punto 2 plaza de armas de Lajas, punto 3 chancadora Ajipampa, punto 4 cantero el Molino y punto 5 plaza de armas de Cochabamba. Durante 12 horas continuas, en los meses de abril y diciembre 2012, abril, octubre y diciembre 2013, utilizó el equipo Aeroqual, que es un medidor muy preciso para la medición de concentración de gases en el aire. Además, utilizó el programa Excel para la sistematización de datos. Los resultados que obtuvo de la concentración de CO fue: la mínima $33,78 \text{ ug/m}^3$ y la máxima $5383,77 \text{ ug/m}^3$ por lo que el autor concluyó, la calidad del aire atmosférica estuvo ligeramente afectado por la liberación de gases de CO según el ECA para aire por lo que sugirió utilizar un parque automotor moderno con el uso de combustibles ecológicos, mantenimiento de las maquinarias pesadas, implementación de un laboratorio de monitoreo y control ambiental para registrar un inventario de la emisión de los gases.

Flores (2018) realizó un estudio titulado “Determinación de los niveles de concentración de monóxido de carbono ocasionado por el tráfico vehicular en la ciudad de Rioja-San Martín-2014”, con el objetivo de determinar en el tráfico vehicular los niveles de monóxido de carbono. La investigación fue de tipo no experimental transversal y descriptiva. La población considerada fue la totalidad de calles del ámbito urbano de la ciudad de Rioja, por la cual circularon unidades móviles, en tanto la muestra estuvo representada por 8 puntos de

monitoreo. Utilizó el equipo de medición de gases marca TROTEC BG20, las cuales fueron registradas en la memoria del equipo, el tiempo de muestreo fue de 6:30 a 7:30 a.m., 12:00 a 1 p.m. y de 5:30 a 6:30 p.m. durante cuatro meses. Utilizó la estadística básica para hallar la media y desviación estándar. Los resultados obtenidos de los 3 turnos presentaron una concentración de CO siendo la mínima 85,39 ug/m³ y la máxima concentración de 97,06 ug/m³. Por lo que el autor concluyó que los resultados estuvieron dentro de los ECA para Aire. Las recomendaciones finales que el autor planteó fueron realizar revisiones técnicas periódicas sobre el estado físico de las unidades motorizadas y nivel de gases contaminantes, optar por vías alternativas para evitar la congestión vehicular, fomentar charlas sobre la conservación del ambiente y que los automóviles lleven filtros catalizadores en sus tubos de escape con el fin de reducir en parte las emisiones tóxicas.

Amaya (2017) realizó un estudio titulado “Determinación de la calidad del aire de la población aledaña a la planta QROMA, ÑAÑA”, cuyo objetivo fue determinar la calidad del aire de la población cercana a dicha planta midiendo la concentración del material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}) y gases en el aire (NO₂, SO₂, CO, HT y C₆H₆) producidos por la planta. La investigación fue descriptiva. La metodología estuvo basada en la utilización de una estación meteorológica para conocer sus variables, el equipo tren de muestreo para CO en 8 horas y el equipo de bajo volumen para PM_{2,5} en 24 horas, el método empleado fue de referencia y normas técnicas para la medición de contaminantes. Asimismo, para el procesamiento de información empleó el software WEATHERLINK 6.03, Excel 2010, y para la elaboración de la rosa de viento utilizó el software WRPLOT View versión 7,00, seleccionando dos puntos de monitoreo de calidad de aire: la azotea del área Soma (barlovento) y el jardín de industria del papel (sotavento). Los resultados para CO de 2870 ug/m³ y PM_{2,5} de 50,07 ug/m³. Finalmente concluyó que la concentración del PM_{2,5} superó la normatividad ambiental para aire y recomendó monitoreo de emisión de vehículos, monitoreo de la calidad de aire y meteorología en la planta QROMA.

Arenas (2017) realizó un estudio titulado “Determinación del Material Particulado PM₁₀ y PM_{2,5}, Dióxido de Azufre y Dióxido de Nitrógeno en el distrito de Yura-Arequipa”, con el objetivo de determinar la concentración de los contaminantes mencionados en Yura. Realizó una investigación de tipo experimental, con 4 muestreos de calidad de aire en los meses de

diciembre 2016, febrero, mayo y agosto 2017. La metodología que utilizó para la ubicación de las estaciones de monitoreo fue de acuerdo al protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de datos – DIGESA los cuales fueron: CA-04 ubicada en el cruce “Calera” del techo del colegio primario CA-07 ubicada en la I.E “Nuestra Señora Carmen, Patrona de Yura” y CA-08 ubicada en el centro de salud “Juan Pablo Segundo”, además, colocó una estación meteorológica para medir las variables velocidad y dirección del viento. Los resultados obtenidos para $PM_{2.5}$ fueron: la mínima $10,8 \text{ ug/m}^3$ y la máxima 24 ug/m^3 . El autor indicó como conclusión que los resultados no sobrepasaron los ECA para aire y que la calidad ambiental del aire la Calera, en la estación Yura viejo, para esos días, no afectó negativamente por la industria cementera y recomendó mantener un constante monitoreo de los parámetros de calidad de aire por parte de la municipalidad distrital de Yura y establecer un comité de monitoreo participativo que permita dar a conocer a los pobladores la calidad ambiental de su distrito.

Suárez *et al.* (2017) realizaron un estudio titulado “Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo-Perú”, con el objetivo de caracterizar la composición química del MP atmosférico colectados en una estación ubicada en el centro urbano de Huancayo. La investigación fue descriptiva. En la metodología utilizaron como técnicas de muestro el equipo de bajo volumen PARTISOL FRM 2 000 para calcular la concentración de partículas menores a 2,5 micras y, además, analizaron la composición química de 38 elementos empleando la técnica de fluorescencia de rayos x. Asimismo, las muestras colectadas fueron en un periodo de agosto 2007, enero, abril y mayo del 2008. Además, para $PM_{2.5}$ analizaron los iones: NO_3 y SO_4 , carbono orgánico y elemental, utilizando el equipo colector de partículas de bajo volumen PARTISOL FRM 2 000 de thermo scientific EE. UU en un periodo de 4 meses: agosto 2007, enero, abril y mayo del 2008. Como parte de esta técnica que utilizaron, emplearon los filtros de Quarzo y el método gravimétrico a través de la diferencia del peso inicial y final de cada filtro mediante una micro balanza. Para el análisis de datos utilizaron el programa WRPLOT View 8.0, Excel y programa R-PROJECT el cual calculó los datos estadísticos descriptivos para cada tamaño de material particulado y componente químico analizado. Los resultados mostraron que, en un periodo seco en los meses de agosto 2007 y mayo 2008, los vientos predominantes fueron de Suroeste y Noroeste con una velocidad de 2,6 a 4,1 m/s por lo que la dirección del viento varía en cada periodo, tuvo como resultado $67,79 \text{ ug/m}^3$ superando el ECA para aire

– 24 horas resaltando que el tamaño de partícula del $PM_{2,5}$ es de mayor importancia en la problemática de salud y aire. Siendo los elementos químicos más abundantes en el $PM_{2,5}$ el S, Si, K, Ca y Cl; los cuales podrían estar relacionados con la quema de combustibles y biomasa, concluyendo que existe una mayor concentración de $PM_{2,5}$ en el periodo seco y concentraciones importantes de carbono orgánico y elemental.

Valdivia (2017) realizó un estudio titulado “Determinación del material particulado, dióxido de azufre y monóxido de carbono en el centro poblado El Arenal-Islay”, con el objetivo de determinar los contaminantes en el centro poblado. La investigación fue “analítico-cuantitativo”. La metodología estuvo basada en el análisis de los datos que obtuvo a partir de 3 puntos de monitoreo ubicados CA-01 en la entrada al centro poblado, CA-02 en la zona urbana (en una vivienda de la zona) y CA-03 en el puente del río Tambo. Para este fin utilizó el equipo Hi-Vol por medio de un filtro de cuarzo durante 24 horas y una estación meteorológica que brindó parámetros meteorológicos como temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento. Según la investigación, en la zona realizaron trabajos de construcción y mejoramiento de la carretera Camaná – Quilca – Ilo - Tacna y dicha actividad generó material particulado debido al movimiento de tierra y al elevado tránsito vehicular pesado. Los resultados fueron que el CA-01 $<600 \text{ ug/m}^3$ de CO, en el punto CA-02, $<600 \text{ ug/m}^3$ de CO y en el punto CA-03 $<600 \text{ ug/m}^3$ de CO, concluyendo que la calidad del aire de dicho centro poblado no es afectado por las obras de construcción de la carretera mencionada, los resultados encontrados estaban por debajo de los ECA para aire, finalmente recomendó no dejar de monitorear y evaluar la calidad del aire, comparar los resultados obtenidos del trabajo de investigación con los resultados de la constructora para observar el comportamiento de los parámetros medidos.

Ñaña (2014) realizó un estudio titulado “Variación temporal de la concentración de monóxido de carbono usando datos del sensor MOPITT en las regiones costa, sierra y selva del Perú”, con el objetivo de analizar la variabilidad temporal de la concentración del monóxido de carbono (CO) en las regiones costa (Chilca, Lima), sierra (Huancayo, Junín) y selva (Puerto Maldonado) en un tiempo de 2002 a 2012. La investigación fue de nivel descriptivo. La metodología que empleó fue la utilización de técnicas de datos satelitales generados por el sensor MOPITT, un infrarrojo térmico multicanal y cercano a borde de un

satélite tierra llamado EOS – TERRA la cual le permitió una cobertura global cada 3 días, analizó la variabilidad interanual y mensual, los datos fueron tomados de día a cielo despejado. Utilizó el programa MS Excel, Matlab y Stat Graphic para procesar la información, sin embargo, para el tratamiento de datos aplicó la estadística descriptiva (medida de tendencia central y dispersión). Los resultados que obtuvo para CO fue la mínima 1 030,5 ug/m³ y la máxima 3 434 ,9 ug/m³. Por lo que el autor concluyó que los resultados de variación trimestral y estacional hay una baja concentración del CO y esto se debe al incremento de precipitaciones en dichos lugares.

Rivera (2013) realizó un estudio titulado “Aplicación y evaluación del protocolo de monitoreo de calidad del aire en la empresa Lima gas S.A.- Planta Trujillo, periodo 2012”, con el objetivo de realizar en la empresa Lima gas S.A. un protocolo de monitoreo de calidad del aire y determinar concentraciones representativas en el área de estudio. Utilizó la metodología analítico-descriptivo y midió concentraciones en dos estaciones: punto 01 ubicado en la parte posterior de la plataforma de envasado (hacia el norte) detrás de los tanques estacionarios y el punto 02 ubicado sobre el techo de las oficinas administrativas, en el extremo oeste de la planta de envasado. Como técnicas utilizó los equipos Hi vol para PM₁₀ y el equipo tren de muestreo burbujeador para CO, SO₂, NO₂ y H₂S. El resultado para PM₁₀ fue de 67,51 ug/m³, para SO₂ la máxima concentración fue de 1,20 ug/m³, para CO la máxima concentración fue de 397,40 ug/m³ y para NO₂ la máxima concentración fue de 4,22 ug/m³. El estudio concluyó que los resultados han sido significativamente inferiores a los Estándares de Calidad Ambiental para aire por lo que no generan impactos significativos en la calidad de aire de la zona de influencia en la planta.

Rudas (2013) realizó un estudio titulado “Determinación de concentraciones de monóxido de carbono (CO) en la estación de monitoreo de calidad del aire y ruido ubicado en la IE Santa Teresita de la ciudad de Cajamarca”, con el objetivo de determinar las concentraciones de (CO) en comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) en el año 2010. La investigación fue descriptiva y analítica, utilizó la técnica del método automático teniendo en cuenta el Protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de datos elaborado por DIGESA. Estableció una población conformada por todas las mediciones de CO durante el año 2010, la muestra fue las mediciones realizadas entre los meses de febrero a julio del

2010 registrando 2712 mediciones. Utilizó el equipo automático Modelo 48i de Thermo Electron. Los resultados obtenidos después de realizar el análisis demostraron que la mayor concentración promedio de monóxido de carbono (CO) por hora encontrado fue 13,328 ug/m³, concluyendo que la concentración de monóxido de carbono no supera el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) del aire (30 000 ug/m³).

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. Historia de la contaminación atmosférica

Internacionales

A inicios se creía que la contaminación más que molestia era una amenaza para la salud del ser humano. Sin embargo, en 1306 se publicó algunas leyes para prevenirla. Ese año, Eduardo I de Inglaterra prohibió la quema del carbón en hornos artesanales debido a la emisión e inhalación de gases fétidos (CEPIS y OMS, 1999). Por tal motivo, existen lugares donde se ha visto afectada seriamente la calidad del aire, tales son los casos de:

El Gran Smog de Londres de 1952. Ocurrido entre el 5 y el 9 de diciembre, fue un evento catastrófico de contaminación atmosférica que afectó a la capital británica. Durante este período, la ciudad experimentó una acumulación excepcional de contaminantes, incluyendo monóxido de carbono (CO) y partículas finas de material (PM_{2,5}), que resultaron graves para la salud pública. La quema intensiva de carbón de baja calidad, rica en azufre, en hogares y centrales eléctricas, liberó grandes cantidades de CO y PM_{2,5} al ambiente. Estos contaminantes, combinados con condiciones meteorológicas adversas como una inversión térmica y la falta de viento, atraparon los contaminantes cerca del suelo, formando una densa niebla tóxica que redujo la visibilidad a pocos metros, Martínez (2024). La exposición al CO y al PM_{2,5} durante el smog tuvo efectos devastadores en la salud de los londinenses. Se estima que hasta 12,000 personas fallecieron debido a infecciones respiratorias y cardiovasculares exacerbadas por la contaminación. Este trágico evento subrayó la necesidad urgente de medidas para controlar la contaminación del aire. Como resultado, se promulgó la Ley de Aire Limpio en 1956, que estableció zonas libres de humo y promovió el uso de combustibles más limpios, marcando un hito en la legislación ambiental. El Gran Smog de

Londres de 1952 no solo evidenció los peligros de la contaminación atmosférica, sino que también subrayó la necesidad de una planificación urbana adecuada y la implementación de medidas preventivas para proteger la salud pública. Este evento histórico sigue siendo una referencia crucial en la lucha contra la contaminación del aire en las ciudades modernas Polivka (2018).

Donora. Un pueblo de 5,2 km² albergaba 14 mil habitantes, dependía de 2 grandes plantas industriales, la cual generó empleos a los mismos habitantes, llamadas: la planta de acero-alambre y la fábrica de zinc, los cuales emitían regularmente columnas de humos ondulantes emisiones de fluoruro de hidrógeno, CO, NO₂, múltiples compuestos de azufre y metales pesados en partículas finas. El smog que se produjo en 1948 fue crucial para los habitantes de esta región, por lo que murieron 20 personas mientras que 5900 (43 % de la población total) se vieron severamente afectados. Concluyendo que Donora no implementó acciones o medidas de control del humo originando tasas altas de cáncer, por tal motivo esto conllevó a la creación y aprobación de la ley del aire limpio en Estados Unidos (Jacobs *et al.*, 2018).

Beijing, la capital de China. Una de las ciudades más afectadas por la contaminación del aire en el mundo. La acumulación de partículas finas (PM_{2,5}) y monóxido de carbono (CO) representa un reto significativo para la salud y ambiente. Estas partículas, lo suficientemente pequeñas para penetrar profundamente en los pulmones, superan con frecuencia los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Las principales causas de este problema incluyen el uso masivo de carbón para calefacción, las emisiones vehiculares y las actividades industriales. Además, el rápido crecimiento del parque automotor contribuye significativamente a las emisiones de CO y óxidos de nitrógeno. Estas fuentes se ven agravadas por las condiciones geográficas de Beijing, rodeada de montañas que dificultan la dispersión de contaminantes, Zhang y Huo (2012). Así mismo, Chan y Yao (2008) mencionan que el impacto de esta contaminación es alarmante. La exposición prolongada a PM_{2,5} y CO ha incrementado los casos de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y muertes prematuras, con más de 22,000 fallecimientos anuales relacionados con la mala calidad del aire. Episodios severos de smog han obligado al cierre temporal de escuelas, oficinas y fábricas, afectando la economía local y la calidad de vida. En respuesta, el gobierno chino ha implementado medidas significativas, entre ellas se destaca la promoción

de vehículos eléctricos y el cierre de fábricas altamente contaminantes. Aunque estas acciones han reducido la contaminación desde 2013, los niveles siguen superando los estándares de la OMS.

Broughton (2005) en diciembre de 1984. Mencionó que, una fuga de isocianato de metilo en la planta de pesticidas de Union Carbide en Bhopal (India) liberó gases tóxicos que afectaron a más de medio millón de personas. Se estima que entre 3,000 y 8,000 personas murieron en los primeros días, y las secuelas han causado enfermedades crónicas en miles de sobrevivientes.

Nacionales

En Perú, si bien no se han registrado casos de contaminación exactamente iguales a los desastres como el Gran Smog de Londres (1952) o los episodios de contaminación histórica en Pensilvania, el país si ha enfrentado varios incidentes graves de contaminación ambiental que pueden ser comparados en cuanto a su impacto en la salud pública y el medio ambiente. A continuación, se detallan algunos casos relevantes que se asemejan a los incidentes de Pensilvania y Londres:

La ciudad de La Oroya. Ubicada en la región andina de Junín, es uno de los casos más emblemáticos de contaminación en Perú. Esta localidad ha sido históricamente conocida por ser sede de una de las fundiciones de metales más grandes del mundo, propiedad de la empresa Doe Run Perú. Durante años, las emisiones de metales pesados, como plomo, zinc, y cobre, se liberaron al aire y al agua, provocando un grave problema ambiental y de salud originando impacto en la salud, es decir, la exposición a estos contaminantes causó niveles alarmantes de plomo en la sangre de los niños oroíños, afectando su desarrollo mental y físico. Además, enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cánceres relacionados con la contaminación del aire fueron comunes entre los residentes y en las acciones gubernamentales después de años de inacción, el gobierno peruano ha comenzado a tomar medidas para mitigar los efectos de la contaminación, como la implementación de tecnologías para reducir las emisiones en la fundición, pero la ciudad sigue siendo un área crítica en cuanto a contaminación (Espinoza *et al.*, 2023).

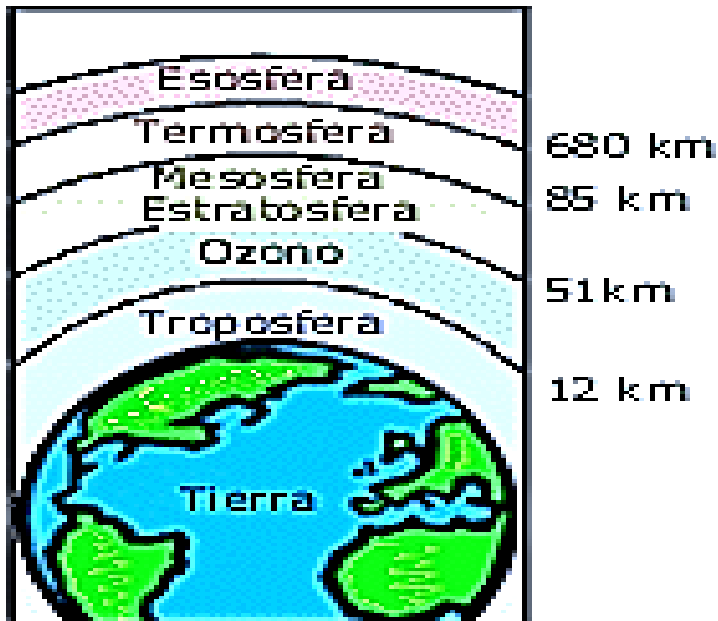
Moretti et al. (2023) en Lima-Perú. Menciona que enfrenta graves problemas de contaminación del aire, que en algunos casos han alcanzado niveles extremos de material particulado ($PM_{2,5}$) y dióxido de nitrógeno (NO_2), comparables a los episodios de smog ocurridos en Londres en 1952. Aunque no de la misma intensidad o duración, los episodios de smog en Lima representan un serio riesgo para la salud pública, especialmente durante los meses de invierno, cuando fenómenos meteorológicos como la inversión térmica atrapan los contaminantes en la atmósfera, impidiendo su dispersión. Dicha contaminación, es el resultado de múltiples fuentes, siendo el tráfico vehicular una de las principales. Se estima que más del 80 % de las emisiones de NO_2 y partículas finas provienen de los vehículos. La quema de combustibles fósiles en la industria y el sector residencial también contribuye significativamente a la contaminación. A pesar de las medidas para reducir la contaminación, la ciudad sigue enfrentando episodios de smog severo, especialmente durante el invierno, cuando las condiciones meteorológicas favorecen la acumulación de contaminantes. Con respecto al $PM_{2,5}$, son partículas ultra-finas que son inhaladas fácilmente y penetran profundamente en los pulmones, superan en varias ocasiones los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Esto contribuye a una serie de problemas de salud, como enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Un informe del Ministerio de Salud de Perú en 2018 indicó un aumento en las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias durante los episodios de smog. Finalmente, durante estos episodios, las autoridades locales han emitido alertas, recomendando a la población vulnerable evitar salir de casa o usar mascarillas para protegerse de la contaminación. Sin embargo, la efectividad de estas medidas depende en gran medida de la conciencia pública y de las políticas gubernamentales que favorezcan la reducción de emisiones contaminantes.

1.2.2. Atmósfera: Composición

Según CEPIS (1999), la atmósfera está constituida por muchas capas de aire, siendo la tropósfera y estratósfera de mayor importancia para el estudio del control de contaminación del aire. La tropósfera es una delgada capa de aire densa y muy cercana a la superficie terrestre y contiene aire que todos los seres vivos necesitamos. La estratósfera es una capa de protección del aire que ayuda a absorber y disipar la energía proveniente del sol (Figura 1).

Figura 1

Capas de la atmósfera



Nota. El gráfico representa las capas de la atmósfera la cual nos encontramos en la primera capa: Tropósfera. Tomado de Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Mundial de la Salud (1999). Curso de orientación para el control de la contaminación del aire, Manual de auto instrucción. Lima. https://cidta.usal.es/riesgos/CD1/control_contaminacion_aire/www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/orienta2/frame_o.html

El ser humano ha vivido por miles de años y sus diversas actividades se han visto influenciadas en la composición del aire. El aire es una mezcla compleja conformada por: 78 % nitrógeno, 21 % oxígeno y el 1 % por pequeñas cantidades de sustancias como: dióxido de carbono, hidrógeno, helio, argón y metano (CEPIS, 1999).

1.2.3. Clasificación de contaminantes según diferentes criterios

Según Valdivia (2017) los contaminantes se clasifican según diferentes criterios (Tabla 1).

Tabla 1*Clasificación de contaminantes según diferentes criterios*

Criterio	Clasificación	Detalle
Su estado	Natural	Emitido por agentes y por partículas naturales.
	Antropogénicos humano	Emitido directamente a la atmósfera por diversas actividades del hombre (industrial, comercial, urbana, etc.).
Tipo de contaminante	Contaminante Primario	Contaminante emitido de la fuente directamente hacia la atmósfera manteniendo la misma forma química, ejemplo: material particulado y monóxido de carbono.
	Contaminante Secundario	Contaminante originado luego de la emisión de la fuente o foco producto de reacciones de dos o más contaminantes primarios, por ejemplo: el ozono.
Su efecto	Efecto urbano	Concentración de contaminantes dentro de un área de tipo ciudad entre 4 km a 50 km.
	Efecto global	Concentración de contaminantes asociado a fenómenos que ocurren a escalas mayores a 5000 km.
Fuente emisora	Fuente fija	Fuentes estacionarias que se caracterizan por emitir cantidad de concentraciones de contaminantes.
	Fuente móvil	Fuente en movimiento o que circula por calles o carreteras se incluyen: vehículos livianos y pesados.

Nota. Elaboración propia a partir de Valdivia, F. R. (2017) Determinación del Material Particulado, Dióxido de Azufre y Monóxido de Carbono en el Centro Poblado <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2432/AMvaarfr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

1.2.4. Determinación de parámetros de calidad del aire a monitorear

Es necesario que el monitoreo de calidad del aire sea eficiente y eficaz por medio de acciones por lo que debe entenderse que no es necesario medir todos los parámetros establecidos en el ECA para aire vigentes. Por lo que debe tenerse en cuenta como criterio, la referencia de los inventarios de emisiones u otras fuentes técnicas – científicas con la finalidad de priorizar los contaminantes a medir según la zona y la fuente (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019).

Según el MINAM (2019) el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental de Aire 2019 se establecen los Parámetros a priorizar según la función de fuentes vinculadas (Tabla 2).

Tabla 2

Parámetros a priorizar según la función de fuentes vinculadas

Fuentes vinculadas	Parámetros a priorizar
Parque automotor, vías pavimentadas y zonas urbanas	PM ₁₀ , PM _{2,5} , SO ₂ , CO, C ₆ H ₆ , y O ₃ (ozono debido a la emisión de precursores)
Industria de procesamiento Combustibles	PM ₁₀ , PM _{2,5} , NO ₂ , CO, SO ₂ y C ₆ H ₆
Producción de Cemento	PM ₁₀ , PM _{2,5} , NO ₂ , CO, SO ₂ y MGT
Producción de ladrillos	PM ₁₀ , PM _{2,5} , NO ₂ , CO y SO ₂

Nota. Elaboración propia tomado de Ministerio del Ambiente (2019). Link. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/zonas-de-atencion-prioritaria/>

1.2.5. Clasificación de estaciones de monitoreo de calidad del aire

De acuerdo con el MINAM (2019) en su guía nacional de monitoreo en materia de calidad ambiental – aire, estableció distintas escalas para categorizar los siguientes tipos de estaciones (Tabla 3):

Tabla 3*Estaciones por escala*

Estaciones por escala	Descripción
Estación de Micro - escala	Asociada a fenómenos que ocurre de 0 m a 100 m.
Estación de escala Media	Asociada a fenómenos de dispersión que ocurre de 100 m a 0,5 km.
Estación de escala Local	Determina concentraciones dentro de un área cuyo uso de suelo es relativamente uniforme de 0,5 km a 4 km.
Estación de escala Urbana	Determina concentraciones dentro de un área de dimensiones tipo ciudad de 4 km a 50 km.
Estación de Meso-escala	Asociada a fenómenos que ocurren a escalas de 50 a 100 km como brisa marina, vientos montañosos, etc.
Estación Sinóptica	Asociado a los movimientos de los sistemas meteorológicos completos de cientos a miles de km.
Escala Global	Asociado a fenómenos que ocurren a escalas mayores de 5 000 km.

Nota. Elaboración según Ministerio del Ambiente (2019). Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental de Aire de 2019.

1.2.6. Monitoreo vinculado a la estrategia de acción

El monitoreo se enfoca principalmente en las áreas de la Zona de Atención Prioritaria (ZAP) de las cuales las fuentes de área y fuentes móviles adquieren una relevancia significativa por su nivel de contaminantes asociados a potenciales efectos a la salud de la población. Por lo tanto, se toma en consideración el “criterio poblacional” de acuerdo con el MINAM (2019) (Tabla 4).

Tabla 4

Número mínimo de estaciones de monitoreo de calidad del aire según el criterio poblacional

Población (miles de habitantes)	Número mínimo de estaciones de monitoreo
0-249	1
250-749	2

Nota. Elaboración propia tomado de Ministerio del Ambiente (2019). Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental de Aire de 2019.

1.2.7. Criterios técnicos para la instalación de los equipos de monitoreo

Según el Ministerio del Ambiente (2019) en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental de Aire, se establecen los criterios técnicos para instalación de los equipos de monitoreo (Tabla 5).

Tabla 5

Criterios técnicos para instalación de los equipos de monitoreo

Características	Criterios técnicos
Distancia horizontal entre dos equipos de monitoreo ubicados en la misma estación	Mayor o igual a 1 m, cuando los equipos de monitoreo utilicen flujos menores o iguales a 200 L/min
Altura de la entrada de la muestra (sobre el suelo)	De 1,5 m a 4 m se considera lo más adecuado.
Restricciones de flujo de aire hacia la estación de monitoreo	La estación de monitoreo debe estar ubicada de tal forma que los obstáculos no eviten el ingreso de flujos de aire en al menos 3 de los 4 cuadrantes (Norte, Sur, Este y Oeste)

Nota. Elaboración propia tomado de Ministerio del Ambiente (2019). Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental de Aire de 2019.

Dado los criterios técnicos deben ser cumplidos para asegurar la confiabilidad de los resultados. Sin embargo, excepcionalmente de presentarse dificultades por razones de accesibilidad, seguridad y disponibilidad de energía eléctrica u otros factores, los equipos pueden ser instalados, aunque no se cumplan con exactitud alguno de los criterios indicados, siempre que se aseguren que dicha ubicación de estación no afectará al cumplimiento del objetivo de muestreo. Finalmente, existen requisitos auxiliares como: requerimiento de energía eléctrica para su funcionamiento por lo que la estación debe estar provista de la misma manera continua y sin interrupciones durante el tiempo de toma de muestra, mecanismos de seguridad y requerir el uso de cercos para evitar el ingreso de personas al muestreo.

1.2.8. Método de Muestreo según su Tecnología

De acuerdo con el “Manual de calidad en torno al aire según lo establecido por el Organismo Mundial de la Salud” (OMS, 2016) el método de muestreo para calidad del aire se puede clasificar en cuatro tipos genéricos: sistemas manuales pasivo, sistemas manuales activos, sistemas automáticos y sensores remotos.

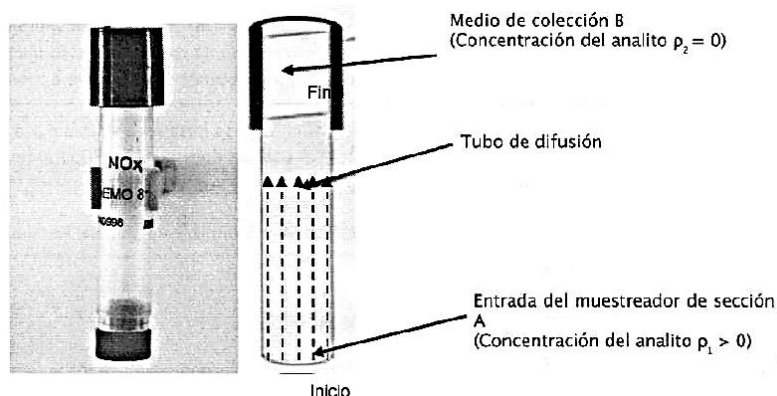
Sistema Manual Pasivo

Es un método simple que brinda una aproximación del estado de la calidad de aire especialmente en zonas donde no se realiza muestreo permanente. Asimismo, utiliza instrumentos como tubos cuyo tamaño y el flujo teórico (difusión molecular) varía en torno al gas que se requiere medir. La muestra obtenida es trasladada a un laboratorio a efectos de que el analito (componente de interés analítico de una muestra que se separa de la matriz) absorbido por el medio de colección B sea analizado.

Es importante desatacar que según Passam (2018) establece un método simple para medir un gas específico (Figura 2).

Figura 2

Diagrama de muestreador de difusión pasiva



Nota. El gráfico representa un método simple de acuerdo al gas que se quiere medir. Tomado de Passam Ag (2018) Nitrogen oxides. Recuperado de: <http://www.passam.ch/wp/nox>

Sistema Manual Activo

Son recolectados por medio físico o químico para ser analizado en un laboratorio. Se bombea un volumen de aire a través de un colector como filtro o solución química durante un tiempo establecido y luego es retirado para su análisis. Asimismo, cuentan con base de datos históricos y requieren mano de obra perenne para recolectar y analizar las muestras (Araujo, 2016).

A continuación, se describen métodos de muestreo de calidad del aire, según el sistema activo:

Método Activo para Material Particulado. El método activo también llamado método gravimétrico, cuyo funcionamiento se describe a continuación:

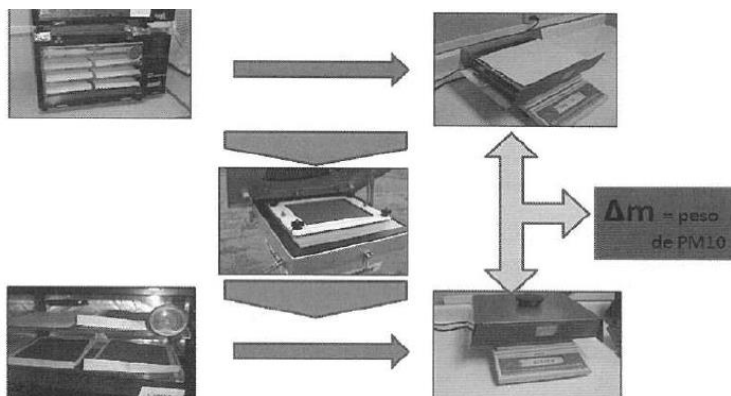
- ✓ Una muestra de aire ingresa a un flujo constante por medio de un cabezal selectivo el cual su función es separarlo a través de una fuerza inercial, además, de las partículas mayores que no son de interés de dicho muestreo. Seguidamente, las sustancias de interés tales como: PTS, PM₁₀, PM_{2,5}, o PM₁ son colectadas por medio de un filtro durante un tiempo de 23 a 25 horas como lo establece el ECA para aire en según la normatividad peruana.

- ✓ Con respecto al filtro utilizado para la toma de muestra debe tenerse en cuenta que debe ser desecado, pesado antes y después de la toma de muestra con el fin de registrar el peso inicial y final del filtro. Asimismo, la diferencia permitirá obtener el peso neto de la sustancia de interés (masa del material particulado).
- ✓ Finalmente, el cálculo de concentración de la sustancia se basa en dividir la masa del material particulado entre volumen de la muestra, por el cual se multiplica el flujo del equipo por el período de muestreo detallado.

Según Ibáñez (2008) indica que el método gravimétrico permite medir el material particulado como se aprecia en la Figura 3.

Figura 3

Ejemplo del proceso del Método Gravimétrico para Material Particulado



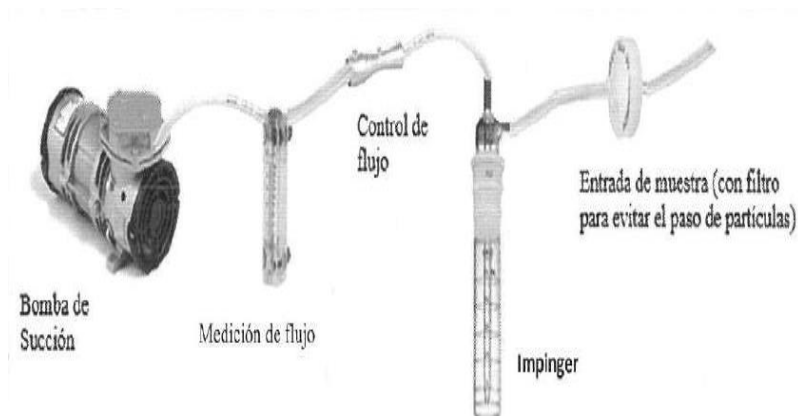
Nota. El gráfico representa el método empleado para medir el material particulado. Tomado de Ministerio del Ambiente (2019). Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental de Aire de 2019.

Método Activo para Gases Ambientales. Se basa en el equipo Tren de Muestreo Ambiental, que está formado por un conjunto de frascos colectores para cada gas que se requiera muestrear. Además, estos frascos tienen dos conexiones; una de ingreso del aire y otra de la salida del aire y su transporte hacia el dispositivo de control para la medición de flujo y bomba de succión. A cada frasco se le vierte cierta cantidad de sustancia líquida absorbente como medio de colección. La sustancia que se utiliza depende del analito que se desea medir. Finalmente, para calcular la concentración de la sustancia de interés se debe dividir la masa del gas ambiental entre volumen de la muestra, el cual se determina multiplicando el flujo del equipo por el período de muestreo específico.

A continuación, en la Figura 4 se muestran los componentes del tren de muestreo ambiental (MINAM, 2019).

Figura 4

Esquema referencial de los componentes de un Tren de Muestreo Ambiental



Nota. El gráfico representa las partes del tren de muestreo para medir gases. Tomado de Ministerio del Ambiente (2019). Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental de Aire de 2019.

Sistema Automático

Sistema que se compone de una bomba de succión, el objetivo de los equipos no es coleccionar muestras del analito para ser analizadas posteriormente a un laboratorio, sino es determinar la concentración de la muestra en una cámara de análisis utilizando los métodos ópticos (entre ellos la fluorescencia UV, quimioluminiscencia, dispersión de luz y atenuación de rayos beta).

Sistema Híbrido

En este sistema se combinan los anteriores sistemas mencionados para determinar las concentraciones de los parámetros de calidad del aire y esto dependerá de los objetivos planteados en el plan de monitoreo, así como la disponibilidad de los recursos y priorización de parámetros.

1.2.9. Estrategia metodológica de monitoreo ambiental

Es importante en todo muestreo de calidad ambiental para aire realizar un muestreo meteorológico dependiendo la escala y finalidad, lo cual debe ser automática reportando datos de forma horaria, en algunos casos se puede requerir más de una, dichas variables que intervienen son importantes para evaluar la incidencia del punto de emisión al área cercana.

Estas variables son:

- Velocidad del viento (m/s)
- Dirección del viento (Soplando desde)
- Humedad relativa (%)
- Presión atmosférica (mmHg)
- Temperatura (°C)
- Precipitación (mm)

Además, la validación de los datos de muestreo ambiental se debe considerar lo siguiente:

- Data original
- Cadena de custodia

1.2.10. Requerimientos para muestreo ambiental de aire

Accesibilidad

El lugar donde se coloca el equipo debe ser de fácil accesibilidad para los procesos de operación y mantenimiento (Riu *et al.*, 2007).

Seguridad

El lugar debe contar con resguardo suficiente, ya que los equipos deben estar protegidos.

Disponibilidad de energía eléctrica

Se debe asegurar el suministro eléctrico para que los equipos funcionen correctamente en toda la medición, en caso de escasa disponibilidad de energía eléctrica se evaluará la posibilidad de usar grupo electrógeno u otra alternativa para evitar que afecte a los criterios técnicos establecidos.

1.2.11. Clasificación de contaminantes atmosféricos

Las fuentes móviles generan principalmente los siguientes contaminantes atmosféricos o contaminantes primarios:

Monóxido de carbono (CO)

Es un gas incoloro e inodoro que en altas concentraciones puede ser mortal. La principal fuente antrópica de CO es la quema incompleta de combustibles, tal como la gasolina, por lo que para que sea completo este proceso de combustión es fundamental la cantidad adecuada de oxígeno. Cuando este comburente es insuficiente se forma el contaminante primario CO y una opción de reducirlo es exigir que los automóviles sean afinados para asegurar la mezcla óptima del combustible y el comburente (oxígeno). El contaminante CO es especialmente problemático en zonas o áreas urbanas con gran número de vehículos. Es importante conocer que el volumen del tránsito y el clima de dicho entorno influyen sobre su concentración en el aire. La afectación en los seres humanos a causa del contaminante dependerá de la concentración y tiempo de exposición afectando el suministro o provisión de oxígeno en el torrente sanguíneo, normalmente los glóbulos rojos transportan el oxígeno por todo el cuerpo sin embargo cuando existe presencia de CO este atrae más a los glóbulos rojos que al oxígeno lo que ocasiona una carencia de oxígeno en la sangre por lo que a corto plazo el efecto es similar a la sensación de fatiga. Dicha exposición del contaminante puede exacerbar enfermedades como del corazón y del pulmón, siendo más dañino o grave en los recién nacidos, ancianos y aquellos que padecen de enfermedades crónicas (Román, 2017).

Material Particulado (MP)

Se definen como cualquier partícula en estado ya sea sólido o líquido con un oscilante de diámetro entre 0,0002 y 500 micrómetros, estas son una compleja asociación de partículas que están suspendidas en el aire, las que varían en composición y tamaño dependiendo de sus fuentes de liberación. Que pueden provenir de fuentes naturales tales como erupción volcánica, incendios forestales y erosión de suelo, o de fuentes antropogénicos tales como: quemas de terrenos agrícolas, procesos industriales y de combustión incompleta de productos derivados de petróleo (Saavedra, 2014). Así mismo (Garrido y Camargo; 2012) menciona que el material particulado involucra varios tipos de partículas de acuerdo a sus propiedades específicas la cual se dividen en partículas sedimentables y partículas suspendidas siendo éstas últimas las principales causantes del problema ambiental de calidad del aire debido a su permanencia amplia en la atmósfera, subdividiéndose en partículas suspendidas totales (PST) y partículas respirables estando el PM₁₀ y el PM_{2,5}.

Después de ser liberadas estas partículas experimentan varias reacciones químicas, por ello su composición y tamaño cambian dependiendo de ciertos factores, climas o tipos de fuentes. Las partículas tienen su composición orgánica como: fenoles, ácidos, alcoholes, etc. e inorgánica como: nitrato, sulfato, silicato entre otros.

Las partículas se clasifican según:

Características físicas. Son aquellas partículas que se encuentran suspendidas en tamaño entre 0,0002 μm y 10 μm y las sedimentables en tamaño superior a 10 μm .

Productos derivados de un proceso natural o antropogénico Estos se muestran a continuación:

Antropogénicos

Polvos. Aquellas partículas de menor tamaño de 1 a 1,000 μm formadas en fragmentos en procesos de trituración, molienda, explosiones, entre otras, las cuales tienden a desplazarse por corrientes de aire.

Humo. Aquellas partículas sólidas finas de tamaño de 0,5 μm a 1 μm resultantes de materiales orgánicos en la combustión incompleta como tabaco, madera y leña.

Fumos. Aquellas partículas sólidas finas de tamaño entre 0,03 y 0,3 μm formadas por condensación de vapores en proceso de destilación, calcinación y fundición.

Cenizas. Aquellas partículas finas de tamaño entre 1 y 1,000 μm provenientes de combustión de carbón y actúan como abrasivos (Flores y Zela, 2011).

Naturales

Niebla. Aquellas gotas pequeñas de tamaño de 0,0002 y 10 μm .

Aerosoles. Aquellas suspendidas en el aire que oscilan de tamaño entre 0,001 y 100 μm .

Efectos en la salud humana:

Partículas menores a 2,5 micrómetros $PM_{2,5}$ ($\leq 2,5 \mu\text{m}$). Aquellas partículas de tamaño menores a 2,5 μm , representando un mayor riesgo a la salud (Vara, 2017), siendo las principales fuentes de $PM_{2,5}$: medios de transporte a combustión, quema de combustibles, de materia orgánica y de otros materiales como plástico o caucho (Moscoso, 2019) y polvos arrastrados por el viento, cenizas volcánicas, incendios forestales y vehículos que utilizan combustibles fósiles (Loconi, 2021).

1.2.12. Fuentes móviles de emisión

Las fuentes móviles de emisión se clasifican en dos grupos: fuera de ruta o en ruta. Siendo las fuentes móviles fuera de ruta están conformadas por barcos, trenes y aviones, a diferencia de las fuentes móviles en ruta que incluyen cualquier fuente que normalmente opere en carreteras que involucra vehículos de pasajeros, camiones, motocicletas, buses, autos, camionetas y vehículos de tres ruedas. (Román, 2017, pp 28)

Clasificación de vehículos

De acuerdo con el reglamento Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares (Decreto Supremo N°025-2008-MTC) se clasifica de la siguiente forma:

Vehículo. Medio apto de desplazarse pudiendo ser motorizado o no, sirve para transportar personas o mercancía.

Vehículo menor. Vehículo automotor que pertenece a la categoría L con menos de cuatro ruedas en esta clasificación se encuentra moto lineal, moto taxi y tri-moto.

Vehículo Liviano. Vehículo automotor que pertenece a la categoría M1, M2, N1, O1 y O2 y su peso bruto es de 3,5 toneladas o menos, en esta clasificación se encuentra automóviles, camioneta panel, Station Wagon, camioneta Pick up, etc.

Vehículo Pesado. Vehículo automotor que pertenece a la categoría M1, M2, M3, N2, N3, O3 y O4 y su peso bruto es mayor a 3,5 toneladas, en esta clasificación se encuentran remolcadores o tracto camión, remolques, semi-remolque, omnibuses, camión, etc.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

No experimental. Observamos fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después ser analizados, es decir, es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular las variables a las condiciones (Aigner, 2006). La presente investigación se enmarcó en un diseño de tipo no experimental porque se obtuvo un diagnóstico que sirve de solución para mejorar la calidad del aire.

Descriptivo. El investigador se limita a medir la presencia y características de un fenómeno en una población en un momento de corte en el tiempo tal como factores ambientales (Veiga *et al.*, 2008). La investigación se enmarcó en un alcance de tipo descriptivo porque se describió los hallazgos en base a mediciones realizadas de los contaminantes.

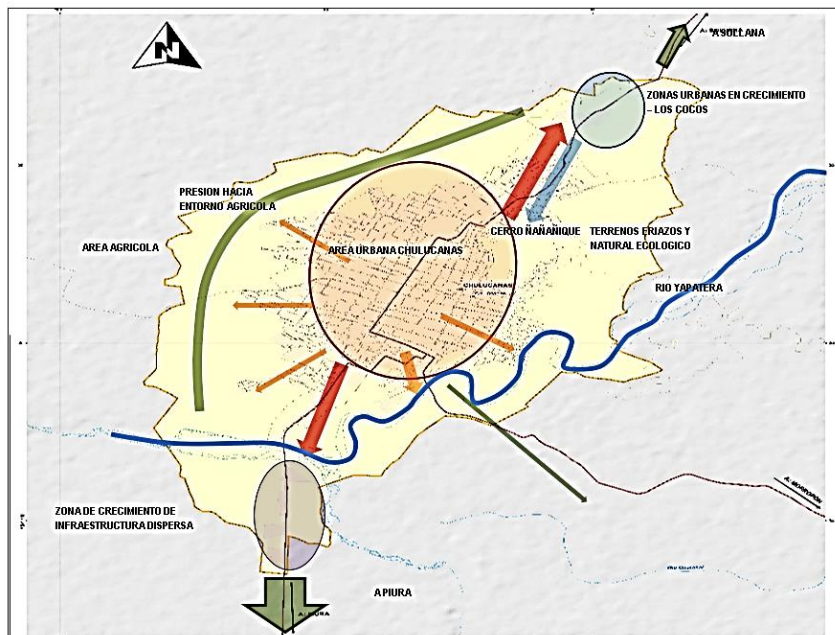
Cuantitativo. Es aquella que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables (Pita y Pértegas, 2002). La investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo porque los datos obtenidos en campo se analizaron cuantitativamente en el laboratorio lo cual permitió diseñar un registro de los niveles de concentración de CO y PM_{2,5} en el área urbana de Chulucanas.

2.2. Lugar y fecha

Camacho (2016) menciona que la ciudad de Chulucanas con capital Morropón está ubicada a 49 km de la ciudad Piura. Chulucanas se ubica en las coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) 592 530,7 E, 9 436 481 N con una altitud de 92 m s.n.m. y geográficamente se encuentra dentro un clima seco tropical con periodos secos prolongados por lo cual la humedad es mínima y no permite establecer una influencia con la concentración de los contaminantes así mismo se caracteriza por ser una zona agrícola y comercial. Además, la Municipalidad provincial de Morropón, Chulucanas en el Plan de desarrollo urbano del 2019, estableció la delimitación del área urbana de Chulucanas en zona céntrica, zona periférica y Asentamientos Humanos (ubicados a las afueras del mencionado distrito). Las fechas en las que se realizaron los muestreos fueron: jueves 27, viernes 28 y sábado 29 de mayo; viernes 25, sábado 26 y domingo 27 de junio; viernes 30, sábado 31 de julio respectivamente, finalmente domingo 01 de agosto; del 2021. En la Figura 5 podemos ver la sectorización urbana de Chulucanas. El tiempo de investigación fueron los meses de mayo, junio y julio del 2021.

Figura 5

Delimitación del Área Urbana de Chulucanas



Nota. La figura representa el mapa de Chulucanas sectorizado. Tomado de Municipalidad provincial de Morropón – Chulucanas. (2019). Plan de desarrollo urbano. [Diapositiva PowerPoint]. <https://www.gob.pe/munichulucanas>

2.3. Población y muestra

Población

Hernández *et al.* (2014) menciona que la población se refiere al conjunto completo de elementos que cumplen con determinados criterios específicos y representa el grupo sobre el cual se busca extrapolar los hallazgos del estudio. La presente investigación tuvo como población el área urbana de Chulucanas.

Muestra

Hernández *et al.* (2014) dice que la muestra es una parte representativa de la población, elegida a través de un procedimiento establecido, que facilita la realización de inferencias aplicables al conjunto total. Así mismo, sostiene que existen investigaciones con muestreo mixto, en las que se combina varios tipos de muestra. La presente investigación tuvo un muestreo mixto (Hernández *et al.*, 2014) por un lado, una muestra teórica o conceptual, según Hernández *et al.* (2014) es aquella que se establece cuando se necesita entender un concepto o teoría, se muestrea los casos que sirven para ese fin. Por otro lado, es una muestra por conveniencia, según Hernández *et al.* (2014) es aquella que se elige porque los elementos son accesibles o fáciles de reclutar para el investigador. Por lo tanto, la muestra de la presente investigación está conformada por 4 zonas del área urbana de Chulucanas. donde se realizó el muestreo de CO y PM_{2,5}.

En la Figura 6, se muestran las 04 zonas de muestreo durante 03 meses de investigación en Google Earth. En la Tabla 6 se describen las coordenadas de las zonas de muestreo mediante el uso del GPS.

CA-01: MZ. D, LT. 11 Micaela Bastidas – frente al terminal terrestre de Chulucanas (entrada de la ciudad de Chulucanas) donde se observa los equipos de medición para ambos contaminantes ubicado en una casa frente al terminal terrestre.

CA-02: MZ S, LT. 05 Vate Manrique – frente al hospital de Chulucanas E.S.II-1 “Manuel Javier Nomberto” donde se observan los equipos de medición para ambos contaminantes ubicado en una casa frente al hospital de Chulucanas.

CA-03: Ramón Castilla N° 379 – frente al mercado de abastos de Chulucanas donde se observa los equipos de medición para ambos contaminantes ubicado en una casa frente al mercado de Chulucanas.

CA-04: Apurímac N° 098 (salida de la ciudad de Chulucanas) donde se observa los equipos de medición para ambos contaminantes ubicado en una casa ubicada a la salida de Chulucanas.

Tabla 6

Descripción de las zonas de muestreo

CÓDIGO	Coordenadas UTM		ALTITUD m s.n.m.
	WGS -84		
	ESTE	NORTE	
CA-01	592 330	9 435 692	98
CA-02	591 901	9 435 918	86
CA-03	592 682	9 436 857	92
CA-04	593 448	9 437 634	106

Figura 6

Ubicación de las zonas de muestreo de monóxido de carbono (CO) y material particulado ($PM_{2,5}$)



2.4. Técnicas e instrumentos

Técnicas

Método activo para gases ambientales: Se basa en el tren de muestreo ambiental, el cual está formado por un conjunto de frascos llamados impingers para el gas que se requiera muestrear. Llamado Solución captadora para CO la cual consta de dos soluciones: la primera es la solución A+B y la segunda es la solución C; mezclándose la segunda a la primera solución, uniformizando la muestra siendo el 50 % de la medida para reaccionar al CO y el otro 50 % para controlar la calidad.

Separación inercial/filtración (gravimetría): Se basa en un método analítico cuantitativo en el cual se calcula mediante la diferencia de peso final con el peso inicial en mg (Peña y Afanador, 2019, como se citó en Fernández, 2024).

Instrumentos

Tren de muestreo de gases ambientales para Monóxido de Carbono (CO) MARCA CHENG XIN y MODELO LZM.

Muestreador de bajo volumen Dual Channel Dust Sampler para PM_{2,5}.

2.5. Descripción de la investigación

Área de estudio: Área urbana de Chulucanas

En la investigación se ejecutaron 03 muestreos ambientales para aire con una frecuencia mensual en los meses de mayo, junio y julio 2021, donde se utilizaron los equipos: tren de muestreo para CO y bajo volumen para PM_{2,5} abarcando las 04 zonas de muestreo.

Muestreo de calidad de aire para CO y PM_{2,5} y ubicación de estación meteorológica

La toma de muestra y concentración de los contaminantes están basadas en el Protocolo Nacional de Muestreo de la Calidad del Aire- MINAM 2019.

Criterios de ubicación para la toma de muestra de CO y PM_{2,5} y escala de medición

El criterio para medir la concentración de CO se debe a la emisión de los vehículos que usan combustibles fósiles y para PM_{2,5} debido al tráfico vehicular en los gases de escape de los mismos en especial de aquellos que queman diésel, por lo tanto, en las zonas urbanas la quema de combustibles contribuye significativamente siendo perjudiciales para la salud humana en especial al sistema respiratorio y la remoción de tierra. De acuerdo al Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad el Aire, el tipo de investigación se limita a una escala urbana de 4,2 km, contaminante primario el cual es emitido directamente a la atmósfera y la fuente emisora de tipo móvil ya que es una fuente en movimiento que circula en calles incluyen todo tipo de vehículo liviano y/o pesado.

Estación meteorológica

El criterio para la ubicación de la estación meteorológica se realizó en base al Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad el Aire por el MINAM del 2019, tal como se muestra en la Tabla 7, considerando una estación meteorológica cercana a la otra zona de muestreo.

Tabla 7

Descripción de la ubicación de la estación meteorológica

CÓDIGO	EQUIPO	PARÁMETRO	TIEMPO	PROTOCOLO
CA-02	DAVIS	Velocidad y	24 horas	Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire 2019- MINAM
CA.04	VENTAGE	dirección viento		

En las Figuras 8, 9, 10, 11, 12 y 13 se muestran las rosas de viento considerando la dirección predominante del viento y su velocidad en (m/s) para luego superponerlo en el programa Google Earth 2021.

2.6. Identificación de variables y su mensuración

Captura de CO y adsorción de PM_{2,5}

Para la captura del CO se utilizó el equipo tren de muestreo el cual funcionó con la mezcla de 02 soluciones captadoras llamadas A+B (solución blanquecina) y C (solución cristalina) durante 08 horas y para PM_{2,5} se utilizó el equipo bajo volumen el cual funcionó con la colocación del filtro en el portafiltro, para luego cuantificar mediante la diferencia del pesado final con el inicial durante 24 horas, como lo indica la normativa ambiental vigente ECA para Aire.

Procedimiento de campo

A continuación, se detalla los pasos a seguir para la medición, registro y obtención de resultados de la concentración de los contaminantes CO y PM_{2,5} con la ubicación y registro de datos de las variables meteorológicas en la estación meteorológica:

Tren de muestreo de gases (CO)

- Se realizó una inspección del área a monitorear con la finalidad de ubicar las coordenadas del proyecto.
- Se aseguró el equipo a una base sólida y delimitó el área con cinta de seguridad.
- Se instaló el trípode, regulando la altura con las llaves que tienen las tres patas, teniendo en cuenta que quede por encima de 1 metro de altura sobre el suelo.
- Luego se colocó la solución captadora de CO en el burbujeador siendo, 50 ml para control de calidad y 50 ml para reacción del contaminante con la finalidad de garantizar la toma de muestras.
- Se calibró el flujo del parámetro CO utilizando un Rotámetro según el flujo establecido en la cadena de custodia de acuerdo con el laboratorio (0,5 L/min).
- Además, se conectó al equipo a una fuente de corriente de energía eléctrica y se programó en la pantalla el tiempo (08 horas) y el parámetro a muestrear (CO).
- Culminado el tiempo de muestreo se colocó la solución captadora en el frasco.
- Se registró datos en la cadena de custodia y rotulado correcto de muestras.

y finalmente se desmontó el equipo.

- Se enviaron las muestras al laboratorio acreditado.
- Luego se recibió el informe de ensayo del laboratorio.
- Y finalmente la recopilación de información, resultados, discusión e interpretación. Tal como se muestra en la Figura 7.

Muestreador de partículas de bajo volumen (PM_{2,5})

- Se realizó una inspección del área a monitorear con la finalidad de ubicar las coordenadas del proyecto.
- Se aseguró el equipo a una base sólida y delimitó el área con cinta de seguridad.

- Luego se instaló el trípode, regulando la altura con las llaves que tienen las tres patas, teniendo en cuenta que quede por encima de 1 metro de altura sobre el suelo.
- Se colocó y ajustó en la parte superior del trípode al porta filtro de aluminio lo cual contiene en su interior un soporte de filtro en donde ingresa el filtro de muestreo del material particulado menor a 2,5 micras.
- Además, unió al porta filtro un tubo donde adsorbió las partículas de mayor tamaño (PM10), mientras que para partícula de menor tamaño (PM_{2,5}) se colocó un impactador.
- Se colocó el cabezal para el parámetro a muestrear (PM_{2,5}).
- Y posteriormente a ello se colocó la manguera de succión y los sensores de temperatura y presión, el cual van unidos a las entradas para cada sensor en la parte inferior de la bomba de succión.
- Se conectó al equipo a una fuente de corriente de energía eléctrica y programó en la consola el tiempo (24 horas) y el parámetro a muestrear PM_{2,5}
- Culminado el tiempo de muestreo se procedió al de samblaje del porta filtro y se retiró el filtro muestreado utilizando el casete abierto.
- Se registraron los datos en la cadena de custodia y rotulado correcto de muestras.
- Finalmente se desmontó el equipo.
 - Se enviaron las muestras al laboratorio acreditado.
 - Luego se recibió el informe de ensayo del laboratorio.
- Finalmente, la recopilación de la información, resultados, discusión e interpretación, tal como se muestra en la Figura 7.

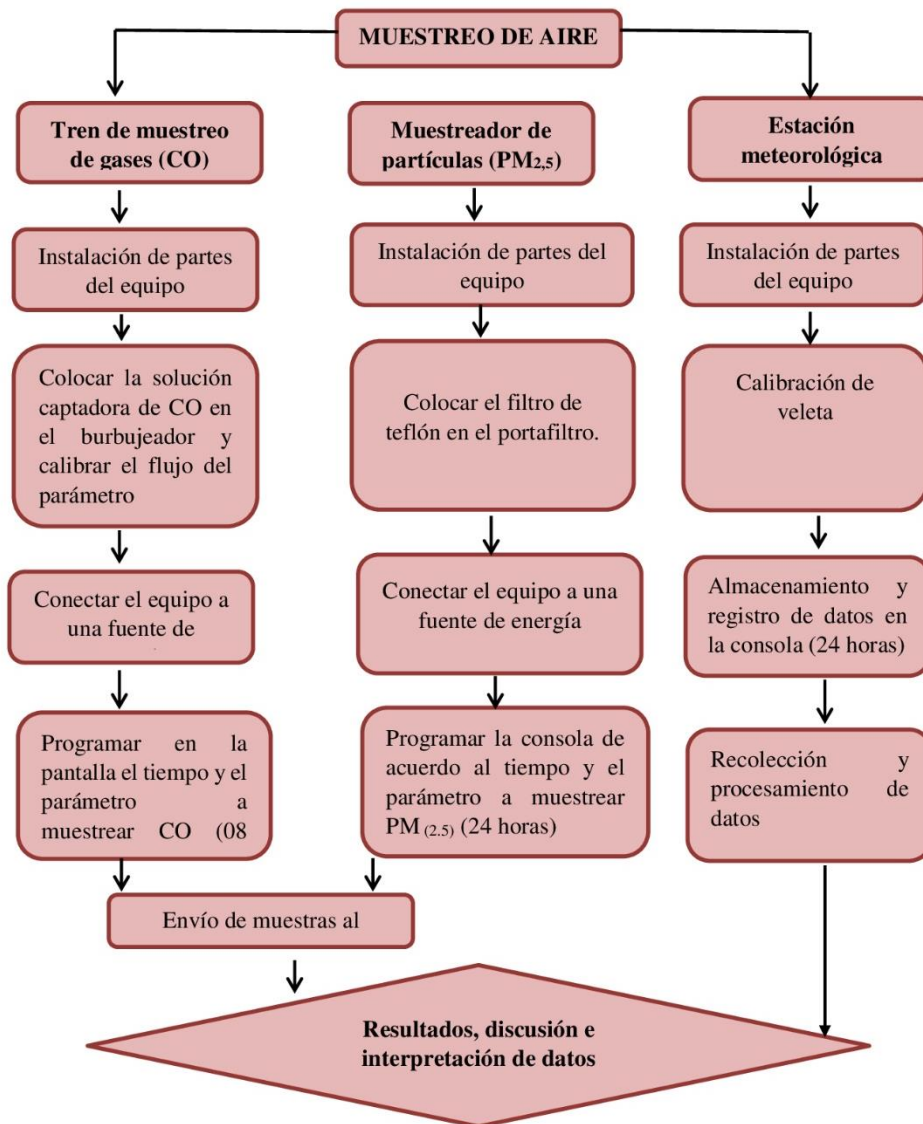
Estación meteorológica

- Se realizó una inspección del área a monitorear con la finalidad de ubicar las coordenadas del proyecto.
- Se aseguró el equipo a una base sólida y delimitó el área con cinta de seguridad.
- Se instaló el trípode, regulando la altura con las llaves que tienen las tres patas, teniendo en cuenta que quede por encima de 1,8 a 2 m de altura sobre el suelo mientras más alto está la instalación mejor será la precisión de los datos.

- Además, se ensambló y colocó las partes que conforman la estación meteorológica (veleta, anemómetro, pluviómetro y panel de radiación UV) a la consola de programación durante 24 horas.
- Se calibró la veleta teniendo en cuenta la dirección de la veleta hacia el norte guiándose de la dirección de la brújula.
- Luego se almacenaron y registraron los datos en la consola.
- Finalmente se desmontó el equipo tal como se muestra en la Figura 13.
- Se recopilaron y procesaron los datos meteorológicos como: la dirección y velocidad del viento(m/s), utilizando la fuerza de Beaufort lo cual se registraron valores entre 0,3 m/s – 1,5 m/s representando la denominación ventolina (viento suave y variable) en los meses de mayo, junio y julio 2021 ubicado en las 02 estaciones meteorológicas llamadas: EM-01y EM-02 haciendo uso del programa Google Earth 2021 para conocer la predominancia del viento. Finalmente se elaboró las rosas de viento en el programa WRPlot para conocer e identificar las direcciones del viento de barlovento a sotavento, tal como se muestran en las Figura 8, 9, 10, 11,12 y 13.

Figura 7

Diagrama de Muestreo de aire



2.7. Análisis estadístico de datos

Se recolectaron los datos de las 04 zonas de muestreo y se procedió a procesar la información en el programa Microsoft Excel para hallar las concentraciones de los gases, partículas y desviación estándar.

2.7.1. Cálculo para hallar la concentración (ug/m³) de Gases

Ecuación 1:

Para hallar el volumen Estándar utilizamos la siguiente fórmula

$$\text{Vol}_{\text{teórico}} (\text{m}^3) = Q * T * 60$$

Donde:

Q: Flujo Volumétrico (m³/min), dicho flujo procede de los certificados de calibración de cada equipo (muestreador de gases).

T: Tiempo de muestreo (h).

Ecuación 2:

Para hallar el volumen Estándar utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{Vol}_{\text{STD}} (\text{m}^3) = \text{Vol}_{\text{Teórico}} \times \frac{P_{\text{trabajo}}}{P_{\text{STD}}} \times \frac{T_{\text{STD}}}{T_{\text{trabajo}}}$$

Donde:

P_{trabajo} (Kpa): Presión de trabajo.

P_{STD} (Kpa): Presión Estándar en base al método.

T_{trabajo} (K): Temperatura de trabajo.

T_{STD} (K): Temperatura Estándar en base al método.

Ecuación 3:

Para hallar la concentración utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{Cpm} (\text{ug}/\text{m}^3) = \frac{\delta P}{\text{Vol}_{\text{STD}}}$$

Donde:

Cpm: Concentración de Material Particulado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

δP : Diferencia de peso (peso final – peso inicial) (μg).

2.7.2. Cálculo para hallar la concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de Material Particulado

Ecuación 1:

Para hallar el volumen Estándar utilizamos la siguiente fórmula

$$\text{Vol}_{\text{STD}} (\text{m}^3) = Q * T * 60$$

Donde:

Q: Flujo Volumétrico (m^3/min), dicho flujo procede de los certificados de calibración de cada equipo (muestreador de partículas).

T: Tiempo de muestreo (h).

Ecuación 2:

Para hallar la concentración aplicamos la siguiente fórmula

$$\text{Cpm} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{\delta P}{\text{Vol}_{\text{STD}}}$$

Donde:

Cpm: Concentración e Material Particulado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

δP : Diferencia de peso (peso final – peso inicial) (μg).

2.7.3. Desviación estándar de las concentraciones

Desviación estándar (s) muestral: Muestra información sobre la dispersión media de una variable.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Datos:

n: número de observaciones o datos.

\bar{x} : media de la variable X.

x_i : observación número i de la variable X.

Los resultados para hallar la desviación estándar se muestran en la Tabla 8 y Tabla 9.

Tabla 8

Desviación estándar de las concentraciones de CO en los meses de mayo, junio y julio 2021

Zonas de muestreo	CO				
	Mayo	Junio	Julio	Media	Desviación estándar (σ)
CA-01	<1 245	<1 224	<1 261	<1 243.33	18,55
CA-02	<1 245	<1 224	<1 261	<1 243.33	18,55
CA-03	<1 245	<1 220	<1 261	<1 242	20,66
CA-04	<1 245	<1 220	<1 261	<1 242	20,66
ECA-AIRE MINAM	10 000				

Asimismo, en la Tabla 9 observamos la desviación estándar del contaminante PM_{2,5} en los meses de mayo, junio y julio 2021 para conocer la dispersión en la que los puntos de datos individuales difieran de la media.

Tabla 9

Desviación estándar de las concentraciones de PM_{2,5} en los meses de mayo, junio y julio 2021

Zonas de muestreo	PM_{2,5}				
	Mayo	Junio	Julio	Media	Desviación estándar (s)
CA-01	17,85	21,38	21,04	20,09	1,94
CA-02	18,98	21,17	22,73	20,96	1,88
CA-03	18,56	21,55	20,71	20,27	1,54
CA-04	24,96	21,84	21,09	22,63	2,05
ECA-AIRE MINAM		50			

2.8. Equipos y materiales

- Tren de muestreo de gases: Alquilado por la empresa ICOSERGE (ingenieros consultores y servicios generales)
- Equipo de bajo volumen Dual Channel Dust Sampler: Alquilado por la empresa ICOSERGE
- Estación meteorológica Davis Ventage
- GPS Cámara fotográfica
- Solución captadora para CO: Brindado por laboratorio ALAB (Analytical Laboratory E.I.R.L)
- Filtro de Teflón: Brindado por laboratorio ALAB
- Trípode
- Rotámetro LZT Medidor de caudal: Alquilado por ICOSERGE
- Cable de alimentación de energía para el equipo
- Regulador automático de Voltaje
- Guantes
- Equipo de protección personal (EPPs)
- Cadena de Custodia para Muestreo de Aire para enviar las muestras al laboratorio ALAB (ver apéndices 14, 15 y 16)
- Caja de Herramientas (llaves, alicate, des-armadores)

- Conos de seguridad, barras o varillas de conexión
- Sogas
- Pizarra
- Plumones
- Lapiceros
- Pinzas

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Conocer las zonas de muestreo en el área urbana de Chulucanas que tienen mayor concentración de monóxido de carbono y material particulado menor a 2,5 micras

En la Tabla 10 se observan los resultados del contaminante CO; siendo las zonas de muestreo CA-01, CA-02, CA-03 y CA-04, en el mes de julio; las que tienen mayor concentración con un valor de 1261 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ debido a la habilitación del tránsito vehicular de todo tipo en Post Pandemia del Covid 19, por lo que hubo mayor circulación y presencia del contaminante debido a emisiones de transporte público (diésel), vehículo particular (gasolina y gas). Los resultados para los niveles de concentración del CO en el mes de mayo son iguales debido a la estabilidad de condiciones meteorológicas en los días de muestreo y la cantidad de vehículos que circularon de forma perenne en dichos puntos de muestreo. Finalmente, con respecto a los niveles de concentración del CO en el mes de junio para la zona 1 y zona 2 aumentaron dado que se iniciaron progresivamente las actividades de tránsito vehicular por post pandemia.

Con respecto a los resultados del contaminante $\text{PM}_{2,5}$ en la Tabla 10 se observa que las estaciones CA-04 en el mes de mayo y CA-02 en el mes de julio, son las estaciones de muestreo que tienen la mayor concentración con un valor de 24,96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 22,73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente esto es debido a que la estación de muestreo CA-04 se estaba construyendo una casa cercana a ella sumado al tráfico vehicular ligero y en la estación CA-02 se inició con la demolición de la entrada principal del hospital de Chulucanas ubicada frente a dicha estación.

Tabla 10

Concentraciones de monóxido de carbono y material particulado en los meses mayo, junio y julio 2021

Zonas de muestreo	Mayo		Junio		Julio		Promedio	
	CO	PM _{2,5}	CO	PM _{2,5}	CO	PM _{2,5}	CO	PM _{2,5}
Fecha de muestreo	2021-05-27/28		2021-06-25/26		2021-07-30/31			
	2021-05-28/29		2021-06-26/27		2021-08-01			
Hora Inicio	11:00/19:00		10:00/18:00		13:30/21:30			
/Fin muestreo	11:00/11:00		10:00/10:00		13:30/13:30			
ECA-MINAM	10 000	50	10 000	50	10 000	50		
Unidades de medida $\mu\text{g}/\text{m}^3$								
CA-01	<1 245	17,85	<1 224	21,38	<1 261	21,04	1 243,3	20,09
CA-02	<1 245	18,98	<1 224	21,17	<1 261	22,73	1 243,3	20,96
CA-03	<1 245	18,56	<1 220	21,55	<1 261	20,71	1 242	20,27
CA-04	<1 245	24,96	<1 220	21,84	<1 261	21,09	1 242	22,63

3.2. Conocer la dirección y la velocidad del viento en el área urbana de Chulucanas que podría influir en la concentración de los contaminantes

Las Figuras 8, 9, 10, 11, 12 y 13 muestran las rosas de viento a Sotavento y el exportar al programa Google Earth 2021. Se ubicó 01 estación meteorológica en la zona de muestreo CA-02 y 01 estación meteorológica en la zona de muestreo CA-04, durante 24 horas en los 03 meses de ejecución, para conocer la dirección y velocidad del viento (m/s). Los resultados obtenidos fueron, en el mes de mayo la estación CA-02 sopló hacia WNW con una velocidad promedio de 0,9 m/s y la estación CA-04 sopló hacia NW con una velocidad promedio de 1,01 m/s; en el mes de junio la estación CA-02 sopló hacia ESE con una velocidad promedio

de 1,20 m/s y la estación CA-04 sopló hacia WSW con una velocidad promedio de 0,94 m/s y en el mes de julio la estación CA-02 sopló hacia ESE con una velocidad promedio de 0,96 m/s y la estación CA-04 sopló hacia WNW con una velocidad promedio de 0,94 m/s; se deduce que la velocidad y dirección del viento depende de otras condiciones meteorológicas.

Figura 8

Rosa de viento en la estación de muestreo CA-02 mayo

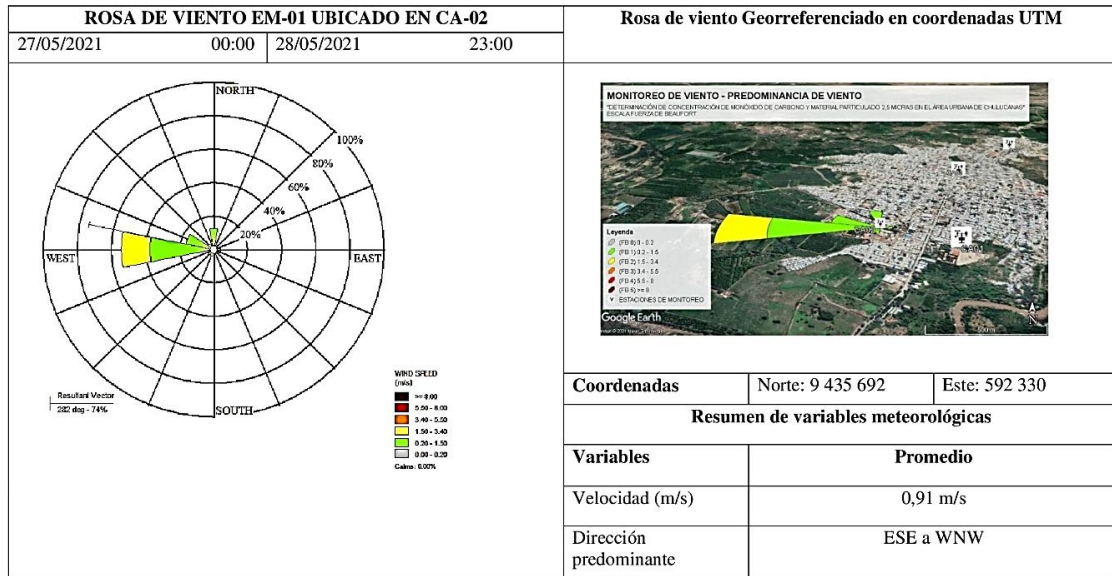


Figura 9

Rosa de viento en la estación de muestreo CA-04 mayo

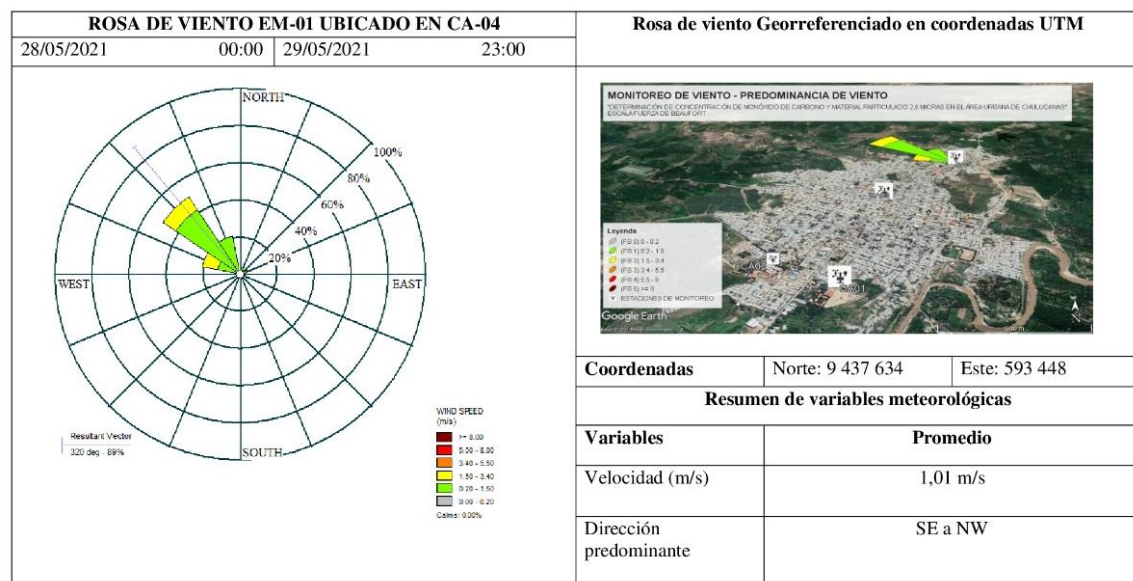


Figura 10

Rosa de viento en la estación de muestreo CA-02 junio

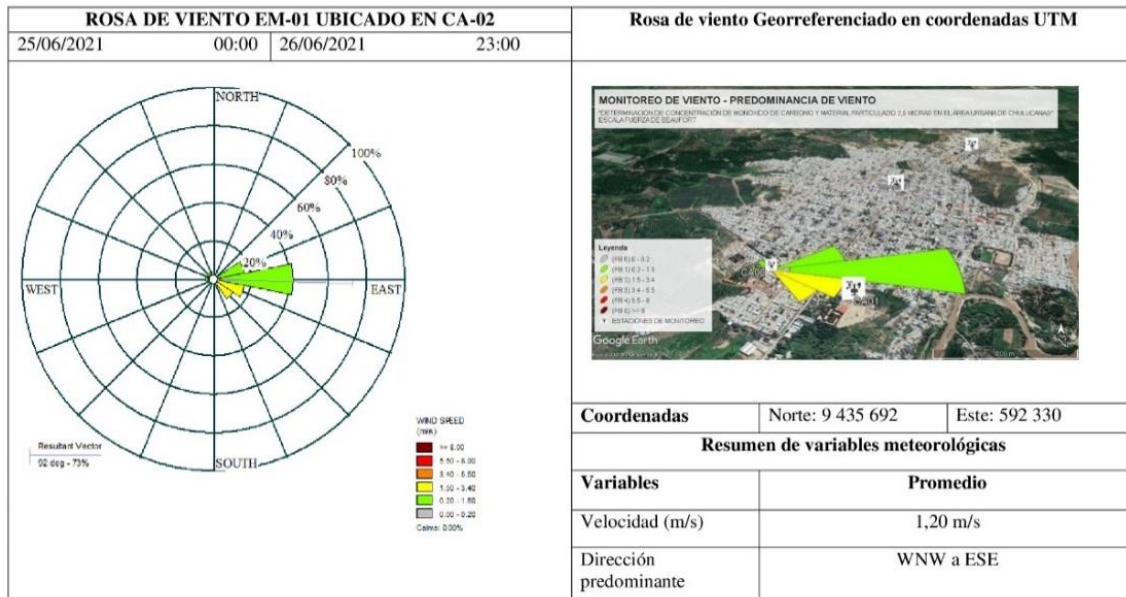


Figura 11

Rosa de viento en la estación de muestreo CA-04 junio

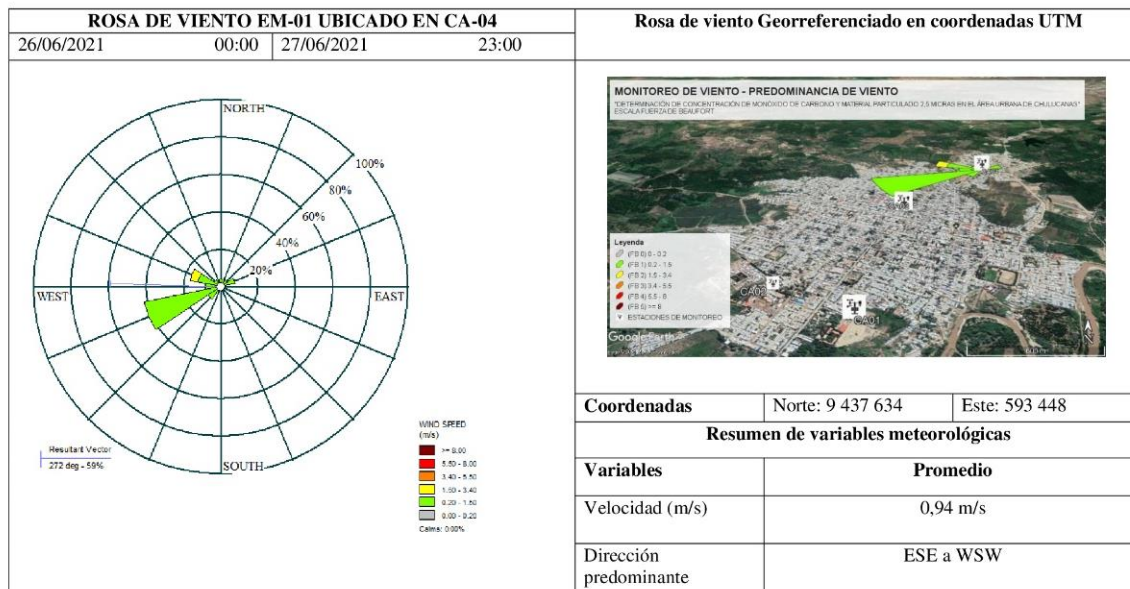


Figura 12

Rosa de viento en la estación de muestreo CA-02 julio

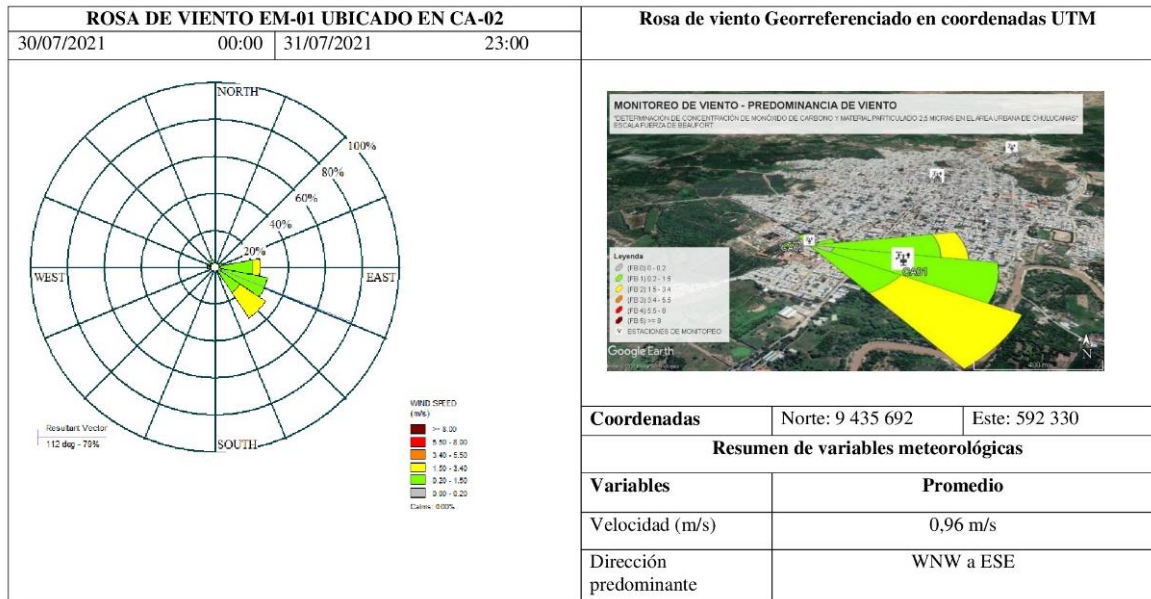
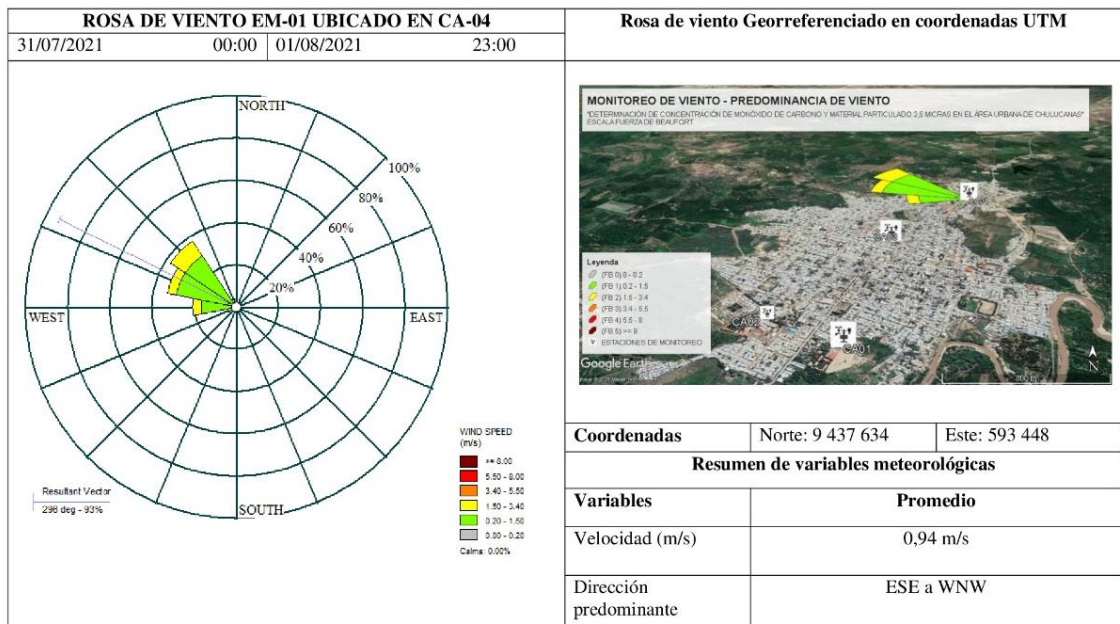


Figura 13

Rosa de viento en la estación de muestreo CA-04 julio



3.3. Conocer las zonas de muestreo que cumplen con los estándares de calidad ambiental para aire

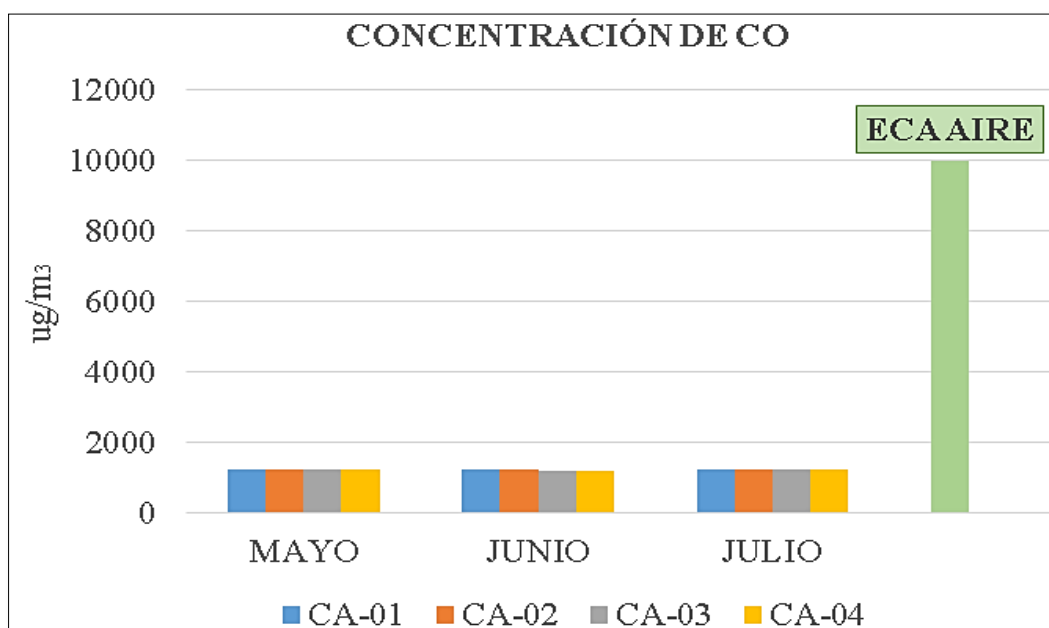
Se utilizó el programa Microsoft Excel para elaborar las gráficas de barra con respecto a los dos contaminantes, durante los 03 meses de muestreo y luego se compararon los resultados con el ECA para aire.

A partir de la Figura 14 podemos observar que, en el mes de mayo del 2021, en las 4 zonas de muestreo se obtuvo una concentración de CO de 1 245 ug/m³, en el mes de junio del 2021, en las estaciones de muestreo CA-01 y CA-02 se obtuvo una concentración de CO de 1 224 ug/m³ y en las estaciones de muestreo CA-03 y CA-04 se obtuvo una concentración de CO 1 220 ug/m³ finalmente en el mes de julio del 2021, en las 4 estaciones de muestreo se obtuvo una concentración de CO de 1 261 ug/m³.

Lo que significa que todas las 04 estaciones o puntos de muestreo donde se midió el CO si cumplen con lo establecido en el Estándar de Calidad Ambiental para Aire (ECA) según el D.S N° 003-2017 MINAM para CO=10 000 ug/m³.

Figura 14

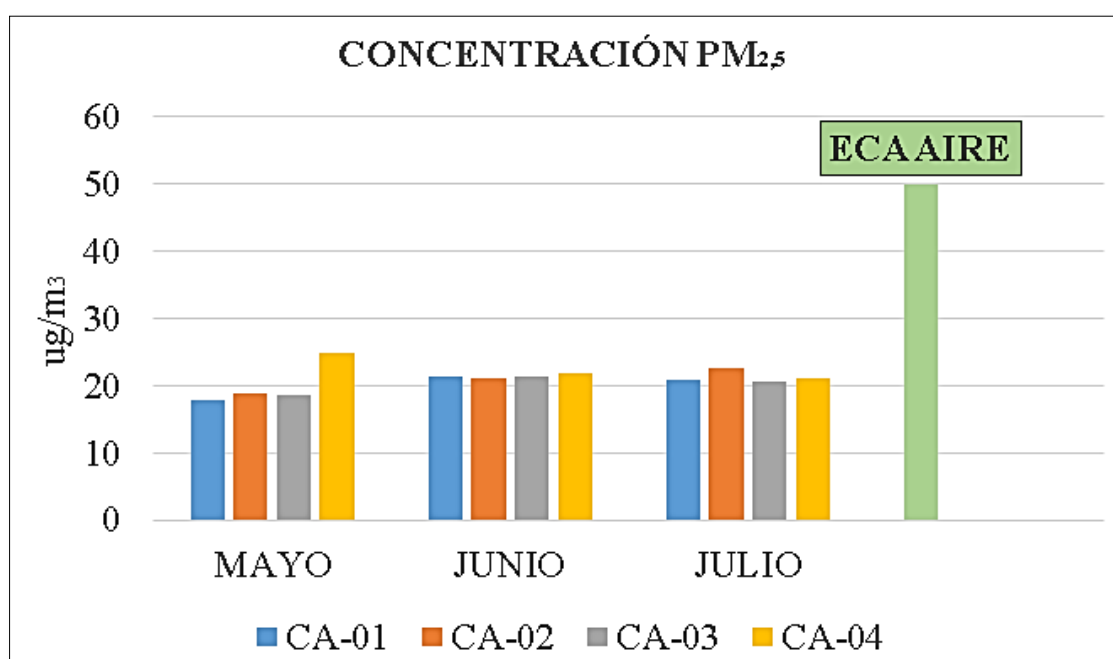
Resultados de concentración de CO en comparación con el ECA para Aire



A partir de la Figura 15 podemos observar que, en el mes de mayo del 2021, los niveles de concentración de $PM_{2,5}$ en las estaciones de muestreo CA-01, CA-02, CA-03, CA-04 fueron de $17,85 \text{ ug/m}^3$, $18,98 \text{ ug/m}^3$, $18,56 \text{ ug/m}^3$ y $24,96 \text{ ug/m}^3$ respectivamente, en el mes de junio del 2021, los niveles de concentración de $PM_{2,5}$ en las estaciones de muestreo CA-01, CA-02, CA-03, CA-04 fueron de $21,38 \text{ ug/m}^3$, $21,17 \text{ ug/m}^3$, $21,55 \text{ ug/m}^3$ y $21,84 \text{ ug/m}^3$ respectivamente y en el mes de julio del 2021, los niveles de concentración de $PM_{2,5}$ en las estaciones de muestreo CA-01, CA-02, CA-03, CA-04 fueron de $21,04 \text{ ug/m}^3$, $22,73 \text{ ug/m}^3$, $20,71 \text{ ug/m}^3$ y $21,09 \text{ ug/m}^3$ respectivamente.

Figura 15

Resultados de concentración de $PM_{2,5}$ en comparación con el ECA para Aire



Lo que significa que todas las 04 zonas de muestreo donde se midió el $PM_{2,5}$ si cumplen con lo establecido en el Estándar de Calidad Ambiental para Aire (ECA) según el D.S N° 003-2017 MINAM para $PM_{2,5} = 50 \text{ ug/m}^3$.

Todos estos resultados están garantizados dado que el laboratorio donde se registraron actividades de ensayo y analizaron las muestras está acreditado por INACAL lo cual tiene constantes auditorías por dicha entidad. Así mismo los equipos utilizados para la toma de muestra, cuentan con certificados de calibración vigente.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

4.1. Conocer las zonas de muestreo en el área urbana de Chulucanas que tienen mayor concentración de monóxido de carbono y material particulado menor a 2,5 micras

Estación de muestreo con mayor concentración de monóxido de carbono (CO)

El promedio de mayor concentración de CO, de las 04 zonas de muestreo durante los 3 meses de estudio, se registró en las zonas 01 y 02 esto debido a que a pesar de que existían restricciones de tránsito vehicular por el COVID 19, en estas zonas se permitía el tránsito por ser la zona 01 el terminal terrestre, funcionaba también como zona de cochera para tránsito pesado, además de la entrada y salida de buses. Por otro lado, la zona 2, un hospital, donde existía salida y llegada de vehículos como ambulancias y vehículos particulares que asistían a sus pasajeros para atención médica. Sin embargo, las 4 estaciones en el mes de Julio registran los más altos niveles de concentración de CO, debido a la mayor afluencia vehicular. Además, el aumento acelerado y envejecimiento del parque automotor sumado al consumo de combustibles de mala calidad pudo influir en los resultados. Estos resultados se relacionan con los obtenidos por Mostacero (2019) en su estudio sobre la variación en el tiempo de la concentración atmosférica de CO en la construcción de la carretera Chota – Cajamarca estableció 05 estaciones de monitoreo siendo la de mayor concentración CA-03 llamada Chancadora Ajipampa con un valor de 5 383. 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ debido al movimiento de maquinaria pesada al trasladar el agregado a las zonas de construcción de la carretera Chota – Cochabamba y a la reparación de los equipos diésel utilizados en estas actividades.

Flores (2018) en su estudio sobre determinar los niveles de CO por el tráfico vehicular en la ciudad de Rioja, el cual se seleccionaron 08 estaciones de monitoreo en zonas de mayor circulación vehicular, siendo las estaciones N° 08 denominada intersección jirón San Martín con jirón Almirante Grau y N° 06 denominada intersección jirón Santo Toribio con jirón Ramón Castilla las estaciones de monitoreo con mayor concentración del contaminante CO registrando los valores de 97,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 93,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente debido a una mayor predominancia de motokar y vehículos desplazándose a distintos puntos como la plaza de armas, municipalidad y mercado central, por lo que el autor se basó en el (MINAM, 2013) mencionando que en promedio existen 20 automóviles por habitante lo cual representa el 80% de incidencias del contaminante. El estudio de Flores (2018) guarda relación con la presente investigación, en cuanto consideran como un de las principales causas del nivel de concentración de CO, la mayor afluencia vehicular en las zonas de muestreo.

Amaya (2017) donde determinó la calidad del aire de la población cercana a la planta Qroma, siendo la estación de monitoreo denominada Barlo- CPPQ-Ñ con mayor concentración del contaminante CO cuyo valor fue de 2 870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ debido a que la mayor cantidad del contaminante proviene de la emisión y alrededor de la planta por tránsito de carga pesada. El estudio de Amaya (2017) guarda relación con la presente investigación en cuanto se considera que el aumento acelerado y envejecimiento del parque automotor sumado al consumo de combustibles de mala calidad pudo influir en los resultados

Para Valdivia (2017) donde determinó la concentración de CO en el centro poblado El Arenal-Islay, siendo las zonas de mayor concentración CA-01, CA-02 y CA-03 con un valor de concentración de 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ debido a la presencia de una cantera de material de agregados, debido al elevado tránsito pesado principalmente por unidades que transportan material de agregados de construcción ubicada la cantera a 1km del centro poblado Islay. El estudio de Valdivia (2017) guarda relación con la presente investigación porque una de las zonas de muestreo, con mayor índice de concentración de contaminante, funcionaba también como zona de cochera para tránsito pesado, además de la entrada y salida de buses.

Estación de muestreo con mayor concentración de material particulado menor a 2,5 micras PM_{2,5}

La zona con mayor concentración de material particulado menor a 2,5 micras (PM_{2,5}) fue la zona 04, estableciendo su mayor concentración en el mes de mayo, debido a la construcción de una vivienda aledaña a la ubicación de la zona de muestreo y además porque la estación se ubica cerca de la carretera hacia varios distritos y centros poblados como Frías, Yapatera, Platanal, Chililique, Huasipe, Miquiz, Silahua, Palo Blanco, Meseta Andina, por esta carretera circulaban algunos vehículos, que generaban el levantamiento y remoción de tierras. La segunda zona con mayor nivel de concentración fue la zona 02, registrando su mayor concentración en el mes de Julio, debido al inicio de la demolición del hospital de Chulucanas y a ello se le suma el tránsito de vehículos pesados utilizados para los trabajos en de demolición y traslado de material.

Estos resultados se fundamentan en la investigación de Franco (2019) quien estableció un análisis y caracterización del PM_{2,5} en la ciudad de Manizales, seleccionó 02 estaciones de monitoreo, siendo la zona llamada Gobernación con mayor concentración del contaminante cuyo valor máximo fue de 12,98 µg/m³ debido a emisiones volcánicas, así como emisiones industriales. Este estudio guarda relación con la presente investigación en cuanto las zonas de muestreo con mayor concentración del contaminante PM_{2,5} son aquellas zonas donde existió emisiones de material que favorece la concentración del PM_{2,5} como el levantamiento y remoción de tierras.

Moscoso (2019) estimó la concentración atmosférica del PM_{2,5} basado en la intensidad de tráfico vehicular de Quito, estableciendo 02 estaciones de monitoreo, siendo la zona Mariscal con mayor concentración de PM_{2,5} cuyo valor fue de 26,7 µg/m³ debido a vehículos pesados o automotores a diésel que se encontraron en mal estado. El estudio de Moscoso (2019) se relaciona con la presente investigación en cuanto se ha considerado que una de las zonas de muestreo con mayor concentración del PM_{2,5} presentó mayor tránsito de vehículos pesados utilizados para los trabajos en la demolición y traslado de material de construcción.

Mosqueira (2019) sobre la evaluación del PM_{2,5} en la construcción de la carretera Chota – Cajamarca donde establece 05 puntos de monitoreo, siendo la zona de mayor concentración CA-04 cantera el molino con un valor de 46 µg/m³ y esto se debe al desplazamiento de vehículos y movimiento de tierra. El estudio de Mosqueira (2019) se relaciona con la presente investigación en cuanto en las zonas de muestreo, con mayor concentración de contaminante PM_{2,5}, se registró levantamiento y remoción de tierras, por demolición de estructuras y tránsito de vehículos pesados utilizados para los trabajos en demolición y traslado de material.

Así mismo lo sostiene Arenas (2017) en su estudio sobre la determinación del PM_{2,5} en el distrito de Yura- Arequipa lo cual estableció 03 estaciones de monitoreo siendo la zona de mayor concentración CA-07 ubicada en la IE Nuestra Señora Carmen Patrona de Yura con un valor de 24 µg/m³ en el mes de mayo y esto se debió a las fuentes de emisión móviles que transitan en dicha zona. El estudio de Arenas (2017) se relaciona con la presente investigación en cuanto en las zonas de muestreo, con mayor concentración de contaminante PM_{2,5}, se registró mayor tránsito de vehículos que favorecen la emisión de móviles.

4.2. Conocer la dirección y velocidad del viento en el área urbana de Chulucanas que podría influir en la concentración de los contaminantes

A partir de los resultados obtenidos en las Figuras 8, 9, 10, 11, 12 y 13 podemos decir que no son suficientes para establecer una correlación significativa con los niveles de concentración de los contaminantes analizados. A pesar de que estos factores meteorológicos suelen influir en la dispersión y acumulación de contaminantes, los datos recolectados no muestran una relación clara o consistente. La dirección del viento evidencia un comportamiento variado y prevalece una baja velocidad del viento.

Estas características se asemejan a los estudios de Pando (2021) sobre la evaluación e interpretación de la dinámica del CO en el aire de Lima, concluyó que la dinámica del viento no influyó en la dispersión del contaminante teniendo como resultados: que las direcciones del viento soplan hacia SW, NE, SE; y las velocidades de 1,7 m/s y 5,7 m/s en otoño e invierno respectivamente, además consideró otras variables meteorológicas debido a la gran

cantidad de datos obtenidos de enero a diciembre. Los resultados de Pando (2021) se relacionan con la presente investigación en cuanto es necesario considerar otras variables meteorológicas para poder establecer la influencia del viento en la concentración de los contaminantes.

En su estudio, Qi (2019, como se citó en Ríos, 2020) en el análisis y extracción de datos correlacional entre las condiciones meteorológicas y la calidad del aire en Beijing argumenta que las combinaciones de temperatura, humedad relativa, presión, dirección del viento y velocidad del viento están altamente relacionadas con la concentración del contaminante por lo que define que una variedad de factores meteorológicos si se combinan para afectar a la concentración del contaminante al aire. El estudio de Qi (2019, como se citó en Ríos, 2020) se relacionan con la presente investigación en cuanto es necesario considerar otras variables meteorológicas para poder establecer la influencia del viento en la concentración de los contaminantes.

Así mismo, Mosqueira (2019) sostiene que los factores ambientales afectan a la dispersión de los contaminantes atmosféricos particulados $PM_{2.5}$ y PM_{10} , pues durante los meses más fríos al existir un estancamiento de las masas de aire existe una disminución de los niveles de concentración de partículas en el aire y cuando se interrelacionan con el viento se observan que hay un alejamiento de las fuentes de emisión siendo su predominancia de viento NE a SE. Este estudio, se relacionan con la presente investigación en cuanto es necesario considerar otras variables meteorológicas para poder establecer la influencia del viento en la concentración de los contaminantes.

Estos resultados se sustentan en lo dicho por, Silva y Montoya (2004) citado por Loayza (2017) mencionó que el comportamiento de un contaminante, está sujeto a variaciones estacionales y fuentes que emanan, los vientos ambientales son modificables en el ámbito local. Así mismo, Sánchez (2004) citado por Loayza (2017) mencionó que las condiciones meteorológicas y la presencia de fuentes contaminantes son factores determinantes en la distribución del aire, es decir si sumamos las actividades propias como tráfico vehicular, actividades industriales u otras; la concentración del contaminante incrementa, no

centrándose únicamente en la velocidad y la dirección del viento. Este estudio, se relacionan con la presente investigación en cuanto conocer la velocidad y dirección del viento no son suficientes para poder establecer la influencia del viento en la concentración de los contaminantes.

Amaya (2017) en su estudio determinó la calidad el aire de la población aledaña a la planta Qroma, Ñaña lo cual obtuvo como resultados la dirección del viento hacia el NW y la velocidad máxima de 3,1 m/s von la velocidad mínima de 0,5 m/s. Así mismo lo mencionó, Arenas (2017) en su estudio sobre determinar el PM_{2,5} en el distrito de Yura- Arequipa, instaló la estación meteorológica en los meses de noviembre del 2016, febrero, mayo y agosto del 2017 por lo que obtuvo como resultados: la predominancia del viento de SW - NW y la velocidad del viento de 1,6 m/s, 0,5 m/s, 2,1 m/s y 1,5 m/s respectivamente. Estos estudios, se relacionan con la presente investigación en cuanto no establecen relación sobre la influencia del viento en la concentración de los contaminantes, ya que solo establecen la velocidad y dirección del viento y estos datos no son suficientes para poder establecer correlación.

Según Briones y Malaver (2015) sostienen que parte de la contaminación ambiental del aire se debe a múltiples factores, como son la geografía o la dispersión de las partículas. Esto último hace referencia a que los diferentes contaminantes que se emiten al aire se pueden esparcir a lo largo de la atmósfera, pero esto no significa que lo realice de forma homogénea. Es ahí donde intervienen los factores como los vientos, ya que las partículas contaminantes pueden ser arrastradas según la velocidad y dirección de los vientos o el grado de turbulencia que puede haber en la atmósfera generando que las partículas contaminantes viajen y se disipen por múltiples localidades. Sin embargo, en este aspecto también influye la topografía de la ciudad. Este estudio, se relacionan con la presente investigación en cuanto no basta con conocer la velocidad y dirección del viento para poder establecer su influencia en la concentración de los contaminantes.

4.3. Conocer las zonas de muestreo que cumplen con los estándares de calidad ambiental para aire

Los resultados obtenidos en las cuatro zonas de muestreo: CA-01, CA2, CA-03 y CA-04, donde se midió la concentración de CO se obtuvo el mayor valor de concentración $1\ 261\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el mínimo valor de concentración $1\ 220\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ por lo tanto se encuentran dentro de lo establecido en el ECA para aire, según el D.S N° 003-2017 MINAM. Dichos resultados coinciden con Flores (2018) donde determinó los niveles de concentración de CO ocasionado por el tráfico vehicular en la ciudad de Rioja en 08 puntos de muestreo; obtuvo como resultado su concentración máxima de $97,06\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ por lo que el autor concluyó que los resultados se encontraron por debajo de los ECA para aire. Este estudio se relaciona con la presente investigación en cuanto los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los estándares de calidad para aire y porque las fuentes de emisión de los contaminantes son similares en las zonas de muestreo.

Así mismo, sostiene Valdivia (2017) que determinó la concentración del contaminante CO, los resultados obtenidos fueron $<600\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ concluyendo que la calidad del aire de dicho centro poblado El Arenal-Islay no es afectado por las obras de construcción de la carretera y se encontraron por debajo de los ECA para aire. Este estudio se relaciona con la presente investigación en cuanto los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los estándares de calidad para aire y porque las fuentes de emisión de los contaminantes son similares en las zonas de muestreo.

Por último, lo reafirma Rivera (2013) el cual aplicó y evaluó el protocolo de monitoreo del aire a la empresa Lima gas obtuvo como resultado para CO el valor máximo de $397,40\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ por lo que concluyó que dicho resultado no genera impactos significativos en la calidad del aire y se encuentra por debajo del ECA para aire. Este estudio se relaciona con la presente investigación en cuanto los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los estándares de calidad para aire y porque las fuentes de emisión de los contaminantes son similares en las zonas de muestreo.

Los resultados obtenidos para el $PM_{2,5}$ en las 04 zonas de muestreo anteriormente mencionadas, durante los meses de mayo, junio y julio del 2021 se obtuvo el mayor valor de concentración para $PM_{2,5}$ de $24,96 \mu g/m^3$ y el mínimo valor de concentración de $17,85 \mu g/m^3$ por lo cual se llegó a la conclusión que los resultados se encuentran dentro de lo establecido por el ECA para aire, según el D.S N°003-2017 MINAM, considerando la calidad del aire moderada en esas estaciones de muestreo. Dichos resultados coinciden con la investigación de Loconi y Saldaña (2021) que realizaron una evaluación de la calidad del aire generado por la producción de óxido de calcio en la Calera de Juan de Dios I, seleccionando una estación de monitoreo llamada Hornos – Chancado. Los resultados obtenidos de la concentración del $PM_{2,5}$ fueron la máxima de $5,13 \mu g/m^3$ y la mínima de $2,11 \mu g/m^3$ concluyendo el autor que dichos resultados no superaron los estándares de calidad para aire. Este estudio se relaciona con la presente investigación en cuanto los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los estándares de calidad para aire y porque las fuentes de emisión de los contaminantes son similares en las zonas de muestreo.

Asimismo, sostiene Franco (2020) en su estudio que analizó y caracterizó el $PM_{2,5}$ en la ciudad de Manizales- Colombia, estableciendo 01 estación de monitoreo llamada Gobernación obteniendo como resultados una concentración promedio de $12,98 \mu g/m^3$, siendo la máxima de $17 \mu g/m^3$ y la mínima de $7 \mu g/m^3$ no superando el límite permitido de $50 \mu g/m^3$ y esto es debido a que la zona es influenciada ligeramente por emisiones de transporte público(diésel) y vehículo particular (gasolina y gas). Este estudio se relaciona con la presente investigación en cuanto los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los estándares de calidad para aire.

Moscoso (2019) realizó un estudio para demostrar la correlación entre la contaminación atmosférica urbana y la intensidad del tráfico vehicular en dos estaciones de monitoreo llamadas parroquia jipijapa y la Mariscal de la ciudad de Quito. Los resultados de concentración de $PM_{2,5}$ fueron: la máxima de $26,7 \mu g/m^3$ y la mínima de $24,7 \mu g/m^3$ llegando a la conclusión que dichos resultados estuvieron dentro de los límites máximos permisibles ($50 \mu g/m^3$). Este estudio se relaciona con la presente investigación en cuanto los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los estándares de calidad para aire y porque las fuentes de emisión de los contaminantes son similares en las zonas de muestreo.

Arenas (2017) que determinó la concentración de $PM_{2,5}$ en el distrito de Yura- Arequipa, estableciendo 03 puntos o estaciones de monitoreo durante 24 horas durante 04 meses, donde obtuvo como resultado $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como máximo nivel de concentración de $PM_{2,5}$ y el mínimo nivel de concentración de $10,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ concluyendo el autor que dichos valores se encuentran por debajo de lo establecido en el ECA para aire. Este estudio se relaciona con la presente investigación en cuanto los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los estándares de calidad para aire y porque las fuentes de emisión de los contaminantes son similares en las zonas de muestreo.

Mientras que Amaya (2017) obtuvo valores como resultado niveles de concentración de $50,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $PM_{2,5}$, encontrándose por encima de lo establecido en el ECA para aire. Resultados que pueden verse afectados por factores tales como la dirección del viento, mes del año y partículas contaminantes. Este estudio no se relaciona con la presente investigación en cuanto los resultados obtenidos se encuentran por encima de los estándares de calidad para aire, esto debido a que las principales fuentes de contaminación que afectan la calidad de aire se encuentran alrededor de la Planta Qroma, es decir se está considerando como fuente de contaminante, una distinta a las de la presente investigación.

Por lo tanto, se concluye que las concentraciones de CO y $PM_{2,5}$ en las 04 estaciones o puntos de muestreo con las investigaciones y resultados de los mencionados autores, si cumplen con los estándares de calidad para aire.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- Las zonas con mayor concentración de CO fueron la zona 01, por la actividad del terminal terrestre y vehículos de carga, y la zona 02, por el tráfico de ambulancias y vehículos particulares.
- La mayor concentración de PM_{2,5} se registró en la zona 02, por la construcción de una pista cercana, la demolición del hospital y el tránsito de maquinaria pesada por agregados de construcción y traslado de desmonte, y la zona 04, por la construcción de una vivienda, calles sin asfaltar y el ingreso y salida de vehículos que levantaron polvo.
- Los resultados y análisis del viento en el área urbana de Chulucanas no permitieron establecer su influencia en la concentración de contaminantes debido a variables no consideradas y mediciones limitadas.
- Los niveles de CO y PM_{2,5} en las cuatro zonas de muestreo estuvieron muy por debajo de los estándares de calidad del aire lo cual no presenta riesgo significativo a la salud y ambiente.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

- Implementar un sistema de muestreo y vigilancia de calidad para aire donde también se consideren la medición de otros contaminantes tales como NO₂, SO₂, etc. considerando fuentes fijas y fuentes móviles, en el área urbana de Chulucanas por parte de la Municipalidad con la finalidad de conocer las zonas que cumplan con los estándares de calidad ambiental para aire.
- La frecuencia de muestreo sea mensual o trimestral para generar data histórica y conocer el comportamiento y dispersión de los contaminantes, es decir si aumentan o bajan los valores de su concentración.
- Instalar una estación meteorológica en el área urbana de Chulucanas para monitorear, evaluar e interpretar los datos de las variables meteorológicas como: dirección del viento, velocidad del viento, temperatura, humedad relativa, etc. lo cual nos permitirá conocer y tomar acciones de las condiciones que influyen en el arrastre de contaminantes como monóxido de carbono y material particulado menor a 2,5 micras considerando las rosas de viento y el sistema de información geográfico.
- Implementar una estación de muestreo para calidad del aire en la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS) sede Chulucanas contando con equipos para medir la concentración de varios contaminantes lo cual sean gestionados por ONGs ya que promoverá la investigación científica relacionada a la calidad del aire, debido a que está ubicado en la entrada de Chulucanas y hay movimiento de tránsito vehicular de carga pesada por empresas agroindustriales.
- Realizar estudios epidemiológicos por parte de la entidad competente en el sector salud que relacione la presencia de los contaminantes en el aire respecto a las enfermedades respiratorias.

- Diálogo político con las autoridades competentes para explicar los datos obtenidos y elaborar estrategias preliminares de medidas preventivas y reducción de contaminantes

REFERENCIAS

- Aignerren, M. (2006) *Investigación cuantitativa en ciencias sociales, procesamiento y análisis de datos*, Centro de estudios de opinión, facultad de Ciencias Sociales y Humanas. Universidad de Antioquía, Medellín
https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/2622/1/AgudeloGabriel_2008_DisenosInvestigacionExperimental.pdf
- Acuña, L. y Zegarra, C. (2018) *Evaluación del transporte de contaminantes atmosféricos: PM_{2,5}, CO, NO₂ y SO₂ de la ciudad de Huaraz al Nevado San Juan – Quebrada Shallap marzo de 2015 a junio de 2016* [Tesis de grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio institucional
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2448>
- Amaya, D. (2017) *Determinación de la calidad del aire de la población aledaña a la planta QROMA, ÑAÑA* [Tesis de grado, Universidad Nacional Tecnológica de Lima].
http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/240/1/Amaya_Dante_Trabajo_Suficiencia_2017.pdf
- Araujo, C. (2016) *Costos externos de la contaminación ambiental* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Cajamarca].
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1361/COSTOS%20EXTERNO%20DE%20LA%20CONTAMINACION%20AMBIENTAL%20DEL%20AIRE%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20CAJAMARCA%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arenas, J. (2017) *Determinación del PM₁₀, PM_{2,5}, Dióxido de Carbono y Dióxido de Nitrógeno en el distrito de Yaru-Arequipa* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5311/AMarpaj.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- American Psychological Association (2017). *Publication manual of the American Psychological Association* (7th ed.). <https://normas-apa.org/wp-content/uploads/Guia-Normas-APA-7ma-edicion.pdf>
- Benites, E. (2016) *Comportamiento de las variables meteorológicas y su relación con la calidad de aire por material particulado PM_{2,5}, San Juan de Lurigancho- 2016* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9782/4/IV_FIN_107_TE_Cuadros_Baldeon_2021.pdf

- Briones, S. y Malaver, C. (2015) *Concentración del material particulado PM₁₀ y PM_{2,5} en la cuenca atmosférica de Cajamarca durante los años 2014 y 2015* [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10863>
- Broughton, E. (2005). The Bhopal disaster and its aftermath: A review. *Environmental Health*, 4(1), 6. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-4-6>
- Camacho, C. (2016) *Condiciones que presenta el centro poblado la Encantada, distrito de Chulucanas, provincia de Morropón, departamento de Piura; para la práctica del Turismo vivencial* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5374/CAMACHO%20HOYOS%20ANA%20CECILIA%28FILEminimizer%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Mundial de la Salud (1999-2002). *Curso de orientación para el control de la contaminación del aire, Manual de auto instrucción*. https://cidta.usal.es/riesgos/CD1/control_contaminacion_aire/www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/orienta2/frame_o.html
- Chan, K., y Yao, X. (2008). "Air pollution in mega cities in China." *Atmospheric Environment*, 42(1), 1-42. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2007.09.003
- Comité Intergubernamental de Negociación para la Convención Marco sobre el Cambio Climático (1984). *Informe Nuestro Futuro Común*. <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0506189>
- Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1992). *Informe de la Cumbre para la tierra*. <https://www.un.org/spanish/conferences/cumbre&5.htm#:~:text=De%20resultas%20del%20Informe%20Brundtland,14%20de%20junio%20de%201992.>
- Decreto Supremo N° 003-2017 de 2017. [Ministerio del Ambiente]. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire y establecen Disposiciones Complementarias. 7 de junio de 2017. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-003-2017-MINAM.pdf>
- Decreto Supremo N° 010-2019 DE 2019. [Ministerio del Ambiente]. Aprueban el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire y establecen disposiciones complementarias. 29 de noviembre de 2019. <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/65577>

- Decreto Supremo N° 025-2008-MTC. Reglamento Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares. 22 de agosto de 2008. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/344932-025-2008-mtc>
- Espinoza-Guillen, J. A., Alderete-Malpartida, M. B., Cañari-Cancho, J. H., Pando-Huerta, D. L., Vargas-La Rosa, D. F., y Bernabé-Meza, S. J. (2023) Immission levels and identification of sulfur dioxide sources in La Oroya city, Peruvian Andes. *Environ Dev Sustain* 25, 12843–12872. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02592-0>
- Fernández, H y Carrasco, A. (2024) *Muestreo del material particulado $PM_{2.5}$ y PM_{10} generado por la molinera Induamérica Trade S.A. en Chiclayo, Lambayeque* [Tesis de grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae] https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/2234/TESIS_FRANKLIN%20FERNANDEZ%20HOYOS%20Y%20ABRAHAN%20CARRASCO%20CULQUI_FCAA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Flores, P. (2018) *Determinación de los niveles de concentración de Monóxido de Carbono ocasionado por el tráfico vehicular en la ciudad de Rioja-San Martín-2014* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín de Moyobamba]. <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3043/AMBIENTAL%20%20Paulina%20Flores%20Lazo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flores, F. y Zela, F. (2011) *Análisis de riesgo a la salud de la población expuesta a emisiones de material particulado (PM_{10}) por el uso intra-domiciliario de combustibles sólidos* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3314/1/flores_gw.pdf
- Franco, P. (2020) *Análisis y caracterización del $PM_{2.5}$ en la ciudad de Manizales* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79214/1053807209.2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Garrido, A. y Camargo, Y. (2012). Partículas respirables en el aire: generalidades y monitoreo en Latinoamérica. *Revista INGE CUC*, 8(1), 293-312. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/268/256>
- Grupo de Estudio Técnico Ambiental-GESTA (2005). *Plan “A Limpiar el Aire” de la Cuenca Atmosférica de Piura.* [ARCHIVO PDF]. <http://Plan+A+Limpiar+el+Aire+de+la+Cuenca+Atmosférica+de+Piura&oq>
- Guerrero, A., Buitrago, M., y Curieses, M. (2007). *Estadística básica*. Instituto Tecnológico Metropolitano

<https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/2001/Estad%C3%ADstica%20B%C3%A1sica%202010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Heredia, G.(2014) *Evaluación de la exposición al monóxido de carbono en habitantes de la ciudad de azogues* [Tesis de maestría, Universidad estatal de Cuenca]. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/354>

Hernández, O.(2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreos no probabilísticos que existen. *Revista SCIELO*, 37(3),1-2. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6° ed.). McGraw-Hill. <https://www.esup.edu.pe/wpcontent/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Hilario, N (2017) *Emisiones contaminantes de vehículos del distrito de Huancayo* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://181.65.200.104/bitstream/handle/UNCP/4137/Hilario%20Roman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ibáñez, L. (2008). *Comparación entre las metodologías de muestreo equivalentes y de referencia del material particulado atmosférico, en la ciudad de Lima* [Tesis de grado, Universidad Agraria La Molina] https://www.academia.edu/16366273/Resumen_TESIS

Jacobs, T., Burgess, L. y Abbott, B. (2018) The Donora Smog Revisited: 70 Years After the Event That Inspired the Clean Air Act. *American Journal of Public Health*, 108(2), S85–S88. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2017.304219>

Loayza, D. (2023) *Las condiciones meteorológicas y su influencia en la calidad del aire ambiental por PM_{2,5} de Lima Metropolitana en el año 2017* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal] https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/8485/TESIS_LOAYZA%20RIOS%20%20DORIS%20RAQUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Loconi, C y Saldaña, C. (2021) *Análisis de la concentración de PM_{2,5} comparándolo con los límites máximos permisibles, en Calera Juan de Dios I* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/28998/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Lu, M. y Howard, R. (2022) Guía de Muestreo Ambiental para Comunidades. <https://elaw.org/wp-content/uploads/2023/01/Guia-para-la-recoleccion-de-muestras-ambientales-Modulo-3-Espanol.pdf>
- Martinez, J. (2024). Great Smog of London. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/event/Great-Smog-of-London>
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Gestión de calidad de aire*. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/zonas-de-atencion-prioritaria/>
- Miranda, L y Merma, L. (2017) *Evaluación de la concentración de polvo atmosférico sedimentable y Material Particulado ($PM_{2.5}$, PM_{10}) para la gestión de la calidad del aire 2017 en la ciudad de Tacna* [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna]. <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/354/Miranda-Jeissy-Merma-Lizabeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moretti, L., Tafur, V., y Valiente, Y. (2023). Contaminación del aire en la ciudad de Lima, Perú. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 8(2), 822-830. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i2.2975>
- Moscoso, M. (2019) *Estimación de contaminación atmosférica $PM_{2.5}$ basado en la intensidad de tráfico en la ciudad de Quito* [Tesis de grado, Universidad de las Américas] <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10772/4/UDLA-EC-TIAM-2019-05.pdf>
- Mosqueira, H. (2019) *Evaluación de las partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} en la construcción de la cantera Chota. Cochabamba (Cajamarca)* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2835/Evaluaci%C3%B3n%20de%20las%20part%C3%ADculas%20PM2.5%20y%20PM10%20en%20la%20construcci%C3%B3n%20de%20la%20carretera%20Chota%20%E2%80%93%20Cochabamba%20%28.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Salud (2005). Manual de salud ocupacional. Resolución ministerial N° 510-2005. MINSA. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/252376-510-2005-minsa>
- Mostacero, A. (2019) *Variación en el tiempo de la concentración atmosférica del CO, NO₂, y SO₂ en la construcción de la carretera Chota – Cochabamba (Cajamarca)* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2836/Variaci%C3%B3n%20en%20el%20Tiempo%20de%20la%20Concentraci%C3%B3n%20Atmosf%C3%A9ri>

- ca%20de%20CO%2c%20NO2%20y%20SO2%20en%20la%20Construcci%C3%B3n%20de%20la%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y
Municipalidad provincial de Morropón – Chulucanas. (2019). *Plan de desarrollo urbano*. [ARCHIVO PDF]. <https://www.gob.pe/munichulucanas>
- Ñaña, E. (2014). Variación temporal de la concentración de monóxido de carbono usando datos del sensor MOPITT en las regiones costa, sierra y selva del Perú. (Ed.). Perú: Dialnet (pp.1-9). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5124766.pdf>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2015). *Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental* [ARCHIVO PDF]. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978
- Organismo Mundial de la Salud (2016). Calidad de aire ambiente. La contaminación atmosférica es el principal riesgo ambiental para la salud en las Américas. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire/calidad-aire-ambiente>
- Pando, D. (2019) *Evaluación e interpretación de la dinámica de monóxido de carbono en el aire Lima Este 2019* [Tesis de grado, Universidad Continental]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10050/1/IV_FIN_107_TE_Pando_Huerta_2021.pdf
- Passam Org. (2018). Laboratorio de análisis ambiental y contaminación atmosférica <https://www.passam.ch/nitrogen-dioxide/nox>
- Perdiz, M. (2016) *Modelado y simulación de la dispersión de contaminantes en la pluma de una chimenea por el método de dispersión Gaussiano* [Tesis de maestría, Universidad Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/7974/Tesis%20Maestr%C3%ADaX%20%20Jos%C3%A9%20Manuel%25%2020Perd%C3%ADz%20D%C3%A1vila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pita, S. y Pértegas, S. (2002) Investigación cualitativa y cuantitativa. Unidad de epidemiología Clínica y de Bioestadística Complejo Hospitalario Universitario Juan Canalejo A Coruña (España) <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/355/course/section/154/Tema%25208.pdf>
- Polivka, B (2018). The Great London Smog of 1952. The American journal of nursing, 118(4), 57–61. <https://doi.org/10.1097/01.NAJ.0000532078.72372.c3>

- Rivera, C. (2013) *Aplicación y evaluación del protocolo de monitoreo de calidad de aire en la empresa Limagas S. A - Planta Trujillo, periodo 2012* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3543/RiveraRengifo_C.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ríos, G. (2020) *Análisis y extracción de datos de la Correlaciones entre las condiciones meteorológicas y la calidad del aire*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica de Lima Sur]. https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/2660/Correlaci%C3%B3n-entre-las-variables-meteorol%C3%B3gicas-y-concentraci%C3%B3n-de-los-contaminantes-atmosf%C3%A9ricos-en-distrito-Villa-Mar%C3%ADa-del-Triunfo_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Riu, J., Boqué, R., Maroto, A. y Rius, X. (2007). *Calibración de equipos de medida* [Archivo PDF]. <http://www.quimica.urv.es/quimio/general/calibra.pdf>
- Rodríguez, D., Aranda, N., Loaiza, L. y Alvarado, J. (2016). *Monitoreo de partículas totales suspendidas en el aire en el Puerto de La Guaira, estado Vargas, Venezuela*. Fundación Dialnet, 17(34), 90-112. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5762966.pdf>
- Rodríguez, J. (2017) *Polvo atmosférico sedimentable y su incidencia en las infecciones respiratorias agudas en el distrito de Los Olivos, 2017* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo de Lima]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3596>
- Rojas, D. y Huamán, E. (2017) *Determinación de Material Particulado en fracción respirable en construcciones del distrito de Jesús María, 2015* [Tesis de grado, Universidad Inca Garcilazo de la Vega de Lima]. http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/1292/TESIS_ROSARIO%20DIANA_%26_PAMELA%20ESBIETA.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Rudas, S. (2013) *Determinación de concentración de monóxido de carbono (CO) en la estación de monitoreo de Santa Teresita de la ciudad de Cajamarca* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2042/TESIS%20MAESTRIA%20RUDAS%20GALLARDO%20SOCORRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Saavedra, D. (2014) *Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina de Lima]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1872/T01-S33-T.pdf?sequence=1>

- Sainz, A. (2008) *Adsorción y separación de n- alcanos en Hexacianocobaltatos de Metales de Transición* [Tesis de grado, Instituto Tecnológico Politécnico Nacional Cicata-Legaria]. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/7818/ADSORCION.pdf>
- Sierra, M. (2006) *Establecer a asociación existente entre las variables meteorológicas temperatura, velocidad del viento y precipitación y las concentraciones de PM₁₀ registradas en la red de calidad del aire de Bogotá*. [Tesis de grado, Universidad de La Salle de Bogotá]. <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14805/00798291.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Suárez, L., Álvarez, D., Bendezú, Y., y Pomalaya, J. (2017). Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú. SCIELO, 83(2),3-12. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v83n2/a05v83n2.pdf>
- Vara, E. (2017) *Contaminación atmosférica con material particulado en la ciudad del Cusco y su comportamiento 2016* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4426/QUDvalime.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valdivia, R. (2017) *Determinación del Material Particulado, Dióxido de Azufre y Monóxido de Carbono en el Centro Poblado El Arenal- Islay* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2432/AMvaarfr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Veiga, J., De la Fuente, E. y Zimmermann, M. (2008) Modelos de estudios de investigación aplicada: Conceptos y criterios para el diseño. *Revista Scielo*, 54(210), 1-2. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2008000100011
- Venegas, L. y Mazzeo, N. (2012). *La velocidad del viento y la dispersión de contaminantes en la atmósfera*. II Congreso Latinoamericano de Ingeniería de Vientos (CLIV). [ARCHIVO_PDF]. <http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/cliv2/public/actas%20congreso/15.Venegas.CLIV2.pdf>
- Zhang, Q., He, K., y Huo, H. (2012). Cleaning China's Air. *Nature*, 489, 161-162. DOI: 10.1038/489161a

TERMINOLOGÍA

Adsorción. La adsorción hace referencia a la adhesión de moléculas de gases o líquidos a la superficie de sólidos porosos, es decir, es el proceso mediante el cual un sólido poroso es capaz de retener partículas en su superficie tras entrar en contacto con éste o también al aumento de la concentración de moléculas de gas en superficies sólidas (Sainz, 2008).

Agente Químico. Elemento o compuesto químico, por sí solo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o es producido; utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo, en una actividad laboral (Ministerio de Salud [MINSA], 2005).

Calidad ambiental. Presencia de elementos, sustancias y tipos de energías que le confieren una propiedad específica al ambiente y a los ecosistemas (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019).

Combustión. Es una reacción de oxidación por cual se combina el combustible con el comburente (oxígeno) para generar gases como monóxido de carbono (CO) y material particulado (MP) entre otros contaminantes generados por la combustión incompleta que contribuyen a la contaminación del aire (Hilario, 2017).

Concentración de contaminante. Cantidad de un contaminante en la unidad de volumen respecto al volumen del aire o de los efluentes gaseosos (Sierra, 2006).

Emisión. elemento o sustancia que descarga al aire en estado, líquido, sólido o gaseoso por una fuente fija o móvil de origen (Sierra, 2006).

Escala de vientos Beaufort. Creado por el Almirante Beaufort, en 1806 para indicar la fuerza del viento de 0 a 12 (Sierra, 2006).

Estación de muestreo. Es un sitio geográfico o físico donde se realiza el muestreo, dichos puntos son indicados en tomas fotográficas y con coordenadas mediante el uso del GPS (Cotrina, 2008, como se citó en Miranda, 2017) también llamada zona de monitoreo por OEFA.

Exposición ocupacional. Presencia de un agente químico en el aire de la zona de respiración del trabajador. Cuando este término se emplea sin calificativos hace siempre referencia a la vía respiratoria, es decir, a la exposición por inhalación (MINSA, 2005).

Impacto ambiental negativo significativo. Aquellos impactos o alteraciones ambientales que se producen en uno, varios o en la totalidad de los factores que componen el ambiente, como resultado de la ejecución de proyectos o actividades con características, envergadura o localización con ciertas particularidades (MINAM, 2019).

Impactos directos. Efectos ocasionados por la acción humana sobre los componentes del ambiente, con influencia directa sobre ellos, definiendo su relación causa-efecto (Benites, 2016).

Impactos indirectos. Efectos ocasionados por la acción humana sobre los componentes del ambiente, con influencia directa sobre ellos, definiendo su relación causa-efecto (Rodríguez, 2017).

Impactos sinérgicos. Efecto o alteración que se producen como consecuencia de varias acciones, y cuya incidencia final es mayor a la suma de los impactos parciales de las

modificaciones causadas por cada una de las acciones que lo generó tal como lo sostiene el (Miranda, 2017).

Método gravimétrico. Es un método analítico y cuantitativo por el cual la determinación de las sustancias se lleva a cabo por; la diferencia de peso inicial y final (peso del material colectado en el filtro) y para conocer la concentración de una muestra en solución se realiza por medio de la adición de un reactivo (Korc Marcelo, 2000, como se citó en Miranda, 2017).

Mitigación. Medidas o actividades orientadas a atenuar o minimizar los impactos negativos que un proyecto puede generar sobre el ambiente (Perdiz, 2016).

Muestreo Ambiental. Toma de muestra una vez o un número limitado de veces (Lu y Howard, 2022).

Parámetro. Es un valor numérico que detalla los datos de una población completa, para calcular su valor es necesario usar la información población completa (Guerrero *et al.*, 2007).

Período de referencia. Periodo especificado de tiempo, establecido para el valor límite de un determinado agente químico. El período de referencia para el límite de larga duración es habitualmente de 8 horas, y para el de corta duración, 15 minutos (Grupo de Estudio Técnico Ambiental [GESTA], 2005).

Plan de manejo ambiental. Instrumento de gestión ambiental cuya función es restablecer las medidas de prevención, control, minimización, corrección y recuperación de los potenciales impactos ambientales que los proyectos pudieran originar en el desarrollo del mismo (MINAM, 2019).

Proceso de evaluación de impacto ambiental. Proceso participativo, técnico-administrativo, destinado a prevenir, minimizar, corregir y/o mitigar e informar acerca de los potenciales impactos ambientales negativos que pudieran derivarse de las políticas, planes, programas y proyectos de inversión, y asimismo, intensificar sus impactos positivos (MINAM, 2019).

Riesgo ambiental. Probabilidad de ocurrencia de un daño o afectación sobre los ecosistemas o el ambiente derivado de un fenómeno natural, antropogénico o tecnológico (Rojas, 2017).

APÉNDICE

Apéndice 1

Fotos de la Estación de Muestreo CA-01

PUNTOS DE MUESTREO



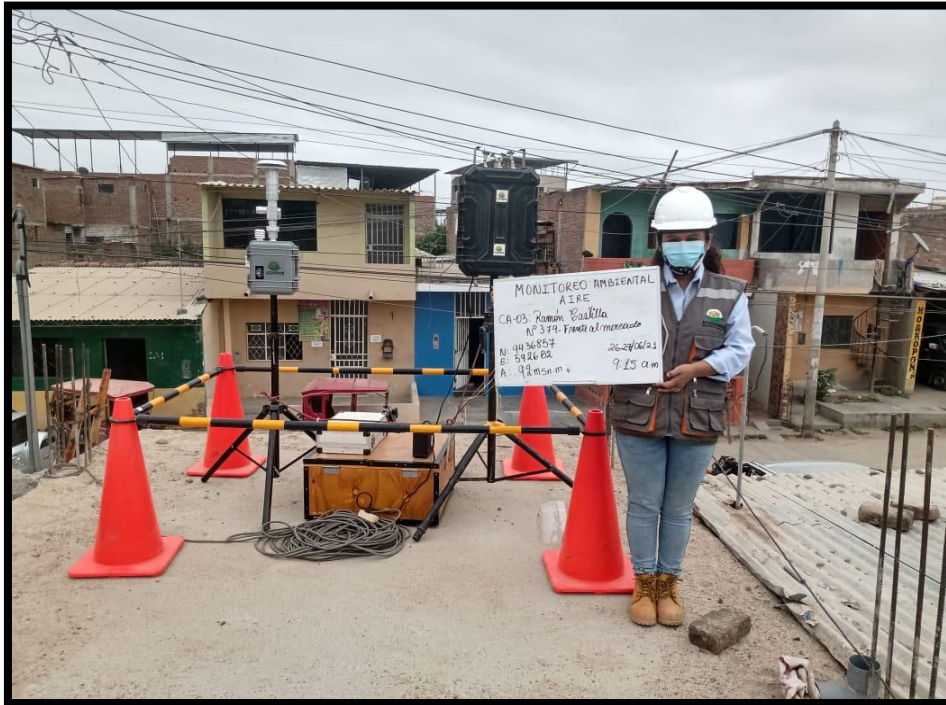
Apéndice 2

Fotos de la Estación de Muestreo CA-02



Apéndice 3

Fotos de la Estación de Muestreo CA-03



Apéndice 4

Fotos de la Estación de Muestreo CA-04



Apéndice 5

Magnitudes del contaminante monóxido de carbono (CO) – mayo

Punto	Fecha	Peso (ug)	Tiempo (h)	Flujo Volumétrico (m³/min)	Volumen teórico m³	Volume n STD (m³)	Concentració n (ug/m³)
CA-01	21-05-27* 21-05-28*	<300	8	0,0005	0,24	0,241	<1 245
CA-02	21-05-27* 21-05-28*	<300	8	0,0005	0,24	0,241	<1 245
CA-03	21-05-28* 21-05-29*	<300	8	0,0005	0,24	0,241	<1 245
CA-04	21-05-28* 21-05-29*	<300	8	0,0005	0,24	0,241	<1 245

Nota. Resultados según Informe de Ensayo N°: IE-21-5639 - ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.- ALAB.

Apéndice 6

Magnitudes del contaminante material particulado (PM_{2,5}) – mayo

Punto	Fecha	Peso (mg)	Peso (ug)	Tiempo (h)	Flujo Volumétrico (m³/min)	Volumen (m³)	Concentración (ug/m³)
CA-01	21-05-27* 21-05-28*	0,424	424	24	0,0165	23,76	17,85
CA-02	21-05-27* 21-05-28*	0,451	451	24	0,0165	23,76	18,98
CA-03	21-05-28* 21-05-29*	0,441	441	24	0,0165	23,76	18,56
CA-04	21-05-28* 21-05-29*	0,593	593	24	0,0165	23,76	24,96

Nota. Resultados según Informe de Ensayo N°: IE-21-5639 - ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.- ALAB.

Apéndice 7

Magnitudes del contaminante monóxido de carbono (CO) – junio

Punto	Fecha	Peso (ug)	Tiempo (h)	Flujo Volumétrico (m ³ /min)	Volume n teórico (m ³)	Volumen STD (m ³)	Concentración (ug/m ³)
CA- 01	21-06-25* 21-06-26*	<300	8	0,0005	0,24	0,245	<1 224
CA- 02	21-06-25* 21-06-26*	<300	8	0,0005	0 24	0,245	<1 224
CA- 03	21-06-26* 21-06-27*	<300	8	0,0005	0,24	0,246	<1 220
CA- 04	21-06-26* 21-06-27*	<300	8	0,0005	0,24	0,246	<1 220

Nota. Resultados según Informe de Ensayo N°: IE-21-7403 - ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.- ALAB.

Apéndice 8

Magnitudes del contaminante material particulado (PM_{2,5}) - junio

Punto	Fecha	Peso (mg)	Peso (ug)	Tiempo (h)	Flujo Volumétrico (m³/min)	Volumen (m³)	Concentració n (ug/m³)
CA- 01	21-06-25* 21-06-26*	0,508	508	24	0,0165	23,76	21,38
CA- 02	21-06-25* 21-06-26*	0,503	503	24	0,0165	23,76	21,17
CA- 03	21-06-26* 21-06-27*	0,512	512	24	0,0165	23,76	21,55
CA- 04	21-06-26* 21-06-27*	0,519	519	24	0,0165	23,76	21,84

Nota. Resultados según Informe de Ensayo N°: IE-21-7403 - ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.- ALAB.

Apéndice 9

Magnitudes del contaminante monóxido de carbono (CO) - julio

Punto	Fecha	Peso (ug)	Tiemp o (h)	Flujo Volumétrico (m³/min)	Volumen teórico (m³)	Volumen (STD) (m³)	Concentració n (ug/m³)
CA- 01	21-07- 30*	<300	8	0,0005	0,24	0,238	<1 261
CA- 02	21-07- 30*	<300	8	0,0005	0,24	0,238	<1 261
CA- 03	21-07- 31*	<300	8	0,0005	0,24	0,238	<1 261
CA- 04	21-07- 31*	<300	8	0,0005	0,24	0,238	<1 261

Nota. Resultados según Informe de Ensayo N°: IE-21-9156 - ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.- ALAB.

Apéndice 10

Magnitudes del contaminante material particulado (PM_{2,5}) – julio

Punto	Fecha	Peso (mg)	Peso (ug)	Tiempo (h)	Flujo Volumétrico (m³/min)	Volumen (m³)	Concentración (ug/m³)
CA- 01	21-07-30*	0,500	500	24	0,0165	23,76	21,04
CA- 02	21-07-30*	0,540	540	24	0,0165	23,76	22,73
CA- 03	21-07-31*	0,492	492	24	0,0165	23,76	20,71
CA- 04	21-07-31*	0,501	501	24	0,0165	23,76	21,09

Nota. Resultados según Informe de Ensayo N°: IE-21-9156 - ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.- ALAB.

Apéndice 11

Resultado del muestreo de calidad de aire CO y PM_{2.5} mayo

SOLICITANTE: MILAGROS KARINA QUINTANA INGA

PROCEDENCIA: "DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO Y MATERIAL PARTICULADO 2.5 MICRAS EN EL ÁREA URBANA DE CHULUCANAS, PIURA"

FECHA DEL MONITOREO: 27 AL 29 DE MAYO DEL 2021.

RESPONSABLE DEL MONITOREO: ING. LUIS MIGUEL REYES HUANCAS

RESULTADOS DE MATERIAL PARTICULADO Y GASES				
CÓDIGO	ESTACIONES DE MONITOREO	Coordenadas UTM WGS -84	PM _{2.5} (µg/m ³)	CO (µg/m ³)
CA-01	MZ. D, LT. 11 Micaela Bastidas – frente al terminal terrestre de Chulucanas	E: 592 330 N: 9 435 692	17.85	<1245
CA-02	MZ S, LT. 05 Vate Manrique – frente al hospital Chulucanas	E: 591 901 N: 9 435 918	18.98	<1245
CA-03	Ramón Castilla N° 379 – frente al mercado	E: 592 682 N: 9 436 857	18.56	<1245
CA-04	Apurímac N° 098	E: 591 901 N: 9 435 918	24.96	<1245
ECA PARA AIRE (D.S. N° 003-2017-MINAM)			50	10 000

Fuente: Resultados según Informe de Ensayo N°: IE-21-5639 - ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L. - ALAB

* MÉTODOS DE ENSAYO:

Partículas Menores a 2.5 Micrones – PM _{2.5}	EPA CFR 40, Part 50, Appendix L, 2011
Monóxido de Carbono CO	Peter O. Warner




LUIS MIGUEL REYES HUANCAS
ESPECIALISTA AMBIENTAL
Reg. CIP N° 182528

ING. LUIS MIGUEL REYES HUANCAS
CIP N°: 182528
ICOSERGE EIRL

PIURA, 23 DE JUNIO DEL 2021

Apéndice 12

Resultado del muestreo de calidad de aire CO y PM_{2,5} junio

SOLICITANTE: MILAGROS KARINA QUINTANA INGA

PROCEDENCIA: "DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO Y MATERIAL PARTICULADO 2.5 MICRAS EN EL ÁREA URBANA DE CHULUCANAS, PIURA"

FECHA DEL MONITOREO: 25 AL 27 DE JUNIO DEL 2021.

RESPONSABLE DEL MONITOREO: ING. LUIS MIGUEL REYES HUANCAS

RESULTADOS DE MATERIAL PARTICULADO Y GASES				
CÓDIGO	ESTACIONES DE MONITOREO	Coordenadas UTM WGS -84	PM _{2,5} (µg/m ³)	CO (µg/m ³)
CA-01	MZ. D, LT. 11 Micaela Bastidas – frente al terminal terrestre de Chulucanas	E: 592 330 N: 9 435 692	21.38	<1224
CA-02	MZ S, LT. 05 Vate Manrique – frente al hospital Chulucanas	E: 591 901 N: 9 435 918	21.17	<1224
CA-03	Ramón Castilla N° 379 – frente al mercado	E: 592 682 N: 9 436 857	21.55	<1220
CA-04	Apurímac N° 098	E: 591 901 N: 9 435 918	21.84	<1220
ECA PARA AIRE (D.S. N° 003-2017-MINAM)			50	10 000

Fuente: Resultados según Informe de Ensayo N°: IE-21-7403 - ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.- ALAB

* MÉTODOS DE ENSAYO:

Partículas Menores a 2.5 Micrones - PM _{2,5}	EPA CFR 40, Part 50, Appendix L, 2011
Monóxido de Carbono CO	Peter O. Warner




 LUIS MIGUEL REYES HUANCAS
 ESPECIALISTA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 182528

ING. LUIS MIGUEL REYES HUANCAS
 CIP N°: 182528
 ICOSERGE EIRL

PIURA, 03 DE AGOSTO DEL 2021

Apéndice 13

Resultado del muestreo de calidad de aire CO y PM_{2,5} julio

SOLICITANTE: MILAGROS KARINA QUINTANA INGA

PROCEDENCIA: "DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO Y MATERIAL PARTICULADO 2.5 MICRAS EN EL ÁREA URBANA DE CHULUCANAS, PIURA"

FECHA DEL MONITOREO: 30 DE JULIO AL 01 DE AGOSTO DEL 2021.

RESPONSABLE DEL MONITOREO: ING. LUIS MIGUEL REYES HUANCAS

RESULTADOS DE MATERIAL PARTICULADO Y GASES				
CÓDIGO	ESTACIONES DE MONITOREO	Coordenadas UTM WGS -84	PM _{2,5} (µg/m ³)	CO (µg/m ³)
CA-01	MZ. D, LT. 11 Micaela Bastidas – frente al terminal terrestre de Chulucanas	E: 592 330 N: 9 435 692	21.04	<1261
CA-02	MZ S, LT. 05 Vate Manrique – frente al hospital Chulucanas	E: 591 901 N: 9 435 918	22.73	<1261
CA-03	Ramón Castilla N° 379 – frente al mercado	E: 592 682 N: 9 436 857	20.71	<1261
CA-04	Apurímac N° 098	E: 593 448 N: 9 437 634	21.09	<1261
ECA PARA AIRE (D.S. N° 003-2017-MINAM)			50	10 000

Fuente: Resultados según Informe de Ensayo N°: IE-21-9156 - ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L. - ALAB

* MÉTODOS DE ENSAYO:

Partículas Menores a 2.5 Micrones – PM _{2,5}	EPA CFR 40, Part 50, Appendix L, 2011
Monóxido de Carbono CO	Peter O. Warner




LUIS MIGUEL REYES HUANCAS
ESPECIALISTA AMBIENTAL
Reg. CIP N° 182528

ING. LUIS MIGUEL REYES HUANCAS
CIP N°: 182528
ICOSERGE EIRL

PIURA, 28 DE AGOSTO DEL 2021

Apéndice 17

Certificado de calibración OHLM 116-170620

NTP ISO/IEC 17025



Certificado de Calibración OHLM116-170620

1.- SOLICITANTE

Razón social : ICOSERGE INGENIEROS & CONSULTORES E.I.R.L.
Dirección : MZA. O LOTE. 19 A.H. ALM. MIGUEL GRAU (ALTURA FERRETERIA EL PINTOR) PIURA - PIURA - CASTILLA

Este certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales (INACAL) y/o internacionales.

OHLab custodia, conserva y mantiene sus patrones en Áreas con condiciones ambientales controladas , realiza mediciones metrologicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrologia en el país y contribuye a la difusión del sistema legal de unidades del medida del Perú.

OHLab. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debe tener un control de mantenimiento y recalibraciones apropiadas para cada instrumento.

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN Caudalímetro (Muestreador de Partículas)

Marca : INSTRUMEX **Intervalo de medición :** 14 L/min a 18 L/min
Modelo : IPM-FDS 2510 Dual Channel Dust Sampler
N° Serie : FDS2510/2019-20/1906091/471
Código : ICO-PM-01 **Resolución :** 0,01 L/min

3.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó según el ME-009: 1° Ed., "Procedimiento Calibración de Caudalímetros de Aire" del Centro Español de Metrología.

4.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

- * El instrumento fue calibrado el 2020 - 06 - 17 .
- * La calibración se realizó en el Área de Flujo y Caudal del Laboratorio OHLab

5.- PATRONES DE REFERENCIA

N° de Certificado	Equipo	Marca	Modelo	Número de Serie
LFG-205-2019 INACAL/DM	Flujometro	MesaLabs	Defender 530+ H	154409
LH-025-2020 INACAL/DM	Termohigrómetro	EXTECH	SD700	A.095010

6.- CONDICIONES AMBIENTALES

	Temperatura	Humedad Relativa	Presión Atmosferica
INICIO	23,0 °C	43,6 %hr	1010,7 hPa
TERMINO	23,3 °C	44,0 %hr	1010,9 hPa



Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos y/o modificaciones requieren la autorización del Laboratorio de Metrología OHLAB. Certificado sin firma y sello carecen de validez. Los resultados de este certificado no deben utilizarse como certificado de conformidad de producto.

Fecha de emisión: 2020-06-17
Sello

Coordinador de Laboratorio



Bryan Yauri Colqui
Bryan Yauri Colqui

Pág. 1 de 2

FGC-042/JUNIO2018/Rev.03

Teléfono: (01) 454 3009 | Celular : 983 731 672
 Correo: comercial@ohlaboratory.com
 Av. La Marina 365 . La perla -Callao.
 www.ohlaboratory.com



Certificado de Calibración OHLM116-170620

7.- RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

7.1.- FLUJO

CCV	Indicación del caudalímetro	Error	Incertidumbre
(L/min)	(L/min)	(L/min)	(L/min)
14,50	14,52	-0,11	0,2
15,50	15,49	0,48	0,2
16,50	16,53	0,29	0,2
17,50	17,53	0,75	0,2
18,00	18,01	1,08	0,2

CCV: Caudal Convencionalmente Verdadero

Temperatura del aire: 23,1 °C a 23,3 °C

7.2.- TEMPERATURA

Indicación del Patron	Indicación del equipo	Error	Incertidumbre
(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
18,9	18,8	-0,1	0,4
22,4	22,3	-0,1	0,4
24,8	24,6	-0,2	0,4

7.3.- PRESION

Indicación del Patron	Indicación del equipo	Error	Incertidumbre
(mmHg)	(mmHg)	(mmHg)	(mmHg)
690	690	0	0,5
710	711	1	0,5
730	729	-1	0,5



7.4.- NOTA

- * Los datos obtenidos son el resultado del promedio de 15 mediciones por punto de calibración.
- * Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- * La periodicidad de la calibración esta en función al uso y mantenimiento del equipo de medición.
- * La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel aproximado de confianza del 95%.

(fin del documento)

Pág. 2 de 2

Apéndice 18

Certificado de calibración OHLF 564-071220

NTP ISO/IEC 17025



CERTIFICADO DE CALIBRACION OHLF564-071220

1.- SOLICITANTE

Razón social: ICOSERGE INGENIEROS & CONSULTORES E.I.R.L. - ICOSERGE E.I.R.L.
Dirección: MZA. O LOTE. 19 A.H. ALM. MIGUEL GRAU (ALTURA FERRETERIA EL PINTOR) PIURA - PIURA - CASTILLA

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Medidor de Caudal

Marca : ARA INSTRUMENTS
Modelo : N-FRM
N° de Serie : 16149
Procedencia : USA
Resolución : 0,1 L/min
Codigo : ICO-PM-03

3.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó según el ME-009: 1° Ed., "Procedimiento Calibración de Caudalímetros de Aire" del Centro Español de Metrología.

4.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

- * El instrumento fue calibrado el 2020 - 12 - 07.
- * La calibración se realizó en el Área de Flujo del Laboratorio OHLAB.

5.- TRAZABILIDAD

N° de Certificado	Patrón utilizado	Marca	Modelo
LFG-205-2019	Medidor de Caudal, con una exactitud del 1 % de la indicación.	MesaLabs	Defender 530+H
INACAL / DM			

6.- CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	21,7 °C	± 0,0 °C
Humedad	45,7 % HR	± 2,6 % HR
Presión	1012,1 hPa	± 0,0 hPa



Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos y/o modificaciones requieren la autorización del Laboratorio de Metrología OHLAB. Certificado sin firma y sello carecen de validez. Los resultados de este certificado no deben utilizarse como certificado de conformidad de producto. Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a calibración.

Fecha de emisión: 2020 - 12 - 07.



OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY SAC
Juan Diego Arribasplata
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGIA

Pág. 1 de 2

FGC-042/MARZO 2020/Rev.04

Teléfono: (01) 454 3009 | Celular : 983 731 672
Correo: comercial@ohlaboratory.com
Av. La Marina 365 . La perla -Callao.
www.ohlaboratory.com

CERTIFICADO DE CALIBRACION OHLF564-071220

7.- RESULTADOS

CCV	Indicación del Caudalímetro	Error	Incertidumbre
L/min	L/min	L/min	L/min
13,0	13,2	0,2	0,2
16,7	16,8	0,1	0,2
18,0	18,1	0,1	0,2

CCV: Caudal Convencionalmente Verdadero

Temperatura del aire: 22,1 °C a 22,3 °C.

7.1.- NOTAS

- * Los datos obtenidos son el resultado del promedio de 15 mediciones por punto de calibración.
- * Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- * La periodicidad de la calibración esta en función al uso y mantenimiento del equipo de medición.
- * La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura $k=2$ para un nivel aproximado de confianza del 95%.



Fin del documento

Apéndice 19

Certificado de calibración SLAB 0288-211220



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

SLAB0288-211220

1.- Solicitante:

Razón Social: GREENLAB PERÚ S.A.C.
Dirección: Calle Santa Angélica 285, Urb. Santa Luisa - San Martín de Porres.

2.- Datos del instrumento:

Instrumento de medición: Medidor de caudal
Marca: LZT
N° Serie: No indica
Modelo: M-6
Identificación: GL-OPE-003-02

Intervalo de Medición: 0.1 L/min a 1.0 L/min
Procedencia: No indica.
Resolución del Dispositivo: 0.1 L/min
Visualizador

3.- Método de calibración:

La calibración se efectuó según el ME-009*Ed., "Procedimiento de calibración de Caudalímetros de Aire" del Centro Español de Metrología.

4.- Lugar de calibración

: Área de calibración y mantenimiento - SAASOLAB S.A.C.

5.- Fecha de Calibración

: 2020-12-21.

5.- Patrones de referencia:

N° de Certificado	Equipo	Marca	Modelo	Número de Serie
GLAB-019-2019	Flujómetro	BIOS	Defender 510-M	141689
GLAB-097-2019	Termohigrómetro	Boeco Germany	BOE 327	SN005
SUNROAD20190111	Barómetro	SUNROAD	A550	80478

6.- Condiciones ambientales:

	Temperatura	Humedad Relativa	Presión Atmosférica
Inicial	20.1	72.2	1012.5
Final	20.2	72.3	1012.7

7.- Resultado de calibración:

Flujo L/min

Q (L/min)	E (L/min)	U (L/min)
0.1	-0.01	0.02
0.2	-0.01	0.02
0.6	-0.03	0.02

Q: Indicación de caudal del instrumento E: Error encontrado U: Incertidumbre expandida (k=2)

8.- NOTA :

- * El error máximo permitido típico para este instrumento es $\pm 4\%$ del fondo de escala (0.04 L/min).
- * Se tomó como referencia el diámetro mayor del flotador.
- * Se colocó una etiqueta en el equipo indicando la fecha de calibración.
- * La periodicidad de la calibración esta en función al uso y mantenimiento del equipo de medición.

Este certificado de calibración sólo puede ser diluido completamente y sin modificaciones. Los extractos y/o modificaciones requieren la autorización del laboratorio de la autorización del Metrología SAASOLAB. Certificado sin firma y sello carecen de validez.

Fecha de emisión: 2020-12-21



Carlos Chavez Mendoza
Jefe de Calibraciones

Dirección: Jr. Samuel Joya N° 190, Urb. El Bosque, Rimac - Lima
Cel.934 381 321

Pag. 1 de 1

Apéndice 20

Certificado de calibración N° LHA-030-2021



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO A2LA CON CERTIFICADO #6032.01
SEGÚN NTP-ISO/IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LHA-0030-2021

- Expediente : 00062
- Fecha de emisión : 2021-03-19
1. Solicitante : ICOSERGE INGENIEROS & CONSULTORES E.I.R.L.
- Dirección : NZ. O - LT. 19 - A.H. ALM. MIGUEL GRAU - CASTILLA
- PIURA - PIURA
2. Instrumento calibrado : HIGRÓMETRO Y TERMÓMETRO AMBIENTAL
(ESTACIÓN METEOROLÓGICA)
- Marca : DAVIS INSTRUMENTS
- Modelo : VANTAGE PRO2
- N° de serie : BF191210005
- Código : ICC-EM-01
- Alcance Interno : 1% H.R. a 100% H.R. ; 0 °C a 60 °C
Alcance Externo : -40 °C a 65 °C ; 1% H.R. a 100 % H.R.
- Resolución Interno : 0,1 °C ; 1 % H.R.
Resolución Externo : 0,1 °C ; 1 % H.R.
- Procedencia : USA
3. Lugar de calibración : Laboratorio de Temperatura y Humedad de
ALAB
4. Fecha de calibración : 2021-02-19 al 2021-03-20
5. Método de calibración :
La calibración se realizó por comparación directa siguiendo el PC-026 "Procedimiento para la calibración de Higrómetros y termómetros ambientales". Primera Edición. 2019. INACAL.
6. Trazabilidad :

Página 1 de 2

Los resultados presentados corresponden sólo al ítem calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de productos.

El certificado de calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Al usuario le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual esté en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

ALAB E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización expresa por escrito de ALAB E.I.R.L.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de ALAB E.I.R.L.

Código	Descripción	Certificado de calibración
PTH-002	Termohigrómetro Digital Con Incertidumbre de 1,31 %H.R. a 2,07 %H.R. 0,11 °C a 0,16°C	LH-119-2020 / INACAL - DM



Oscar F. Vivanco Valerio
Jefe de Laboratorio de Metrología

Certificado de calibración N° LHA-0030-2021

Página 2 de 2

7. Condiciones de Calibración :

	INICIO	FINAL
Temperatura ambiental	21,4 °C	21,4 °C
Humedad relativa	61,7 % h.r.	62,4 % h.r.

8. Resultados de la Calibración :

Para el Termómetro

Temperatura Indicada (°C)	Temperatura Convencionalmente Verdadera (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)
19,5	20,0	0,5	0,48
22,1	23,0	0,9	0,48
25,3	24,0	0,7	0,48

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:
 $TCV = \text{Indicación del termómetro} + \text{corrección}$

Para el Higrómetro

Humedad Relativa Indicada (%h.r.)	Humedad Relativa Convencionalmente Verdadera (%h.r.)	Corrección (%h.r.)	Incertidumbre (%h.r.)
36	30,0	-6,0	2,2
72	66,0	-6,0	2,3
91	90,0	-1,0	2,3

La Humedad Relativa convencionalmente verdadera (H.R.CV) resulta de la relación:
 $H.R.CV = \text{Indicación del Higrómetro} + \text{corrección}$

9. Observaciones :

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k = 2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.
- La temperatura promedio dentro de la cámara climática, durante la calibración del higrómetro fue: 22,01 °C
- El presente documento reemplaza al Certificado N° LHA-0017-2021 emitido el 2021-02-26. A solicitud del cliente, el cambio realizado fue el código del instrumento calibrado.

FIN DEL DOCUMENTO

Apéndice 21

Certificado de calibración OHLM 237-2021



Certificado de Calibración OHLF-237-2021

1.- SOLICITANTE

Nombre: ICOSERGE INGENIEROS & CONSULTORES E.I.R.L. -
ICOSERGE E.I.R.L.

Dirección: MZA. O LOTE - 19 A.H. ALM. MIGUEL GRAU (ALTURA
FERRETERIA EL PINTOR) PIURA - PIURA - CASTILLA

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN Medidor de Caudal

Marca : INSTRUMEX
Modelo : IPM-FDS 2510
N° de Serie : FDS2510/2019-20/1906091/471
Código : ICO-PM-01
Intervalo de medición : 14 L/min a 18 L/min
Resolución : 0,01 L/min
Procedencia : INDIA

Este certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales (INACAL) y/o internacionales.

OHLAB S.A.C. custodia, conserva y mantiene sus patrones en Áreas con condiciones ambientales controladas, realiza mediciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del sistema legal de unidades del medido del Perú.

OHLAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debe tener un control de mantenimiento y recalibraciones apropiadas para cada instrumento.

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

- * El instrumento se calibró el 2021-06-10
- * La calibración se realizó en el Área de Flujo del Laboratorio OHLAB S.A.C.

4.- CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	21,3 °C	±	0,2 °C
Humedad	49,5 % HR	±	1,3 % HR
Presión	1012,4 hPa	±	0,1 hPa

Este Certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos y/o modificaciones requieren la autorización del Laboratorio de Metrología OHLAB S.A.C.. Certificado sin firma y sello carecen de validez. Los resultados de este certificado no deben utilizarse como certificado de conformidad de producto. Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a calibración, el laboratorio OHLAB S.A.C. declina de toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este certificado.

Fecha de emisión: 2021-06-10

Sello

Certificado de Calibración OHLF-237-2021

5.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó según el ME-009: 1° Ed., "Procedimiento Calibración de Caudalímetros de Aire" del Centro Español de Metrología.
La calibración se efectuó según el PC-026 "PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE HIGRÓMETROS Y TERMÓMETROS AMBIENTALES" Del INACAL.

6.- TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM , en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

N° de Certificado	Patrón utilizado	Marca	Modelo
LFG-205-2019 INACAL / DM	Medidor de Caudal, con una exactitud del 1 % de la indicación.	MesaLabs	Defender 530+H
LH-120-2020 INACAL / DM	Termohigrómetro con una exactitud de 0,2 °C y 2 %HR	LUFFT	XC200
LFP-053-2020 INACAL / DM	Barómetro con una exactitud de 2 hPa.	EXTECH	SD700

OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración está en función al uso y mantenimiento del equipo de medición.
- La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza aproximado del 95%.
- Se calibró el sensor de Temperatura TA, no se calibraron los sensores de temperatura de flujo.

Certificado de Calibración OHLF-237-2021

7.- RESULTADOS

Canal 1

CCV	Indicación del Caudalímetro	Error	Incertidumbre
L/min	L/min	L/min	L/min
14,54	14,43	-0,11	0,2
16,65	16,57	-0,08	0,2
18,21	18,09	-0,12	0,2

CCV: Caudal Convencionalmente Verdadero

Canal 2

CCV	Indicación del Caudalímetro	Error	Incertidumbre
L/min	L/min	L/min	L/min
14,54	14,72	0,18	0,2
16,53	16,72	0,19	0,2
18,21	18,47	0,26	0,2

CCV: Caudal Convencionalmente Verdadero

Temperatura del aire: 22,1 °C ± 0,2 °C

TEMPERATURA (TA)

Indicación del Patrón (°C)	Indicación del equipo (°C)	Error (°C)	Incertidumbre (°C)
16,9	16,8	-0,1	0,4
25,3	25,1	-0,2	0,4
38,7	38,5	-0,2	0,4

PRESIÓN ATMOSFERICA

Indicación del Patrón (mmHg)	Indicación del equipo (mmHg)	Error (mmHg)	Incertidumbre (mmHg)
738,0	736	-2,4	0,5
754,8	753	-1,8	0,5
802,3	800	-2,3	0,5

(Fin del documento)

Apéndice 22

Certificado de calibración OHLF- 017-2021



CERTIFICADO DE CALIBRACION OHLF-017-2021

1.- SOLICITANTE

Razón social: ICOSERGE INGENIEROS & CONSULTORES E.I.R.L.L. -
ICOSERGE E.I.R.L.L.
Dirección: MZA. O LOTE. 19 A.H. ALM. MIGUEL GRAU (ALTURA FERRETERIA EL
PINTOR) PIURA - PIURA - CASTILLA
OTI: 022

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN Medidor de Caudal (Rotámetro)

Marca : CHENG XIN
Modelo : LZM
N° de Serie : ICO-ROT-01 (*)
Procedencia : No indica
Intervalo de Medición : 0,1 L/min a 1 L/min
Resolución : 0,05 L/min

3.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó según el ME-009: 1ª Ed., "Procedimiento Calibración de Caudalímetros de Aire" del Centro Español de Metrología.

4.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

- * El instrumento fue calibrado el 2021 - 06 - 14.
- * La calibración se realizó en el Área de Flujo del Laboratorio OHLAB.

5.- TRAZABILIDAD

N° de Certificado	Patrón utilizado	Marca	Modelo
CNM-CC-710-079/2021	Medidor de Caudal, con una exactitud del 2 % de la indicación.	TSI	4146 F
INACAL / DM			

6.- CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	21,8 °C	± 0,1 °C
Humedad	53,9 % HR	± 0,3 % HR
Presión	1013,6 hPa	± 0,0 hPa

Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos y/o modificaciones requieren la autorización del Laboratorio de Metrología OHLAB. Certificado sin firma y sello carecen de validez. Los resultados de este certificado no deben utilizarse como certificado de conformidad de producto. Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a calibración.

Fecha de emisión: 2021 - 06 - 14.



OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.
Laboratorio de Metrología
Avenida La Marina 365, La Perla, Cañao - Perú
Tel.: (01) 454 3009 Cel.: (+51) 983 731 672
Email: comercial@ohlaboratory.com
Web: www.ohlaboratory.com

OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.
Juan Diego Arribas Jirato
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGIA

Pág. 1 de 2

FGC-042/MARZO 2020/Rev.04

CERTIFICADO DE CALIBRACION OHLF-017-2021

7.- RESULTADOS

CCV	Indicación del Caudalímetro	Error	Incertidumbre
L/min	L/min	L/min	L/min
0,31	0,10	-0,21	0,03
0,49	0,20	-0,29	0,03
0,70	0,40	-0,30	0,03
1,00	0,60	-0,40	0,03
1,28	0,80	-0,48	0,03

CCV: Caudal Convencionalmente Verdadero

Temperatura del aire: 20,8 °C a 20,9 °C.

7.1.- NOTAS

- * (*) El medidor de caudal no cuenta con número de serie, se consideró como tal la codificación de una etiqueta adherida al instrumento.
- * Los datos obtenidos son el resultado del promedio de 15 mediciones por punto de calibración.
- * Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- * La periodicidad de la calibración esta en función al uso y mantenimiento del equipo de medición.
- * La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura $k=2$ para un nivel aproximado de confianza del 95%.

Fin del documento

Apéndice 23

Certificado de calibración N° LPA- 0024-2021



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO ASLA CON CERTIFICADO #8032.01
SEGÚN NTP-480/IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LPA-0024-2021

Expediente : 00062

Página 1 de 2

Fecha de emisión : 2021-03-19

1. Solicitante : ICOSERGE INGENIEROS & CONSULTORES E.I.R.L.

Dirección : MZ. O - LT. 19 - A.H. ALM. MIGUEL GRAU - CASTILLA - PIURA - PIURA

2. Instrumento calibrado : INSTRUMENTO DE PRESIÓN ABSOLUTA (ESTACIÓN METEOROLÓGICA)

Marca : DAVIS INSTRUMENTS

Modelo : VANTAGE PRO2 / 6162C

N° de serie : BF191210005

Código : ICO-EM-01

Alcance : 540 mbar a 1100 mbar

Resolución : 0,1 mbar

Procedencia : USA

3. Lugar de calibración : Laboratorio de Presión de ALAB

4. Fecha de calibración : 2021-02-19

5. Método de calibración :

La calibración se realizó por comparación directa siguiendo el procedimiento PC-024 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de presión absoluta (barómetros)". Primera Edición. 2018. INACAL.

6. Trazabilidad :

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Los resultados presentados corresponden sólo al ítem calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

El certificado de calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regirá por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

Al usuario le corresponde disponer en su momento de la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

ALAB E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que puede ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización expresa por escrito de ALAB E.I.R.L.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de ALAB E.I.R.L.

Código	Descripción	Certificado de calibración
PTP-004	Manómetro de presión absoluta de clase 0.02%	SIMCO

Oscar F. Vivanco Valerio
Jefe de Laboratorio de Metrología

Certificado de calibración N° LPA-0024-2021

Página 2 de 2

7. Condiciones de Calibración :

Temperatura ambiental	Inicial : 22,3°C	Final : 21,2°C
Humedad relativa	Inicial : 62,3%	Final : 63,4%
Presión atmosférica	Inicial : 1007,0 mbar	Final : 1006,0 mbar

8. Resultados de la Calibración :

Indicación del instrumento a calibrar mbar	Error mbar	Incertidumbre mbar	Error máximo permitido mbar
998,0	3,1	0,52	1,0
1 002,0	3,2	0,52	1,0
1 100,0	3,0	0,52	1,0

9. Observaciones :

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La información del error máximo permitido fue tomada del manual del fabricante.
- La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k = 2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.
- El presente documento reemplaza al Certificado N° LPA-0017-2021 emitido el 2021-02-27. A solicitud del cliente, el cambio realizado fue el código del instrumento calibrado.

FIN DEL DOCUMENTO

Apéndice 24

Acreditación de laboratorio

Certificado

INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación al:

ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.
Laboratorio de Ensayo

Prolongación Zarumilla, Mz D2 Lt 3, Asociación Daniel Alcides Carrión, distrito de Bellavista, provincia constitucional del Callao, departamento de Lima

Con base en la norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 26 de julio de 2019
Fecha de Vencimiento: 25 de julio de 2023


ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0547-2019/INACAL-DA
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°025-16/INACAL-DA
Registro N° : LE-096

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y órdula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web: www.inacal.gob.pe/acreditacion/categorias/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e Internacional Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mútuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

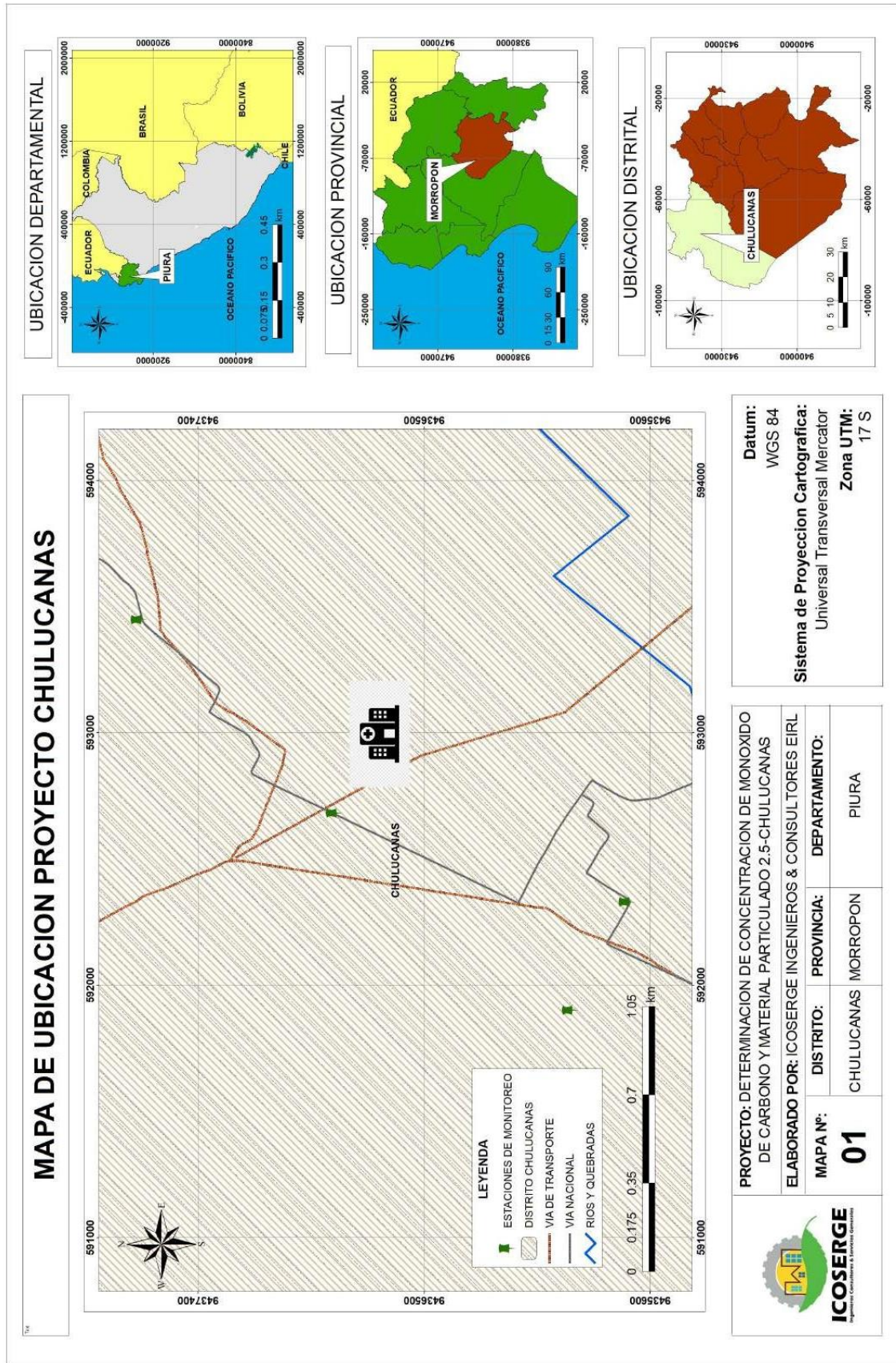
DA-acr-01P-02M Ver. 02

DE-LAB-56
DNC-Fuera del alcance de actualización

Fecha de emisión: 24 de julio de 2019

Apéndice 25

Mapa temático de ubicación



Apéndice 26

Decreto supremo 003-2017 MINAM que establece la norma de calidad ambiental respecto al aire

Parámetros	Periodo	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Criterios de evaluación	Método de análisis
Monóxido de carbono (CO)	8 hora	10000	Más de una vez al año- NO exceder	Método de forma automática
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50	Más de siete veces al año – NO exceder	Método de forma de gravimetría

NE: No Exceder. [1] o método equivalente aprobado.

[2] El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación de la “Guía Nacional de Monitoreo en materia de calidad ambiental- aire”, de conformidad con lo establecido en la Séptima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.

Nota. Elaboración propia con base en Ministerio del Ambiente – MINAM (2017). Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. - Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias.