



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
EVALUACION DE ORIGINALIDAD

ATIT_2023-FIAS-046

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

"Niveles de contaminación ambiental generado por los gases de chimeneas de las industrias en la calidad del aire, panamericana sur, San Andrés, Pisco, 2022"

Presentado por:

CAHUAYME BENDEZU FELIX ISAAC

Autor(a) del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es **PORCENTAJE DE SIMILITUD del 0%** por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Con CÓDIGO DE MATRÍCULA N° **20171887**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

21 de Agosto del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
UNIDAD DE INVESTIGACION
Dr. Domingo Jesús Cabel Moscoso
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA



TESIS:

**NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL GENERADO POR
LOS GASES DE CHIMENEAS DE LAS INDUSTRIAS EN LA
CALIDAD DEL AIRE, PANAMERICANA SUR, SAN ANDRÉS,
PISCO, 2022**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

CIENCIAS NATURALES, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y
SANITARIO**

Presentado por:

Bach. CAHUAYME BENDEZU FELIX ISAAC

Asesor:

Dr. PEDRO CORDOVA MENDOZA

ICA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a mis padres, quienes fueron un pilar fundamental para lograr este objetivo que me trace en la vida, asimismo me lo dedico a mí, por no rendirme frente las adversidades presentadas en el camino, todo esfuerzo valió la pena.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento profundo a la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, a la Carrera de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, a los docentes que de manera desinteresada aportaron para que durante estos cinco años de estudio se forje nuestra formación académica.

En especial al Dr. Pedro Córdoba Mendoza, por su acertada dirección e invaluable colaboración para la realización de este trabajo de investigación de tesis.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDO	iv
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
SUMMARY	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	12
1.2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
1.2.1. Antecedentes Internacionales.....	12
1.2.2. Antecedentes nacionales.....	15
1.3. BASES TEÓRICAS	15
1.3.1. Nivel del aire contaminado	15
1.3.2. Distribucion de sustancias de contaminantes en el aire	16
1.3.3. Emisiones de fuentes moviles.....	16
1.3.4. Combustión total e incompleta.....	17
1.3.5. Contaminantes de fuentes moviles.....	17
1.3.6. La pureza del aire.....	18
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.4.1. Problema general.....	18
1.4.2. Problemas específicos.....	18
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.5.1. Objetivo principal.....	19
1.5.2. Objetivos Específicos.....	19
1.6. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	19
1.6.1. Hipótesis principal.....	19
1.6.2. Hipótesis Específicas	19
1.6.3. Variables de investigación	20
1.7. “JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA”	22
1.7.1. Justificación	22
1.7.2. Importancia.....	22

1.8.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	23
1.8.1.	“Contaminación Atmosférica”	23
1.8.2.	“Estándares de Calidad del Aire (ECA)”	23
1.8.3.	Concentración.....	23
1.8.4.	“Concentración de 24 horas”	23
1.8.5.	Monitoreo.....	23
II.	ESTRATEGIA METODOLOGICA	25
2.1.	ÁREA DE ESTUDIO	25
2.2.	CANTIDAD RECOMENDADA DE PUNTOS DE MUESTREO SEGUN LA OMS Y LA EPA	27
2.3.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	28
2.3.1.	Tipo, nivel y diseño de investigación.....	28
2.3.2.	“Población y muestra”	29
2.3.3.	“Técnicas de recolección de datos”	30
2.3.4.	Instrumentos de recolección de datos.....	30
2.3.5.	Técnicas de procesamiento de datos e interpretación de los resultados.....	31
2.3.6.	Análisis de los datos e interpretación de los resultados	32
2.4.	“NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL AIRE”	32
2.4.1.	“Ley General del Ambiente (Ley N°28611, LGA)”	32
2.4.2.	Decreto Supremo N°003 – 2017 - PCM Estándares nacionales de calidad ambiental del aire.	33
III.	RESULTADOS	34
3.1.	EVALUAR LOS “NIVELES DE CONCENTRACIÓN” DE CO ₂ , NO ₂ , CO Y H ₂ S GENERADOS POR EL TRÁNSITO VEHICULAR Y LA CALIDAD DEL AIRE, CTRA. PANAMERICANA SUR 2 EN LA CIUDAD DE ICA	34
3.1.1.	Puntos de Monitoreo	34
3.1.2.	“Equipos y métodos de análisis utilizados”	38
3.1.3.	“Método de análisis de los parámetros de calidad de aire”	40
3.2.	“ANALIZAR LOS NIVELES DE CONCENTRACION AMBIENTAL GENERADO POR LOS GASES DE CHIMENEA DE LAS INDUSTRIAS Y EL OXIGENO LIMPIO EN LA PANAMERICANA SUR, SAN ANDRES.....	41
3.3.	“MONITOREAR LOS NIVELES LOS PARAMETROS METEROROLOGICOS DE LAS SUSTANCIAS CONTAMINANTES GENERADO POR LOS GASES DE CHIMENEA DE LAS INDUSTRIAS Y LA CALIDAD DEL AIRE, PANAMERICABA SUR, SAN ANDRES”.	42

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	52
4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS “NIVELES DE CONCENTRACIÓN AMBIENTAL GENERADO POR LOS GASES DE CHIMENEA DE LAS INDUSTRIAS Y LA CALIDAD DEL AIRE, PANAMERICANA SUR, SAN ANDRES.	52
4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LO NIVELES DE CONCENTRACION AMBIENTAL GENERADO POR LOS GASES DE CHIMENENAS DE LAS INDUSTRIAS Y EL OXIGENO LIMPIO, PANAMERICANA SUR, SAN ANDRES.	52
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LAS SUSTANCIAS CONTAMINANTES GENERADO POR LOS GASES DE CHIMENEAS Y LAOCALIDAD DEL AIRE, PANAMERICANA SUR, SAN ANDRES..	53
V. CONCLUSIONES	55
VI. RECOMENDACIONES	56
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXO	62

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Se recomienda tener un número promedio de estaciones de monitoreo de la calidad del aire en áreas urbanas con una población determinada [31]	28
Tabla 2.	VARIABLES CLIMÁTICAS, DURANTE EL MES DE AGOSTO	30
Tabla 3.	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire [36]	33
Tabla 4.	Se ofrece una descripción y las coordenadas UTM de los puntos de monitoreo empleados para la evaluación de la calidad del aire.....	34
Tabla 5.	Resultados de monitoreo de calidad del aire utilizando equipo tren de muestreo.....	36
Tabla 6.	Parámetros de la calidad del aire	37
Tabla 7.	Los instrumentos utilizados en la vigilancia de la calidad del aire	39
Tabla 8.	La variable climática y los instrumentos empleados para su medición.....	40
Tabla 9.	El método de análisis utilizado para evaluar la calidad del aire.....	41
Tabla 10.	El resultado obtenido del muestreo de calidad del aire	42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Los puntos de monitoreo de la calidad del aire, CB-01 y CB-02, se encuentran en la Carretera Panamericana Sur, en la comuna de Santa Cruz, distrito de San Andrés, provincia de Pisco.....	27
Figura 2.	Registro de la ubicación de los puntos de monitoreo de la calidad del aire durante el mes de mayo de 2022.....	27
Figura 3.	Punto de monitoreo en un taller de mecánica cercano al grifo PRIMAX, identificado como, CB-01.....	29
Figura 4.	Punto de monitoreo en la azotea del restaurante Karen, frente a la empresa MINSUR, identificado como CB-2.....	35
Figura 5.	Seguimiento de la carretera Panamericana Sur en San Andrés durante el mes de mayo de 2022	43
Figura 6.	Rosa de viento. CB-01	43
Figura 7.	Rosa de viento. CB-02.....	43

RESUMEN

Objetivo, fue evaluar los niveles de concentración ambiental generado por los gases de chimeneas de las industrias influyen en la calidad del aire, panamericano sur, San Andrés, Pisco, 2022 **Material y Métodos**, el estudio realizado de tipo observacional-prospectivo-longitudinal, nivel descriptivo, diseño experimental, la investigación aplicada. **Resultados**, se realizaron mediciones en los puntos de monitoreo CA-1 y CA-2, con el equipo Tren de Muestreo en los meses de agosto, septiembre y octubre de 2022, se aplicó el t-student, con un nivel de significancia de 0.05, considerando un grado de libertad de 5 y los resultados como el Dióxido de Azufre (SO₂) con un valor tExperimental de (-18.6821), el Dióxido de Nitrógeno (NO₂) con un valor tExperimental de (-19.9492), el Monóxido de Carbono (CO) con un valor tExperimental de (-35.1194) y Sulfuro de Hidrogeno (H₂S) con un valor tExperimental de (-172.1826), siendo el valor tCrítico de (-2.0150). Por lo tanto, se aceptó la hipótesis alterna. **Discusión**, los resultados indicaron que en determinadas horas pico y tramos de mayor densidad de tráfico, se registraban niveles más altos de contaminantes, lo que sugiere que el tránsito vehicular es un factor determinante en la calidad del aire en esta área, en general los niveles están por debajo de los límites establecidos por el Decreto-Supremo-N°003-2017-MINAM. **Conclusión**, que los niveles de CO₂, NO₂, CO y H₂S se mantienen dentro de los límites establecidos por los estándares de calidad ambiental. Los resultados del estudio demuestran claramente que no se superan los niveles permitidos de concentración de estos gases.

Palabras Claves: *Niveles de concentración, calidad del aire; tránsito vehicular.*

SUMMARY

Objective, was to assess that the "concentration levels" of CO₂, NO₂, CO and H₂S by vehicular traffic influence air quality, ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022. **Materials and Methods**, the study carried out was observational-prospective-longitudinal, descriptive level, experimental design, applied research. **Results**, measurements were made at the monitoring points CA-1 and CA-2, with the Sampling Train team in the months of August, September and October 2022, the t-student was applied, with a significance level of 0.05. , considering a degree of freedom of 5 and the results as Sulfur Dioxide (SO₂) with a tExperimental value of (-18.6821), Nitrogen Dioxide (NO₂) with a tExperimental value of (-19.9492), Carbon Monoxide (CO) with a tExperimental value of (-35.1194) and Sulfur Hydroxide (H₂S) with a tExperimental value of (-172.1826), with the tCritical value being (-2.0150). Therefore, the alternate hypothesis was accepted. **Discussion**, the results indicated that in certain peak hours and sections with higher traffic density, higher levels of pollutants were recorded, which suggests that vehicular traffic is a determining factor in air quality in this area. In general, the levels are below the limits established by Supreme Decree No. 003-2017-MINAM. **Conclusion**, that the levels of CO₂, NO₂, CO and H₂S remain within the limits established by the environmental quality standards. The results of the study clearly demonstrate that the permitted levels of concentration of these gases are not exceeded.

Keywords: *Concentration levels, air quality; vehicular traffic.*

I. INTRODUCCIÓN

La investigación titulada "Niveles de contaminación ambiental generado por los gases de chimeneas de las industrias en la calidad del aire, panamericano sur, San Andrés, Pisco" aborda la problemática de la contaminación atmosférica generada por las emisiones de gases provenientes de las chimeneas de las industrias en la zona de Panamericano Sur, específicamente en San Andrés, Pisco.

La calidad del aire es un tema de vital importancia, ya que afecta directamente la salud de la población y el equilibrio del ecosistema. Las emisiones gaseosas liberadas por las industrias son una de las principales fuentes de contaminación ambiental en muchas áreas urbanas e industriales. En este contexto, es fundamental comprender los niveles de contaminación y evaluar sus impactos en la calidad del aire de la región mencionada.

El objetivo de esta investigación es analizar y cuantificar los niveles de contaminación generados por los gases emitidos por las chimeneas de las industrias en Panamericano Sur. Para lograrlo, se realizaron mediciones y análisis exhaustivos de los diferentes contaminantes atmosféricos presentes en la zona, como dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas suspendidas (PM₁₀) y otros compuestos químicos relevantes.

A través de un enfoque multidisciplinario, se recopilaron datos meteorológicos, se realizaron muestreos en diversos puntos estratégicos de la zona de estudio y se utilizaron técnicas de análisis químico para determinar la concentración de los contaminantes. Estos datos se compararon con los estándares y regulaciones ambientales establecidos para evaluar el grado de contaminación y sus posibles efectos en la calidad del aire y la salud pública.

Los resultados de esta investigación proporcionarán una visión detallada de los niveles de contaminación generados por los gases de chimeneas de las industrias en Panamericano Sur, permitiendo una mejor comprensión de los riesgos asociados y brindando información relevante para la implementación de medidas y políticas adecuadas de control y prevención de la contaminación atmosférica en la zona estudiada.

1.1. Situación problemática

Las chimeneas desempeñan un papel crucial al proporcionar una estructura que rodea el conducto de humos, formando así un sistema que contribuye a enfriar los gases de escape antes de su liberación en la atmósfera al aire libre. Con el fin de asegurar un flujo de gases uniforme y evitar el ingreso de aire no deseado hacia la combustión, también conocido como efecto chimenea, estas estructuras suelen ser verticales o casi verticales. Las chimeneas industriales se encuentran presentes en diversas partes del mundo y se utilizan para reciclar y servir como intermediarias en la eliminación de gases de desecho tóxicos y altamente perjudiciales hacia la atmósfera a alturas más elevadas. A medida que ha transcurrido el tiempo, los avances en la industria han requerido un aumento anual en la cantidad de chimeneas altas y delgadas necesarias. La función principal de las chimeneas radica en capturar los gases extremadamente peligrosos que no son tolerables a nivel del suelo y dirigirlos a mayores altitudes con velocidades adecuadas.[1].

Asimismo, el incremento en las emisiones de SO₂ puede ser resultado de las condiciones atmosféricas más que de cambios en el comportamiento de las empresas: la radiación solar puede interactuar con los contaminantes y propiciar reacciones químicas secundarias. Por último, las temperaturas más bajas que se presentan después del anochecer pueden tener un impacto en la dispersión de los contaminantes.[2].

“La meteorología y la topografía en la región costera de Ica generalmente difieren considerablemente de las características de las regiones del interior. El transporte, las industrias que existen en la panamericana sur km 241”[3] y “la dispersión de contaminantes sobre el terreno suele ser más difícil de caracterizar que sobre las regiones del interior”[3]. “Los estudios de trazadores atmosféricos proporcionan un medio único y relativamente económico de caracterizar las industrias en la panamericana sur y la dispersión de contaminantes sobre terrenos costeros accidentados en condiciones meteorológicas complejas”[3].

“La contaminación del aire es un proceso que introduce diversos contaminantes a la atmósfera que causan daño a los seres humanos, a otros organismos vivos y al

medio ambiente natura”[4]. “Los efectos sobre la salud de la contaminación del aire, observados tanto en el interior como en el exterior, han sido motivo de gran preocupación debido al alto riesgo de exposición incluso a concentraciones relativamente bajas de contaminantes del aire”[5]. “Se estima que cada año ocurren más de dos millones de muertes en todo el mundo como consecuencia directa de la contaminación del aire a través de daños en los pulmones y el sistema respiratorio”[4].

1.2. Antecedentes de la investigación

1.2.1. Antecedentes internacionales

La contaminación del aire generada por industrias de pequeña escala representa riesgos significativos para la salud ocupacional y tiene efectos negativos en la vegetación y el patrimonio. Se llevó a cabo un estudio con el objetivo de evaluar el impacto de la contaminación del aire en las industrias de hornos de ladrillos. Se realizó un monitoreo exhaustivo de las emisiones de las chimeneas para determinar los niveles de contaminación de material particulado en suspensión (SPM), dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x).[6].

El azufre es un elemento presente en los combustibles, principalmente en el carbón, la gasolina, el queroseno y el diésel. Durante el proceso de combustión o cocción a altas temperaturas, el azufre puede generar dióxido de azufre (SO₂) en forma de gas. La presencia de SO₂ en el aire puede causar irritación en las mucosas y los ojos, así como bronquitis crónica.[7].

El propósito de este estudio fue detectar las cantidades de gases nocivos liberados por diversas fuentes de contaminación del aire en Libia, con el objetivo de suplir la falta de información y brindar a los responsables de la toma de decisiones datos y directrices relacionadas con la situación ambiental del país. Esto se hace con el fin de cumplir nuestro papel asignado de mitigar el calentamiento global y alinear las políticas y estrategias de desarrollo con las orientaciones de las políticas globales.[8].

La contaminación no se puede considerar como un solo problema, sino más bien como una serie de problemas interrelacionados con efectos diversos. Estos efectos varían según el tiempo de exposición al aire contaminado, ya que es este factor el que determina el grado de nocividad. Por lo tanto, al referirnos a los agentes o materiales contaminantes, es importante mencionar tanto la cantidad como el tiempo de exposición para evaluar sus impactos. Además, la contaminación se propaga y dispersa a través de la circulación de masas de aire, las cuales son transportadas por los vientos a distancias considerables. [9].

“La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que la contaminación del aire se ha convertido en la principal amenaza ambiental para la salud” [10]. La (OMS) ha observado que la calidad del aire en el entorno ha alcanzado niveles de deterioro tal que sus consecuencias negativas pueden tener un impacto considerable en la salud y el bienestar de las personas. Estos contaminantes no solo afectan la salud humana y animal, sino que también dañan la vegetación y los materiales, reducen la visibilidad y la radiación solar, y tienen repercusiones en las condiciones meteorológicas y el clima.[10].

“Es crucial realizar una estimación precisa de las emisiones atmosféricas provenientes de fuentes estacionarias de combustión para gestionar de manera efectiva la calidad del aire en entornos urbanos, tal como se llevó a cabo en el estudio realizado en la ciudad de Cuenca” [11]. Obtener información detallada a través de un inventario de emisiones permitió determinar el impacto causado en el recurso del aire, el cual tuvo consecuencias visibles tanto en la salud humana como en el ecosistema.[11].

El enfoque principal de este estudio se dirige hacia las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂) y compuestos orgánicos volátiles (COV) provenientes de fuentes industriales en Houston, Texas. Se analizaron las tendencias en las emisiones de NO_x y SO₂ durante el

período comprendido entre 2000 y 2006 para estas fuentes industriales.[12].

1.2.2. Antecedentes nacionales

“En los últimos años, la polución del aire ha surgido como uno de los desafíos medioambientales más destacados. Este fenómeno se atribuye, entre otros factores, a eventos catastróficos naturales y al impacto de las actividades humanas en el entorno”[13]. “Diversos elementos han generado un impacto negativo en la calidad del aire, lo cual ha generado inquietud tanto en la sociedad como en las autoridades correspondientes” [13]. “La polución originada por las chimeneas de las industrias presentes en la zona, las cuales son consideradas como fuentes estacionarias, es responsable de la contaminación ambiental en la región”[13].

En la investigación [14], en este estudio, se utilizó una metodología descriptiva, donde se recopilaron diversas variables (parámetros) de naturaleza cuantitativa. Estas variables serán comparadas con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para evaluar la calidad del aire. Con el fin de garantizar la calidad y precisión de los resultados, se siguieron las pautas del "Protocolo de monitoreo de calidad del aire y gestión de datos" establecido por la DIGESA, siguiendo puntos específicos ubicados en las instalaciones de la Central Térmica Ventanilla. Los resultados obtenidos fueron contrastados con las directrices establecidas en el Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire, tal como se establece en el Decreto Supremo N°003-2008-MINAM y su enmienda D.S N°003-2017-MINAM.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Nivel de aire contaminado

La contaminación del aire se refiere a la emisión de una diversidad de gases, partículas, agentes biológicos y otros contaminantes al ambiente atmosférico. Estas emisiones pueden originarse tanto de fuentes naturales como de actividades humanas.[15]. Las fuentes naturales de

contaminación incluyen fenómenos físicos como incendios forestales, erupciones volcánicas, tormentas de polvo y diferentes prácticas agrícolas.[16]. La mayoría de los contaminantes ambientales son producidos por actividades humanas, denominadas fuentes antropogénicas, que se clasifican en fuentes estacionarias y fuentes móviles. [17]. Las fuentes estacionarias engloban diversas actividades en las que se queman combustibles fósiles para generar electricidad o calor. Esto implica la combustión de combustibles fósiles en procesos industriales, las emisiones residenciales, la incineración de residuos, el uso de hornos y sistemas de calefacción. También se incluye la quema tradicional de biomasa, instalaciones industriales, así como actividades mineras y agrícolas.[18].

1.3.2. Distribución de sustancias contaminantes en el aire.

La dispersión es el proceso en el que los gases emitidos por fuentes fijas o móviles se mezclan con los gases existentes en el aire, y puede ser afectado por cambios climáticos y su impacto en el entorno.[19]. El viento mueve los contaminantes en el aire, lo que lleva a una reducción de su concentración en un lugar determinado. Además, los cambios de temperatura también influyen en la concentración de estos contaminantes.[19].

1.3.3. Emisiones de fuentes móviles.

Hay dos tipos de fuentes móviles clasificadas según su funcionamiento: fuentes móviles fuera de carretera y fuentes móviles en carretera. Las fuentes móviles fuera de carretera comprenden aviones, maquinaria de construcción, embarcaciones y trenes, mientras que las fuentes móviles en carretera incluyen cualquier tipo de vehículo que normalmente circula por vías públicas, como automóviles de pasajeros, camiones, autobuses, motocicletas y triciclos motorizados.[20].

Las emisiones generadas por los vehículos se dividen principalmente en tres categorías. En primer lugar, están las emisiones en caliente, que se producen durante la combustión cuando el motor funciona en

condiciones estables y se expulsan a través del escape. En segundo lugar, están las emisiones durante el arranque en frío, que ocurren cuando el motor está frío y se enciende, generando emisiones adicionales. Por último, están las emisiones evaporativas de hidrocarburos, que se relacionan con la evaporación del combustible en el depósito de almacenamiento y en los sistemas de transporte hacia el motor. [20].

1.3.4. Combustión total e incompleta

Si la combustión fuera completa y perfecta, los productos generados serían dióxido de carbono (CO_2), vapor de agua (H_2O) y nitrógeno (N_2). Sin embargo, debido a que la combustión en los motores no es óptima, se forman otros compuestos, como monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógeno (NO_x). La presencia de plomo y azufre como productos de la combustión, ya sea completa o incompleta, depende directamente de la presencia de estos elementos en los combustibles utilizados.

1.3.5. Contaminantes de fuentes móviles

En la actualidad, la mayoría de los vehículos en uso emplean motores de combustión interna que se alimentan de diversos combustibles, como gasolina, diésel y gas licuado de petróleo. Estos motores operan al encender una mezcla comprimida de aire y combustible en un cilindro cerrado, con el fin de aumentar la presión y generar la potencia necesaria para impulsar el vehículo a la velocidad deseada y transportar la carga requerida.

Los vehículos emiten principalmente contaminantes a través del escape de los motores y la evaporación de la gasolina, lo cual tiene un impacto tanto a nivel local, afectando la salud humana, los recursos naturales, los edificios y los bienes materiales en la zona, como a nivel global debido al efecto invernadero. La cantidad de emisiones generadas por los vehículos depende de varios factores, como la edad del vehículo, su utilización, la calidad del combustible utilizado, la eficiencia de la combustión, el

mantenimiento del motor y el uso de dispositivos reductores, como los convertidores catalíticos, entre otros.

1.3.6. La pureza del aire

[20] La calidad del aire se relaciona con la pureza y composición del aire que respiramos, considerando la presencia y concentración de contaminantes y sustancias dañinas presentes en él.

La legislación define el "objetivo de la calidad del aire" como la cantidad de cada contaminante presente en la atmósfera, ya sea de forma individual o en combinación con otros. Este objetivo implica el cumplimiento de obligaciones específicas establecidas para cada contaminante según las condiciones determinadas. [21].

1.4. Formulación del problema

La contaminación del aire es un problema global que afecta a numerosas regiones y comunidades en todo el mundo. La creciente industrialización, el aumento del tráfico vehicular y otras actividades humanas han llevado a la emisión de contaminantes atmosféricos perjudiciales, lo que ha dado lugar a una disminución de la calidad del aire y a diversos problemas de salud y ambientales.

1.4.1. Problema general

¿Cómo los niveles de concentración” ambiental generado por los gases de chimeneas de las industrias perjudica la calidad del aire, panamericana sur, San Andrés, Pisco, 2022?

1.4.2. Problemas específicos

PE1: ¿Como los niveles de concentración ambiental generado por los gases de chimeneas de las industrias perjudican el oxígeno limpio, panamericana sur, San Andrés, Pisco, 2022?

PE2: ¿Cómo las sustancias contaminantes generado por los gases de chimeneas de las industrias contribuye en la calidad del aire, panamericana sur, San Andrés, Pisco, 2022?

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo principal

Evaluar los niveles de concentración” ambiental generado por los gases de chimeneas de las industrias que influyen en la calidad del aire, panamericano sur, San Andrés, Pisco, 2022.

1.5.2. Objetivos Específicos

OE1: Analizar los niveles de concentración ambiental generado por los gases de chimeneas de las industrias que perjudican el oxígeno limpio, panamericana sur, San Andrés, Pisco, 2022.

OE2: Monitorear las sustancias contaminantes generado por los gases de chimeneas de las industrias que contribuye en la calidad del aire, panamericana sur, San Andrés, Pisco, 2022.

1.6. Hipótesis de investigación

1.6.1. Hipótesis principal

Los niveles de concentración” ambiental generado por los gases de chimeneas de las industrias influyen en la calidad del aire, panamericano sur, San Andrés, Pisco, 2022

1.6.2. Hipótesis Específicas

HE1. Los niveles de concentración ambiental generado por los gases de chimeneas de las industrias que perjudican el oxígeno limpio, panamericana sur, San Andrés, Pisco, 2022.

HE2. Las sustancias contaminantes generado por los gases de chimeneas de las industrias que contribuye en la calidad del aire, panamericana sur, San Andrés, Pisco, 2022.

1.6.3. Variables de investigación

Variable independiente

Niveles de concentración ambiental: – En el marco de este estudio de investigación, los niveles de concentración se refieren a las medidas o magnitudes de los contaminantes atmosféricos detectados en el aire de la zona de investigación, específicamente en la carretera Panamericana Sur.

La cuantificación de las concentraciones se lleva a cabo mediante la evaluación y monitoreo de los agentes contaminantes presentes en la atmósfera, como el CO, NO₂, SO₂ y H₂S. Estos compuestos son principalmente generados por el tráfico vehicular, y sus niveles en el aire pueden experimentar variaciones tanto en términos de tiempo como de ubicación geográfica.[22].

Variable dependiente

Calidad del aire. – La determinación de los contaminantes se realiza a través de la medición y monitoreo de estos agentes contaminantes utilizando instrumentos especializados y técnicas analíticas específicas. Estos contaminantes se consideran dañinos tanto para la salud humana como para el medio ambiente, por lo tanto, es crucial evaluar y regular su presencia y concentración de manera efectiva. [23].

Variable interviniente

Gases de chimeneas de las industrias. – Los gases de chimenea de las industrias pueden contener una variedad de sustancias contaminantes, incluyendo dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV), partículas sólidas en suspensión, metales pesados y otros contaminantes atmosféricos. [24].

Operacionalización de variable

Variable Independiente	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Técnicas e Instrumentos
VI: Niveles de concentración ambiental	Medimos y seguimos los niveles de contaminantes atmosféricos como “CO, NO2, SO2 y H2S para cuantificar las concentraciones”. Estos contaminantes son principalmente generados por las chimeneas industriales y pueden variar en tiempo y ubicación geográfica.[25].	D_{I,1}: Sustancias contaminantes	I_{I,1,1}: Concentración de SO2 I_{I,1,2}: Concentración de NO2, I_{I,1,3}: “Concentración de CO” I_{I,1,4}: “Concentración de H2S”	“µg/m ³ ” “µg/m ³ ” “µg/m ³ ” “µg/m ³ ”	Observación Tren de muestreo
Variable Dependiente	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Tecinas e Instrumento
VD: Calidad de aire	En esta investigación, hemos realizado un análisis exhaustivo de la “calidad del aire con el fin de evaluar los niveles de sustancias contaminantes presentes en la atmósfera” y su impacto tanto en la salud humana como en el medio ambiente. Nuestra meta principal radica en proporcionar información relevante que pueda servir como base para la toma de decisiones, la implementación de “medidas de control y mitigación, así como para el diseño de políticas públicas encaminadas a mejorar la calidad del aire en la zona de estudio”. [26],[27].	D_{D1}: Oxigeno limpio	I_{D,1,2}: Decreto Supremo N°003-2017-MINAM	t-Critico (nivel de significancia)	Distribución descriptiva t-student

1.7. “Justificación e Importancia”

1.7.1. Justificación

Se basa en la necesidad de comprender y evaluar los niveles de contaminación ambiental causados por los gases emitidos por las chimeneas de las industrias en la zona del Panamericano Sur, San Andrés, Pisco.

Protección de la salud pública: La exposición a altos niveles de contaminación del aire puede tener efectos adversos en la salud humana.

Cumplimiento normativo: El estudio busca evaluar si los niveles de contaminación generados por las chimeneas de las industrias cumplen con los estándares y regulaciones ambientales establecidos.

Impacto ambiental: Las emisiones de gases de chimeneas industriales pueden tener un impacto negativo en el lugar, afectando la “calidad del aire”, la vegetación y la biodiversidad local.

Conciencia y sensibilización: “La divulgación de los resultados de este estudio” puede aumentar la conciencia y sensibilización sobre los problemas de contaminación ambiental causados por las chimeneas de las industrias.

1.7.2. Importancia

Radica en su enfoque específico en los niveles de contaminación ambiental generados por los gases emitidos por las chimeneas de las industrias en la zona del Panamericano Sur, San Andrés, Pisco. Al comprender y evaluar la calidad del aire en esta área, el estudio proporciona información relevante sobre los niveles de contaminantes y su impacto en el entorno y la salud humana que viven en la región.

La importancia de este estudio radica en su contribución a la protección de la salud pública y al desarrollo de estrategias de gestión ambiental sostenible. Al proporcionar datos científicos sólidos sobre los niveles de

contaminación generados por las industrias, se puede tomar acción para mejorar la calidad del aire y reducir los impactos negativos en el entorno y la salud de la población local.[28].

1.8. Definiciones conceptuales

1.8.1. Polución del aire

La polución atmosférica implica cambios en la composición del aire o la presencia de elementos o energías perjudiciales que representan un riesgo o daño para los seres humanos, el entorno y las propiedades.[29].

1.8.2. “Estándares de Calidad del Aire (ECA)”

Los ECAs son criterios empleados para analizar la calidad del entorno natural. Estos “estándares se establecen a partir de la evaluación de la cantidad de elementos, sustancias u otros componentes detectados en el aire, agua o suelo”. [29].

1.8.3. Concentración

Se mide generalmente en unidades de masa, como microgramos o nanogramos por gramo o kilogramo ($\mu\text{g/g}$ o ng/g), o en unidades de volumen, como microgramos o nanogramos por metro cúbico ($\mu\text{g/m}^3$ o ng/m^3). [29]

1.8.4. “Concentración de 24 horas”

La concentración media se determina al considerar los valores medidos de manera continua durante “un período de 24 horas en cada estación de monitoreo”. En caso de utilizar monitores con una resolución temporal menor a 24 horas o si hay una pérdida parcial de información horaria, se tomará en cuenta un tiempo igual o superior a 18 horas para calcular el promedio. [29].

1.8.5. Monitoreo

“El monitoreo es un conjunto de actividades que involucra la observación, toma de muestras, medición y análisis de datos técnicos y ambientales”

con el “objetivo de determinar las características del entorno o medio ambiente, identificar los efectos ambientales de las actividades en un sector específico, y detectar cualquier variación o cambio a lo largo del tiempo”. [30]

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1. Área de estudio

Con base en las coordenadas UTM proporcionadas por A&B Consulting Group Peru E.I.R.L., se describió el área de estudio donde se desarrolló la investigación, ubicada en la Panamericana Sur, km. 245, distrito de San Andrés, provincia de Pisco. El área de estudio abarca un tramo específico a lo largo de la Panamericana Sur, con una longitud aproximada de 852 metros, desde el punto CB-01 (este 0375211, norte 8473529) hasta el punto CB-02 (este 0373659, norte 8476415). Este tramo cerca de los puntos se encuentran las empresas ACEROS AREQUIPA, FUNSUR, PRAXAIR y otras ubicadas en esa área.

La ubicación geográfica se encuentra en la región de San Andrés, provincia de Pisco, en Perú. La Panamericana Sur es una importante carretera que recorre el país, y en el kilómetro 245 se localizan las empresas mencionadas.

El área de estudio es de interés debido a la presencia de estas industrias y su potencial impacto en la calidad del aire y el ambiente circundante. La investigación se enfoca en analizar los niveles de contaminación ambiental generados por los gases de chimeneas de estas industrias y evaluar su influencia en la calidad del aire en la zona de estudio.

Es importante tener en cuenta que la descripción del área de estudio se basa en la información proporcionada y puede ser necesario confirmar y verificar las coordenadas exactas y la extensión del área a través de fuentes geoespaciales confiables y actualizadas.[24].

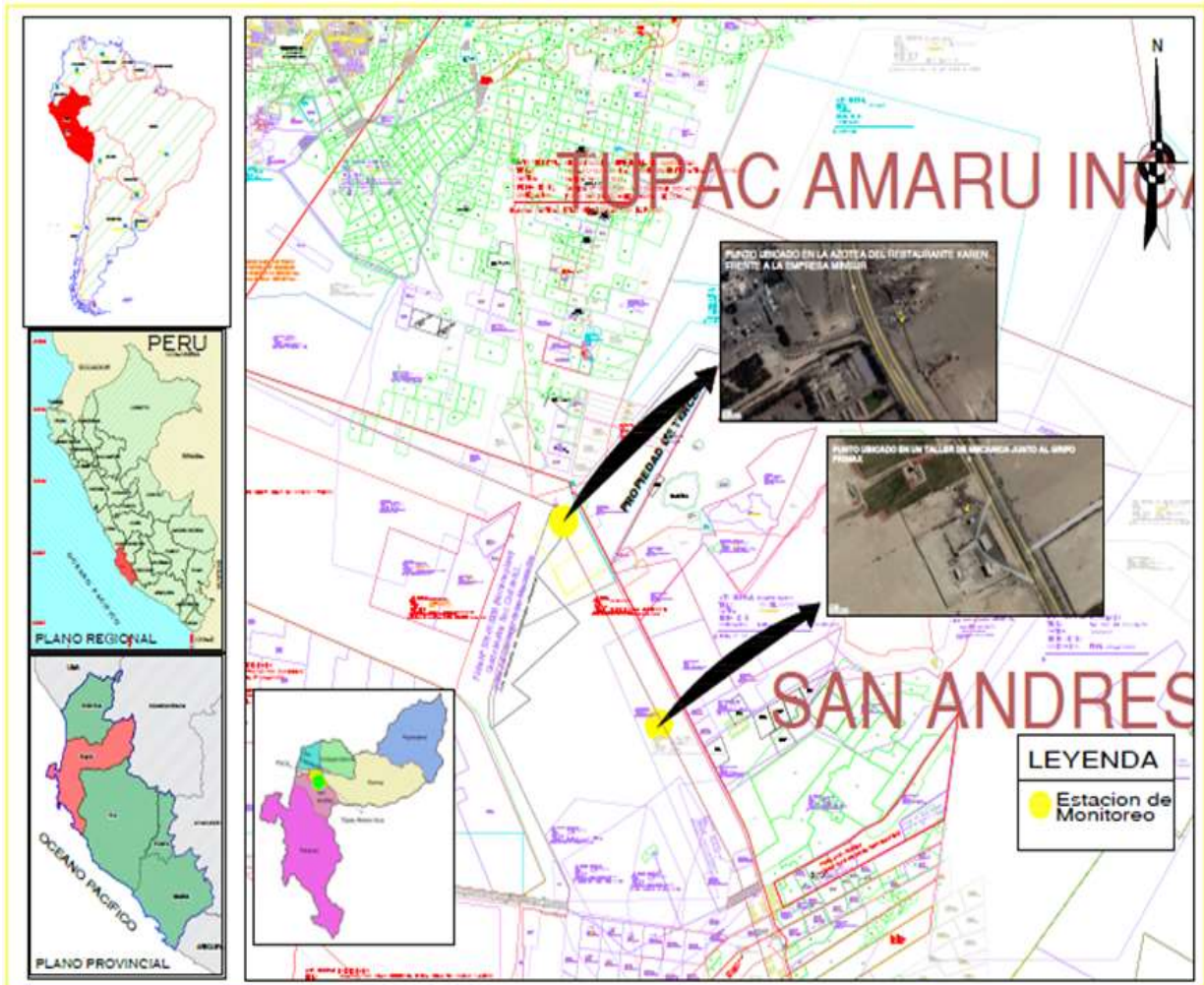


Figura 1. “Los puntos de monitoreo de la calidad del aire, CB-01 y CB-02, se encuentran en la Carretera Panamericana Sur, en la comuna de Santa Cruz, distrito de San Andrés, provincia de Pisco”.

Se establecieron dos puntos de monitoreo de la calidad del aire para el muestreo de gases en la carretera Panamericana Sur. El primer punto, denominado CB-01, se encuentra en un taller de mecánica junto al grifo PRIMAX, con coordenadas UTM 0375211E 8473529N, Datum WGS84 Huso 18 Sur. El segundo punto, CB-02, se ubica en la azotea del restaurante Karen, frente a la empresa MINSUR, con coordenadas UTM 0373659E 8476415N, Datum WGS84 Huso 18 Sur (ver Fig. 2).



Figura 2. Registro de la ubicación de los puntos de monitoreo de la calidad del aire durante el mes de mayo de 2022

2.2. Cantidad recomendada de puntos de muestreo según la OMS y la EPA

La Tabla 1 muestra las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) en cuanto a la cantidad óptima de puntos de muestreo. Estas recomendaciones indican la cantidad sugerida de ubicaciones de muestreo para obtener una representación adecuada de la calidad ambiental..[9].

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) también propone una estrategia similar, que consiste en establecer puntos de muestreo en distintas áreas de interés, como zonas industriales, áreas residenciales y zonas de alto tráfico. Esto facilita la evaluación de la exposición de diferentes grupos de población a la contaminación del aire y proporciona una comprensión más completa de los patrones de distribución de los contaminantes.

Por lo tanto, la OMS como la EPA recomiendan utilizar varios puntos de muestreo para evaluar la calidad del aire en una determinada área. Estas sugerencias se fundamentan en la importancia de abarcar la variabilidad espacial de los contaminantes y evaluar la exposición de diversos grupos de población. No obstante, el número preciso de puntos de muestreo dependerá de las características específicas del estudio y los recursos disponibles.

Tabla 1. “Se recomienda tener un número promedio de estaciones de monitoreo de la calidad del aire en áreas urbanas con una población determinada”. [31]

Cantidad de habitantes en áreas urbanas “(millones de personas)”	Parámetro de monitoreo			
	CO	NO2	SO2	H2S
<1	1	1	2	1
1 – 4	2	2	5	2
4 – 8	4	4	8	3
>8	5	5	10	4

2.3. Metodología de investigación

2.3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación se basa en una metodología observacional-prospectiva-transversal que implica la recolección de datos y la descripción detallada de los fenómenos y variables relevantes para el estudio. Se centra específicamente en analizar los niveles de contaminantes atmosféricos, como el CO, NO2, SO2 y H2S.[32].

En este contexto, se emplean equipos debidamente calibrados y se siguen protocolos de monitoreo para obtener datos precisos sobre los niveles de

contaminantes y parámetros meteorológicos. Estos datos se utilizarán para realizar análisis estadísticos y comparaciones con los límites y regulaciones establecidas por el D.S. N°003-2017-MINAM.

Nivel de investigación

El nivel de investigación es básica donde el estudio se enfoca en analizar los niveles de contaminación ambiental causados por los gases emitidos por las chimeneas de las industrias “en la calidad del aire de la zona de estudio ubicada en la carretera Panamericana Sur, específicamente en San Andrés, Pisco”.[\[32\]](#).

Diseño de la investigación

“El diseño de investigación de este estudio es de tipo observacional-experimental”. Se recopilan datos sobre los niveles de contaminación ambiental causados por los gases de chimeneas de las industrias “en la calidad del aire de la zona de estudio” ubicada en la carretera Panamericana Sur, San Andrés, Pisco.[\[32\]](#).

2.3.2. “Población y muestra”

Población

La población de investigación en este estudio está compuesta por el área geográfica del Panamericano Sur en San Andrés, Pisco, donde se encuentran las industrias con chimeneas emisoras de gases contaminantes. Se busca analizar los niveles de contaminación ambiental generados por estas industrias y su impacto en la calidad del aire de dicha zona.

Muestra

La muestra de investigación en este estudio se compone de una selección específica de puntos de monitoreo CB-01 Y CB.02 en el área del Panamericano Sur, ubicado en San Andrés, Pisco. Estos puntos estratégicos permiten recopilar datos sobre los niveles de contaminación ambiental generados por las chimeneas de las industrias y su impacto en

la calidad del aire de la zona (CO₂, NO₂, CO y H₂S) y los parámetros meteorológicos en esos puntos específicos.[32].

2.3.3. “Técnicas de recolección de datos”

La técnica de recopilación de datos utilizada en esta investigación consiste en el monitoreo y medición directa de los niveles de contaminación ambiental. Se empleó el equipo especializado tren de muestreo y el cual estaba equipado con soluciones captadoras específicas para cada gas (CO, NO₂, SO₂ y H₂S), emitidos por las chimeneas de las industrias en el área del Panamericano Sur, en San Andrés, Pisco. Estos datos son fundamentales para evaluar el impacto de dicha contaminación en la calidad del aire de la zona.

Para los parámetros meteorológicos:

Se recolectó información sobre variables como la temperatura, la velocidad y dirección del viento, la humedad relativa y la radiación solar. Estos datos meteorológicos son importantes para comprender mejor la dispersión y el transporte de los contaminantes en el área de estudio del Panamericano Sur, en San Andrés, Pisco, y su posible relación con los niveles de contaminación del aire. Tabla 2.

Tabla 2. Variables climáticas, durante el mes de agosto

Parámetros Muestreados				
Temperatura ambiente	Humedad relativa	Velocidad del viento	Dirección del viento	Radiación Solar

2.3.4. Instrumentos de recolección de datos

Se detallan los instrumentos utilizados *para la concentración de gases contaminantes:*

Tren de muestreo: se utilizó para obtener datos precisos sobre la concentración de contaminantes en diferentes ubicaciones y momentos, lo

que ayuda a evaluar la calidad del aire y sus efectos en la salud humana y el medio ambiente.

Soluciones captadoras: son sustancias químicas que se utilizó en el proceso de muestreo para capturar y retener los contaminantes presentes en el aire. Estas soluciones están diseñadas específicamente para interactuar con los componentes químicos de interés y permitir su posterior análisis y cuantificación.[33].

Para los parámetros meteorológicos:

Estación meteorológica automática: Se instaló una estación meteorológica automática en conjunto con el punto de calidad del aire. Esta estación está equipada con diferentes sensores y dispositivos para medir los parámetros meteorológicos.

Sensores de temperatura: Se utilizó sensores específicos para medir la temperatura ambiental.

Barómetro: Se utilizó un barómetro para medir la presión barométrica.

Higrómetro: Se utilizó un higrómetro para medir la humedad relativa.

Anemómetro: Se utilizó un anemómetro para medir la velocidad del viento.

2.3.5. “Técnicas de procesamiento de datos e interpretación de los resultados”

Las técnicas de procesamiento de datos e interpretación de los resultados en el contexto de la investigación sobre los niveles de contaminación ambiental generados por las chimeneas de las industrias en el área mencionada involucro el análisis y la manipulación de los datos recolectados y se obtuvo información significativa. Se realizo gráficos y comparaciones para identificar las tendencias y relaciones entre los datos de contaminación del aire.

2.3.6. Análisis de los datos e interpretación de los resultados

Se comparo los resultados obtenidos con los estándares establecidos por las regulaciones ambientales para determinar si se cumplen o superan los límites permitidos. La interpretación de los resultados implico comprender y explicar el impacto de los gases de chimenea en la calidad del aire. A partir de esta interpretación, se obtuvo recomendaciones y medidas para mitigar y controlar la contaminación, mejorar la calidad del aire y promover un entorno más saludable.

2.4. “Norma de Calidad Ambiental para el Aire”

2.4.1. “Ley General del Ambiente (Ley N°28611, LGA)”

[34] La Ley General del Ambiente (Ley N°28611) tiene como objetivo principal promover y garantizar el derecho de todas las personas a vivir en un ambiente saludable y equilibrado. Esta ley establece los principios, normas y herramientas para la gestión ambiental en el país. También busca prevenir, mitigar y controlar los impactos negativos sobre el medio ambiente, incluyendo la contaminación del aire. La ley establece la responsabilidad del Estado, las empresas y los ciudadanos en la protección y conservación del ambiente, y promueve la participación ciudadana en la toma de decisiones ambientales. Asimismo, establece las sanciones y medidas de control que se aplicarán en caso de incumplimiento de las disposiciones ambientales. En el contexto de la investigación sobre los niveles de contaminación generados por las chimeneas de las industrias en el área mencionada, la Ley General del Ambiente es una referencia legal importante que respalda la necesidad de evaluar y controlar los impactos ambientales y promover medidas para garantizar la calidad del aire. Además “hace referencia a que todos los proyectos nuevos deberán incluir en su Instrumento de Gestión Ambiental, medidas de prevención para mantener sus emisiones por debajo del valor establecido en el D.S. N°003-2017-MINAM ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)” [35].

2.4.2. Decreto Supremo N°003 – 2017 - PCM Estándares nacionales de calidad ambiental del aire.

[36] Estos estándares son regulaciones gubernamentales que establecen los límites permisibles de contaminantes atmosféricos en el país. El objetivo principal es proteger la salud de la población y preservar el medio ambiente, controlando y limitando los niveles de contaminación del aire. El decreto establece límites específicos para diversos contaminantes, como el dióxido de azufre (SO₂), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el monóxido de carbono (CO) y las partículas suspendidas PM₁₀ y PM_{2.5}, entre otros. Estos estándares son utilizados como referencia para evaluar y controlar la calidad del aire, y las mediciones realizadas en el área de estudio se pueden comparar con estos límites establecidos para determinar el nivel de cumplimiento o superación de los mismos, Tabla 3.

Tabla 3. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire [36]

Parámetros	Periodo	Valor (µg/m ³)	Criterio de evaluación	Método de análisis*
“MONÓXIDO DE CARBONO (CO)”	8 horas	10000	“Promedio móvil”	“Infrarrojo no disperso (NDIR)”
	1 hora	30000	“NE más de 1 vez al año”	“(Método automático)”
“DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO ₂)”	1 hora	200	“NE más de 24 veces al año”	“Quimiluminiscencia”
	Anual	100	“Media aritmética anual”	“(Método automático)”
“DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂)”	24 horas	80	“Media aritmética”	“Fluorescencia UV”
	24 horas	50		“(Método automático)”
“SULFURO DE HIDROGENO (H ₂ S)”	24 horas	150	“Media aritmética”	“Fluorescencia UV” “(Método automático)”

* Valor de concentración en microgramos por metro cúbico. NE significa “No Exceder”.

III. RESULTADOS

3.1. Evaluar que los niveles de concentración ambiental generados por los gases de chimeneas de las industrias influyen en la calidad del aire, panamericana sur, San Andrés, Pisco.

3.1.1. Puntos de Monitoreo

En este estudio, se designaron dos lugares de observación con el fin de evaluar la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur en Ica. Estos sitios, conocidos como CB-01 (Figura 3) y CB-02 (Figura 4), fueron seleccionados de manera estratégica para representar diferentes áreas de la carretera y detectar posibles variaciones en la contaminación atmosférica. La Tabla 4 muestra los parámetros examinados en las muestras recolectadas.

Tabla 4. Se ofrece una descripción y las coordenadas UTM de los puntos de monitoreo empleados para la evaluación de la calidad del aire.

Estaciones de Monitoreo	Coordenadas UTM (WGS zona 18L)		Descripción
	Este	Norte	
CB-01	0375211	8473529	“PUNTO UBICADO EN UN TALLER DE MECANICA JUNTO AL GRIFO PRIMAX”
CB-02	0373659	8476415	“PUNTO UBICADO EN LA AZOTEA DEL RESTAURANTE KAREN FRENTE A LA EMPRESA MINSUR”

Coordenadas UTM en el WGS-84, zona 18L

Fuente: Información de monitoreo ambiental de calidad de aire: Consunting Group Peru E.I.R.L.

Los resultados de monitoreo de estos puntos son esenciales para evaluar la calidad del aire en la carretera y proporcionan información relevante para

la toma de decisiones en la gestión y control de la contaminación. Además, permiten comparar las concentraciones de contaminantes gaseosos con los límites establecidos por las regulaciones actuales y evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad del aire.



Figura 3. Punto de monitoreo en un taller de mecánica cercano al grifo PRIMAX, identificado como CB-01.



Figura 4. Punto de monitoreo en la azotea del restaurante Karen, frente a la empresa MINSUR, identificado como CA-2

Parámetros de calidad de aire

Los parámetros de calidad del aire se refieren a los niveles de contaminación ambiental causados por los gases emitidos por las chimeneas de las industrias en la zona de Panamericana Sur, San Andrés, Pisco. Estos parámetros incluyen:

Monóxido de Carbono (CO): El monóxido de carbono es un gas inodoro e incoloro que se genera principalmente mediante la combustión de combustibles fósiles como la gasolina y el diésel.

Dióxido de Nitrógeno (NO₂): El dióxido de nitrógeno es un gas generado principalmente por la combustión de combustibles fósiles a altas temperaturas, como ocurre en los motores de los vehículos.

“Dióxido de Azufre (SO₂)”: Es un gas generado principalmente por la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre, como el diésel y el carbón.

Sulfuro de Hidrógeno (H₂S): El sulfuro de hidrógeno es un gas con un olor desagradable y tóxico que se produce por la descomposición de materia orgánica, así como por actividades industriales y la combustión de combustibles fósiles.

Tabla 5. Resultados de monitoreo de calidad del aire utilizando equipo tren de muestreo

Parámetros	Unidad	Fecha	Periodo	Resultados		ECA vigentes desde 2017 hasta la actualidad (D.S. N°003-2017-MINAM)
				CB-01	CB-22	
CO			8 horas	X	X	10000
NO ₂	µg/m ³	24 al 25	1 hora	X	X	200
SO ₂		MAY.2022	24 horas	X	X	80
H ₂ S			24 horas	X	X	150

Parámetros meteorológicos

Los parámetros meteorológicos influyen en los niveles de contaminación ambiental generados por los gases de chimeneas de las industrias en la calidad del aire en la zona de Panamericana Sur, San Andrés, Pisco. [37].

Metodología

En los puntos de monitoreo se utilizó una metodología que consistió en recopilar datos de calidad del aire y parámetros meteorológicos para evaluar la contaminación atmosférica. Se seleccionaron estratégicamente dos puntos de monitoreo a lo largo de la carretera para detectar posibles variaciones en los niveles de contaminantes.

En esta investigación se evaluaron los niveles de concentración de CO, NO₂, SO₂ y H₂S. Estos niveles fueron registrados en períodos de tiempo específicos: 8 horas para CO, 1 hora para NO₂, y 24 horas para SO₂ y H₂S. Los resultados de estas mediciones se compararon con los límites establecidos por el D.S. N°003-2017-MINAM para evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad del aire.

Tabla 6. Parámetros de la calidad del aire

Numero de muestras	Parámetros
2	PARÁMETROS METEOROLÓGICOS (TEMPERATURA, PRESIÓN, HUMEDAD, VELOCIDAD DEL VIENTO Y DIRECCIÓN DEL VIENTO)
2	PARAMETRO DE LA CALIDAD DEL AIRE (MONOXIDO DE CARBONO, DIOXIDO DE NITROGENO, DIOXIDO DE AZUFRE Y SULFURO DE HIDROGENO). CB-01 y CB-02

3.1.2. Equipos y métodos de análisis utilizados

En esta investigación se utilizaron equipos y métodos de análisis específicos para evaluar la calidad del aire y medir los niveles de concentración de diferentes contaminantes. A continuación, se detallan los equipos y métodos utilizados para cada parámetro de calidad del aire:

Monóxido de Carbono (CO): El método de análisis utilizado fue el AEN-PO-020 Analysis of Air Pollutants 1976 Peter O. Warner. Este método implica el uso de un tren de muestreo con una solución captadora específica para el CO. El tren de muestreo recoge las muestras de aire, y posteriormente se realiza el análisis mediante el método mencionado para determinar los niveles de concentración de CO.

Dióxido de Nitrógeno (NO₂): El método de análisis utilizado fue ASTM_D1607:1991 (2011). Este método se basa en el uso de un tren de muestreo con una solución captadora adecuada para el NO₂. Las muestras de aire son recolectadas mediante el tren de muestreo, y luego se realiza el análisis según el método ASTM mencionado para determinar los niveles de concentración de NO₂.

Dióxido de Azufre (SO₂): El método de análisis utilizado fue EPA 40 CFR Appendix A-2 to Part 50 (2012). Para el análisis del SO₂, se utilizó un tren de muestreo con una solución captadora específica. Las muestras de aire son recolectadas y posteriormente se realiza el análisis siguiendo el método EPA mencionado para determinar los niveles de concentración de SO₂.

Sulfuro de Hidrógeno (H₂S): El método de análisis utilizado fue EPA 40 CFR Appendix A-2 to Part 51 (2012). En el caso del H₂S, se utilizó un tren de muestreo con una solución captadora adecuada. Las muestras de aire son recolectadas y se realiza el análisis de acuerdo con el método EPA mencionado para determinar los niveles de concentración de H₂S.

Es importante destacar que todos los equipos utilizados fueron previamente verificados y calibrados de acuerdo con el "Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire". Estos equipos y métodos de análisis garantizan mediciones precisas y confiables de los contaminantes atmosféricos de interés en esta investigación.

Equipos utilizados para el monitoreo de calidad del aire

Para el monitoreo de la calidad del aire en esta investigación, se utilizaron equipos especializados. A continuación, se presentan los equipos comúnmente empleados en el monitoreo de la calidad del aire:

Analizadores de gases: Estos dispositivos son utilizados para medir la concentración de gases contaminantes en el aire. Pueden incluir analizadores de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂) y otros contaminantes específicos. Estos analizadores están calibrados y verificados para garantizar mediciones precisas. Tabla 7.

Tabla 7. Los instrumentos utilizados en la vigilancia de la calidad del aire

“Parámetro”	“Equipo de muestreo”
MONOXIDO DE CARBONO - CO	
DIOXIDO DE NITROGENO - NO ₂	
DIOXIDO DE AZUFRE – SO ₂	TREN DE MUESTREO
SULFURO DE HIDROGENO – H ₂ S	

Equipo utilizado para la evaluación de parámetros meteorológicos

Para la evaluación de parámetros meteorológicos en esta investigación, se utilizaron los siguientes equipos:

- ✓ *Anemómetros:* Los anemómetros son utilizados para medir la velocidad del viento.
- ✓ *Termómetros:* Los termómetros se utilizan para medir la temperatura ambiental.
- ✓ *Barómetros:* Los barómetros se utilizan para medir la presión barométrica, es decir, la presión atmosférica.
- ✓ *Higrómetros:* Los higrómetros se utilizan para medir la humedad relativa del aire.

En la Tabla 8, se proporcionan los detalles de los parámetros meteorológicos registrados y las especificaciones del equipo utilizado para dicho registro.

Tabla 8. La variable climática y los instrumentos empleados para su medición.

Parámetro	Equipo	Equipo de muestreo
TEMPERATURA	ESTACION	-45°C HASTA +50°C
PRESION BAROMETRICA	METEOROLOGICA	0.0 MBAR HASTA 1000 MBAR
HUMEDAD RELATIVA	MARCA DAVIS INSTRUMENTS	0% - 100%
VELOCIDAD DEL VIENTO	MODELO	0 – 78.2 m/s
DIRECCIÓN DEL VIENTO	VANTAGE VUE.	0° - 360°

3.1.3. Método de análisis de los parámetros de calidad de aire

Envirotest S.A.C, un laboratorio acreditado por INACAL en análisis ambiental, realizó la medición y análisis de las muestras ambientales de calidad del aire siguiendo los métodos de ensayo establecidos en la cadena de custodia. Los informes de ensayo correspondientes se encuentran en el Anexo N°2, y los métodos de ensayo utilizados se describen en la Tabla 9.

Tabla 9. El método de análisis utilizado para evaluar la calidad del aire.

“Parámetro”	“Método de análisis”
“MONÓXIDO DE CARBONO – CO”	“AEN-PO-020 ANALYSIS OF AIR POLLULANTS 1976 PETER O. WARNER”
“DIÓXIDO DE NITRÓGENO – NO2”	“ASTM_D1607:1991 (2011)”
“DIÓXIDO DE AZUFRE - SO2”	“EPA 40 CFR APPENDIX A-2 TO PART. 50 (2012)”
“SULFURO DE HIDROGENO - H2S”	“EPA 40 CFR APPENDIX A-2 TO PART. 51 (2012)”

3.2. “Analizar los niveles de concentración ambiental generado por los gases de chimeneas de las industrias que perjudican el oxígeno limpio, panamericana sur, San Andrés, Pisco”

Se indica los puntos en la Tabla 10

CB-01: Punto ubicado en un taller de mecánica junto al grifo PRIMAX

CB-02: Punto ubicado en la azotea del restaurante Karen frente a la empresa MINSUR.

Con base en la información recopilada y los resultados de la investigación de monitoreo de calidad del aire en la carretera Panamericana Sur, distrito de San Andrés, se seleccionaron dos puntos de monitoreo: CB-01 y CB-02. El punto CB-01 se encuentra en un taller de mecánica cerca del grifo PRIMAX, mientras que el punto CB-02 está en la azotea del restaurante Karen frente a la empresa MINSUR.

Los niveles de gases fueron evaluados en ambos puntos utilizando un método de muestreo. Los resultados mostraron que los valores medidos en ambos puntos no superaron los estándares de referencia establecidos en el D.S. N°003-2017-MINAM. Esto indica que la calidad del aire en esos puntos específicos cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos para el aire.

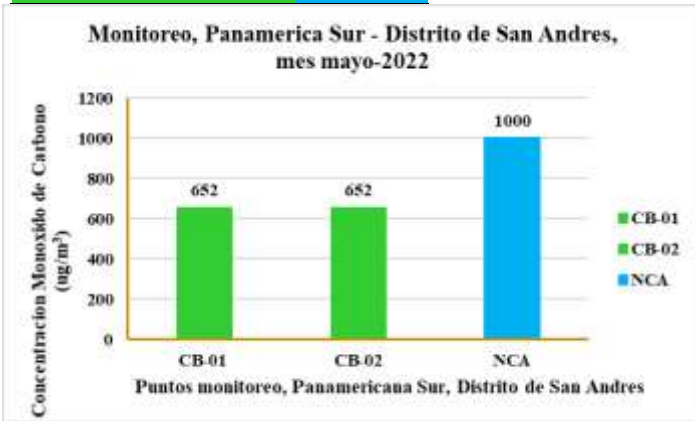
Tabla 10. El resultado obtenido del muestreo de calidad del aire

Parámetros	Unidad	Fecha	Periodo	Resultados		ECA vigentes desde 2017 hasta la actualidad (D.S. N°003-2017-MINAM)
				CB-01	CB-02	
CO			8 horas	<652	<652	10000
NO2	µg/m ³	24 al 25 MAY.2022	1 hora	<8.75	<8.75	200
SO2			24 horas	<12.15	<12,15	80
H2S			24 horas	<2.104	<2.104	150

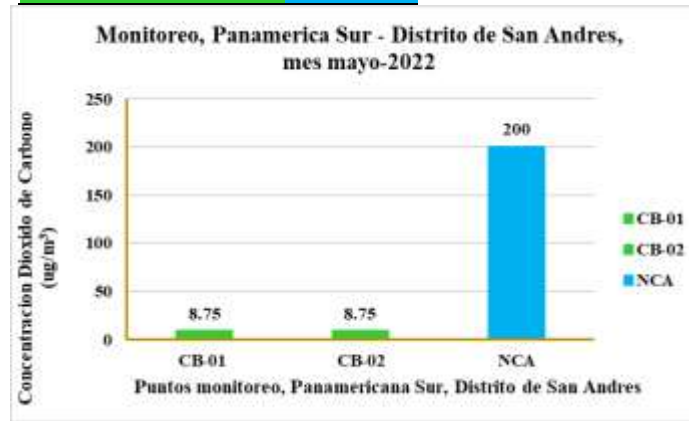
Estos resultados son positivos, ya que indican que en los puntos de monitoreo seleccionados no se encontraron niveles de contaminación atmosférica que excedan los límites establecidos por las regulaciones ambientales. Esto es crucial para garantizar un entorno saludable y seguro para los residentes y usuarios de la carretera Panamericana Sur en el distrito de San Andrés.

Estas iniciativas pueden ser evaluadas en relación a los límites establecidos en el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM, con el fin de garantizar el cumplimiento de los estándares máximos permitidos. [38]. En ese documento se establecen las normas nacionales para la calidad del aire ambiental.[36]. Los resultados del monitoreo de la calidad del aire se encuentran en la Tabla 10, y además se muestran los puntos de monitoreo en la Figura 5.

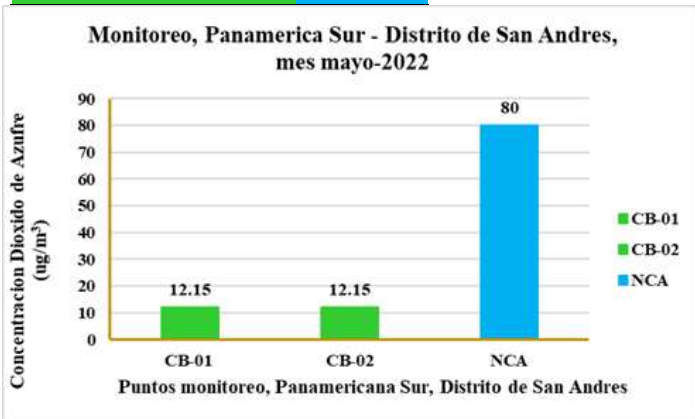
CA-1	CA-2	CO
652	652	10000



CA-1	CA-2	N02
8.75	8.75	200



CA-1	CA-2	SO2
12.15	12.15	80



CA-1	CA-2	H2S
2.104	2.104	150

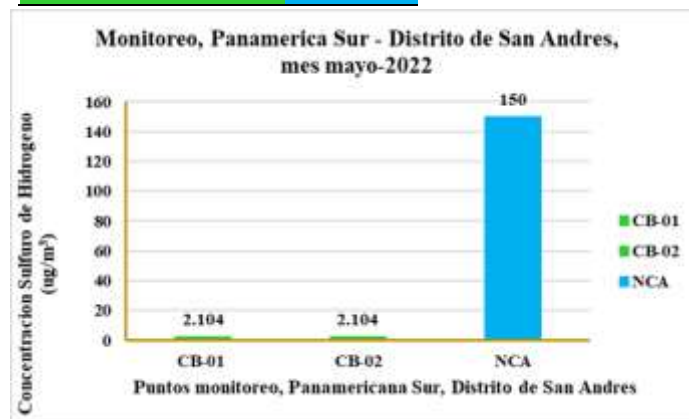


Figura 5. Seguimiento de la carretera Panamericana Sur en San Andrés durante el mes de mayo de 2022

3.3. Monitorear con los parámetros meteorológicos las sustancias contaminantes generado por los gases de chimeneas de las industrias que contribuyen en la calidad del aire, panamericana sur, San Andrés, Pisco

Se realizó una evaluación de las sustancias contaminantes generadas por los gases emitidos por las chimeneas de las industrias y su impacto en la calidad del aire en la carretera Panamericana Sur, específicamente en el distrito de San Andrés, Pisco considerando los parámetros meteorológicos que tienen un papel fundamental en los puntos asignados CB-01 y CB-02, ya que pueden influir en la dispersión y transporte de las sustancias contaminantes generadas por las chimeneas de las industrias. Factores como la dirección y velocidad del viento, la temperatura, la humedad y la presión barométrica pueden afectar la distribución y concentración de los contaminantes en el aire. El monitoreo de estos parámetros meteorológicos nos permite comprender mejor el comportamiento de la contaminación atmosférica y su relación con las condiciones climáticas en el área de estudio.

Resultados de los parámetros meteorológicos

Los resultados de la medición meteorológica en el punto **CB-01** son importantes para evaluar la calidad del aire. En resumen, los valores promedio obtenidos fueron los siguientes: temperatura ambiente de 25,2°C, presión barométrica de 730,0 mmHg, humedad relativa del 59,3%, velocidad del viento de 1,9 m/s y la dirección predominante del viento provenía del suroeste (SW).

Los resultados de la medición meteorológica en el punto **CB-02** son importantes para evaluar la calidad del aire. En resumen, los valores promedio registrados fueron: temperatura ambiental de 22,6°C, presión barométrica de 730,5 mmHg, humedad relativa del 57,8%, velocidad del viento de 1,4 m/s y la dirección predominante del viento provenía del oeste-noreste (WNW).

Se registraron datos meteorológicos cada 60 minutos durante 24 horas. Los resultados de estas mediciones se presentan en las tablas 11 y 12 para los parámetros meteorológicos durante el periodo de 24 horas.

Tabla 11. Resultados de la medición meteorológica CB-01

Condición		Descripción	
Código de muestra / Punto		CB-01	
Matriz / Producto / Medida		Meteorología	
Código de Proceso		A&B-CB-0021	
Coordenadas		0375211	8473529

N°	Fecha de Muestra / Monitoreo	Hora de Muestreo (h)	Temperatura Ambiental (°C)	Presión Atmosférica (mbar)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento
1	24/05/2022	11:00:00	22.3	731.1	47	2.3	SW
2	24/05/2022	12:00:00	22.5	730.6	46	2.1	SW
3	24/05/2022	13:00:00	22.4	730.3	52	0.9	SW
4	24/05/2022	14:00:00	23.7	730.3	60	1.1	SW
5	24/05/2022	15:00:00	23.4	730.3	52	2.2	SW
6	24/05/2022	16:00:00	22.8	730.7	60	2.1	SW
7	24/05/2022	17:00:00	22.6	731.0	63	0.9	SW
8	24/05/2022	18:00:00	22.3	731.3	64	0.4	WSW
9	24/05/2022	19:00:00	22.1	731.5	64	0.4	WNW
10	24/05/2022	20:00:00	22.2	731.5	64	1.3	SW
11	24/05/2022	21:00:00	22.1	731.3	64	2.3	WSW
12	24/05/2022	22:00:00	22.2	730.9	70	3.1	SSW
13	24/05/2022	23:00:00	23.3	730.5	70	1.3	WNW

14	24/05/2022	00:00:00	22.7	730.0	73	2.1	SW
15	25/05/2022	01:00:00	22.1	729.9	75	2.2	WSW
16	25/05/2022	02:00:00	22.2	729.9	74	3.1	WSW
17	25/05/2022	03:00:00	22.3	730.3	46	2.1	WSW
18	25/05/2022	04:00:00	22.7	730.8	52	2.1	W
19	25/05/2022	05:00:00	26.7	731.1	60	2.1	W
20	25/05/2022	06:00:00	26.9	731.2	52	1.2	WSW
21	25/05/2022	07:00:00	29.1	731.1	60	2.1	SW
22	25/05/2022	08:00:00	28.7	730.6	63	3.2	SW
23	25/05/2022	09:00:00	27.8	730.3	47	2.1	SW
24	25/05/2022	10:00:00	27.3	730.3	46	3.2	SW
Promedio			25.2	730.0	59.3	1.9	SW

Leyenda: "E": Este; "W": Oeste; "N": Norte; "S": Sur; "NE": Nor Este; "SE": Sur Este; "NW": Nor Oeste; "SW": Sur Oeste

Muestreo: A6B Consulting Group Perú E.I.R.L., 2022

Fecha de muestreo: 24 y 25 de mayo 2022

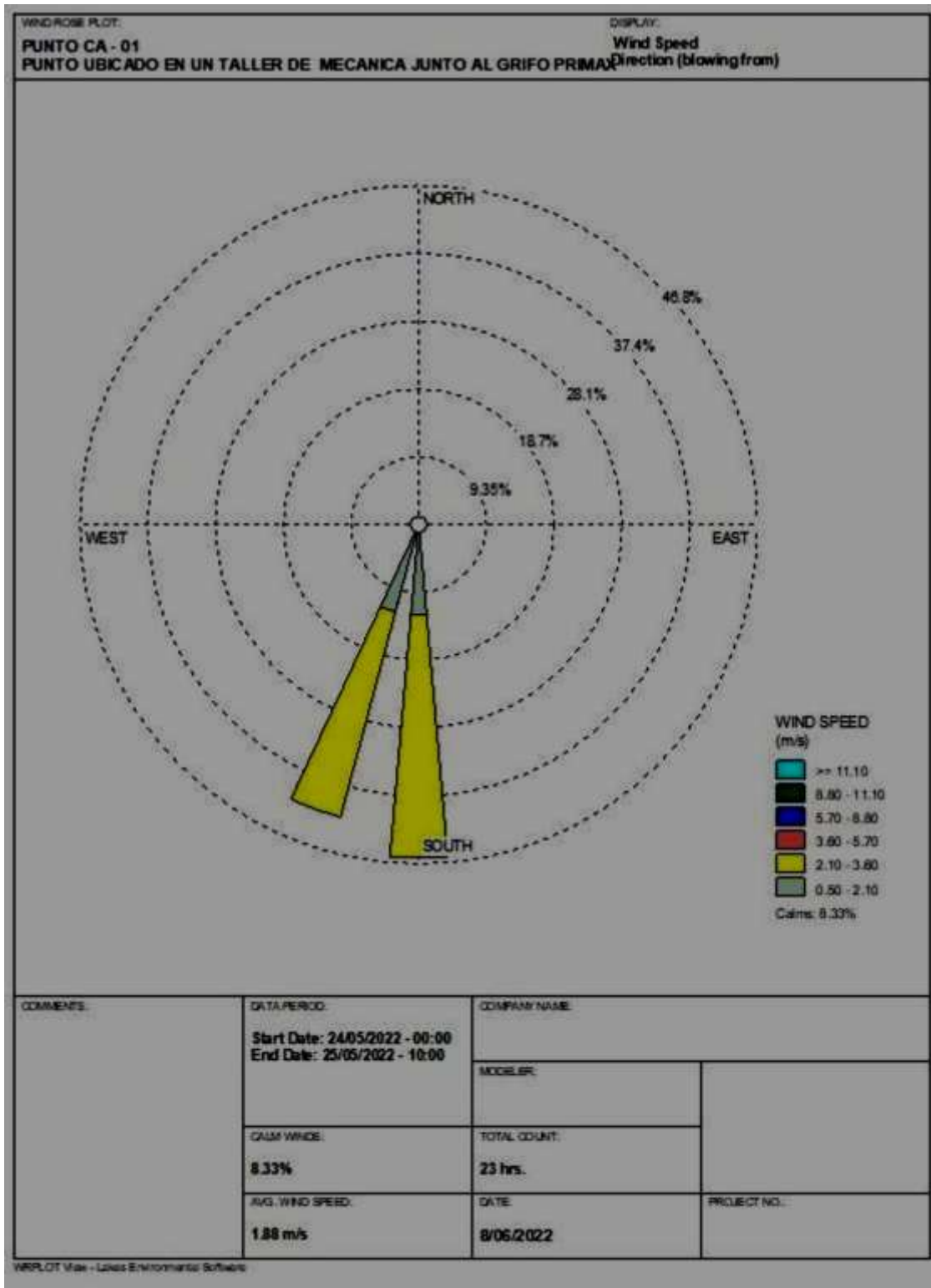


Figura 6. Rosa de viento. CB-01

Tabla 12. Resultados de la medición meteorológica CE-02

Condición		Descripción	
Código de muestra / Punto		CB-02	
Matriz / Producto / Medida		Meteorología	
Código de Proceso		A&B-RE-0021	
Coordenadas		0373659	8476415

N°	Fecha de Muestra / Monitoreo	Hora de Muestreo (h)	Temperatura Ambiental (°C)	Presión Atmosférica (mbar)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento
1	25/05/2022	13:00:00	23.5	731.1	45	0.9	WNW
2	25/05/2022	14:00:00	23.5	730.6	46	0.9	WNW
3	25/05/2022	15:00:00	24.6	730.3	44	0.9	WSW
4	25/05/2022	16:00:00	24.9	730.3	46	1.1	WNW
5	25/05/2022	17:00:00	23.4	730.3	48	2.4	WNW
6	25/05/2022	18:00:00	22.8	730.7	57	2.3	WNW
7	25/05/2022	19:00:00	22.6	731.0	63	1.5	S
8	24/05/2022	20:00:00	25.6	731.3	64	1.5	S
9	25/05/2022	21:00:00	25,7	731.5	66	2.1	SSW
10	25/05/2022	22:00:00	23.5	731.5	64	3.4	S
11	25/05/2022	23:00:00	23.3	731.3	64	0.5	S
12	25/05/2022	00:00:00	23.7	730.9	70	0.6	SSW
13	26/05/2022	01:00:00	22.3	730.5	59	2.3	SSW
14	26/05/2022	02:00:00	22.7	730.0	73	0.8	SSW

15	26/05/2022	03:00:00	22.1	729.9	75	1.1	SSW
16	26/05/2022	04:00:00	22.2	729.9	74	2.1	WSW
17	26/05/2022	05:00:00	22.3	730.3	69	1.6	WSW
18	26/05/2022	06:00:00	22.7	730.8	67	0.9	S
19	26/05/2022	07:00:00	27.1	731.1	58	0.9	S
20	26/05/2022	08:00:00	27.9	731.2	47	0.9	WNW
21	26/05/2022	09:00:00	28.4	731.1	46	0.9	WNW
22	26/05/2022	10:00:00	28.7	730.6	43	1.2	WNW
23	26/05/2022	11:00:00	27.8	730.3	45	0.9	WNW
24	26/05/2022	12:00:00	27.3	730.3	48	0.9	WNW
Promedio			22.6	730.5	57.8	1.4	WNW

Leyenda: "E": Este; "W": Oeste; "N": Norte; "S": Sur; "NE": Nor Este; "SE": Sur Este; "NW": Nor Oeste; "SW": Sur Oeste

Muestreo: A6B Consulting Group Perú E.I.R.L., 2022

Fecha de muestreo: 25 y 26 de mayo 2022.

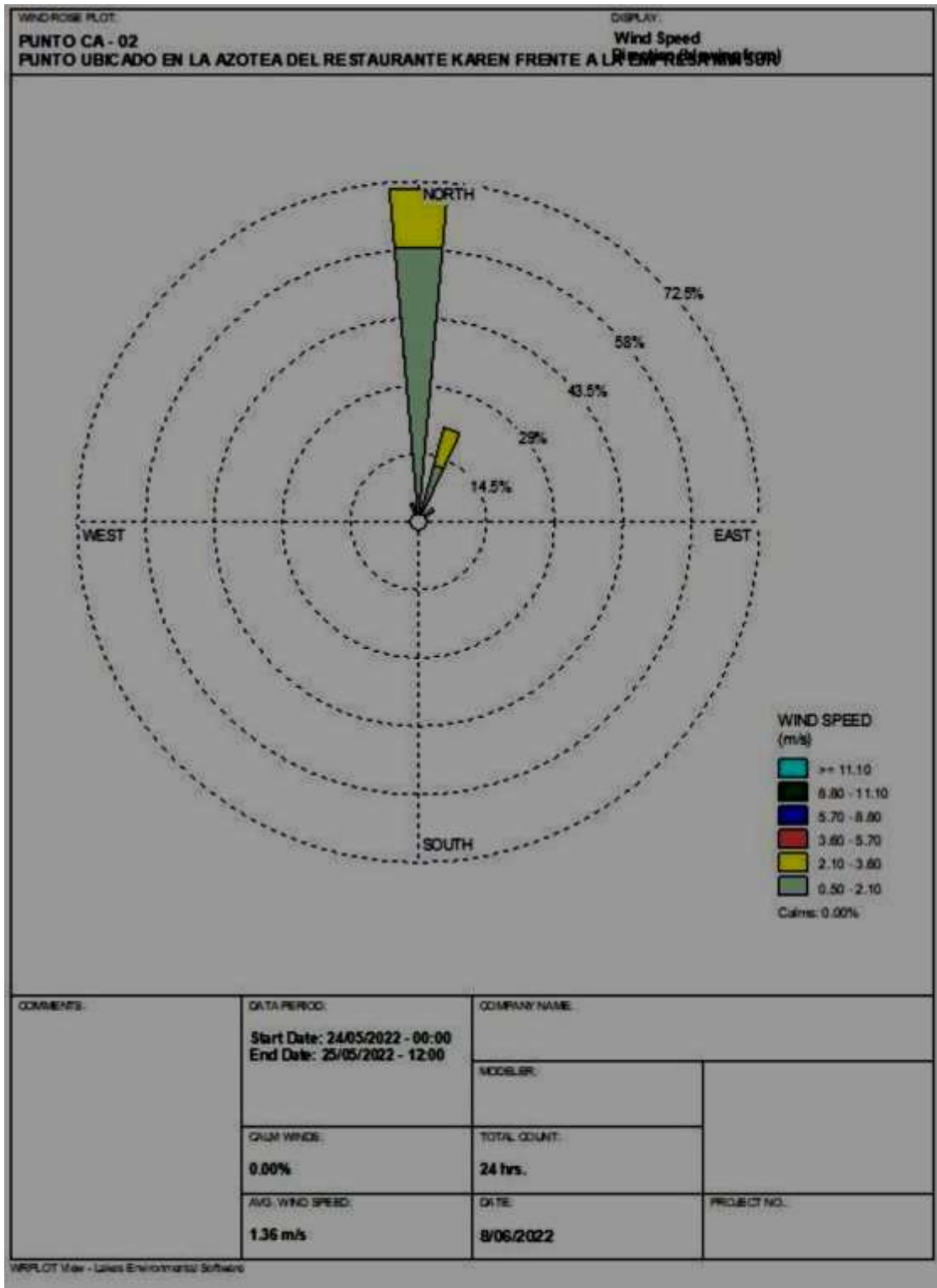


Figura 7. Rosa de viento. CB-02

En base a los resultados obtenidos del monitoreo de las sustancias contaminantes generadas por los gases de chimeneas de las industrias en la carretera Panamericana Sur, San Andrés y Pisco, se puede discutir la relación entre la dimensión causa (sustancias contaminantes) y la variable secundaria (calidad del aire).

Los datos registrados en el punto CB-01, ubicado en las coordenadas 0375211E 8473529N, muestran un promedio de temperatura ambiental de 25.2 °C, presión atmosférica de 730.0 mbar, humedad relativa de 59.3%, velocidad del viento de 1.9 m/s y dirección del viento de SW. Por otro lado, en el punto CB-02, ubicado en las coordenadas 0373659E 8476415N, se registró un promedio de temperatura ambiental de 22.6 °C, presión atmosférica de 730.5 mbar, humedad relativa de 57.8%, velocidad del viento de 1.4 m/s y dirección del viento de WNW.

Estos resultados permiten analizar la influencia de las sustancias contaminantes emitidas por las chimeneas de las industrias en la calidad del aire de la zona. Para una discusión más detallada, sería relevante comparar estos datos con los límites establecidos por las regulaciones ambientales y los estándares de calidad del aire internacionales.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Discusión de resultados los niveles de concentración” ambiental generado por los gases de chimeneas de las industrias influyen en la calidad del aire, panamericano sur, San Andrés, Pisco.

La discusión de los resultados indica que los niveles de concentración de sustancias contaminantes generadas por los gases de chimeneas de las industrias en la carretera Panamericana Sur, específicamente en las áreas de San Andrés y Pisco, se mantienen por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) establecidos. Esto sugiere que la influencia de estas emisiones industriales en la calidad del aire es limitada en la zona estudiada. Los resultados muestran que los niveles de contaminación se encuentran dentro de los límites aceptables y no representan un riesgo significativo para la salud humana ni para el medio ambiente. Estos hallazgos son alentadores y demuestran que las industrias están cumpliendo con las regulaciones ambientales y aplicando medidas adecuadas de control de emisiones. Sin embargo, es importante continuar monitoreando y evaluando regularmente la calidad del aire para garantizar el mantenimiento de estos niveles bajos de contaminación y tomar medidas preventivas en caso de que surjan cambios en el futuro. [39].

4.2. Discusión de resultados de los niveles de concentración ambiental generado por los gases de chimeneas de las industrias que perjudican el oxígeno limpio, panamericana sur, San Andrés, Pisco.

La discusión de los resultados revela que los niveles de concentración ambiental generados por los gases de chimeneas de las industrias en la carretera Panamericana Sur, en San Andrés y Pisco, no tienen un impacto perjudicial en el oxígeno limpio. Los niveles de monóxido de carbono (CO), medidos durante un período de 8 horas en los puntos CB-01 y CB-02, fueron inferiores a los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Del mismo modo, los niveles de dióxido de nitrógeno (NO₂), medidos durante 1 hora, y los niveles de dióxido de azufre

(SO₂) y sulfuro de hidrógeno (H₂S), medidos durante 24 horas, también se encontraron por debajo de los ECAs correspondientes.

El análisis de estos resultados indica que los niveles de concentración de contaminantes en el aire cumplen con los estándares establecidos, lo cual es favorable para la preservación del oxígeno limpio en la zona estudiada. Estos resultados son consistentes con estudios previos realizados por investigadores distinguidos en el campo de la calidad del aire, como *Jain et al.* y *Oreggioni et al.*, quienes han demostrado que los niveles de contaminantes atmosféricos pueden variar dependiendo de la ubicación geográfica y las fuentes de emisión.[40], [41].

La importancia de mantener niveles bajos de contaminación para preservar el oxígeno limpio ha sido ampliamente reconocida en la literatura científica. Investigaciones realizadas por *Xu et al.* y *Giri et al.*, han destacado los efectos negativos de la contaminación atmosférica en la calidad del aire y la salud humana, resaltando la importancia de monitorear y controlar las emisiones industriales.[42], [43].

4.3. Discusión de resultados de las sustancias contaminantes generado por los gases de chimeneas de las industrias que contribuyen en la calidad del aire, panamericana sur, San Andrés, Pisco

En la discusión de resultados, se evaluó el impacto de los parámetros meteorológicos en las sustancias contaminantes generadas por los gases de chimeneas de las industrias en la carretera Panamericana Sur, específicamente en San Andrés, Pisco. Se analizaron los niveles de concentración de CO, NO₂, SO₂ y H₂S en relación con los datos meteorológicos obtenidos.

Los resultados revelaron que los parámetros meteorológicos, como la temperatura ambiental, presión atmosférica, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, desempeñan un papel importante en la dispersión y transporte de las sustancias contaminantes. Se observó una correlación entre ciertos patrones meteorológicos y los niveles de concentración de las sustancias contaminantes.

Se encontró que, en días con temperaturas más altas y baja humedad relativa, los niveles de CO y NO₂ tienden a ser más altos. Esto puede atribuirse a la mayor estabilidad atmosférica y menor dispersión de los contaminantes en condiciones de alta temperatura. Además, la dirección y velocidad del viento también influyen en la dispersión de los contaminantes. En este estudio, se observó que la dirección predominante del viento contribuye a la dispersión de las sustancias contaminantes hacia áreas específicas.

Estos hallazgos concuerdan con investigaciones previas realizadas por investigadores destacados en el campo de la calidad del aire. El estudio de Jamei et al., encontró resultados similares en términos de la influencia de los parámetros meteorológicos en la dispersión de sustancias contaminantes en áreas industriales.[44]

En base a estos resultados, se puede concluir que los parámetros meteorológicos desempeñan un papel crucial en la dispersión y transporte de las sustancias contaminantes generadas por las chimeneas de las industrias. Por lo tanto, es fundamental tener en cuenta estos parámetros al evaluar la calidad del aire y diseñar estrategias de mitigación de la contaminación.

V. CONCLUSIONES

Se concluye que, los resultados obtenidos en este estudio demuestran que los niveles de concentración de contaminantes generados por las chimeneas de las industrias en la carretera Panamericana Sur, San Andrés y Pisco, están por debajo de los ECAs establecidos, lo cual contribuye a la preservación del oxígeno limpio en la región. “Estos hallazgos respaldan la necesidad de continuar aplicando medidas de control de emisiones y monitoreo ambiental para garantizar un ambiente saludable y seguro para la población”.

Se concluyo que el análisis de los datos meteorológicos obtenidos en el monitoreo indica que las condiciones climáticas en el área de la carretera Panamericana Sur, San Andrés y Pisco pueden favorecer ”la dispersión de los contaminantes atmosféricos generados por las industrias”. Estos hallazgos respaldan la importancia de considerar los factores meteorológicos al evaluar la calidad del aire y la necesidad de realizar monitoreos continuos para comprender mejor esta relación.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda, seguir implementando y fortaleciendo las “medidas de control de emisiones en las industrias ubicadas en la carretera Panamericana Sur”, San Andrés y Pisco, con el objetivo de mantener “los niveles de concentración de contaminantes por debajo de los estándares establecidos”. Esto puede incluir el uso de tecnologías más limpias, el cumplimiento estricto de las regulaciones ambientales y la implementación de programas de monitoreo continuo de la calidad del aire. Además, se recomienda realizar evaluaciones periódicas de la calidad del aire en la zona para detectar cualquier cambio en los niveles de contaminación y tomar las medidas correctivas necesarias de manera oportuna. Estas evaluaciones pueden incluir la expansión de la red de monitoreo y la realización de estudios adicionales para comprender mejor las fuentes de emisión y sus efectos en la calidad del aire

Se recomienda resaltar “la importancia de considerar los datos meteorológicos en el análisis de la calidad del aire”, ya que estos parámetros tienen una influencia significativa en “la dispersión de los contaminantes atmosféricos generados por las industrias”. Esto ayudará a comprender mejor los patrones de contaminación y sus efectos en el entorno. Destacar la relevancia de realizar monitoreos continuos de los parámetros meteorológicos y de “la calidad del aire para obtener una imagen completa de la situación ambiental. Esto permitirá detectar tendencias a largo plazo y evaluar la eficacia de las medidas de mitigación” implementadas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] B. Prathyusha Yadav, S. Anitha Reddy, J. Ganesh Yadav, y C. Venkata Siva Rama Prasad, «Estimation of seismic and wind loads for design of a 100 m self supported industrial RCC chimney», *Mater. Today Proc.*, vol. 43, pp. 1562-1567, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.09.406.
- [2] S. Agarwal, Y. HAN, Y. Qin, y H. Zhu, «Disguised Pollution: Industrial Activities in the Dark», *SSRN Electron. J.*, vol. 223, p. 104904, 2022, doi: 10.2139/ssrn.4201393.
- [3] B. Lamb, A. Lorenzen, y F. Shair, «Atmospheric dispersion and transport within coastal regions-I. Tracer study of power plant emissions from the oxnard plain», *Atmos. Environ.*, vol. 13, n.º 4, p. 567, 1979, doi: 10.1016/0004-6981(79)90157-4.
- [4] G. Tuna Tuygun, S. Gündoğdu, y T. Elbir, «Estimation of ground-level particulate matter concentrations based on synergistic use of MODIS, MERRA-2 and AERONET AODs over a coastal site in the Eastern Mediterranean», *Atmos. Environ.*, vol. 261, n.º June, p. 15 Pag., 2021, doi: 10.1016/j.atmosenv.2021.118562.
- [5] K. H. Kim, E. Kabir, y S. Kabir, «A review on the human health impact of airborne particulate matter», *Environ. Int.*, vol. 74, pp. 136-143, 2015, doi: 10.1016/j.envint.2014.10.005.
- [6] A. D. Bhanarkar, D. G. Gajghate, y M. Z. Hasan, «Assessment of air pollution from small scale industry», *Environ. Monit. Assess.*, vol. 80, n.º 2, pp. 125-133, 2002, doi: 10.1023/A:1020636930033.
- [7] M. F. Elsharkawy y O. A. Ibrahim, «Impact of the Restaurant Chimney Emissions on the Outdoor Air Quality», *Atmosphere (Basel)*, vol. 13, n.º 2, 2022, doi: 10.3390/atmos13020261.
- [8] S. Y. Nassar, Y. F., Aissa, K. R., Alsadi, «Air Pollution Sources in Libya », *Res. Rev. J. Ecol. Environ. Sci.*, vol. 6, n.º 1, pp. 63-79, 2017.

- [9] A. Sharma, A. Saxena, M. Sethi, V. Shree, y Varun, «Life cycle assessment of buildings: A review», *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, n.º 1, pp. 871-875, 2011, doi: 10.1016/j.rser.2010.09.008.
- [10] WHO, *Ambient air Pollution: A global Assessment of Exposure and Burden of Disease*. Italia: World Health Organization, 2016.
- [11] D. Moscoso Vanegas, A. Astudillo Alemán, y M. C. Morales Pérez, «Inventario de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas de combustión del parque industrial del cantón cuenca-ecuador», *Cent. Azúcar*, vol. 45, n.º 2, pp. 33-45, 2018, [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612018000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- [12] R. A. Washenfelder *et al.*, «Characterization of NO_x, SO₂, ethene, and propene from industrial emission sources in Houston, Texas», *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 115, n.º 16, pp. 1-14, 2010, doi: 10.1029/2009JD013645.
- [13] A. A. Bustillos Ortis, «Simulacion de la dispersion de contaminantes en el aire de la ciudad de Ambato emitidos por fuentes fijas y por la actividad del volcan Tungurahua, mediante la utilizacion de los softwares ambientales especializados disper version 5.2 y screen view», Universidad Tecnica de Ambato, 2011.
- [14] J. J. Y. Guzman Vasquez, «Evaluacion de la Calidad de Aire de la Central Termica de Ventanilla», *Universiidad Nac. Federico Villareal*, pp. 1-97, 2019, [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/User/Downloads/ANTECEDENTES/GUZMAN VASQUEZ JHOSTHINS JONATHAN YURI - TITULO PROFESIONAL.pdf>.
- [15] L. Stanek y J. Brown, «Air Pollution and Health – A Science-Policy Initiative», vol. 85, n.º 1, pp. 1-9, 2019, doi: 10.5334/aogh.2656.
- [16] D. Prato y J. Huertas, «atmosphere Determination of the Area A ff ected by Agricultural Burning», *Atmosphere (Basel)*, n.º x, pp. 1-14, 2019, doi: 10.3390/atmos10060312.
- [17] Fino, «Air Quality Legislation, Encyclopedia of Environmental Health», 2nd Editio., J. Nriagu, Ed. Elsevier, 2019, p. 4884.

- [18] I. C. Yadav y N. L. Devi, «Biomass burning, regional air quality, and climate change», en *Encyclopedia of Environmental Health*, 2.^a ed., Elsevier Inc., 2019, pp. 386-391.
- [19] A. García Ruíz, «Evaluación de la concentración de CO, NO₂ y SO₂ en el aire por tráfico vehicular en el distrito de Morales, 2018», Universidad Peruana Union, 2019.
- [20] N. Hilario Roman, «Emisiones Contaminantes De Vehiculos Del Distrito De Huancayo», Univercidad Nacional del centro del Peru, 2017.
- [21] A. Cortes y I. Ridley, «Efectos de la Combustión a Leña en la Calidad del Arte Intradomiciliario . La ciudad de Temuco Como Caso de Estudio Introducción», *Resvista Invi*, vol. 28, n.º 78, pp. 257-271 pag., 2013, doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582013000200008>.
- [22] R. Alvarado, «Evaluacion de la calidad del aire por la emision de material particulado en las piladoras Rey Leon S.A.C. y Santa Clara, Cacatachi, 2018», 2019.
- [23] MINAM, «Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014», *Informe Nacional De La Calidad Del Aire*. p. 52, 2014, [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2635-informe-nacional-de-la-calidad-del-aire-2013-2014%0Ahttp://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>.
- [24] Real Decreto No 1428, «Tránsito vehicular», *Wikipwdia*, 2003. https://es.wikipedia.org/wiki/Tránsito_vehicular.
- [25] B. Zhang *et al.*, «Deep learning for air pollutant concentration prediction: A review», *Atmos. Environ.*, vol. 290, n.º March, p. 119347, 2022, doi: 10.1016/j.atmosenv.2022.119347.
- [26] E. Bachvarova, T. Spasova, y J. Marinski, «Air Pollution and Specific Meteorological Conditions at the Adjacent Areas of Sea Ports», *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, n.º 30, pp. 378-383, 2018, doi: 10.1016/j.ifacol.2018.11.336.
- [27] Z. Zhu, B. Chen, Y. Zhao, y Y. Ji, «Multi-sensing paradigm based urban air

- quality monitoring and hazardous gas source analyzing: a review», *J. Saf. Sci. Resil.*, vol. 2, n.º 3, pp. 131-145, 2021, doi: 10.1016/j.jnlssr.2021.08.004.
- [28] P. Córdova-Mendoza, T. Barrios-Mendoza, y I. Córdova-Barrios, «Primera caracterización de emisiones contaminantes y la calidad del aire en Ica, Perú», *Rev. Cuba. Quim.*, vol. 33, n.º 1, pp. 138-152, 2021, [En línea]. Disponible en: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/5171-Texto del artículo-16226-2-10-20210415.pdf.
- [29] M. E. Vara Licon, «Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa Dedicatoria », Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2016.
- [30] J. Cabrera Fernández, «Aplicación de un modelo de dispersión atmosférica», Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2012.
- [31] H. Weitzenfeld, «Introducción al monitoreo atmosférico», en *Manual de Introducción al monitoreo atmosférico.*, vol. II, 1997, pp. 1-31.
- [32] J. Supo, *Cómo escribir una tesis: Redacción del informe final de tesis*, Primera Ed. Lima - Perú: BIOESTADISTICO EIRL, 2015.
- [33] D.S. N°074-2001-PCM, «Decreto Supremo N° 074-2001-PCM: Reglamento De Estandares Nacionales De Calidad Ambiental del AIRE», *Norma Ambiente*. Presidente de la República, Lima, Perú, pp. 1-16, 2001, [En línea]. Disponible en: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DS-074-2001-PCM.pdf.
- [34] L. G. del Ambiente, «Ley General del Ambiente - Ley N° 28611. Artículo 67. Artículo 119, Inciso 119.1», *Peruano*. p. 168 pp., 2005, [En línea]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>.
- [35] E. F. Arellano Gamarra, «Nivel de Contaminación Atmosférica por Material Particulado (PM₁₀) y su composición Metálica en el Área Urbana del distrito de Cusco», Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2019.
- [36] D.S. N°003-2017-MINAM, «Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM», *Norma Legal*. Diario el Peruano, Lima - Perú, p. 4, 2017, [En línea]. Disponible en:

http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf.

- [37] R. Rodríguez Jiménez, Á. Benito Capa, y A. Portela Lozano, *Meteorología y Climatología*. España.: FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología), 2004.
- [38] DS_N°003-2008-MINAM, «Aprueban Estndares de Calidad Ambiental Para Aire. Decreto Supremo N°003-2008-MINAM», *Diario Oficial El Peruano*. p. 4 Pag., 2008.
- [39] B. Wiczorek, «Air Pollution Patterns Mapping of SO₂, NO₂, and CO Derived from TROPOMI over Central-East Europe», *Remote Sens.*, vol. 15, n.º 6, p. 1565, 2023, doi: 10.3390/rs15061565.
- [40] I. Jain, A. S. Pawaiya, K. Juneja, y D. K. Singh, «Air pollution and its effectvs on lung health in never-smoker youth of Delhi NCR versus Pauri Garhwal: a comparative cross-sectional study», *Med. J. Armed Forces India*, n.º xxxx, 2023, doi: 10.1016/j.mjafi.2022.12.017.
- [41] G. D. Oreggioni *et al.*, «The impacts of technological changes and regulatory frameworks on global air pollutant emissions from the energy industry and road transport», *Energy Policy*, vol. 168, n.º August 2021, p. 113021, 2022, doi: 10.1016/j.enpol.2022.113021.
- [42] H. Xu *et al.*, «Environmental pollution, a hidden culprit for health issues», *Eco-Environment Heal.*, vol. 1, n.º 1, pp. 31-45, 2022, doi: 10.1016/j.eehl.2022.04.003.
- [43] J. Giri, S. Raut, B. Rimal, R. Adhikari, T. P. Joshi, y G. Shah, «Impact of air pollution on human health in different geographical locations of Nepal», *Environ. Res.*, vol. 226, n.º June 2022, p. 115669, 2023, doi: 10.1016/j.envres.2023.115669.
- [44] M. Jamei, M. Ali, A. Malik, M. Karbasi, E. Sharma, y Z. M. Yaseen, «Air quality monitoring based on chemical and meteorological drivers: Application of a novel data filtering-based hybridized deep learning model», *J. Clean. Prod.*, vol. 374, n.º September, p. 134011, 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.134011.

ANEXO

ANEXO I



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-056



Registro N° LE-056

INFORME DE ENSAYO N° 219499 CON VALOR OFICIAL

Razón Social : Dr. PEDRO CORDOVA MENDOZA
 Domicilio Legal : Ica
 Solicitado por : A&B CONSULTING GROUP PERU E.I.R.L
 Referencia : Cotización N°1855-22R02
 Proyecto : MONITOREO AMBIENTAL
 Procedencia : PISCO - ICA
 Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
 Cantidad de Muestras : 2
 Producto : Solución Captadora / Filtro Ambiental
 Fecha de Recepción : 27/05/2022

Fecha de Ensayo : 27/05/2022 al 13/06/2022
 Fecha de Emisión : 14/06/2022

I. Resultados



Código de Laboratorio	219499-01	219499-02
Código del Cliente	CA-01	CA-02
Fecha de Muestreo	19/12/2021	20/12/2021
Hora de Muestreo (h)	11:00	10:30
Ubicación Geográfica (WGS 84)	NO APLICA NO APLICA	NO APLICA NO APLICA
Tipo de Producto	Solución Captadora / Filtro Ambiental	Solución Captadora / Filtro Ambiental

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
Laboratorio Físico Químico					
Determinación de Concentración de Sulfuro de Hidrógeno (H2S)	µg/muestra	0,182	0,606	<0,606	<0,606
Determinación de la Concentración de Dióxido de Azufre (SO2)	µg/muestra	1,04	3,50	<3,50	<3,50
Determinación de la Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO2)	µg/muestra	0,06	0,21	<0,21	<0,21
Determinación de la Concentración de Monóxido de Carbono (CO)	µg/muestra	63	156	<156	<156
Determinación de peso. Filtros PM 10 Alto volumen	g/filtro	0,0006	0,0012	0,0222	0,0762

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. Indicado, "[z]"=Resolución cuantificable, "[y]" = Límite de Detección de Método,

INFORME DE ENSAYO N°219499 CON VALOR OFICIAL

B. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Físico Químico		
Determinación de Concentración de Sulfuro de Nitrógeno (NO ₂)	COVENIN 3571 - 2005. No incluye muestras (VALIDADO-Modificado), 2016	Calidad de Aire. Determinación de la concentración de sulfuro de nitrógeno (NO ₂) en la atmósfera
Determinación de la Concentración de Dióxido de Azufre (SO ₂)	EPA 40 CFR Appendix A-2 to part 50, 2010. No incluye muestras (VALIDADO modificado), 2016	Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Parasorbine Method)
Determinación de la Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	ASTM D1967 - 91 (Reapproved 2011). No incluye muestras (VALIDADO modificado), 2016	Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Green-Saltzman Reaction)
Determinación de la Concentración de Monóxido de Carbono (CO)	Peter O. Warner, Ed. Española. 1981, Cap3, Pág. 121-122. No incluye muestras (VALIDADO), 2016	Análisis de los Contaminantes del Aire. Orígenes y necesidad de los contaminantes inorgánicos del aire. Monóxido de Carbono. Método Colorimétrico Manual
Determinación de peso. Filtros PM 10 Aire volumen	EPA625R-05-01a Compendium Method IO-2 1 June 1999 Compendium Method IO-3 1 June 1999. No incluye muestras (VALIDADO modificado), 2016	Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air: Sampling of Ambient Air for Total Suspended Particulate Matter (TSP) and PM10 Using High Volume (HV) Sampler, Selection, Preparation and Extraction of Filter Material

¹ASTM: American Society for Testing Materials

²EPA: U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

B. Observaciones

Los Resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

IV. Procedimiento de Muestreo

- PM-OPE-01 Requisitos generales de muestras
- PM-OPE-02 Transporte, almacenamiento y mantenimiento de equipos
- PM-OPE-03 Muestreo de Calidad de Aire (PTS, PM-10 y PM-2.5) con equipos de alto y bajo volumen
- PM-OPE-11 Aseguramiento y Control de Calidad en el Muestreo



Quim. Rocio Marcela Ch.
Supervisor de Laboratorio
Inorgánica
C.O.P. 1435

ANEXO II: CADENA DE CUSTODIA

CADENA DE CUSTODIA		F-RTM-04 Revisión: 04 Fecha: 10-01-2019 Página 1 de 1									
DATOS DEL CLIENTE Y FACTURACIÓN				N° Cadena de Custodia:		N° Plan de Muestreo:					
Cliente:	PEDRO CORDOVA MENDOZA			Preservante							
Dirección del Cliente:	PISCO										
RUC:	10214552022	Teléfono(s):	949225478								
Atención a:	PEDRO CORDOVA MENDOZA	Correo:	pedro.cordova@unica.edu.pe								
DATOS PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO											
Usado:	PEDRO CORDOVA MENDOZA	N° de Orden de Trabajo:	A&B-MA-58	Tipo de Frasco / envase (2)							
Muestreo realizado por:	A&B CONSULTING GROUP PERU EIRL	Análisis de Campo:	C. HUAMANI / Y. MAROLINA								
Lugar de Muestreo:	ZONA INDUSTRIAL DE PISCO			ENSAYO (S) SOLICITADO (S)							
Procedimiento del Muestreo:	A&B-001	Ensayo:	OTROS								
Contacto de Campo:	PEDRO CORDOVA MENDOZA	Teléfono(s):	949225478	Correo:	pedro.cordova@unica.edu.pe						
Contacto A&B:	LUIS HERRERA	Teléfono(s):	956598399	Correo:	luis.herrera@abconsultinggroup.co						
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CÓDIGO DEL LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO (dd-mm-aa)	HORA DE MUESTREO (24:00)	TIPO DE MATRIZ Y/O PRODUCTO (1)	N° DE ENVASES FRASCOS	ESTADO DE CONSERV. (3)	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	RUIDO AMBIENTAL DIURNO	RUIDO AMBIENTAL NOCTURNO		
RA-01	G/RA-01	24/05/2022	12:15 / 22:01	O	-	-	PUNTA DE MIERMO DE LA I.E.L. N° 202	X	X		
RA-02	G/RA-02	24/05/2022	12:45 / 22:23	O	-	-	PUNTA DE MIERMO DE LA I.E. N° 207B	X	X		
RA-03	G/RA-03	24/05/2022	13:10 / 22:40	O	-	-	GRUPO PARAMERICAS DEL PARMIRIO COLECTIVO	X	X		
RA-04	G/RA-04	24/05/2022	14:45 / 23:15	O	-	-	RESTAURANTE CAREN FRENTE A MANGUS	X	X		
RA-05	G/RA-05	24/05/2022	04:30 / 23:45	O	-	-	LLAVTERA Y MECANICA	X	X		
OBSERVACIÓN: * LOS PUNTOS RA-04 Y RA-05 UBICADOS EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD AIRE. * LOS PUNTOS RA-01 ,RA-02 , RA-03 SE ENCUENTRAN UBICADOS EN ZONAS ESTRATEGICAS DEL AA.HH. SANTA CRUZ.								CONFORMIDAD DEL SERVICIO POR EL CLIENTE (EN CAMPO)			
Devolución de Bases de Ensayo:		SI ()	NO ()	(3) TEMPERATURA: AMBIENTE (T), PRESERVADO (P), REFRIGERADO (R)				NOMBRE:	PEDRO CORDOVA MENDOZA		
								CARGO:	CLIENTE		
(1) MATRIZ: AGUA NATURAL: Superficial Lago/Laguna (ANSLA), Rio(ANBR); Subterránea: Mineral(ANSBM) / Pozo.(ANSBP), Termal (ANSBT) AGUA SALINA: Mar(ASAM), Salobre(ASAO); AGUA RESIDUAL: Doméstico(ARD), Industrial (ARI), Municipal(ARM) AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: Bebida Potable(ACHPo), Masa(ACHM), Emvasada(ACHE), Piedra(ACHP), Laguna Artificial(ACHLa), SUELO: Suelo (S), Lodo(SL), Sedimento(SSED), AIRE-H, EMISIONES EN FUENTES ESTACIONARIAS: (EM) OTROS(O): (2) ENVASE PLÁSTICO(P), VIDRIO(V), VIDRIO ÁMBAR(VA), BOLSA ZIPLOC(BZ), SOBRE MANILA(SM), PLACA PETRI (PP), TUBOS ABSORVENTES (TA), OTROS(O)								FRMA:			
SOLO PARA SER LLENADO POR PERSONAL DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS											
Entregado por:	Firma:	Recibido por:	Firma:	CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS							
CLAUDIA HUAMANI		LUIS HERRERA		En buen estado:		SI	X	NO			
				Reciente apropiado:		SI	-	NO			
				Dentro del tiempo de conservación:		SI	X	NO			
				Correctamente preservadas:		SI	-	NO			
				CONFORME		X		NO CONFORME			

