

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL



TESIS

**“NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL AIRE
DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2023”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

JUBERT ESTALIN RODRÍGUEZ HUARIPATA

ASESOR

Ing. M. Cs. EDGAR DARWIN DÍAZ MORI

CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:

JUBERT ESTALIN RODRÍGUEZ HUARIPATA

DNI: 75669452

Escuela Profesional/Unidad UNC:

De Ingeniería Ambiental

2. Asesor:

ING. M. Cs. EDGAR DARWIN DÍAZ MORI

Facultad/Unidad UNC:

Ciencias Agrarias

3. Grado académico o título profesional

Bachiller

Título profesional

Segunda especialidad

Maestro

Doctor

4. Tipo de Investigación:

Tesis

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación:

"NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2023"

6. Fecha de evaluación: 02/06/2024

7. Software antiplagio: TURNITIN

URKUND (OURIGINAL) (*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: 12 %

9. Código Documento: 0000-3117:358843422

10. Resultado de la Evaluación de Similitud: 12 %

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 11/12/2024

Firma y/o Sello
Emisor Constancia



ING. M Cs. EDGAR DARWIN DÍAZ MORI
DNI: 27041767



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

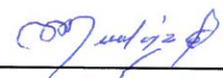
En la ciudad de Celendín, a los veintidós días del mes de noviembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el **Aula 101** de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Sede Celendín, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 385-2024-FCA-UNC, de fecha 27 de agosto del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2023"**, realizada por el Bachiller **JUBERT ESTALIN RODRÍGUEZ HUARIPATA** para optar por el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

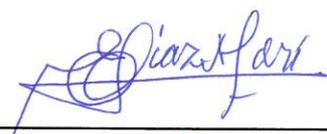
A las **quince** horas con **diez** minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con calificativo de **QUINCE (15)**; por tanto, el Bachiller queda expedido para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las **dieciséis** horas y **veinte** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.


Ph. D. Manuel Roberto Roncal Rabanal
PRESIDENTE


Ing. M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna
SECRETARIO


Ing. M. Cs. Adolfo Máximo Lopez Aylas
VOCAL


Ing. M. Cs. Edgar Darwin Díaz Mori
ASESOR

COPYRIGHT © 2024 by

JUBERT ESTALIN RODRÍGUEZ HUARIPATA

Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

A mis queridos padres Martin Rodríguez Quiliche y María Esperanza Huaripata Guevara que siempre me han apoyado en mis esfuerzos para convertirme en una mejor persona y profesional.

A mi hija y a mi esposa por animarme a seguir adelante cuando sentí que me estaba rindiendo.

Y a toda mi familia Rodríguez Huaripata

AGRADECIMIENTO

Al Ing M.Cs. Edgar Darwin Díaz Mori por el asesoramiento y por las valiosas sugerencias durante la planificación y desarrollo de este trabajo de investigación.

Al equipo técnico de la Sub Gerencia de Desarrollo Ambiental de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, por su cooperación y coordinación con el equipo de monitoreo (instrumento para la ejecución de la presente investigación).

Al equipo del SENAMHI DZ 3 por brindarme los datos meteorológicos

Y a todas las personas que me proporcionaron energía eléctrica para el funcionamiento del equipo de monitoreo.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| ÍNDICE GENERAL | v |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS | x |
| RESUMEN | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO II..... | 3 |
| REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 3 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 3 |
| 2.2. Bases teóricas | 8 |
| 2.2.1. Calidad de aire | 8 |
| 2.2.2. Contaminación del aire | 9 |
| 2.2.3. Dispersión de contaminantes en el aire | 9 |
| 2.2.4. Contaminantes en el aire | 10 |
| 2.2.5. Contaminantes criterio | 11 |
| 2.2.6. Dióxido de nitrógeno | 11 |
| 2.2.7. Generación de óxidos de nitrógeno (NO _x) por fuentes móviles | 12 |

| | |
|---|----|
| 2.2.8. Química atmosférica de los óxidos de nitrógeno | 12 |
| 2.2.9. Química de los óxidos de nitrógeno durante el día | 12 |
| 2.2.10. Química de los óxidos de nitrógeno durante la noche | 14 |
| 2.2.11. Proceso de deposición seca del óxido y dióxido de nitrógeno | 14 |
| 2.2.12. Efectos del dióxido de nitrógeno (NO ₂) sobre la salud | 15 |
| 2.2.13. Efectos del dióxido de nitrógeno (NO ₂) sobre el medio ambiente | 16 |
| 2.2.14. Efectos del dióxido de nitrógeno (NO ₂) sobre otros materiales | 17 |
| 2.2.15. Selección del parámetro a monitorear: | 18 |
| 2.2.16. Estándares de calidad ambiental del aire para el dióxido de nitrógeno | 19 |
| 2.2.17. Monitoreo de aire | 19 |
| 2.2.18. Equipos de monitoreo | 20 |
| 2.3. Definición de términos básicos | 21 |
| 2.3.1. Dióxido de nitrógeno (NO ₂) | 21 |
| 2.3.2. Estándares de calidad ambiental (ECA) para aire | 22 |
| 2.3.3. Nivel de concentración | 22 |
| 2.3.4. Dispersión atmosférica | 22 |
| CAPÍTULO III | 23 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 23 |
| 3.1. Ubicación del área de estudio | 23 |
| 3.2. Características meteorológicas | 23 |
| 3.3. Unidad de análisis | 25 |

| | |
|---|----|
| 3.3.1. Población: | 25 |
| 3.3.2. Muestra:..... | 25 |
| 3.4. Materiales | 25 |
| 3.4.1. Materiales de campo | 25 |
| 3.4.2. Materiales de gabinete | 26 |
| 3.4.3. Instrumentos de recolección de datos..... | 26 |
| 3.4.4. Validación de instrumentos: | 26 |
| 3.5. Metodología..... | 26 |
| 3.5.1. Procedimiento del monitoreo: | 28 |
| 3.5.2. Técnicas de recolección de datos: | 29 |
| 3.5.3. Trabajo de campo | 30 |
| 3.5.4. Trabajo de gabinete | 31 |
| 3.5.5. Técnicas de procesamiento de análisis de datos | 32 |
| CAPÍTULO IV | 33 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 33 |
| 4.1. Concentración de dióxido de nitrógeno (NO ₂) en diferentes puntos de la ciudad de Cajamarca..... | 33 |
| 4.2. Comparación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO ₂) presentes en el aire de la ciudad de Cajamarca con los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire | 37 |
| 4.2.1. Prueba estadística de análisis de varianza (ANOVA) y TUKEY..... | 40 |

| | |
|--|-----|
| 4.3. Mapas de dispersión de las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO ₂) presentes en el aire de la ciudad de Cajamarca..... | 43 |
| CAPÍTULO V..... | 52 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 52 |
| 5.1. Conclusiones..... | 52 |
| 5.2. Recomendaciones | 52 |
| CAPÍTULO VI | 54 |
| BIBLIOGRAFÍA | 54 |
| CAPÍTULO VII..... | 60 |
| ANEXOS | 60 |
| ANEXO I. Resultados de campo..... | 61 |
| ANEXO II. Registro fotográfico | 66 |
| ANEXO III. Informes de ensayo emitidos por el laboratorio ALAB..... | 71 |
| ANEXO IV. Certificado de calibración del rotámetro | 104 |
| ANEXO V. Certificado de acreditación del laboratorio..... | 106 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 <i>Umbral de cuidado para NO₂</i> | 6 |
| Tabla 2 <i>Efectos en la salud según concentración de dióxido de nitrógeno</i> | 16 |
| Tabla 3 <i>Parámetros a priorizar en función a las fuentes vinculadas</i> | 18 |
| Tabla 4 <i>Estándares nacionales de calidad de aire para NO₂</i> | 19 |
| Tabla 5 <i>Estándares internacionales de calidad de aire para NO₂</i> | 19 |
| Tabla 6 <i>Requisitos y periodos de monitoreo para el gas contaminante NO₂</i> | 21 |
| Tabla 7 <i>Solución captadora para el NO₂</i> | 28 |
| Tabla 8 <i>Frecuencia de monitoreo de NO₂ en los meses septiembre – diciembre del 2023</i> ... | 30 |
| Tabla 9 <i>Concentración de dióxido de nitrógeno (µg/m³) obtenidos en los 8 puntos de monitoreo</i> | 34 |
| Tabla 10 <i>Resumen de los promedios (µg/m³) de los 8 puntos monitoreados</i> | 41 |
| Tabla 11 <i>Resultado del estadístico análisis de varianza (ANOVA) según niveles de concentración</i> | 41 |
| Tabla 12 <i>Resultado del estadístico prueba de Tukey según niveles de concentración</i> | 42 |
| Tabla 13 <i>Datos proporcionados por SENAMHI DZ 3 – Estación meteorológica Augusto Weberbauer</i> | 61 |
| Tabla 14 <i>Cálculo de las concentraciones del contaminante dióxido de nitrógeno (NO₂) de “µg/muestra” a “µg/m³”</i> | 63 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Concentración promedio diario de NO₂ en ciudades</i> | 7 |
| Figura 2 <i>Fuentes de contaminación del aire y principales contaminantes emitidos</i> | 10 |
| Figura 3 <i>Reacciones de óxidos y dióxidos de nitrógeno durante el día</i> | 13 |
| Figura 4 <i>Mapa de ubicación del área de estudio</i> | 24 |
| Figura 5 <i>Mapa de puntos de monitoreo en la ciudad de Cajamarca y zona periurbana</i> | 27 |
| Figura 6 <i>Etapas del muestreo</i> | 29 |
| Figura 7 <i>Concentración promedio de dióxido de nitrógeno en los 8 puntos de monitoreo</i> .. | 35 |
| Figura 8 <i>Concentración promedio de dióxido de nitrógeno en los 6 puntos de monitoreo - dentro de la ciudad de Cajamarca</i> | 36 |
| Figura 9 <i>Comparación de la concentración horaria del dióxido de nitrógeno con el ECA horario</i> | 37 |
| Figura 10 <i>Comparación de la concentración promedio de dióxido de nitrógeno con el ECA anual</i> | 39 |
| Figura 11 <i>Rosa de vientos de la estación meteorológica convencional Augusto Weberbauer durante la ejecución del proyecto</i> | 44 |
| Figura 12 <i>Dirección del viento respecto a la ciudad de Cajamarca</i> | 45 |
| Figura 13 <i>Mapa de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire de la ciudad de Cajamarca</i> | 46 |
| Figura 14 <i>Mapa de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire dentro de la ciudad de Cajamarca</i> | 47 |
| Figura 15 <i>Mapa de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire del Noroeste de la ciudad de Cajamarca</i> | 49 |
| Figura 16 <i>Mapa de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire del Sureste de la ciudad de Cajamarca</i> | 50 |

| | |
|--|----|
| Figura 17 <i>Instalación del equipo de monitoreo a 1.5 m</i> | 66 |
| Figura 18 <i>Regulación del Flujo a 0.4 L/min</i> | 66 |
| Figura 19 <i>Monitoreo en Plaza de Armas (P1)</i> | 66 |
| Figura 20 <i>Monitoreo en Mega Plaza (P2)</i> | 66 |
| Figura 21 <i>Configuración de parámetro (NO₂)</i> | 67 |
| Figura 22 <i>Colocación de la solución captadora (NO₂)</i> | 67 |
| Figura 23 <i>Monitoreo en Mercado Popular (P3)</i> | 67 |
| Figura 24 <i>Monitoreo en Mercado San Sebastián (P4)</i> | 67 |
| Figura 25 <i>Colocación de mangueras del equipo</i> | 68 |
| Figura 26 <i>Solución captadora antes del monitoreo</i> | 68 |
| Figura 27 <i>Monitoreo en Mercado Pesquero (P5)</i> | 68 |
| Figura 28 <i>Monitoreo en Ovalo Musical (P6)</i> | 68 |
| Figura 29 <i>Solución después del monitoreo (muestra)</i> | 69 |
| Figura 30 <i>Retiro de la muestra a recipiente inicial</i> | 69 |
| Figura 31 <i>Monitoreo en Caserío Huambocancha Baja (P7)</i> | 69 |
| Figura 32 <i>Monitoreo en Caserío Iscoconga (P8)</i> | 69 |
| Figura 33 <i>Etiquetado de muestras</i> | 70 |
| Figura 34 <i>Empaque de muestras para envío a laboratorio</i> | 70 |
| Figura 35 <i>Equipo de trabajo</i> | 70 |
| Figura 36 <i>Visita del asesor e inspección del equipo</i> | 70 |

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar los niveles de concentración de dióxido de nitrógeno en el aire de la ciudad de Cajamarca, 2023. Se trata de un estudio descriptivo, de temporalidad transversal, que consistió en realizar monitoreos en 8 diferentes puntos críticos (6 en la ciudad y 2 en la zona periurbana); las muestras fueron tomadas a través de un tren muestreador de gases INSTRUMENT COMPANY - YYUN durante 1 hora de medición, con 5 repeticiones cada 6 días por punto de monitoreo. Los resultados obtenidos indican que las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO_2) en los diferentes puntos de monitoreo fueron: P1= 27.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; P2= 30.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; P3= 31.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; P4= 28.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; P5= 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; P6=32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; P7= 9.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; P8= 7.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, estos valores se encuentran por debajo de los ECAs establecidos por el DS-003-2017-MINAM. Concluyendo que las concentraciones obtenidas en los puntos P2, P3 y P6 registraron una mayor concentración de NO_2 (ver figura 14); y en los puntos P7 y P8 una menor concentración del gas (ver figura 15 - 16), debido a la inestabilidad del NO_2 en la atmósfera y a las condiciones meteorológicas como: la topografía del lugar, la dirección y velocidad del viento.

Palabras claves: dióxido de nitrógeno, estándares de calidad ambiental (ECA) para aire, nivel de concentración, dispersión atmosférica.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the concentration levels of nitrogen dioxide in the air of the city of Cajamarca, 2023. This is a descriptive, cross-temporal study, which consisted of carrying out monitoring in 8 different critical points (6 in the city and 2 in the peri-urban area); The samples were taken through an INSTRUMENT COMPANY - YYUN gas sampling train for 1 hour of measurement, with 5 repetitions every 6 days per monitoring point. The results obtained indicate that the concentrations of nitrogen dioxide (NO₂) at the different monitoring points were: P1= 27.4 µg/m³; P2= 30.6 µg/m³; P3= 31.6 µg/m³; P4= 28.8 µg/m³; P5= 30 µg/m³; P6=32 µg/m³; P7= 9.8 µg/m³; P8= 7.6 µg/m³, these values are below the ECAs established by DS-003-2017-MINAM. Concluding that the concentrations obtained at points P2, P3 and P6 recorded a higher concentration of NO₂ (see figure 14); and at points P7 and P8 a lower concentration of the gas (see figure 15 - 16), due to the instability of NO₂ in the atmosphere and meteorological conditions such as: the topography of the place, the direction and speed of the wind.

Keywords: nitrogen dioxide, environmental quality standards (ECA), concentration level, atmospheric dispersion.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Nikolaevich y Parra (2011) afirman que, el dióxido de nitrógeno (NO₂) es un contaminante atmosférico que se forma principalmente durante la combustión de las fuentes móviles, las cuales a través del tubo de escape pueden liberar grandes cantidades de óxido y dióxido de nitrógeno hacia la atmosfera. La presencia del NO₂ en el aire es un indicador de la calidad ambiental; en cantidades elevadas es considerado dañino para las plantas y tóxico para los humanos; la única propiedad física notable es su color café anaranjado cuando está presente en cantidades suficientemente altas (p. 28). La Organización Mundial de la Salud [OMS] (2022) manifiesta que, las altas concentraciones de NO₂ pueden causar efectos negativos sobre la salud y el medio ambiente, como el aumento del efecto invernadero y la lluvia ácida (p. 1).

En América Latina y el Caribe, casi 100 millones de personas están expuestas a una contaminación atmosférica severa. En el Perú la contaminación del aire también se ha convertido es uno de los mayores problemas ambientales; en Cajamarca las principales fuentes de contaminación son: el parque automotor, las fuentes de áreas y naturales; por tanto, el aire cajamarquino actualmente se encuentra bajo una seria amenaza por el crecimiento acelerado de la población, aumento de los medios de transporte y el incorrecto

manejo de los residuos sólidos generados por las actividades humanas (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2014, pp. 15,21).

Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC] (2023) también afirma que, Cajamarca enfrenta problemas de contaminación atmosférica causada por la combustión de las 40 mil unidades vehiculares registradas formalmente; contribuyendo a una alta emisión de gases tóxicos y por consiguiente al deterioro de la calidad del aire en la ciudad (p. 1). En el informe de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA) la Dirección Regional de Salud (DIRESA) reporta que, el 2,7 % de cada 1000 habitantes padecen enfermedades respiratorias por las condiciones del aire; afectando especialmente a poblaciones vulnerables como: niños, mujeres embarazadas y personas que padecen asma, enfermedades pulmonares o cardiacas (Gobierno Regional Cajamarca [GORE] 2015, p. 1).

En tal sentido, se llevó a cabo la investigación sobre los niveles de concentración de dióxido de nitrógeno en el aire de la ciudad de Cajamarca, dado que estas concentraciones influyen directamente en la calidad vida de las personas y de su entorno. Este estudio aportara conocimiento sobre la calidad del aire en Cajamarca; teniendo como objetivo general: Determinar los niveles de concentración de dióxido de nitrógeno en el aire de la ciudad de Cajamarca - 2023; y como objetivos específicos: Determinar las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO_2) en diferentes puntos de la ciudad de Cajamarca; Comparar las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO_2) presentes en el aire de la ciudad de Cajamarca con los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire; Realizar mapas de dispersión de las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO_2) presentes en el aire de la ciudad de Cajamarca.

Utilizando el tren de muestreo se tomaron muestras horarias en 8 puntos críticos de la ciudad; y los resultados se compararon con los ECAs para aire, según D.S. N° 003-2017-MINAM.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

González Carmona (2018) realizó una investigación cuyo objetivo fue determinar la concentración de NO₂ en el aire ambiente mediante análisis por inyección en flujo (FIA), en el interior como en los alrededores de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) de la UPM (Universidad Politécnica de Madrid) por medio de la exposición de 50 tubos captadores pasivos tipo Palmes (instalados 20 dentro y 30 fuera de la ETSII) durante dos campañas de tres semanas de duración cada una, en laboratorio uso el método de Griess-Saltzman en una muestra por análisis espectrofotométrico, obteniendo resultados muy precisos y reproducibles, donde se comprobó que dentro del edificio de la escuela, los valores no superan los 40 ug/m³ y fuera del edificio, sí superan los 40 ug/m³, concluyendo que, aunque no se entre en escenarios de alta contaminación, están expuesto a valores que pueden poner en riesgo la salud de los ciudadanos (p. 1-69).

Puertas de la Cruz (2019) determinó la concentración de contaminantes del aire a filo de calle en el Centro Histórico de Quito y el Valle de los Chillos (Ecuador), el monitoreo lo realizó en diez puntos usando el equipo muestreador AQM60, obteniendo cada dos minutos la concentración del monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono

(CO₂), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), ozono (O₃); concluyendo que todos las concentraciones se encuentra dentro de lo establecido, excepto el SO₂ en el punto de muestreo ubicado en la escuela Sucre con un valor de 0.05 ppm de los 0.023 ppm que establece la normativa nacional Ecuatoriana (TULSMA) y en los puntos de muestreo ubicados en la unidad educativa “San Luis Gonzaga” y Cumbayá incumplen en el mismo contaminante (SO₂) con valores de 0.014 ppm y 0.013 ppm respectivamente de los 0.0075 ppm que establece la normativa de la OMS (p. 1-95).

Gutiérrez Ochoa (2021) realizó el monitoreo de SO₂, NO₂ y CO para estimar la calidad del aire en la ciudad de Montería (Colombia), considerando 4 puntos de monitoreo, para ello uso cuatro (4) equipos RACK para medir dióxidos de nitrógeno (NO₂) y dióxidos de azufre (SO₂), 1 equipo analizador automático para determinación de monóxido de carbono (CO), y luego de analizar los resultados concluye que las concentraciones obtenidas de los gases (NO₂, SO₂ y CO) cumplen con lo establecido en el artículo 2 de la resolución número 2254 del 01 de noviembre de 2017 emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS – Colombia (50 µg/m³), para el contaminante criterio SO₂ (24 horas) el valor estuvo por encima de lo estipulado por la OMS (20 µg/m³), para los valores de CO no se encontraron niveles máximos permisibles según la OMS y para el NO₂ no existe un nivel máximo permisible para los datos medidos en 24 horas (p. 1-64).

García Ruíz (2019) llevo a cabo una investigación que tuvo por objetivo analizar la concentración de gases CO, NO₂ y SO₂, en el aire por tráfico vehicular en el distrito de Morales (Tarapoto), para ello realizó dos monitoreos en cuatro puntos, utilizando un tren de muestreo y para el análisis de resultados uso los límites establecidos en el D.S. 003-2017 MINAM, donde las concentraciones de CO en los puntos 1 y 4 del primer monitoreo, y en los puntos 1 y 3 del segundo monitoreo; sobrepasan el ECA; mientras que

la concentración del NO_2 y SO_2 en todos los puntos no sobrepasa el ECA. El nivel de riesgo por contaminación de gases, para el primer y segundo monitoreo en todos los puntos (P1, P2, P3 y P4) obtuvo un valor INCA entre 0-50 (buena calidad) (p. 1-62).

Solier Quispe (2019) en su trabajo de suficiencia profesional realizó el análisis de la calidad del aire en términos de dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono en Villa El Salvador, el monitoreo lo efectuó en la estación ubicada en la urbanización Pachacamac, obteniendo la mayor concentración el día 01/01/2018 con un resultado de $228\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 superando lo establecido por el ECA aire ($200\mu\text{g}/\text{m}^3$), EPA ($42,5\mu\text{g}/\text{m}^3$). y OMS ($200\mu\text{g}/\text{m}^3$), sin embargo, las concentraciones de CO presentaron valores inferiores al límite de cuantificación y por tanto se encuentra por debajo de lo establecido en el ECA aire, EPA y la OMS (p. 1-63).

Justo Aracayo (2021) en su proyecto de investigación “Evaluación de la calidad del aire según los niveles de concentración de SO_2 , NO_2 , CO y O_3 en puntos críticos de la ciudad de Juliaca” determinó niveles de concentración e índices de calidad del aire (INCA) considerando nueve estaciones de monitoreo (puntos críticos), utilizando el equipo tren de muestreo (EYLECS-TM03), para analizar los resultados uso los valores de la OMS y el INCA, donde los niveles de concentración promedio fueron: $20.523\mu\text{g}/\text{m}^3$ (SO_2), $36.690\mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO_2), $2459.157\mu\text{g}/\text{m}^3$ (CO) y $2.953\mu\text{g}/\text{m}^3$ (O_3), encontrándose al NO_2 , CO y O_3 en el intervalo “0-50” (buena calidad) a excepción del SO_2 en el intervalo “101-625” (mala calidad) del INCA (p. 1-49).

Castañeda y Lara (2021) determinaron la concentración dióxido de nitrógeno (NO_2) en el aire de Ate Vitarte y Santa Anita (Lima), en los meses de septiembre y octubre del 2020, para las muestras tomaron cuatro puntos de monitoreo durante 8 semanas, utilizando el equipo de bomba de vacío, los análisis lo realizaron por el método colorimétrico de Griess – Saltzman y los compararon con los valores establecidos de la

DIRESA y la OMS, concluyendo que la concentración promedio de dióxido de nitrógeno fue $38.433 \mu\text{g}/\text{m}^3$, encontrándose dentro de los límites que establece la “Dirección General de Salud Ambiental” ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y de la “Organización Mundial de la Salud” ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (p. 1-42).

Por otro lado, MINAM (2014) en el informe nacional de la calidad del aire 2013-2014, presenta la información respecto al parámetro NO_2 , de monitoreos puntuales de 21 ciudades consideradas como zonas de atención prioritaria (ZAP), donde se muestran valores bajos, perteneciendo la ciudad de Cajamarca a una calificación buena; no excediendo el valor ECA de aire para NO_2 , valor horario de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (p. 45).

Tabla 1

Umbral de cuidado para NO_2

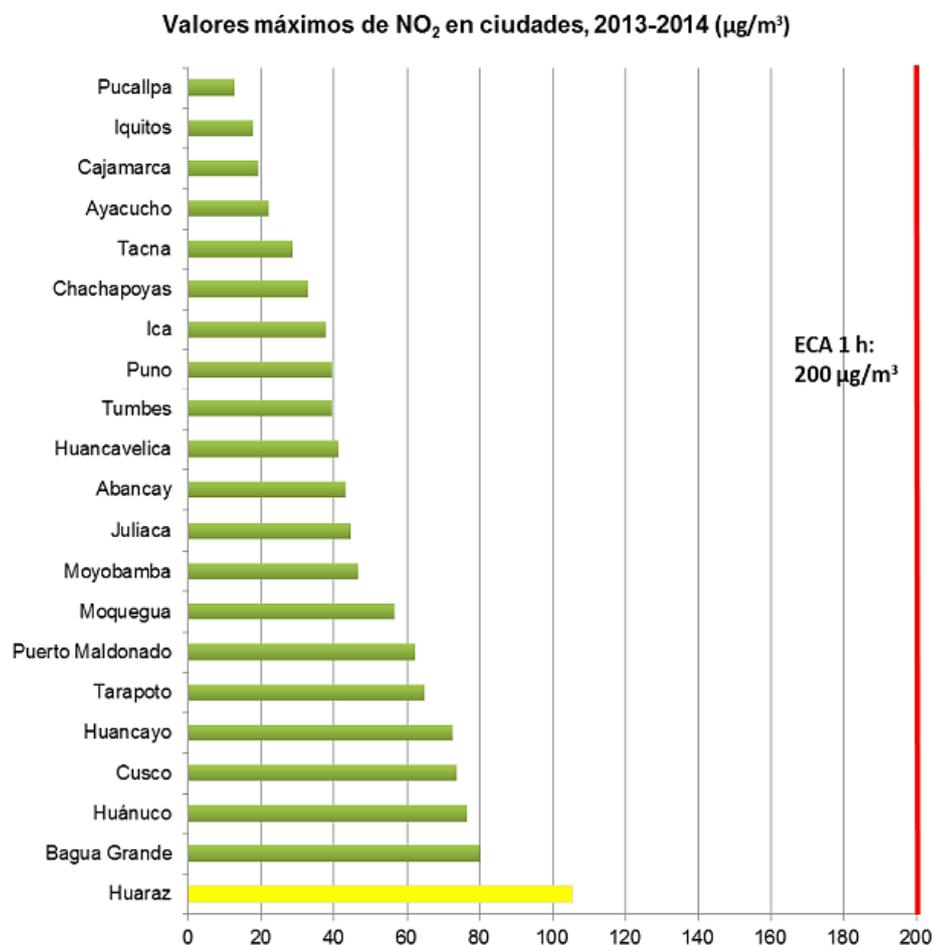
| Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | INCA |
|--|----------|
| 0 - 100 | Buena |
| 101 - 200 | Moderada |
| 201 - 300 | Mala |
| > 300 | *VUEC |

*VUEC: Valores umbrales de estados de cuidado.

Fuente: (MINAM, 2014, p. 45).

Figura 1

Concentración promedio diario de NO₂ en ciudades



Fuente: (MINAM, 2014, p. 45).

Alva Huamán (2018) realizó una investigación con el objetivo de determinar la concentración (µg/m³) de material particulado (PM₁₀, PM_{2.5}), así como de CO, NO₂, SO₂, que se genera en la planta de producción de óxido de calcio PuyLucana (Cajamarca); para el monitoreo estableció el punto de muestreo (P1), ubicado en boca de hornos, usando un equipo de sensor de gases AEROQUAL S200 y un contador de partículas HANDHELD 3016 IAQ. Obteniendo concentraciones promedio de 12,64 µg/m³ de material particulado (PM₁₀); 18,13 µg/m³ de material particulado (PM_{2.5}); 9968,16 µg/m³ de monóxido de carbono (CO); 17,01 µg/m³ de dióxido de azufre (SO₂); 93.03 µg/m³ de dióxido de

nitrógeno (NO₂), concluyendo que estas concentraciones no sobrepasan los estándares de calidad ambiental para el aire en el país (p. 1-66).

Los niveles de concentración de gases tóxicos han ido incrementando a lo largo del tiempo, por lo que en nuestro país el Ministerio del Ambiente (MINAM) viene realizando monitoreos ambientales para medir concentraciones de gases y partículas presentes en el aire. A partir de estudios realizados anteriormente, se evidencia resultados comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA) y otras normativas reguladoras para controlar y alcanzar una calidad de aire que proteja la salud pública y el medio ambiente. En la presente investigación se pretende monitorear el gas contaminante dióxido de nitrógeno (NO₂) en diferentes puntos de la ciudad de Cajamarca, tomando en cuenta el protocolo de monitoreo e instrucciones encontradas en los antecedentes.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Calidad de aire

La calidad del aire es la adecuación de los niveles de contaminación atmosférica, cualesquiera que sean las causas que la produzcan, de tal manera que garanticen que las materias o formas de energía transportados por el aire no causen molestias graves, inmediatas o diferidas para las personas y bienes de cualquier naturaleza. La calidad de aire es importante porque cada persona respira en promedio más de 3000 galones de aire al día es decir más de 2 galones por minuto; en ese sentido todos los componentes del aire deben encontrarse en equilibrio en la atmósfera de acuerdo a los porcentajes señalados, si se agrega alguna sustancia en cantidades mayores a lo habitual, el aire se contamina y representa un peligro para el medio ambiente y la vida de las personas (Lino, 2016, p. 16).

2.2.2. Contaminación del aire

La contaminación atmosférica es cualquier situación en la que determinadas sustancias alcanzan concentraciones suficientemente altas como para provocar efectos nocivos sobre el hombre, el medio ambiente y otros males. Para que exista contaminación atmosférica es necesario que se produzca una emisión de sustancias nocivas al aire; estas emisiones pueden ser producidas de forma natural mediante erupciones volcánicas e incendios naturales, o de forma antropogénica provocadas por las actividades humanas, siendo esta la principal causa de la contaminación del aire (Vivanco, 2019, p. 20).

Los principales contaminantes en el aire son los vapores y contaminantes gaseosos en diferentes concentraciones; los contaminantes gaseosos más comunes son el monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre y el ozono. Estos compuestos se producen a través de diversas fuentes, pero la principal fuente artificial es la quema de combustible fósil; la forma más común de la contaminación del aire es la niebla tóxica (smog) que generalmente se produce por la acción de la luz solar sobre los gases de escape de automotores y fábricas (Jimenez, 2019, p. 28).

2.2.3. Dispersión de contaminantes en el aire

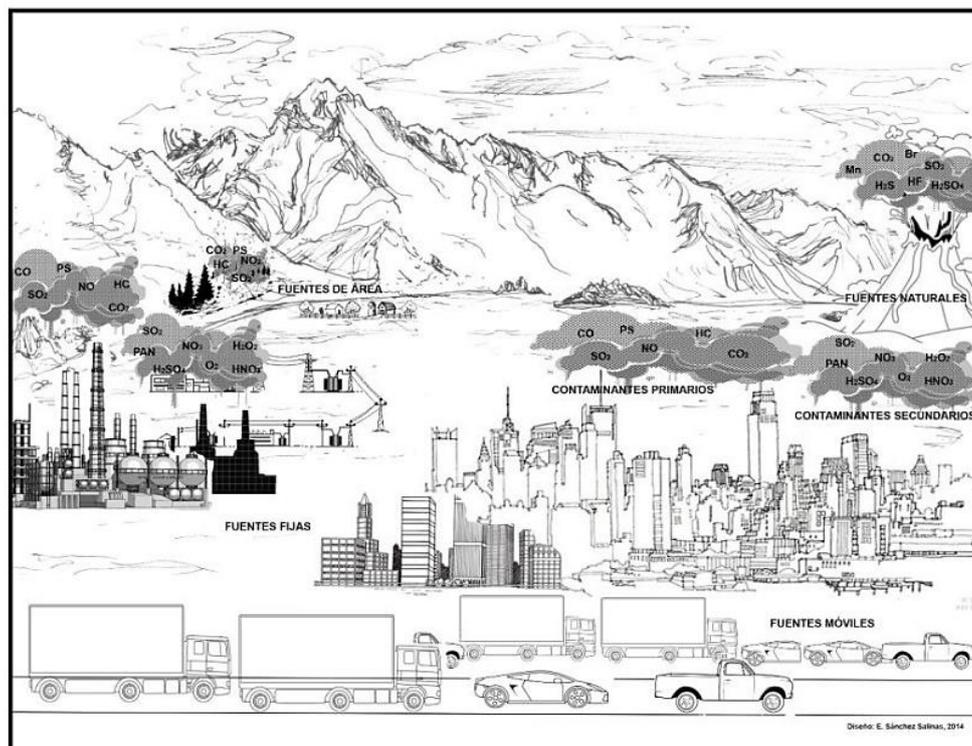
Cuando los contaminantes se liberan a menudo desde una fuente, hay altas concentraciones en las cercanías de un lugar y el impacto en la calidad ambiental es inmediato. La dispersión puede ocurrir rápidamente ya que está influida por movimientos del aire en la micro y mesoescala; por los ciclones y anticiclones en la macroescala. El transporte y dispersión de los contaminantes al medio ambiente (aire) dependen de los fenómenos meteorológicos locales, como: velocidad, dirección del viento, turbulencia o estabilidad atmosférica y la topografía del lugar (Nikolaevich y Parra, 2011, p. 41).

2.2.4. Contaminantes en el aire

Según Nikolaevich y Parra (2011) los contaminantes en la atmósfera pueden ser liberados de fuentes identificables o pueden ser producidos en la atmósfera como resultado de las reacciones químicas; de esta forma, los contaminantes se dividen en contaminantes primarios y secundarios. Los contaminantes primarios son aquellos que se liberan a la atmósfera de forma directa, estos son: el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), hidrocarburos y compuestos orgánicos volátiles (COV), compuestos orgánicos tóxicos, partículas, NH₃, H₂S, X₂, CO₂, N₂O, metales; y los contaminantes secundarios son aquellos que no se emiten directamente a la atmósfera, sino que son el resultado de las interacciones de los contaminantes primarios, entre ellos tenemos: el ozono (O₃), oxidantes fotoquímicos, sulfatos, nitratos (p. 30).

Figura 2

Fuentes de contaminación del aire y principales contaminantes emitidos



Fuente: (Sánchez et al., 2014, p. 23).

2.2.5. Contaminantes criterio

MINAM (2014) menciona que, para conocer el estado de la calidad del aire, es necesario realizar mediciones de los contaminantes criterio y comparar los resultados con los estándares de calidad ambiental establecidos en el país, permitiendo identificar zonas con mayor riesgo para la salud y de esta manera proponer o recomendar medidas eficaces para reducir dichos riesgos (p. 25).

Los contaminantes criterio cuentan con estándares de calidad ambiental establecidos, tales como: el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO₂), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el ozono (O₃), material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}), plomo (Pb), benceno, hidrocarburos totales (HT) e hidrógeno sulfurado (H₂S) (p. 16).

2.2.6. Dióxido de nitrógeno

Nikolaevich y Parra (2011) afirman que, el dióxido de nitrógeno (NO₂) es considerado dañino para las plantas y tóxico para los humanos, aunque no a concentraciones que normalmente ocurren en la atmósfera. La única propiedad física de los óxidos de nitrógeno que es de sumo interés en la contaminación del aire es su color, tiene color café anaranjado cuando está presente en cantidades elevadas (p. 28).

MINAM (2014) indica que, las fuentes naturales más comunes de NO₂ son la descomposición bacteriana, incendios forestales y actividades volcánicas; mientras que la principal fuente antropogénica es la quema de combustibles fósiles (p. 19).

Los combustibles fósiles están formados principalmente por una mezcla muy compleja que contienen hidrocarburos y compuestos con heteroátomos, tales como: azufre, nitrógeno, oxígeno y bajas concentraciones de constituyentes metálicos. Al ser quemados, estos compuestos favorecen la formación de los dióxidos de azufre y nitrógeno (p. 20).

2.2.7. Generación de óxidos de nitrógeno (NO_x) por fuentes móviles

Sánchez et al. (2014) afirma que, la mayor cantidad de los óxidos y dióxidos de nitrógeno se liberan durante los procesos de combustión de las fuentes móviles y maquinarias no fijas que pueden producir emisiones contaminantes hacia la atmósfera como consecuencia de su funcionamiento; los motores de los vehículos emiten grandes cantidades de óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxidos de nitrógeno (NO₂) a través del tubo de escape durante la combustión (p. 22).

2.2.8. Química atmosférica de los óxidos de nitrógeno

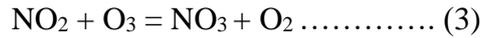
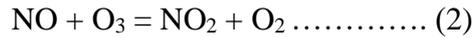
La oxidación del nitrógeno ocurre en las capas bajas de la atmósfera y esta influenciada por una serie de factores, como: la intensidad de la luz solar, temperatura y tiempo transcurrido de las emisiones; formando compuestos a partir de reacciones químicas tales como: NO, NO₂, N₂O, N₂O₃, N₂O₄, N₂O₅ (Galán y Fernández, 2006, p. 92).

2.2.9. Química de los óxidos de nitrógeno durante el día

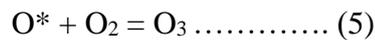
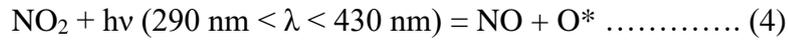
Según Galán y Fernández (2006) la fuente dominante de los óxidos de nitrógeno en el aire son los procesos de combustión, en su mayor forma como monóxido de nitrógeno (NO); el cual es oxidado a dióxido de nitrógeno, según la reacción 1. La tasa de reacción depende de la concentración de monóxido de nitrógeno “NO”; de tal modo que: para valores altos de “NO”, la conversión a NO₂ es rápida; pero si los niveles de “NO” son bajos la tasa de reacción disminuye notablemente (p. 92).



Bajo condiciones troposféricas la vía principal para la producción de NO₂ resulta de la reacción entre monóxido de nitrógeno “NO” y ozono “O₃”, además también el NO₂ es lentamente convertido a nitrato “NO₃” por reacción con el ozono “O₃” (p. 92).



Durante las horas de luz diurnas, el NO_2 sufre un proceso de reconversión a “NO”, como resultado de la fotólisis, permitiéndose la generación de “ O_3 ” (p. 92).

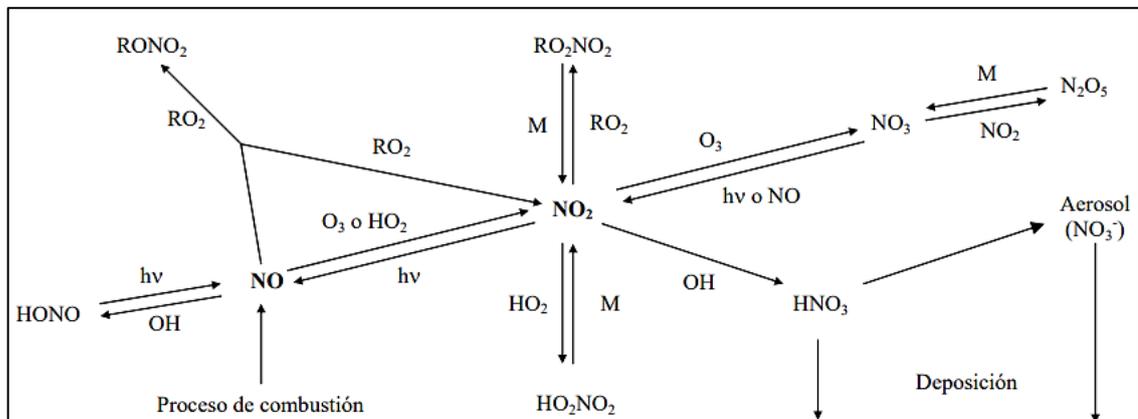


Solo una pequeña fracción del “NO” que es generado según la reacción (4), puede reaccionar con el radical hidropéroxido “ HO_2 ” u otro radical peróxido, regenerando NO_2 y permitiendo la generación de ácido nítrico “ HNO_3 ”, ácido peroxinitrico “ HO_2NO_2 ” y ácido nitroso “ HONO ” (Galán y Fernández, 2006, p. 93).



Figura 3

Reacciones de óxidos y dióxidos de nitrógeno durante el día



Fuente: (Galán y Fernández, 2006, p. 94).

2.2.10. Química de los óxidos de nitrógeno durante la noche

Aunque la mayoría de los procesos oxidativos son iniciados por la presencia de la luz solar, existen procesos oxidativos significativamente potenciales que pueden ocurrir durante la noche, estos procesos no pueden generar “O₃”, pero generan otra serie de contaminantes secundarios, incluido el peróxido de hidrógeno “H₂O₂” (Galán y Fernández, 2006, p. 95).

En el ciclo nocturno una vez generado NO₂ según la reacción (1); éste no es capaz de fotodisociarse por ausencia de luz solar, ni de reaccionar con ozono debido a sus bajos niveles de reacción. Por tanto, el NO₂ en el ciclo nocturno reacciona con el “NO₃” para generar pentóxido de dinitrógeno “N₂O₅”, el cuál reacciona con agua para generar ácido nítrico “HNO₃” (Galán y Fernández, 2006, p. 96).



De igual manera, mediante la reacción del dióxido de nitrógeno con agua se forma ácido nítrico y ácido nitroso.



El equilibrio de estas reacciones se encuentra influenciado por la temperatura, humedad relativa, favoreciendo la reacción a baja temperatura, alta humedad relativa. Por tanto, la oxidación de los óxidos de nitrógeno ocurre durante el ciclo diurno y la hidrólisis durante el ciclo nocturno (Galán y Fernández, 2006, p. 97).

2.2.11. Proceso de deposición seca del óxido y dióxido de nitrógeno

Los óxidos y dióxidos de nitrógeno tienen una vida media de un día en su camino reactivo hacia la formación del ácido nítrico; normalmente son eliminados de la atmósfera a través de la formación de material particulado y aerosoles. La mayor parte

de estos compuestos terminan en forma de nitratos que son retenidos en las nubes y sedimentados de forma seca. Este proceso de eliminación seca no solo está influenciado por factores meteorológicos, sino también por reacciones químicas; por tanto, la química atmosférica de los compuestos del nitrógeno es compleja y varía según la presencia de otros contaminantes y factores climáticos (Nikolaevich y Parra, 2011, p. 36).

2.2.12. Efectos del dióxido de nitrógeno (NO₂) sobre la salud

Los altos niveles de concentración de dióxido de nitrógeno según estándares de calidad del aire afectan directamente a personas que padecen asma y otros tipos de enfermedad pulmonares o cardíacas. Aunque la calidad general del aire ha mejorado en los últimos 20 años, las zonas urbanas siguen siendo motivo de preocupación; los ancianos, mujeres embarazadas y los niños son especialmente vulnerables. El nivel de riesgo depende de varios factores: la cantidad de concentración de gas contaminante (NO₂), la cantidad de aire que inhalamos en un momento determinado, el consumo de agua contaminada con sustancias nocivas en el aire, entre otros (OMS, 2022, p. 1).

El NO₂ puede dañar el sistema respiratorio porque es capaz de penetrar e irritar las zonas más profundas de los pulmones, puede bajar la resistencia a infecciones respiratorias como la gripe. La exposición prolongada o frecuente a las concentraciones superiores a las normales, puede provocar una mayor incidencia de enfermedades respiratorias en niños; causando cambios agudos y crónicos en el sistema pulmonar incluyendo edema pulmonar, neumonitis, bronquitis, bronquiolitis y enfisema pulmonar (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional [NIOSH], 2024, p. 1).

En Madrid (España) existen numerosos estudios realizados en personas que padecen asma y enfermedades crónicas que han demostrado efectos a bajas concentraciones de NO₂. En niños de 2 a 3 años se ha observado un aumento en la

bronquitis para concentraciones por debajo de 18.8 ug/m^3 ; y en niños de 5 a 15 años también muestran aparición de síntomas leves respiratorios en concentraciones promedio de 14 ug/m^3 hasta 27 ug/m^3 (Delgado, 2005, p. 69).

Tabla 2

Efectos en la salud según concentración de dióxido de nitrógeno

| Concentración de dióxido de nitrógeno | Efecto |
|--|--|
| $0,21 \text{ ug/m}^3$ | Umbral del olor. |
| $18,8 - 37,6 \text{ ug/m}^3$ | Ligeramente irritante. |
| $37,6 \text{ ug/m}^3$ | Puede ser peligroso para la vida y la salud; a exposiciones prolongadas y constantes. |
| $282,3 \text{ ug/m}^3$ | Se ha informado de muerte por edema pulmonar. |
| $327,4 \text{ ug/m}^3$ | Se ha pronosticado que debería producirse un 50% de mortalidad durante una exposición de una hora. |

Fuente: (NIOSH, 2024, p. 1).

2.2.13. Efectos del dióxido de nitrógeno (NO_2) sobre el medio ambiente

2.2.13.1. Acidificación del medio ambiente:

Según Delgado (2005), las emisiones de dióxido de nitrógeno " NO_2 " pueden mantenerse en el aire varios días y ser transportadas a miles de kilómetros; al convertirse en ácido nítrico y depositarse en el ambiente, generan alteraciones que provocan graves daños a los cuerpos de agua dulce, bosques, suelos y ecosistemas naturales sensibles a la acidificación (p. 70).

La acidificación afecta a los organismos acuáticos disminuyendo el pH de su hábitat (agua), de forma que se reducen las poblaciones de peces y la diversidad de otros organismos acuáticos que habitan en lagos y ríos; a la vez, estas variaciones de pH alteran la química del suelo produciendo lixiviación de nutrientes. La vegetación

también se ve afectada por la alteración química del suelo provocando la defoliación de los árboles y merma de su vitalidad (p. 71).

2.2.13.2. Eutrofización

El dióxido de nitrógeno es un agente activo en el fenómeno de la eutrofización en los ecosistemas terrestres y marinos, originando un exceso de nutrientes (fitoplancton y algas), que se descomponen y generan malos olores en el agua consumiendo gran cantidad de oxígeno disuelto durante el proceso de putrefacción; resultando al final un ecosistema casi desnutrido con una mala calidad de agua para el desarrollo de organismos acuáticos (Delgado, 2005, p. 72).

2.2.14. Efectos del dióxido de nitrógeno (NO_2) sobre otros materiales

El dióxido de nitrógeno no causa daños directos en circunstancias normales, sin embargo, reacciona con el agua para formar ácido nítrico " HNO_3 ", que resulta ser un ácido fuerte y corrosivo. Por tanto, afecta a los materiales e infraestructura acelerando la corrosión de los metales; también deteriora las piedras calcáreas ($Ca(OH)_2$ y $CaCO_3$) mediante ataque ácido (MINAM, 2014, p. 19).

Las precipitaciones ácidas tienen un pH inferior a 5,0, y uno de sus precursores son los dióxidos de nitrógeno; estas precipitaciones dañan materiales de muchos tipos, incluyendo patrimonios culturales, monumentos históricos y sitios arqueológicos; afectando tanto su funcionalidad como su estética (Romero et al., 2006, p. 6).

Por tanto, es importante entender la formación de este contaminante para poder controlarlo bien de forma directa o bien sobre sus precursores. Reducir los niveles de dióxido de nitrógeno se puede lograr mediante diversas estrategias, tales como: fomentar el uso de bicicletas, incrementar la vegetación urbana, promover la educación y concientización ambiental (Sánchez et al., 2014, p. 99).

2.2.15. Selección del parámetro a monitorear:

MINAM (2019) afirma que, un monitoreo de calidad del aire no implica medir todos los parámetros establecidos en el ECA, sino que se debe priorizar el o los parámetros con mayor incidencia en el área de estudio (p. 13).

Tabla 3

Parámetros a priorizar en función a las fuentes vinculadas

| Fuentes vinculadas | Parámetros a priorizar | Referencia bibliográfica |
|---|--|---|
| Parque automotor, vías pavimentadas y zonas urbanas | PM ₁₀ , PM _{2.5} , NO ₂ , CO, C ₆ H ₆ y O ₃ (ozono debido a la emisión de precursores) | . EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 216 (1.A.3.b.iiv Road transport 2018) . AP 42, chapter 13.2.1: Paved Roads |

Fuente: (MINAM, 2019, p.13).

Por lo que el contaminante a monitorear es el NO₂, y para la medición se tomó en consideración el método equivalente recomendado por el protocolo establecido MINAM.

2.2.15.1. Método equivalente para dióxido de nitrógeno

MINAM (2019) indica que, el método equivalente por la reacción de Griess – Saltzman para medir dióxido de nitrógeno involucra la absorción del gas en una solución de trietanolamina (TEA); además, menciona que los flujos de aire deben basarse en configuraciones de bajo volumen (0.4 l/min) y contar con un mecanismo de registro de flujo (mecánico o digital) que permita la estabilidad del gas durante todo el proceso de monitoreo (60 minutos). También, las muestras se deben analizar antes de los 45 minutos o antes de las 6 horas en caso se haya adicionado acetona (p. 36).

La método Griezz – Saltzman es un proceso de análisis químico acreditado por el International Accreditation Service (IAS). Mientras Perú no cuente con una NTP

para este método equivalente, se toma en cuenta la norma técnica establecida por la ASTM (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales) en el documento “ASTM D1607 – 91(2018)e1 Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griezz – Saltzman – Reaction)” (p. 36).

2.2.16. Estándares de calidad ambiental del aire para el dióxido de nitrógeno

Tabla 4

Estándares nacionales de calidad de aire para NO₂

| Parámetro | Período | Valor [µg/m ³] | Criterios de evaluación | Método de análisis [1] |
|---|---------|----------------------------|---------------------------|---|
| Dióxido de nitrógeno (NO ₂) | 1 hora | 200 | NE más de 24 veces al año | Quimioluminiscencia (método automático) |
| | Anual | 100 | Media aritmética anual | |

NE: No Exceder.

[1] o método equivalente aprobado.

Fuente: (MINAM, 2017, p.4).

Tabla 5

Estándares internacionales de calidad de aire para NO₂

| Entidad | Contaminante | Tiempo promedio | Valor [µg/m ³] |
|---------------|---|-----------------|----------------------------|
| Unión europea | Dióxido de nitrógeno (NO ₂) | 1 hora | 200 |
| | | 1 año | 40 |
| OMS | Dióxido de nitrógeno (NO ₂) | 1 hora | 200 |
| | | 1 año | 40 |

Fuente: (Torres, 2021, pp. 3,7).

2.2.17. Monitoreo de aire

Según las guías de la calidad del aire de la OMS, los métodos de monitoreo se pueden dividir en cuatro tipos genéricos principales, tales como: muestreadores pasivos, muestreadores activos, analizadores automáticos y sensores remotos; que tienen diferentes niveles de costo y rendimiento (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011, p. 13).

Para efectos de la presente investigación el equipo de monitoreo a utilizar (tren de muestreo) es considerado un muestreador activo ya que las muestras de contaminantes se recolectan por medios físicos o químicos para su posterior análisis en el laboratorio; por lo general, se bombea un volumen conocido de aire a través de un colector tipo filtro (muestreador activo manual) o una solución química (muestreador activo automático) durante un periodo de tiempo específico y luego se retira para su posterior análisis. Las mediciones de muestreo tienen una larga historia en diferentes partes del mundo, por lo que provee datos valiosos para el análisis de tendencias y comparaciones. Los sistemas de muestreo (para gases), el acondicionamiento de muestras, los sistemas de ponderación para el material particulado (MP) y los procedimientos de laboratorio son factores clave que influyen en la calidad de los datos finales (MINAM, 2019, p. 20).

2.2.18. Equipos de monitoreo

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA] (2015) define que, los equipos de monitoreo se utilizan para evaluar el impacto en la salud y el ambiente generado por la exposición a contaminantes atmosféricos, así como también para medir el cumplimiento del reglamento de los estándares nacionales de calidad ambiental del aire en el país (p. 9).

2.2.18.1. Tren de muestreo.

Es un sistema ensamblado completo que sirve para coleccionar gases contaminantes, fabricado en función a parámetros designados en las metodologías de ensayo; los parámetros incluyen al monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S), ozono (O₃) y benceno (OEFA, 2015, p. 10).

2.2.18.2. Criterios técnicos para la instalación del equipo de monitoreo:

MINAM (2019) en el protocolo nacional de monitoreo de la calidad de aire, recomienda los siguientes criterios:

- Altura de la entrada de la muestra (mínimo 1.5 m y máximo 4 m).
- Ubicarlos de tal manera que los obstáculos no eviten el ingreso del aire.
- Deben estar libre de las influencias de las estructuras, edificios y árboles (p. 55).

Los requisitos y periodos de monitoreo por estación (punto de monitoreo) orientado a la prevención / evaluación de riesgos en la salud se presenta a continuación:

Tabla 6

Requisitos y periodos de monitoreo para el gas contaminante NO₂

| Tipo de tecnología | Tipo de monitoreo | Periodo a promediar (en base al ECA) | Mínima suficiencia de información válida requerida | Frecuencia mínima por muestra o registro |
|--------------------|-------------------|--------------------------------------|--|--|
| Manual | Discontinuo | 1 hora | >90% (54 minutos) | Una muestra horaria cada 6 días |

Fuente: (MINAM, 2019, p.17).

MINAM (2019) también afirma que, el muestreo se debe realizar durante la hora donde se presente una mayor actividad en la fuente o fuentes relacionadas al monitoreo, tomando cada 6 días la muestra horaria (mínimo 54 minutos para cumplir con el criterio de suficiencia de información) (p.87).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Gas contaminante considerado dañino para las plantas y tóxico para los humanos, color café cuando se presenta en concentraciones elevadas (Nicoláievich y Parra (2011, p.28).

2.3.2. Estándares de calidad ambiental (ECA) para aire

Medida que establece el límite del nivel de concentración o grado de contaminación presente en el aire, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente (MINAM, 2017, p.2).

2.3.3. Nivel de concentración

Indica la acumulación de un contaminante en el aire (grado de contaminación), originados por la emisión de compuestos tóxicos como: el ozono (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de Azufre (SO₂) y monóxido de carbono (CO) (Sanchez et al., 2014, p. 121).

2.3.4. Dispersión atmosférica

Condición inestable con la que se dispersa el aire contaminado en la atmósfera, influenciada por las condiciones meteorológicas de un lugar (Porta et al., 2018, p. 132).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

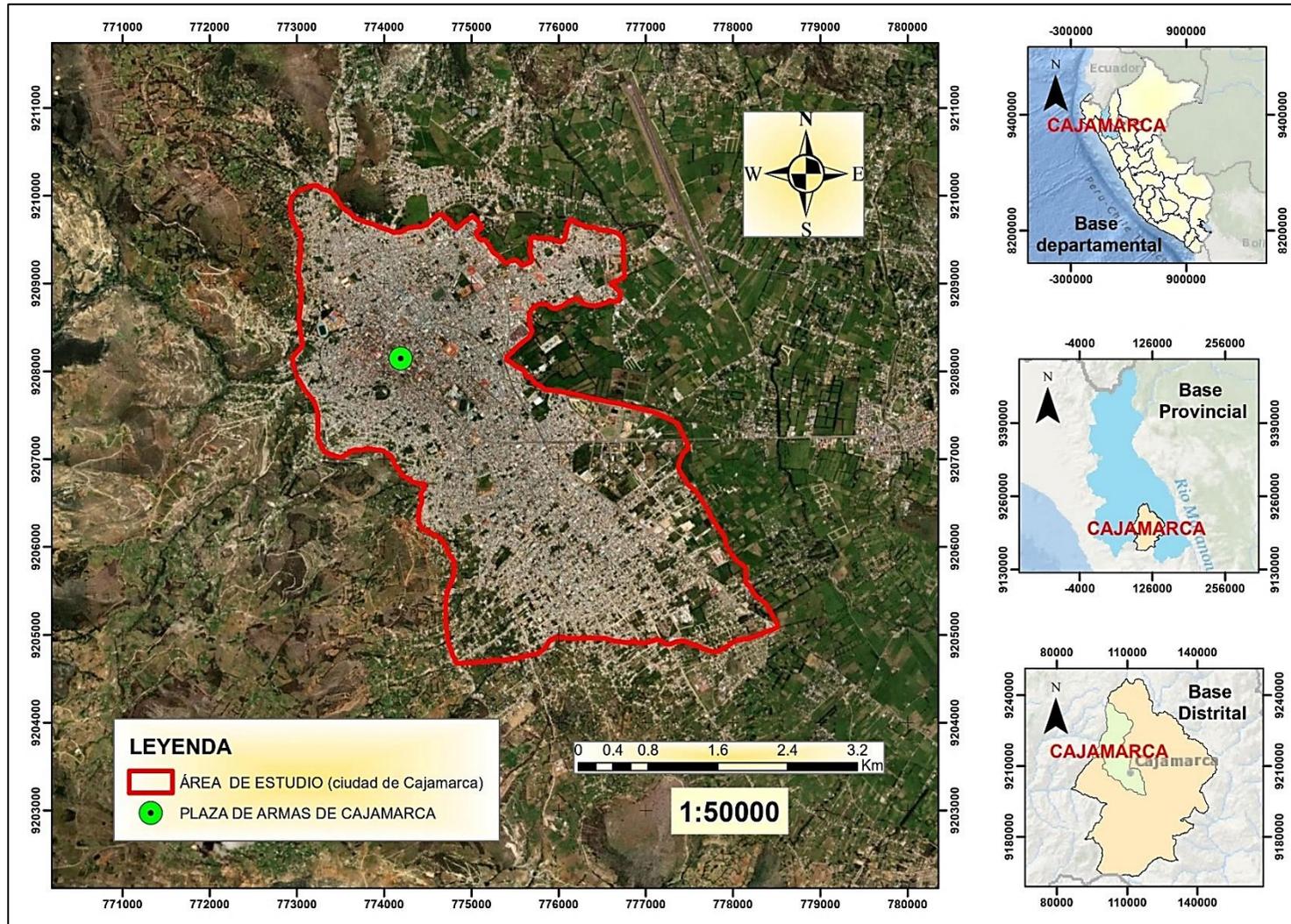
La investigación se desarrolló en la ciudad de Cajamarca, situada en la zona norte del Perú, ubicada en la parte oeste del río Cajamarquino, teniendo como referencia el hito geográfico ubicado en la plaza de armas con coordenadas UTM: 774187 E, 9208152 N, altitud: 2720 m.s.n.m (Municipalidad Provincial de Cajamarca [MPC], 2015, p. 59).

3.2. Características meteorológicas

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI] (2023) muestra los datos de la estación meteorológica convencional Augusto Weberbauer durante la ejecución del trabajo de investigación. El estudio se realizó en los meses septiembre a diciembre del 2023; la temperatura media mensual fue de 16.1 °C, la velocidad del viento promedio mensual fue de 1.5 m/s con dirección predominante del Este al Oeste, la precipitación pluvial promedio mensual alcanzó un valor máximo de 75.71 mm y un mínimo de 35.25 mm, la presión atmosférica mensual fue de 740 mb.

Figura 4

Mapa de ubicación del área de estudio



3.3. Unidad de análisis

3.3.1. Población:

La población de estudio está representada por la cuenca atmosférica de la ciudad de Cajamarca, a los cuales se asocia una determinada concentración del gas contaminante dióxido de nitrógeno (NO₂).

3.3.2. Muestra:

La muestra está representada por 8 puntos de monitoreo, 6 en la ciudad y 2 en la zona periurbana (puntos de control en el noroeste y sureste de la ciudad de Cajamarca)

La muestra elegida es de tipo no probabilística intencional ya que el MINAM en el protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire en el inciso C.2.2 orientado a la prevención / evaluación de riesgos en la salud ambiental menciona que, el número de estaciones de monitoreo se debe determinar sobre la base del estudio de investigación; recomendando que la localización de estaciones (puntos de monitoreo) sea priorizada en función del riesgo en la salud de la población (MINAM 2019, p. 11).

Asimismo, señala que el parámetro a priorizar en el monitoreo es aquel que tiene mayor incidencia en el área de estudio; también indica que el muestreo se debe llevar a cabo durante la hora donde se presente una mayor actividad en la fuente o fuentes relacionadas al monitoreo (MINAM 2019, pp. 13,87).

3.4. Materiales

3.4.1. Materiales de campo

- Equipo de fotografía: Smartphone marca *Huawei P Smart 2019*.
- Trípode, caja de impingers
- Solución captadora: Trietanolamina para NO₂
- Cooler para soluciones captadores

- Extensión (cable de 25 metros)
- Camioneta marca Toyota para traslado de equipos de monitoreo
- Cadenas de custodia

3.4.2. Materiales de gabinete

- Laptop marca Hp
- Impresora Epson
- Papel bond A4

3.4.3. Instrumentos de recolección de datos

- Tren muestreador de gases (INSTRUMENT COMPANY – YYUN)

3.4.4. Validación de instrumentos:

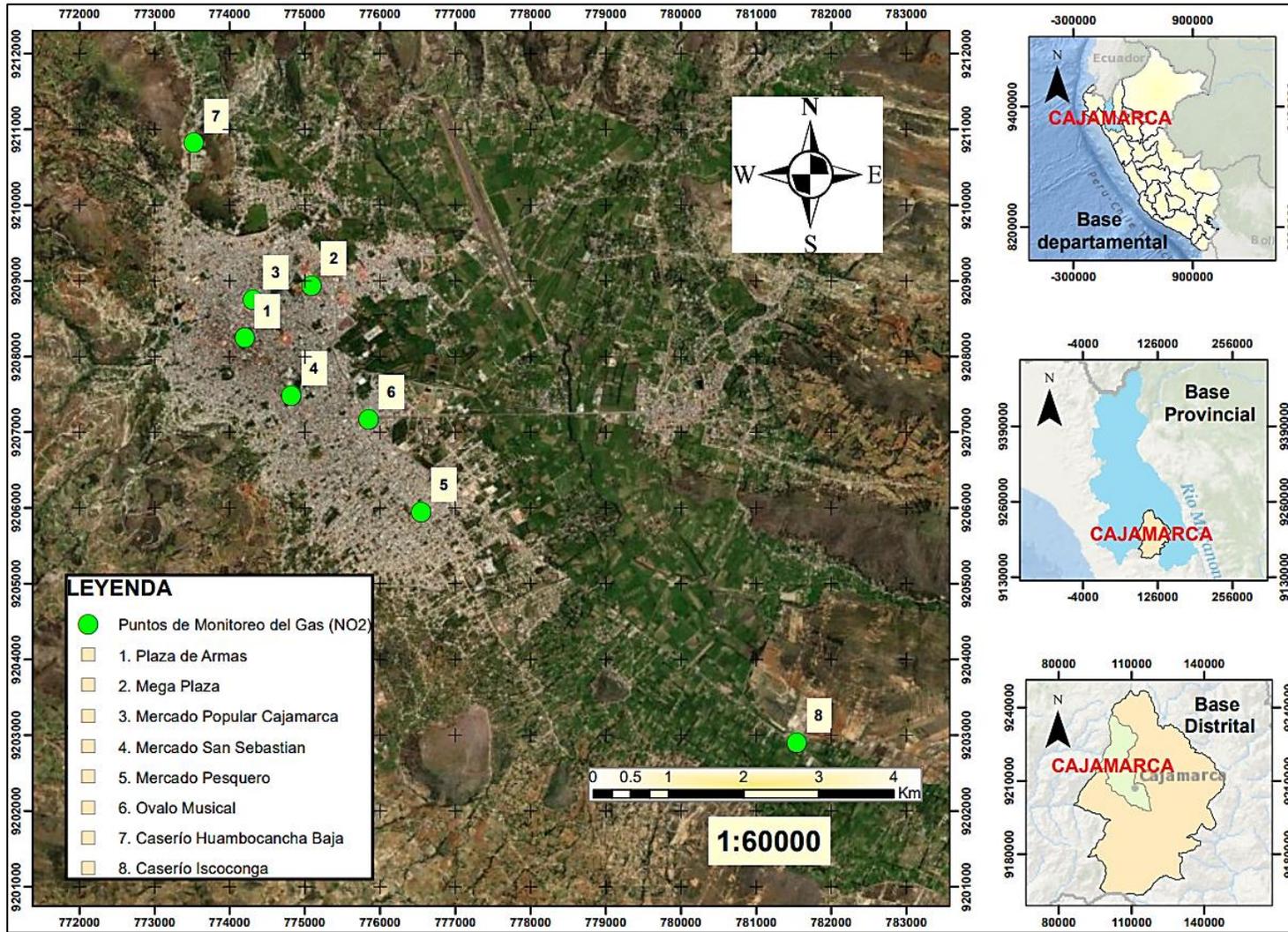
Antes de recolectar las muestras, el instrumento tren muestreador de gases (INSTRUMENT COMPANY - YYUN) fue acreditado y certificado por el Instituto Nacional de Calidad de Aire (INACAL) a través del laboratorio de nombre ANALYTICAL LABORATORY (ALAB) (ver ANEXO IV). Este equipo cuenta con la aprobación de la EPA para realizar mediciones de SO₂ y NO₂, y se encuentra registrado en la lista "List of designated reference and equivalent teams" destinados para métodos de monitoreo equivalentes.

3.5. Metodología

Se tomaron 8 puntos para la recolección de muestras de dióxido de nitrógeno, 6 en la ciudad de Cajamarca y 2 en la zona periurbana; donde se realizaron muestreos horarios cada 6 días por un periodo de 4 meses.

Figura 5

Mapa de puntos de monitoreo en la ciudad de Cajamarca y zona periurbana



3.5.1. Procedimiento del monitoreo:

El monitoreo respecto a los niveles de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire de la ciudad de Cajamarca, se realizó en 3 etapas:

3.5.1.1. Antes del muestreo

Se hizo la recepción de la solución captadora o absorbente del dióxido de nitrógeno enviada por el laboratorio, estando conforme se almacena en el cooler respectivo.

3.5.1.2. Durante el muestreo:

Se hizo la verificación del tren de muestreo, encontrándose conforme se procede a regular la presión del aire de ingreso hacia el rotámetro a un flujo de 0.4 L/min, seguidamente se ubica la solución captadora en el impinger y se instala en el tren de muestreo, programándose la hora inicial, el tiempo de monitoreo en el equipo y se completa los datos de la cadena de custodia.

Finalmente, luego de transcurrido los 60 minutos de monitoreo se procede a retirar las muestras almacenándolas en el cooler respectivo.

Tabla 7

Solución captadora para el NO₂

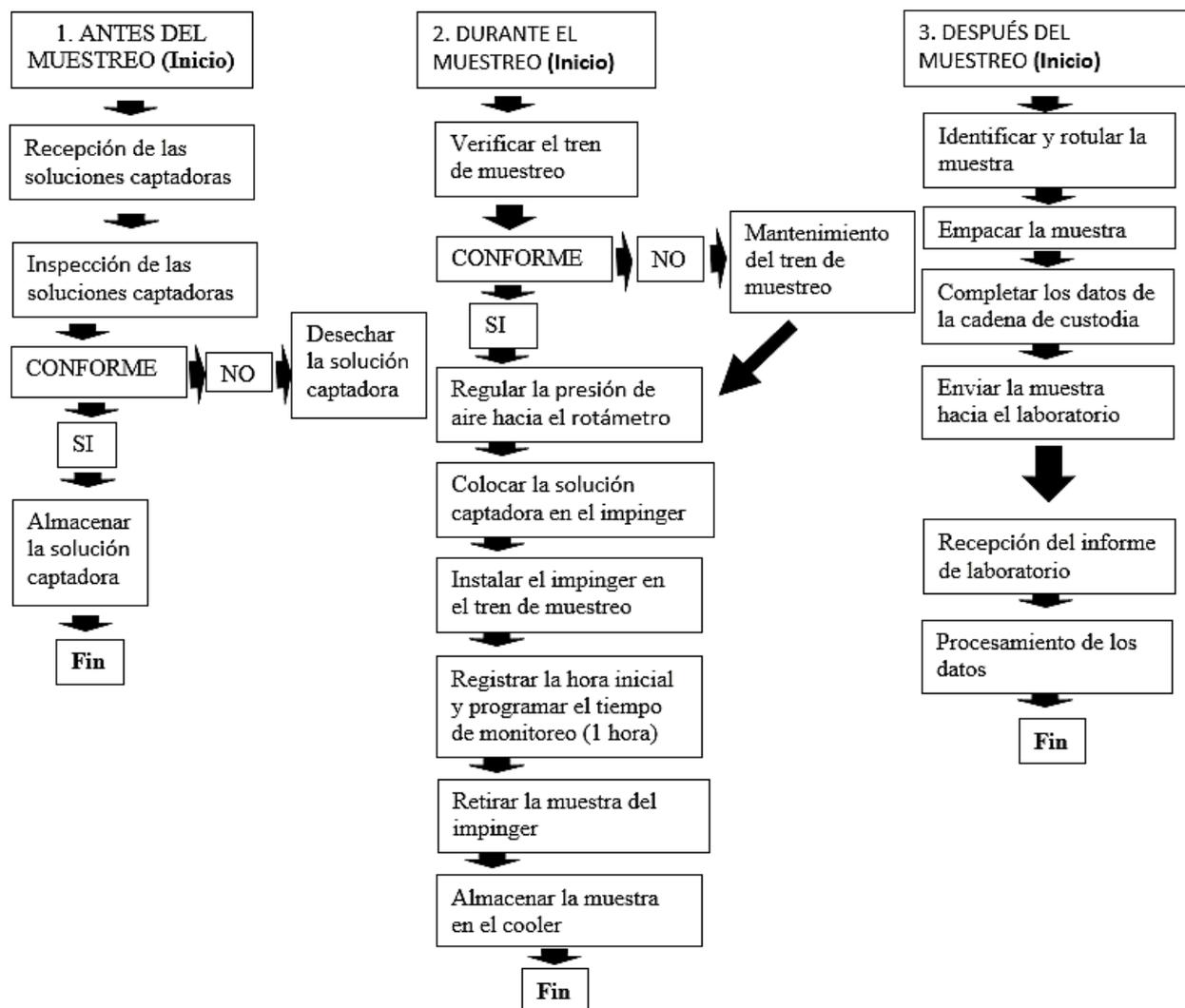
| Parámetro | Solución captadora |
|---|--------------------|
| Dióxido de nitrógeno (NO ₂) | trietanolamina |

3.5.1.3. Después muestreo:

En esta etapa se identificó y rotuló las muestras, empacándolas para su envío a laboratorio para su respectivo análisis, el cual en un plazo máximo de 20 días hábiles emitió el informe correspondiente.

Figura 6

Etapas del muestreo



Fuente: (Justo, 2021, p. 27).

3.5.2. Técnicas de recolección de datos:

3.5.2.1. Estrategia de muestreo:

Las muestras fueron recolectadas utilizando el método equivalente Griezz - Saltzman, el cual consiste en la absorción del objeto de estudio (gas NO_2), a través de una solución captadora en el instrumento de medición (tren muestreador de gases INSTRUMENT COMPANY - YYUN) (MINAM, 2019 p. 36).

3.5.3. Trabajo de campo

3.5.3.1. Identificación de los puntos de muestreo:

Se instaló el equipo de monitoreo en 8 puntos, 6 en la ciudad de Cajamarca y 2 en la zona periurbana (puntos de control). Estos puntos se tomaron en función al riesgo de la población (zonas con mayor tráfico vehicular y peatonal, como: principales avenidas, mercados y centros comerciales); conforme a lo recomendado por el protocolo nacional de monitoreo de la calidad del aire.

3.5.3.2. Medición de las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂):

Se realizó en horas punta durante 01 hora de medición, en los meses septiembre - diciembre del año 2023. Para que el número de muestras sea representativo en cada punto, se hizo 5 repeticiones en cada uno, sumando un total de 40 muestras en todo el proceso de monitoreo.

Tabla 8

Frecuencia de monitoreo de NO₂ en los meses septiembre – diciembre del 2023.

| | Puntos de monitoreo | | | | | | | | Número de muestras |
|-------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | |
| RP | RP1 | RP1 | RP1 | RP1 | RP1 | RP1 | RP1 | RP1 | 8 |
| | RP2 | RP2 | RP2 | RP2 | RP2 | RP2 | RP2 | RP2 | 8 |
| | RP3 | RP3 | RP3 | RP3 | RP3 | RP3 | RP3 | RP3 | 8 |
| | RP4 | RP4 | RP4 | RP4 | RP4 | RP4 | RP4 | RP4 | 8 |
| | RP5 | RP5 | RP5 | RP5 | RP5 | RP5 | RP5 | RP5 | 8 |
| Total | | | | | | | | | 40 |

P: Puntos de monitoreo

RP: Repeticiones

3.5.3.3. Análisis de las muestras:

Se envió las muestras al laboratorio ANALITYCAL LABORATORY E.I.R.L. (ALAB) acreditado y certificado por el Instituto Nacional de Calidad de Aire - INACAL (ver anexo V); ubicado en la Urbanización Miraflores Mz G Lote 17 - II

Etapa, distrito de Castilla, provincia y departamento de Piura para su respectivo análisis.

3.5.4. Trabajo de gabinete

Luego de haber recibido los datos del laboratorio ALAB inicialmente expresados en ug/muestra se procedió a la conversión a ug/m³; estos cálculos se realizaron utilizando datos de los parámetros meteorológicos de la estación convencional Augusto Weberbauer y fueron registrados en una base de datos y organizados de acuerdo a los objetivos de la investigación.

3.5.4.1. Cálculo de las concentraciones de los contaminantes en “μg/m³”:

MINAM (2019) indica que, para comparar los resultados con los ECA de aire, las concentraciones deben estar en unidades de microgramos por metro cúbico (μg/m³), por lo que se realizó los siguientes pasos:

Paso 1. Obtención de los resultados emitidos por el laboratorio en “μg/muestra”

Paso 2. Aplicación de la ecuación de volumen estándar

$$V_{\text{std}} = (V_a) * \left(\frac{P_a}{P_{\text{std}}} \right) \left(\frac{T_{\text{std}}}{T_a} \right)$$

Donde:

- V_{std} : Volumen estándar de la muestra (m³)
- V_a : Volumen actual de la muestra (m³), en términos de temperatura ambiental y presión atmosférica promedio, medidas durante el periodo de muestreo
- P_a : Presión atmosférica promedio del periodo de muestreo (kPa, mmHg o atm)
- T_a : Temperatura ambiental promedio (K), medida durante el periodo de muestreo

- T_{std} : Temperatura estándar (K) = 298 Kelvin
- P_{std} : Presión estándar = 101.3 kPa, 760 mmHg = 1 atm.

$$V_a = (Q_a) (t)$$

Donde:

- Q_a : Flujo de muestreo promedio, en m^3/min
- t : Tiempo o periodo de muestreo en minutos

Paso 3. Se dividió el resultado del laboratorio con el volumen estándar, obteniendo la concentración en “ $\mu g/m^3$ ” (p. 68-70)

3.5.5. Técnicas de procesamiento de análisis de datos

Con ayuda de los programas (Excel, Word, PowerPoint), se analizaron los resultados promedios con los estándares de calidad ambiental para aire vigentes, establecidos según decreto supremo N° 003-2017-MINAM.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico descriptivo, el cual se evaluó mediante herramientas de síntesis como tablas y gráficos de boxplot. Además, se utilizó estadísticos de análisis cuantitativos, como: la prueba de análisis de la varianza de un factor (ANOVA), en la que se documentó los diferentes puntos monitoreados; y para identificar las diferencias significativas entre los puntos de monitoreo se usó el método de Tukey, el cual nos permitió comparar pares de medias a fin de determinar si existe o no diferencias significativas.

Con los valores de los resultados obtenidos se realizó mapas de dispersión de las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO_2) presentes en el aire de la ciudad de Cajamarca con ayuda de ArcMap 10.8.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en diferentes puntos de la ciudad de Cajamarca

Con los informes del laboratorio emitidos por (ALAB) ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L. (ver ANEXO III), los datos de las concentraciones del contaminante dióxido de nitrógeno (NO₂), inicialmente expresados en “µg/muestra” fueron calculados a “µg/m³” para facilitar una correcta interpretación del comportamiento del contaminante, obteniendo los siguientes resultados (ver tabla 9).

MINAM (2019) en el protocolo nacional de la calidad ambiental del aire (D.S. N° 010-2019-MINAM) también menciona que, para realizar cálculos apropiados se requiere de la información de los parámetros meteorológicos; datos que han sido obtenidos de la estación meteorológica convencional Augusto Weberbauer (ver ANEXO I)

Tabla 9

Concentración de dióxido de nitrógeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) obtenidos en los 8 puntos de monitoreo

| Muestras | Puntos de Monitoreo | | | | | | | |
|----------|---------------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 |
| 1 | 28 | 30 | 31 | 29 | 29 | 31 | 10 | 7 |
| 2 | 27 | 30 | 32 | 29 | 31 | 32 | 10 | 7 |
| 3 | 27 | 31 | 32 | 29 | 30 | 32 | 9 | 8 |
| 4 | 27 | 31 | 32 | 28 | 30 | 33 | 10 | 8 |
| 5 | 28 | 31 | 31 | 29 | 30 | 32 | 10 | 8 |
| Total | 137 | 153 | 158 | 144 | 150 | 160 | 49 | 38 |
| Promedio | 27.4 | 30.6 | 31.6 | 28.8 | 30 | 32 | 9.8 | 7.6 |

Luego de analizar los resultados en los 8 puntos críticos monitoreados, se observa en la tabla 9 que los valores del parámetro evaluado (NO_2) son relativamente bajos: registrando el valor promedio máximo en el punto crítico ovalo musical “P6” con $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$; mientras que en el punto crítico mercado popular Cajamarca “P3” fue menor, teniendo como promedio $31.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En cambio, los puntos de control “P7 y P8” (caserío Huambocancha Baja y caserío Iscoconga) presentaron una menor concentración, con promedios de 9.8 y $7.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente; en estos puntos el movimiento de transporte vehicular fue de leve a moderado en las horas de monitoreo y solamente se generaban actividades propias de los caseríos.

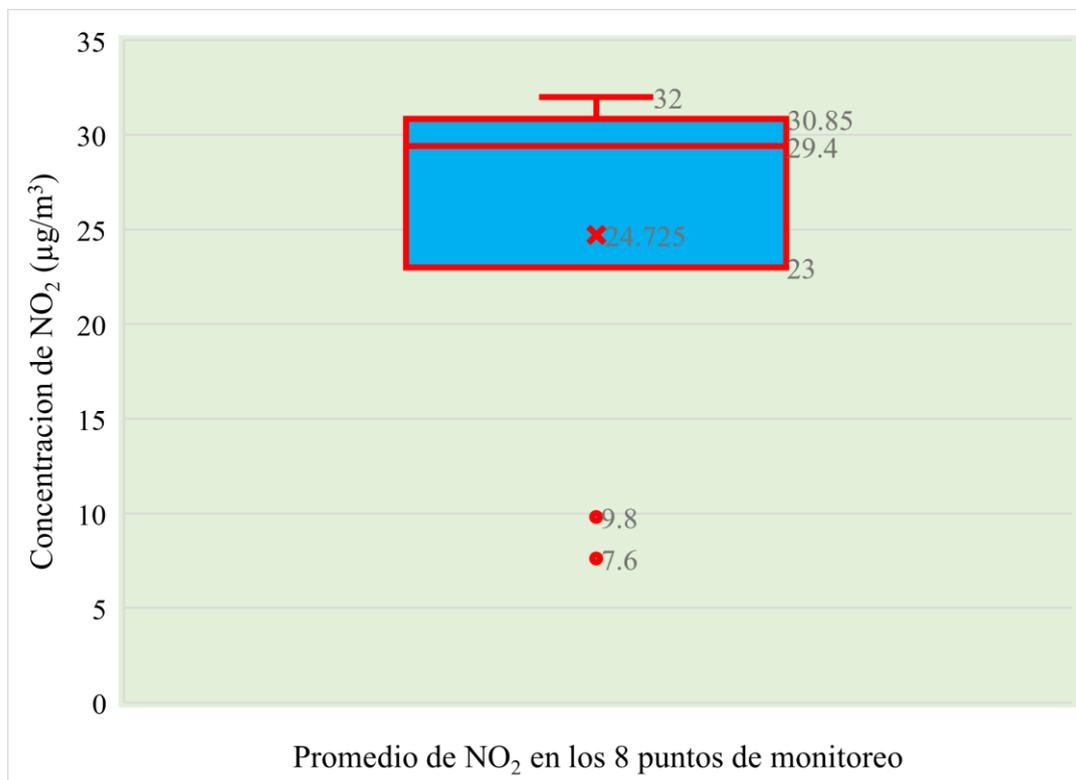
Los demás puntos presentaron concentraciones que varían desde los $7.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hasta los $30.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El nivel de concentración más alto de NO_2 encontrado en el punto crítico ovalo musical “P6” es debido a que es una intersección de alto flujo vehicular, donde se conectan vehículos urbanos, provinciales y rurales. Por otro lado, el punto crítico mercado popular Cajamarca también presenta elevadas concentraciones respecto a los demás puntos, ya que es un área con gran aglomeración peatonal debido al comercio ambulatorio y también es ruta de todas las empresas de transporte público. Esto se ajusta a lo señalado por (Sanchez et al., 2014, p. 22) quienes afirman que, las fuentes móviles con motores de

combustión generan o pueden generar gran cantidad de dióxidos de nitrógeno (NO_2) a través del tubo de escape durante la combustión.

Figura 7

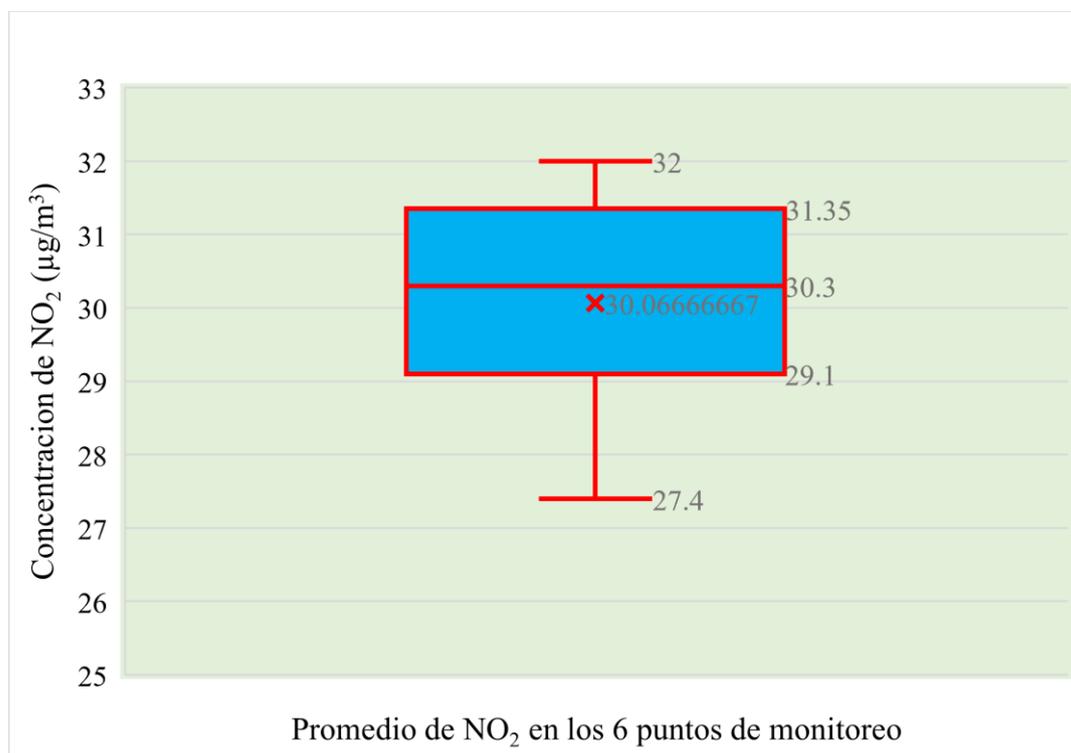
Concentración promedio de dióxido de nitrógeno en los 8 puntos de monitoreo



En la figura 7 se presenta el valor promedio de los niveles de concentración de NO_2 respecto a los 8 puntos monitoreados, el cual fue de $24.725 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo, al incluir resultados de los puntos control (zona periurbana), estos se identificaron como valores atípicos (resultados bajos de 9.8 y $7.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente). En este sentido Arias y Covinos (2021) señalan que, dichas concentraciones pueden tener un efecto desigual respecto a los demás resultados (conjunto de datos).

Figura 8

Concentración promedio de dióxido de nitrógeno en los 6 puntos de monitoreo - dentro de la ciudad de Cajamarca



Considerando únicamente los 6 puntos críticos monitoreados dentro de la ciudad de Cajamarca; el valor promedio fue de $30.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ver figura 8), el cual nos señala que hubo un aumento en más de 10 unidades de μg por m^3 en los últimos años, mostrando resultados similares a los reportados por el MINAM (2014); donde la concentración de dióxido de nitrógeno en la ciudad de Cajamarca alcanzó un valor de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ver figura 1).

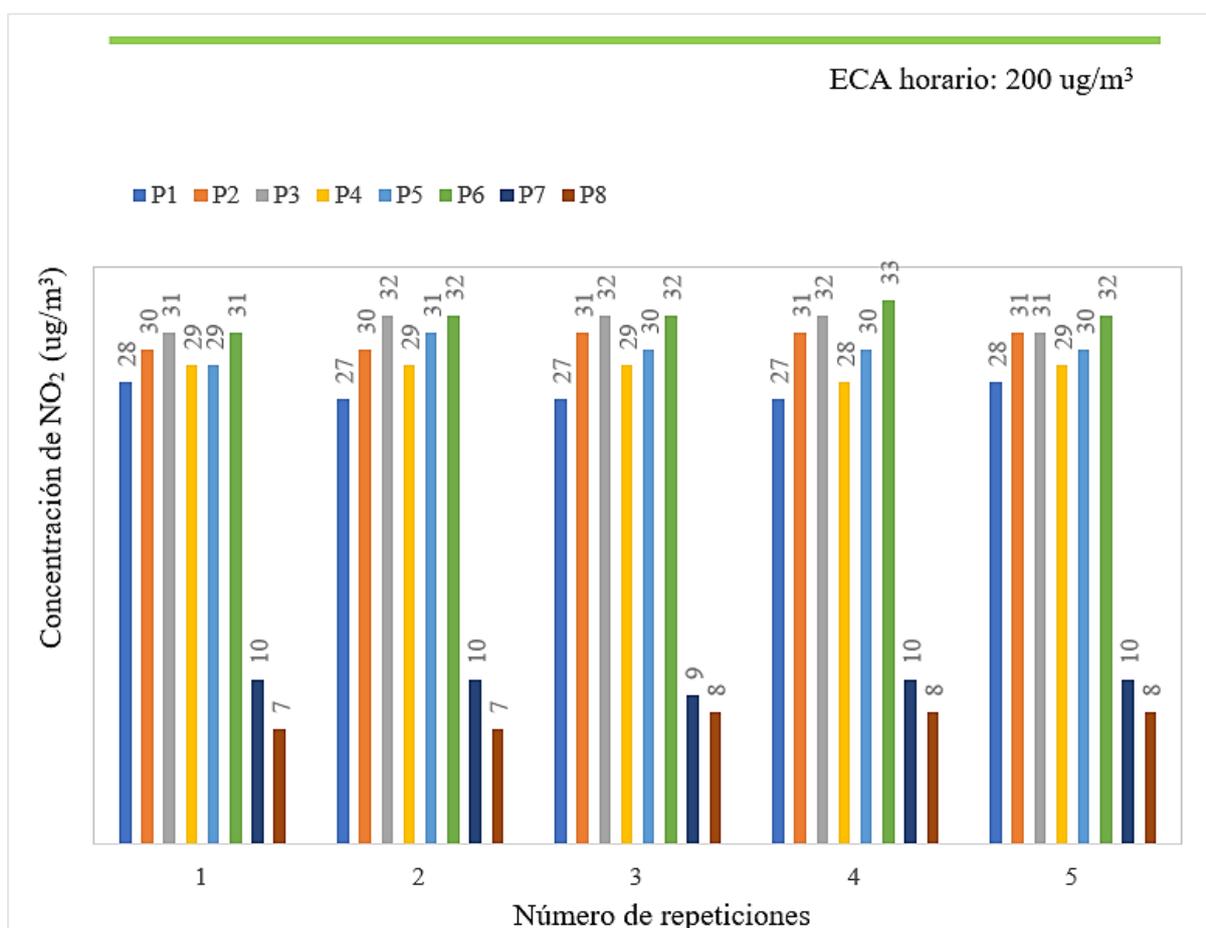
El incremento del nivel de concentración de NO_2 en la ciudad de Cajamarca se debe al aumento de la densidad poblacional y vehicular en los últimos años (MINAM, 2014, p.21). Aunque aún es baja la concentración de este contaminante en la atmósfera cajamarquina y no presenta altos riesgos a la salud y el medio ambiente, se debe tener un especial cuidado para que los valores no se incrementen, ya que a altos niveles de

concentración de NO_2 en el aire provocan problemas respiratorios, oculares, enfermedades cardíacas, derrames cerebrales y cáncer de pulmón, lo que tiene un mayor impacto en poblaciones vulnerables como niños, adultos mayores y mujeres embarazadas, además causa problemas al medio ambiente (OMS, 2022, p. 3).

4.2. Comparación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO_2) presentes en el aire de la ciudad de Cajamarca con los estándares de calidad ambiental (ECA) para aire

Figura 9

Comparación de la concentración horaria del dióxido de nitrógeno con el ECA horario.



En la figura 9, se presenta los valores de concentración del NO_2 en la ciudad de Cajamarca de cada punto monitoreado, la cual en ninguna muestra horaria tomada cada 6

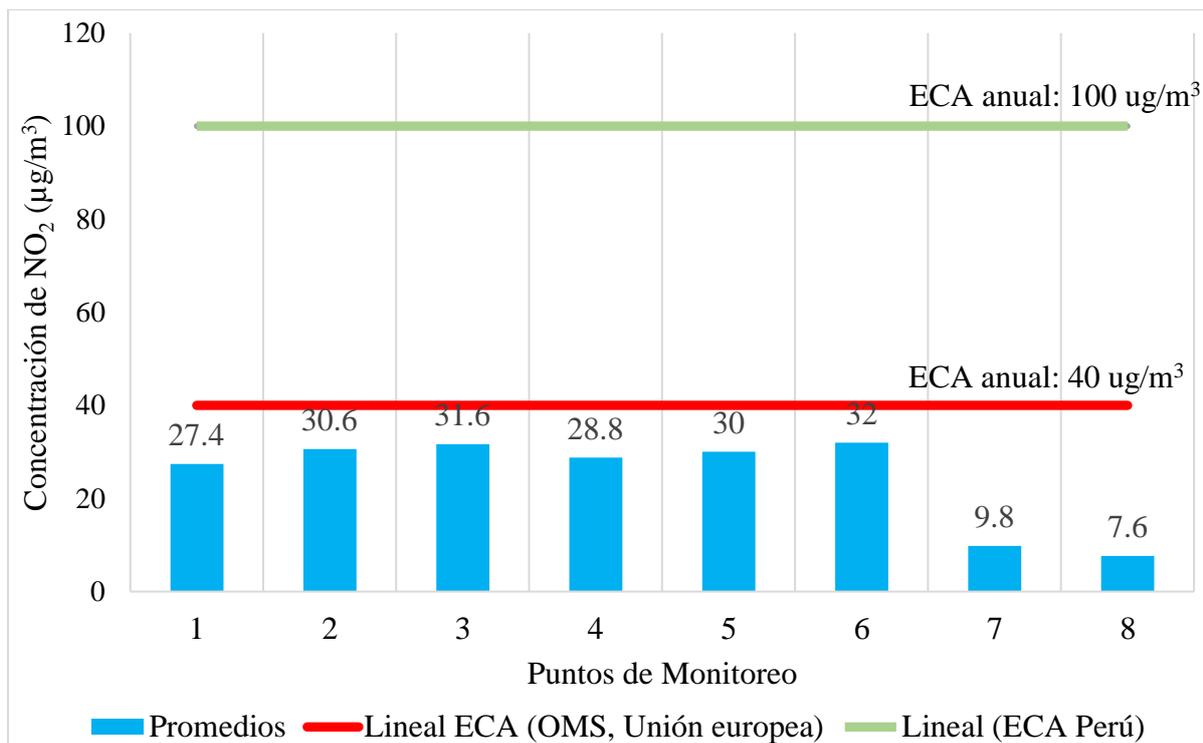
días sobrepasó el estándar de calidad ambiental para el aire ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) establecidos según el D.S. N° 003-2017.

Los resultados de concentración del dióxido de nitrógeno (NO_2), en los meses septiembre – diciembre del año 2023 de los ocho puntos de monitoreo en la ciudad de Cajamarca son relativamente bajos en comparación al ECA horario ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$); debido a la inestabilidad del gas en la atmósfera, ya que el monitoreo se realizó durante el día, momento en el que rápidamente desaparece el dióxido de nitrógeno al reaccionar con la luz solar (proceso de oxidación), convirtiéndose en otros compuestos químicos. Según Galán y Fernández (2006) esto se debe a que, durante las horas de luz diurnas el dióxido de nitrógeno NO_2 sufre un proceso de reconversión a monóxido de nitrógeno “NO”, como resultado de la fotólisis, lo que permite la formación de ozono “ O_3 ”; y solo una pequeña fracción del “NO” generado según la reacción del “ NO_2 ” con la luz solar puede reaccionar con el radical hidropéroxido “ HO_2 ” u otro radical péroxido, regenerando “ NO_2 ” y facilitando la formación del ácido nítrico “ HNO_3 ”, ácido peroxinítrico “ HO_2NO_2 ” y ácido nitroso “HONO” al reaccionar con el agua (p. 93).

Esto se alinea con el estudio de Gonzáles (2018) donde afirma que, aunque no se entre en escenarios de alta contaminación, se está exponiendo a valores que pueden poner en riesgo la salud de los ciudadanos; y teniendo en cuenta los valores mínimos obtenidos, se determina que en dichos lugares la concentración por NO_2 es baja debido a que los caseríos aún están rodeados de vegetación que, durante el proceso de la fotosíntesis ayudan a capturar gases contaminantes provenientes de la ciudad.

Figura 10

Comparación de la concentración promedio de dióxido de nitrógeno con el ECA anual.



En la figura 10 se observa la concentración promedio anual de dióxido de nitrógeno; los cual no sobrepasaron el estándar de calidad ambiental anual para aire de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ECA Perú) y 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ECA OMS, Unión europea), obteniendo resultados aceptables, lo que implica que en estos lugares no se presenta alta contaminación atmosférica y que, por el momento, la población no está expuesta a elevados niveles de concentración de NO_2 . Similarmente, al estudio de Castañeda y Lara (2021), donde encontraron al NO_2 dentro de los límites que establece la “DIGESA” (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y la “OMS” (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Pero, si analizamos el valor máximo promedio anual (32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el P6), este corresponde al 32% del ECA anual Perú o al 80% del ECA anual OMS y Unión europea. A pesar de que no se alcanza niveles de alta contaminación atmosférica en nuestro país, se considera que la exposición prolongada a concentración por debajo los 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ puede

tener un efecto ligeramente irritante; provocando enfermedades respiratorias en niños, adultos mayores y personas sensibles a las malas condiciones de calidad de aire (NIOSH, 2024, p. 1).

Por otro lado, según normativas internacionales, al 80% ECA anual varios estudios en Madrid – España han demostrado que las personas con asma y enfermedades crónicas experimentan efectos negativos incluso a bajas concentraciones de NO₂. Los niños de 2 a 3 años también presentan síntomas de bronquitis a concentraciones inferiores a los 18.8 ug/m³; mientras que los niños de 5 a 15 años pueden mostrar aparición de síntomas leves respiratorios a concentraciones promedio que oscilan entre los 14 ug/m³ y 27 ug/m³ (Delgado, 2005, p. 69). Por tanto, debido a la existencia de este gas contaminante es esencial concientizar a la población sobre el impacto que puede causar estas emisiones al incrementarse, con la finalidad de controlar estas emisiones; ya que la calidad de aire es importante porque cada persona respira en promedio más de 3000 galones de aire al día es decir más de 2 galones por minuto (Lino, 2016, p. 16).

4.2.1. Prueba estadística de análisis de varianza (ANOVA) y TUKEY

En base a la tabla 9, para comprobar estadísticamente si existen diferencias significativas entre las medias de los promedios de cada punto monitoreado se utilizó la prueba de ANOVA o análisis de varianza, debido a que permite comparar medias de tres a más grupos, tomando un nivel de significancia estándar de ($\alpha=0.05$) o un nivel de confianza del 95 %.

El uso de ANOVA también permite determinar si al menos una de las medias de los grupos es significativamente diferente de las demás.

Tabla 10

Resumen de los promedios ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de los 8 puntos monitoreados

| Grupos | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| P1 | 5 | 137 | 27.4 | 0.3 |
| P2 | 5 | 153 | 30.6 | 0.3 |
| P3 | 5 | 158 | 31.6 | 0.3 |
| P4 | 5 | 144 | 28.8 | 0.2 |
| P5 | 5 | 150 | 30 | 0.5 |
| P6 | 5 | 160 | 32 | 0.5 |
| P7 | 5 | 49 | 9.8 | 0.2 |
| P8 | 5 | 38 | 7.6 | 0.3 |

Como se puede observar en la tabla 10 existen diferencias de los promedios según niveles de concentración entre los puntos P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8. Estos resultados indican que la concentración del NO_2 varían en función a las fuentes de emisión de cada punto de monitoreo.

Tabla 11

Resultado del estadístico análisis de varianza (ANOVA) según niveles de concentración

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F | Probabilidad | Valor crítico para F | Coefficiente de Variabilidad (CV) |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|------------------------|-----------------------------|--|
| Entre grupos | 3511.575 | 7 | 501.654 | <u>1543.549</u> | 1.3231E ⁻³⁸ | <u>2.313</u> | 2.31% |
| Dentro de los grupos | 10.4 | 32 | 0.325 | | | | |
| Total | 3521.975 | 39 | | | | | |

De acuerdo al análisis de varianza, en la tabla 11 se observa que el valor F calculado es mayor al valor crítico ($F_o > F_{(\alpha, K-1, N-K)}$) por lo que existen suficientes evidencias estadísticas para afirmar que los niveles de concentración son diferentes entre los 8 puntos de monitoreo. Además, la probabilidad (1.323E^{-38}) es menor al nivel

de significancia ($\alpha=0.05$) por lo que se establece que a un nivel de significación de 0.05 al menos para un punto hay diferencias entre las medias. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad 2.31 % indica que los niveles de concentración de dióxido de nitrógeno en el aire de la ciudad de Cajamarca presentan una variabilidad baja en los puntos tomados dentro de la ciudad y una alta variabilidad en los puntos control tomados en la zona periurbana.

Para conocer en que grupos (puntos de monitoreo) hay diferencias y en cuales no, acudimos al método de Tukey, ya que nos permite comparar pares de medias a fin de determinar si existe o no existe diferencias significativas entre esos pares.

Tabla 12

Resultado del estadístico prueba de Tukey según niveles de concentración

| Diferencia poblacional | Diferencia muestral | Decisión | Diferencia poblacional | Diferencia muestral | Decisión |
|-------------------------------|----------------------------|------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------|
| $\mu_{P1} - \mu_{P2}$ | 3.20 | Significativa | $\mu_{P3} - \mu_{P5}$ | 1.6 | Significativa |
| $\mu_{P1} - \mu_{P3}$ | 4.20 | Significativa | $\mu_{P3} - \mu_{P6}$ | <u>0.4</u> | No significativa |
| $\mu_{P1} - \mu_{P4}$ | 1.40 | Significativa | $\mu_{P3} - \mu_{P7}$ | 21.8 | Significativa |
| $\mu_{P1} - \mu_{P5}$ | 2.60 | Significativa | $\mu_{P3} - \mu_{P8}$ | 24 | Significativa |
| $\mu_{P1} - \mu_{P6}$ | 4.60 | Significativa | $\mu_{P4} - \mu_{P5}$ | 1.2 | Significativa |
| $\mu_{P1} - \mu_{P7}$ | 17.60 | Significativa | $\mu_{P4} - \mu_{P6}$ | 3.2 | Significativa |
| $\mu_{P1} - \mu_{P8}$ | 19.8 | Significativa | $\mu_{P4} - \mu_{P7}$ | 19 | Significativa |
| $\mu_{P2} - \mu_{P3}$ | <u>1</u> | No significativa | $\mu_{P4} - \mu_{P8}$ | 21.2 | Significativa |
| $\mu_{P2} - \mu_{P4}$ | 1.8 | Significativa | $\mu_{P5} - \mu_{P6}$ | 2 | Significativa |
| $\mu_{P2} - \mu_{P5}$ | <u>0.6</u> | No significativa | $\mu_{P5} - \mu_{P7}$ | 20.2 | Significativa |
| $\mu_{P2} - \mu_{P6}$ | 1.4 | Significativa | $\mu_{P5} - \mu_{P8}$ | 22.4 | Significativa |
| $\mu_{P2} - \mu_{P7}$ | 20.8 | Significativa | $\mu_{P6} - \mu_{P7}$ | 22.2 | Significativa |
| $\mu_{P2} - \mu_{P8}$ | 23 | Significativa | $\mu_{P6} - \mu_{P8}$ | 24.4 | Significativa |
| $\mu_{P3} - \mu_{P4}$ | 2.8 | Significativa | $\mu_{P7} - \mu_{P8}$ | 2.2 | Significativa |

Luego de calcular el valor Tukey ($T_{\alpha}=1.17$) y los valores absolutos de las diferencias de los pares de medias, se concluye que los únicos pares de medias que no muestran diferencias

significativas son: $\mu_{P2} - \mu_{P3}$; $\mu_{P2} - \mu_{P5}$; $\mu_{P3} - \mu_{P6}$, con diferencias absolutas de 1, 0.6 y 0.4 respectivamente, las cuales son inferiores al valor Tukey calculado.

4.3. Mapas de dispersión de las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂) presentes en el aire de la ciudad de Cajamarca.

En la figura 11, se presenta la dirección predominante del viento durante la ejecución del trabajo de investigación, la cual fue de Sureste a Noroeste siendo paralela a la ciudad de Cajamarca.

De los resultados de las concentraciones promedio de dióxido de nitrógeno (NO₂) se puede evidenciar que los niveles de concentración de dióxido de nitrógeno en la atmósfera cajamarquina no son lo suficientemente altos como para generar una acumulación significativa del mismo en la ciudad. Además (Nikoláievich y Parra, 2011, p. 41) aclaran que, los fenómenos meteorológicos locales influyen significativamente con la dirección predominante del viento, el cual fue de Sureste a Noroeste “SE – NO”.

Por tanto, las condiciones topográficas favorecen la dirección del viento en la cuenca atmosférica de la ciudad de Cajamarca, lo cual influye directamente en la dispersión del contaminante NO₂. La geográfica también favorece la circulación del aire facilitando el movimiento del contaminante hacia áreas más amplias, lo que reduce la concentración de NO₂ en puntos específicos de la ciudad.

Figura 12

Dirección del viento respecto a la ciudad de Cajamarca

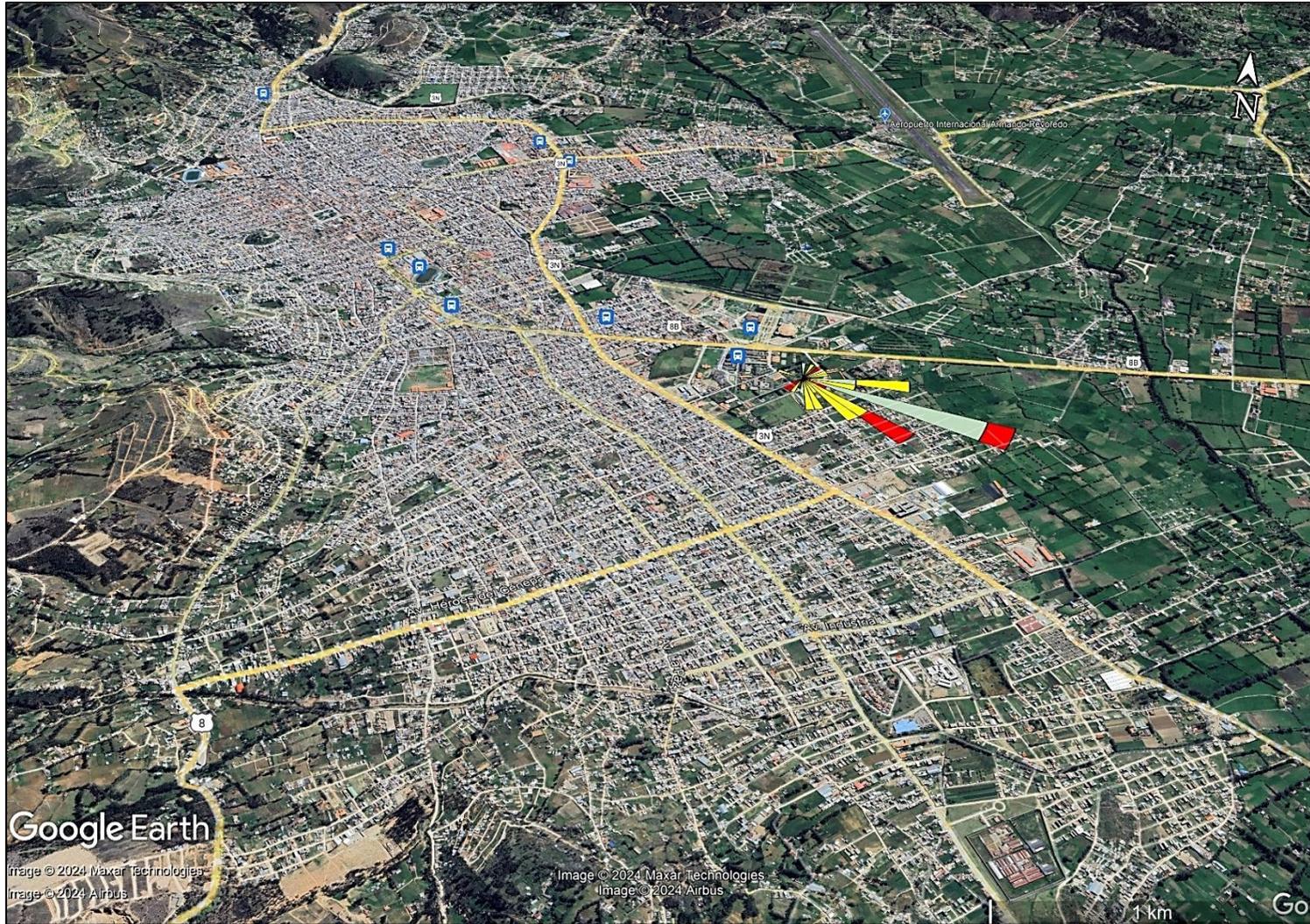


Figura 13

Mapa de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire de la ciudad de Cajamarca

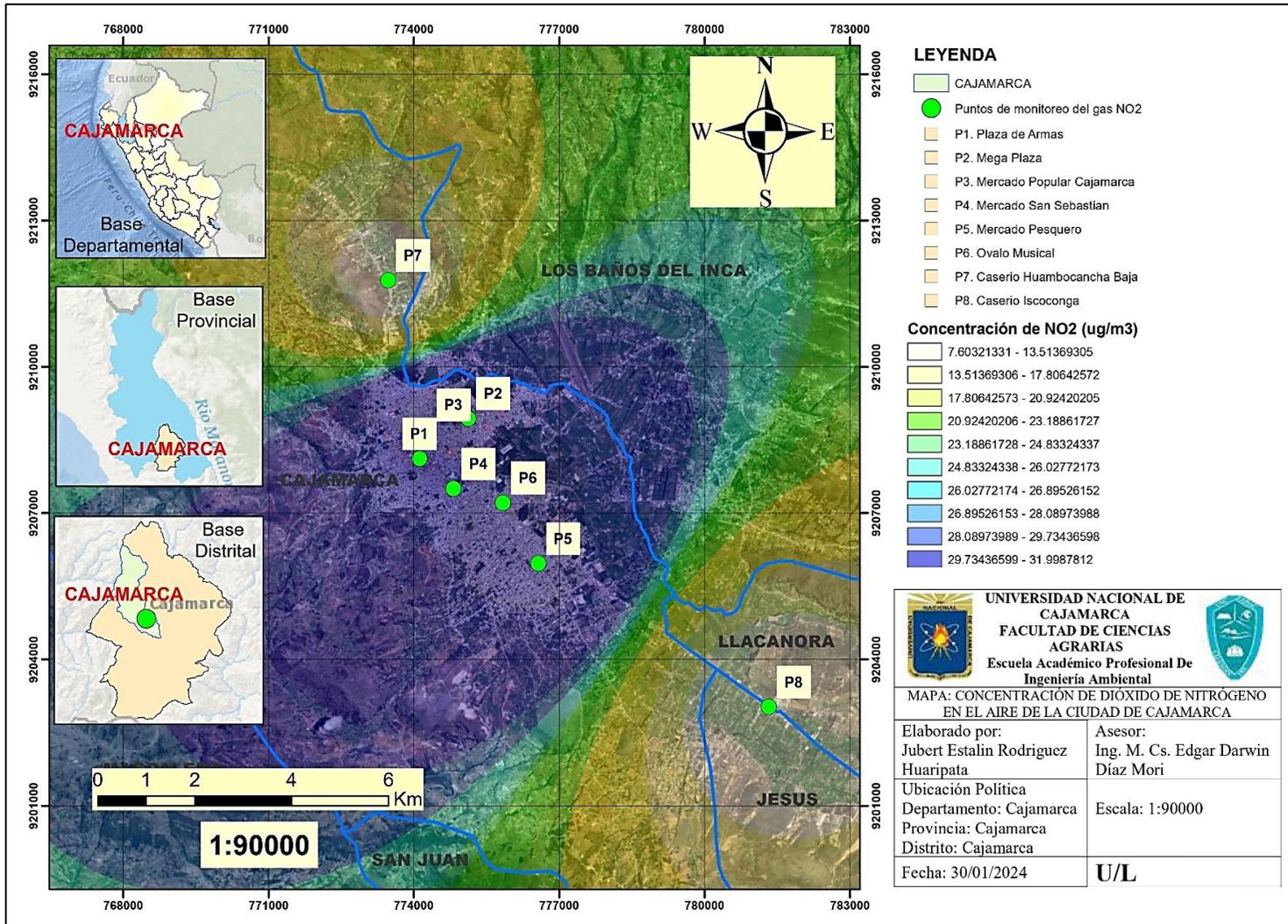
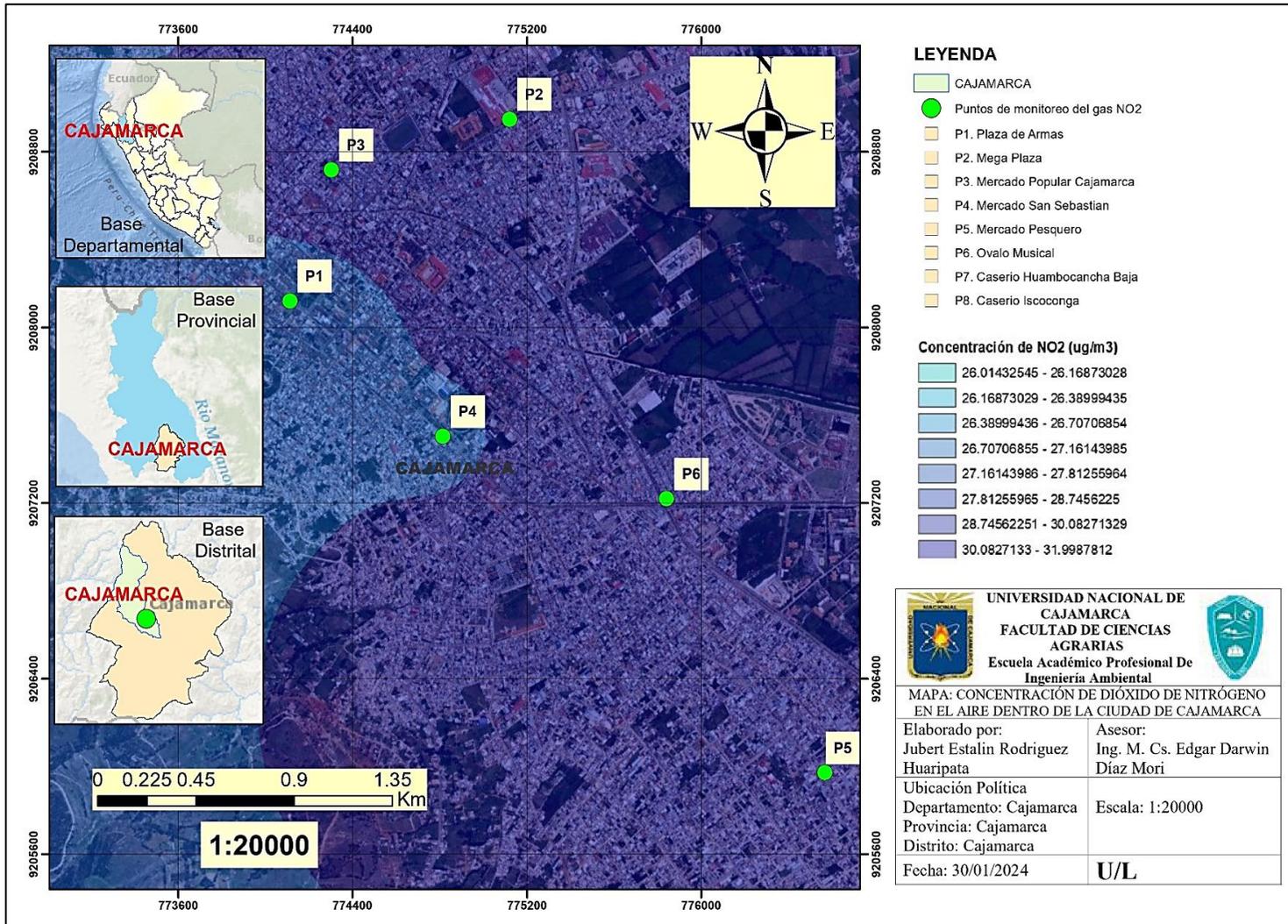


Figura 14

Mapa de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire dentro de la ciudad de Cajamarca



Luego de procesar la información en el ArcMap 10.8; de los datos promedio obtenidos de los 6 puntos monitoreados dentro de la ciudad de Cajamarca, podemos ver en la figura 14 que la concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2) es más alta en los puntos: mercado popular P3 ($31.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y ovalo musical P6 ($32 \mu\text{g}/\text{m}^3$), seguidos por los puntos P2 y P5 con concentraciones de 30.6 y $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Estas concentraciones se acumulan más en la ciudad debido al congestionamiento de vehículos y personas en una misma área. Por otro lado (Romero et al., 2006, p. 6) señala que, es importante controlar las emisiones de NO_2 ; porque la acumulación de este gas, su baja densidad y en contacto con el agua de la atmósfera genera las lluvias ácidas; afectando en las ciudades, el deterioro del aspecto externo de los monumentos al depositarse sobre ellos y en los caseríos aledaños a la agricultura y la ganadería

En la figura 15 se puede apreciar menor concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2) en el P7; por lo tanto, hay mayor dispersión de dicho contaminante, registrando un valor promedio de $9.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Así mismo (Nikoláievich y Parra, 2011, p. 41) afirman que, la dispersión de los contaminantes liberados al ambiente (aire) dependen de los fenómenos meteorológicos locales (rapidez y dirección de los vientos, turbulencia y estabilidad atmosférica) y de la topografía de la región; que al interactuar con el viento, éstas emisiones se dispersan a medida que se alejan de la fuente de emisión.

Las emisiones de dióxido de nitrógeno pueden mantenerse en el aire varios días y ser transportadas a miles de kilómetros; y al convertirse en ácido nítrico a través de reacciones químicas en la atmósfera, este gas contaminante se deposita en el ambiente generando alteraciones que provocan graves daños a los cuerpos de agua dulce, bosques, suelos y ecosistemas naturales sensibles a la acidificación (Delgado, 2005, p.70).

Figura 15

Mapa de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire del Noroeste de la ciudad de Cajamarca

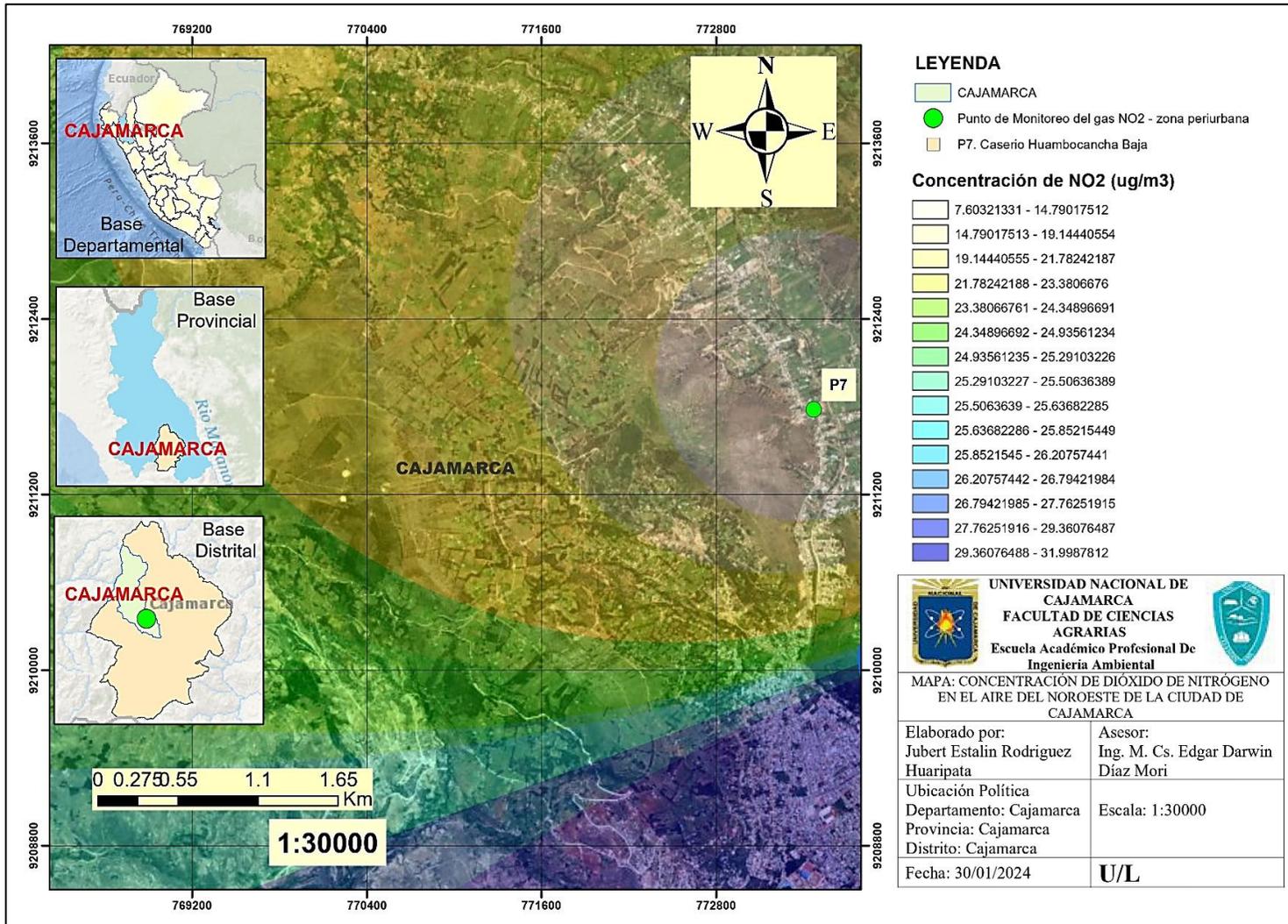
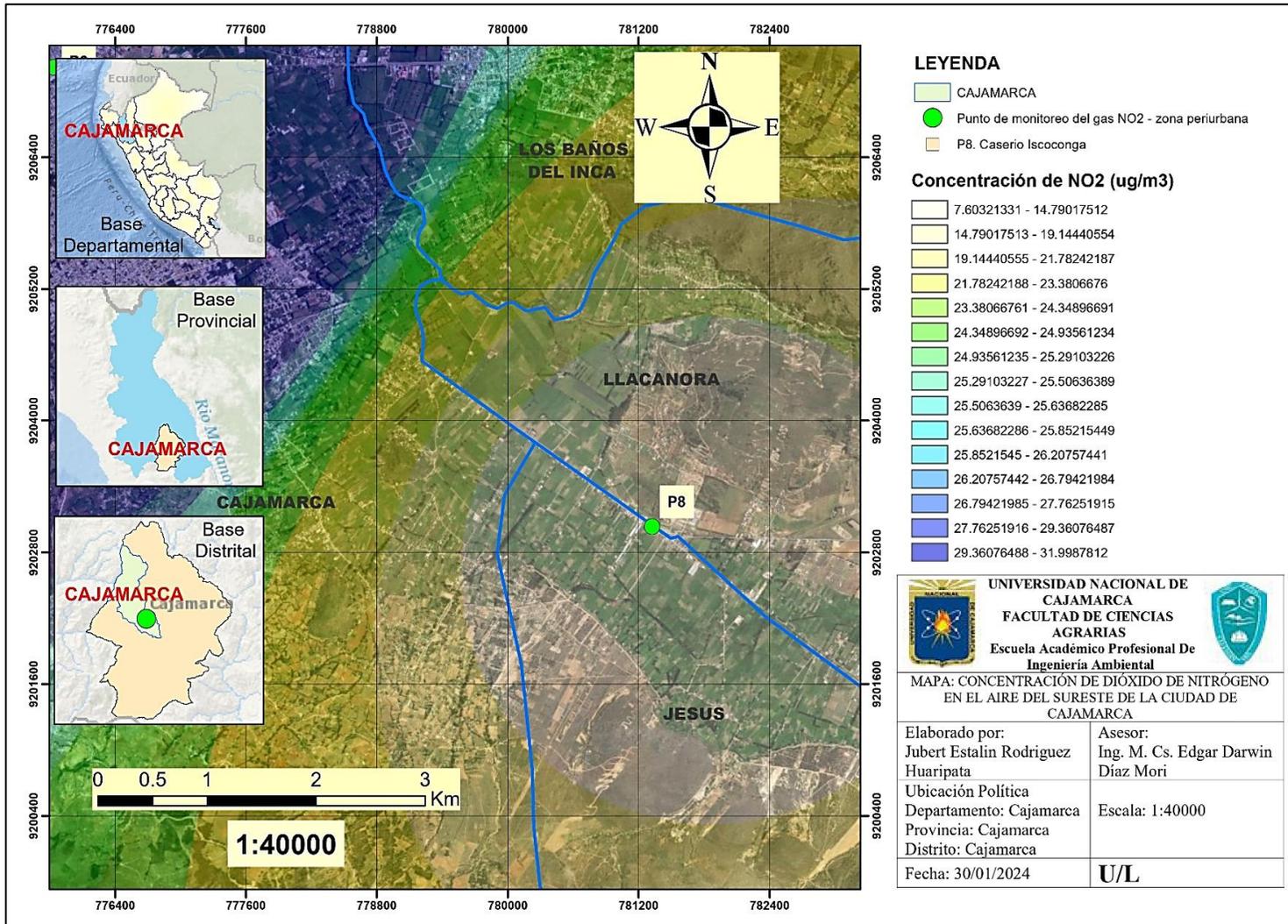


Figura 16

Mapa de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire del Sureste de la ciudad de Cajamarca



En la figura 16 se observa también que en el P8 presenta mayor dispersión respecto al P7 con una concentración promedio de $7.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, debido a que el viento sopla del P8 al P7. En el punto P8 la concentración es menor porque el contaminante únicamente llega a través de los vientos provenientes de los distritos de Jesús y Llacanora, mientras que al P7 llegan las concentraciones de NO_2 con los vientos provenientes de los distritos de Baños del Inca y de la ciudad de Cajamarca, con dirección hacia los distritos de Magdalena y caseríos de la misma Cajamarca (ver figura 13), determinando así que, a mayor concentración existe menor dispersión y a menor concentración mayor dispersión del gas debido a que está influida por los movimientos del aire en la micro y mesoescala (Nikolaevich y Parra, 2011, p. 41), además la química atmosférica de los compuestos del nitrógeno es compleja y varía según la presencia de otros contaminantes y factores climáticos (Nikolaevich y Parra, 2011, p. 36).

Coincidiendo con (Porta et al., 2018, p. 132) donde menciona que, la condición inestable con la que se dispersa el aire contaminado en la atmósfera también está influenciada por las condiciones meteorológicas de un lugar. Cabe mencionar que a medida que aumenta la distancia respecto a la ciudad y al aumentar la vegetación las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO_2) disminuyen, reduciendo el grado de contaminación en la atmósfera.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO_2) en los diferentes puntos de la ciudad de Cajamarca son: P1=27.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; P2=30.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; P3=31.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; P4=28.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; P5=30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; P6=32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; P7=9.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; P8=7.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO_2) presentes en el aire de la ciudad de Cajamarca se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para aire “ECA” establecidos por el DS-003-2017-MINAM; representando al 80% del ECA anual recomendado por la OMS y Unión europea.
- Los mapas de dispersión de las concentraciones del dióxido de nitrógeno (NO_2) en el aire de la ciudad de Cajamarca, registran a los puntos P2, P3 y P6 una mayor concentración de NO_2 (ver figura 14), y a los puntos P7 (NO de la ciudad) y P8 (SE de la ciudad) una menor concentración (ver figura 15 - 16), debido a la inestabilidad del NO_2 en la atmósfera y a los factores climáticos del lugar.

5.2. Recomendaciones

- Continuar con las investigaciones de la calidad del aire y evaluar el comportamiento de los demás contaminantes criterio tales como: SO_2 , CO y O_3 en puntos críticos de la

ciudad de Cajamarca, para contribuir a la información de la calidad del aire y establecer medidas de control frente a estas concentraciones, ya que su presencia a largo plazo, podría ser peligroso para la salud de la población y el ecosistema.

- Para futuras investigaciones, se sugiere realizar la toma de muestras de NO₂ en época seca y en horas punta durante el ciclo nocturno, ya que en ausencia de la luz solar los niveles de reacción del dióxido de nitrógeno son más bajos y no es capaz de fotodisociarse rápidamente, lo que favorece la estabilidad y acumulación del gas durante periodos más prolongados. De este modo, se podrán encontrar resultados más precisos y facilitará la comparación de las concentraciones (ug/m³) durante el día y la noche.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Alva Huamán, D. A. (2018). *Concentracion de material particulado, Monoxido de Carbono, Dioxido de Azufre y Dioxido de Nitrogeno* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional.
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3523/CONCENTRACION%20DE%20MATERIAL%20PARTICULADO,%20MONÓXIDO%20DE%20CARBONO,%20DIÓXIDO%20DE%20AZUFRE%20Y%20DIÓXIDO%20DE%20NITRÓG.pdf?sequence=1>
- Arias Gonzáles, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). *Diseño y metodologia de la investigacion* (Primera ed., Vol. 1). Arequipa: Enfoques Consulting EIRL.
<https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2260>
- Castañeda Hernandez, E. E., & Lara Sanabria, L. M. (2021). *Determinación e interpretación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno en el aire de Santa Anita y Ate Vitarte en los meses de setiembre- octubre del 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional.

https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/17087/Lara_zl.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Delgado Saborit, J. M. (2005). *Validación e implementación de técnicas de captación pasiva para el estudio de los niveles y efectos de ozono troposférico y dióxido de nitrógeno en un área costera mediterránea* [Tesis de posgrado, Universitat Jaume I - España]. Repositorio Institucional. <https://www.tesisenred.net/handle/10803/10539#page=1>

Galán Madruga , D., & Fernández Patier, R. (2006). Implicación de los NO_x en la química atmosférica. *Revista electrónica de medio ambiente - UCM*, 90-103.
<https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41377/2006%202%20david%20galan%20y%20otro.pdf>

García Ruíz, A. (2019). *Evaluación de la concentración de CO, NO₂ y SO₂ en el aire por tráfico vehicular en el distrito de Morales, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Peuana Union]. Repositorio Institucional.
https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2608/Antony_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gobierno Regional de Cajamarca (GORE). (2015, 6 de febrero). *Nota de Prensa 008*.
https://portal.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/noticias/documentos/nota_ECA%20.pdf

González Carmona, E. (2018). *Determinación de la concentración de NO₂ en el aire mediante análisis por inyección de flujo* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio Institucional.
https://oa.upm.es/52209/2/TFG_EVA_GONZALEZ_CARMONA.pdf

Gutiérrez Ochoa, A. F. (2021). *Monitoreo de SO₂, NO₂ Y CO para estimar la calidad de aire en la ciudad de Montería* [Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/4a7a0100-f732-4c9e-bc83-c9c59324a4fc>

Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). (2024). *Valores de peligro inmediato para la vida o la salud (IDLH)*.
<https://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>

Jimenez, P. (2019). *Estudio de la contaminación* (Primera, vol 1). España: Elearning, S.L.
https://www.google.com.pe/books/edition/Estudio_de_la_contaminación/FZrIDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1

Justo Aracayo, J. (2021). *Evaluación de la calidad del aire según los niveles de concentración de SO₂, NO₂, CO y O₃ en puntos críticos de la ciudad de Juliaca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Juliaca]. Repositorio Institucional.
<http://repositorio.unaj.edu.pe:8080/handle/UNAJ/180>

Lino Hurtado, Y. F. (18 de diciembre de 2016). *Plan de monitoreo de la calidad de aire en relación a PM_{2.5} Y PM₁₀ en el distrito de Santa Anita, Lima (Enero - Setiembre 2016)*.
<https://es.scribd.com/document/325450590/Plan-de-Monitoreo-de-La-Calidad-Del-Aire-en-Relacion-a-Pm-2-5-y-Pm-10-en-El-Distrito-de-Santa-Anita-Lima-Enero-septiembre-2016>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (30 de diciembre de 2011).
Manual de operaciones de sistemas de vigilancia de la calidad de aire.
https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=3768

- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). *Informe Nacional de la calidad de aire 2013 - 2014*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017, 7 de Junio). *Decreto Supremo 003*. Diario Oficial El Peruano. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-003-2017-MINAM.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2019, 2 de Diciembre). *Protocolo nacional de monitoreo de calidad ambiental de aire*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-aprueba-protocolo-nacional-monitoreo-calidad>
- Ministerio de Transportes Cajamarca (MTC). (2023). *Parque de Vehículos Menores Inscritos, según Departamento: 2013 - 2022*. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344892-estadistica-servicios-de-transporte-terrestre-por-carretera-parque-automotor>
- Municipalidad Provincial de Cajamarca (MPC). (2015). *Plan de desarrollo Urbano de Cajamarca 2016 -2026*. <https://www.miciudad.pe/wp-content/uploads/Plan-Desarrollo-Urbano-Cajamarca.pdf>
- Nikolaevich Skiba, Y., & Parra Guevara, D. (2011). *Introducción a los métodos de dispersión y control de contaminantes*. Mexico: UNAM. https://www.researchgate.net/publication/236164913_Introduccion_a_los_Metodos_de_Dispersion_y_Control_de_Contaminantes
- Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental (OEFA). (2015). *Instrumentos basicos para la fiscalizacion Ambiental*. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978.8

Organizacion Mundial de la Salud (OMS). (2022). *Calidad de aire*.

<https://www.paho.org/es/temas/calidad->

[aire#:~:text=La%20exposición%20a%20altos%20niveles,vulnerable%2C%20niños%2C%20adultos%20mayores%20y](https://www.paho.org/es/temas/calidad-)

Organizacion Mundial de la Salud (OMS). (2022). *Calidad del aire ambiente (exterior) y*

salud. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

Porta, A., Sanchez, E. Y., & Lerner, E. C. (2018). *Monitoreo y modelado de contaminantes atmosféricos. Efectos en la salud pública*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional La Plata.

https://notablesdelaciencia.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/136723/CONICET_Digital_Nro.14856eb7-05bd-4812-a99e-50ed2b7552e4_V.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Puertas de la Cruz, C. C. (2019). *Determinación de la concentración de contaminantes del aire a filo de calle en el Centro Histórico de Quito y el Valle de los Chillos* [Tesis de posgrado, Pontifica Universidad Catolica de Ecuador]. Repositorio Institucional.

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/16945/TESIS%20FINAL%20CAROLINA%20PUERTAS.pdf?sequence=1>

Romero Placeres, M., Diego Olite, F., & Alvarez Toste, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, (44), 1-14. <https://www.redalyc.org/pdf/2232/223214848008.pdf>

Sánchez Salinas, E., Ortiz Hernández, L., & Castrejon Godínez, M. L. (2014).

Contaminacion urbana del aire. Morelos, Mexico: Dicograf, S.A. de C.V.

https://www.uaem.mx/dgds/files/libros/2014_LIBRO_CONTAMINACIÓN%20URBANA%20DEL%20AIRE.%20ASPECTOS%20FISICOQUÍMICOS%2C%20MICROBIOLÓGICOS%20Y%20SOCIALES.pdf

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). (2023). *Boletín hidrológico mensual 2023*. <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cajamarca&p=estaciones>

Solier Quispe, R. P. (2019). *Análisis de la calidad del aire en términos de Dioxido de Nitrogeno y Monoxido de Carbono en Villa el Salvador* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur]. Repositorio Institucional. http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/132/1/Solier_Romina_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf

Torres Muñoz, R. (2021). *Estándares de Calidad del Aire - legislación comparada*. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32571/1/Estandares_de_Calidad_del_Aire._Legislacion_Comparada.pdf

Vivanco Espinoza, E. J. (2019). *Evaluación de la concentración de PM₁₀ y Plomo en el aire ambiental, en los pueblos jóvenes cercanos a los depósitos minerales del Callao*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima]. Repositorio institucional. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4027/vivanco-espinoza-edwin-julian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO I. Resultados de campo

Tabla 13

Datos proporcionados por SENAMHI DZ 3 – Estación meteorológica Augusto Weberbauer

| Fecha | Hora | Condiciones Ambientales | | | |
|------------|----------------|-------------------------|--------|--------------------------|----------------------------|
| | | P (mmHg) | T (°C) | Dirección del viento (°) | Velocidad del viento (m/s) |
| 19/09/2023 | 10:35 - 11:35 | 555.05 | 20 | 90 | 3 |
| 19/09/2023 | 12:12 - 13:13 | 555.05 | 20.7 | 77 | 4.4 |
| 20/09/2023 | 10:14 - 11:14 | 554.97 | 20.5 | 89 | 2.9 |
| 20/09/2023 | 12:02 - 13:02 | 554.97 | 21.5 | 44 | 3.6 |
| 04/10/2023 | 10:30 - 11:30 | 554.82 | 18.2 | 114 | 1.5 |
| 04/10/2023 | 11:59 - 12:59 | 554.82 | 21.2 | 142 | 2.2 |
| 04/10/2023 | 14: 50 - 15:50 | 554.82 | 20 | 4 | 1.8 |
| 04/10/2023 | 16:17 - 17:17 | 554.82 | 20.4 | 196 | 2.7 |
| 11/10/2023 | 09:36 - 10:36 | 554.9 | 17.2 | 109 | 1.6 |
| 11/10/2023 | 11:26 - 12:26 | 554.9 | 21.8 | 144 | 2.7 |
| 11/10/2023 | 13:18 - 14:18 | 554.9 | 23 | 128 | 4.2 |
| 11/10/2023 | 15:01 - 16:01 | 554.9 | 24.4 | 129 | 4.7 |
| 25/10/2023 | 10:30 - 11:30 | 554.82 | 18.9 | 92 | 1.4 |
| 25/10/2023 | 12:15 - 13:15 | 554.82 | 22.1 | 60 | 2.1 |
| 25/10/2023 | 13:46 - 14:46 | 554.82 | 21.4 | 23 | 2.8 |
| 25/10/2023 | 15:24 - 16:24 | 554.82 | 20.3 | 167 | 3.5 |
| 08/11/2023 | 09:50 - 10:50 | 554.82 | 19.6 | 101 | 3.1 |
| 08/11/2023 | 11:22 - 12:22 | 554.82 | 20.7 | 110 | 3.6 |
| 08/11/2023 | 12:50 - 13:50 | 554.82 | 21.4 | 123 | 4.2 |

| Fecha | Hora | Condiciones Ambientales | | | |
|------------|---------------|-------------------------|--------|--------------------------|----------------------------|
| | | P (mmHg) | T (°C) | Dirección del viento (°) | Velocidad del viento (m/s) |
| 08/11/2023 | 14:16 - 15:16 | 554.82 | 22.1 | 104 | 2.8 |
| 15/11/2023 | 10:37 - 11:37 | 555.65 | 13.5 | 107 | 2.7 |
| 15/11/2023 | 12:07 - 13:07 | 555.65 | 16.4 | 107 | 0.7 |
| 15/11/2023 | 13:31 - 14:31 | 555.65 | 18.1 | 46 | 1.5 |
| 15/11/2023 | 15:05 - 16:05 | 555.65 | 17.4 | 108 | 1.9 |
| 22/11/2023 | 10:14 - 11:14 | 554.97 | 18.7 | 85 | 1.5 |
| 22/11/2023 | 11:50 - 12:50 | 554.97 | 22.1 | 162 | 3.2 |
| 22/11/2023 | 13:21 - 14:21 | 554.97 | 22.6 | 222 | 3.7 |
| 22/11/2023 | 15:14 - 16:14 | 554.97 | 21.7 | 212 | 4.2 |
| 29/11/2023 | 09:59 - 10:59 | 554.45 | 18.8 | 142 | 2.4 |
| 29/11/2023 | 11:26 - 12:26 | 554.45 | 20.2 | 131 | 2.2 |
| 29/11/2023 | 12:49 - 13:49 | 554.45 | 22.6 | 160 | 3.3 |
| 29/11/2023 | 14:27 - 15:27 | 554.45 | 19 | 288 | 2.3 |
| 06/12/2023 | 10:08 - 11:08 | 554.97 | 19.2 | 106 | 0.7 |
| 06/12/2023 | 11:47 - 12:47 | 554.97 | 20.7 | 109 | 1.3 |
| 06/12/2023 | 13:12 - 14:12 | 554.97 | 21.2 | 173 | 2.7 |
| 06/12/2023 | 14:53 - 15:53 | 554.97 | 21 | 178 | 2 |
| 13/12/2023 | 10:01 - 11:01 | 553.62 | 13.4 | 131 | 2.2 |
| 13/12/2023 | 11:33 - 12:33 | 553.62 | 17.8 | 134 | 2.7 |
| 13/12/2023 | 12:58 - 13:58 | 553.62 | 18.5 | 153 | 2.4 |
| 13/12/2023 | 14:36 - 15:36 | 553.62 | 20.2 | 70 | 1.3 |

Tabla 14

Cálculo de las concentraciones del contaminante dióxido de nitrógeno (NO₂) de “μg/muestra” a “μg/m³”

| Punto | Fecha | Hora | Parámetro | Peso (μg) | P _{STD} K _{pa} | T _{STD} | P _{Trabajo} K _{pa} | T _{Trabajo} °K | Volumen Teo (m ³) | Volumen STD (m ³) | Concentración (μg/m ³) |
|-------|------------|---------------|-----------------|-----------|----------------------------------|------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| P1 | 19/09/2023 | 12:12 - 13:13 | NO ₂ | 0.5 | 101.3 | 298 | 73.9968 | 293.85 | 0.024 | 0.0178 | 28 |
| | 04/10/2023 | 10:30 - 11:30 | NO ₂ | 0.49 | 101.3 | 298 | 73.9661 | 291.35 | 0.024 | 0.0179 | 27 |
| | 11/10/2023 | 09:36 - 10:36 | NO ₂ | 0.49 | 101.3 | 298 | 73.9768 | 290.35 | 0.024 | 0.018 | 27 |
| | 25/10/2023 | 10:30 - 11:30 | NO ₂ | 0.5 | 101.3 | 298 | 73.9661 | 292.05 | 0.024 | 0.0179 | 27 |
| | 08/11/2023 | 09:50 - 10:50 | NO ₂ | 0.5 | 101.3 | 298 | 73.9661 | 292.75 | 0.024 | 0.0178 | 28 |
| P2 | 19/09/2023 | 10:35 - 11:35 | NO ₂ | 0.54 | 101.3 | 298 | 73.9968 | 293.15 | 0.024 | 0.0178 | 30 |
| | 04/10/2023 | 16:17 - 17:17 | NO ₂ | 0.54 | 101.3 | 298 | 73.9661 | 293.55 | 0.024 | 0.0178 | 30 |
| | 11/10/2023 | 13:18 - 14:18 | NO ₂ | 0.54 | 101.3 | 298 | 73.9768 | 296.15 | 0.024 | 0.0176 | 31 |
| | 25/10/2023 | 13:46 - 14:46 | NO ₂ | 0.55 | 101.3 | 298 | 73.9661 | 294.55 | 0.024 | 0.0177 | 31 |
| | 08/11/2023 | 12:50 - 13:50 | NO ₂ | 0.54 | 101.3 | 298 | 73.9661 | 294.55 | 0.024 | 0.0177 | 31 |
| P3 | 20/09/2023 | 10:14 - 11:14 | NO ₂ | 0.56 | 101.3 | 298 | 73.9861 | 293.65 | 0.024 | 0.0178 | 31 |
| | 04/10/2023 | 11:59 - 12:59 | NO ₂ | 0.57 | 101.3 | 298 | 73.9661 | 294.35 | 0.024 | 0.0177 | 32 |
| | 11/10/2023 | 11:26 - 12:26 | NO ₂ | 0.56 | 101.3 | 298 | 73.9768 | 294.95 | 0.024 | 0.0177 | 32 |

| Punto | Fecha | Hora | Parámetro | Peso (μg) | P _{STD} K _{pa} | T _{STD} | P _{Trabajo} K _{pa} | T _{Trabajo} °K | Volumen Teo (m ³) | Volumen STD (m ³) | Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-------|------------|-------------------|-----------------|---------------------------|-------------------------------------|------------------|---|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|
| P3 | 25/10/2023 | 12:15 - 13:15 | NO ₂ | 0.56 | 101.3 | 298 | 73.9661 | 295.25 | 0.024 | 0.0177 | 32 |
| | 08/11/2023 | 11:22 - 12:22 | NO ₂ | 0.56 | 101.3 | 298 | 73.9661 | 293.85 | 0.024 | 0.0178 | 31 |
| | 20/09/2023 | 12:02 - 13:02 | NO ₂ | 0.52 | 101.3 | 298 | 73.9861 | 294.65 | 0.024 | 0.0177 | 29 |
| P4 | 04/10/2023 | 14: 50 - 15:50 | NO ₂ | 0.52 | 101.3 | 298 | 73.9661 | 293.15 | 0.024 | 0.0178 | 29 |
| | 11/10/2023 | 15:01 - 16:01 | NO ₂ | 0.51 | 101.3 | 298 | 73.9768 | 297.55 | 0.024 | 0.0176 | 29 |
| | 25/10/2023 | 15:24 - 16:24 | NO ₂ | 0.5 | 101.3 | 298 | 73.9661 | 293.45 | 0.024 | 0.0178 | 28 |
| | 08/11/2023 | 14:16 - 15:16 | NO ₂ | 0.51 | 101.3 | 298 | 73.9661 | 295.25 | 0.024 | 0.0177 | 29 |
| | 15/11/2023 | 12:07 - 13:07 | NO ₂ | 0.53 | 101.3 | 298 | 74.0768 | 289.55 | 0.024 | 0.0181 | 29 |
| | 22/11/2023 | 11:50 - 12:50 | NO ₂ | 0.54 | 101.3 | 298 | 73.9861 | 295.25 | 0.024 | 0.0177 | 31 |
| P5 | 29/11/2023 | 11:26 - 12:26 | NO ₂ | 0.54 | 101.3 | 298 | 73.9168 | 293.35 | 0.024 | 0.0178 | 30 |
| | 06/12/2023 | 11:47 - 12:47 | NO ₂ | 0.54 | 101.3 | 298 | 73.9861 | 293.85 | 0.024 | 0.0178 | 30 |
| | 13/12/2023 | 11:33 - 12:33 | NO ₂ | 0.54 | 101.3 | 298 | 73.8062 | 290.95 | 0.024 | 0.0179 | 30 |
| P6 | 15/11/2023 | 13:31 - 14:31 | NO ₂ | 0.56 | 101.3 | 298 | 74.0768 | 291.25 | 0.024 | 0.018 | 31 |
| | 22/11/2023 | 13:21 - 14:21 | NO ₂ | 0.57 | 101.3 | 298 | 73.9861 | 295.75 | 0.024 | 0.0177 | 32 |
| | 29/11/2023 | 12:49 - 13:49 | NO ₂ | 0.57 | 101.3 | 298 | 73.9168 | 295.75 | 0.024 | 0.0176 | 32 |

| Punto | Fecha | Hora | Parámetro | Peso (μg) | P_{STD} K _{pa} | T_{STD} | P_{Trabajo} K _{pa} | T_{Trabajo} °K | Volumen Teo (m^3) | Volumen STD (m^3) | Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-------|------------|------------------|-----------------|---------------------------|-------------------------------------|------------------|---|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|
| P6 | 06/12/2023 | 13:12 - 14:12 | NO ₂ | 0.58 | 101.3 | 298 | 73.9861 | 294.35 | 0.024 | 0.0177 | 33 |
| | 13/12/2023 | 12:58 - 13:58 | NO ₂ | 0.57 | 101.3 | 298 | 73.8062 | 291.65 | 0.024 | 0.0179 | 32 |
| | 15/11/2023 | 15:05 - 16:05 | NO ₂ | 0.18 | 101.3 | 298 | 74.0768 | 290.55 | 0.024 | 0.018 | 10 |
| P7 | 22/11/2023 | 15:14 - 16:14 | NO ₂ | 0.18 | 101.3 | 298 | 73.9861 | 294.85 | 0.024 | 0.0177 | 10 |
| | 29/11/2023 | 14:27 - 15:27 | NO ₂ | 0.17 | 101.3 | 298 | 73.9168 | 292.15 | 0.024 | 0.0179 | 9 |
| | 06/12/2023 | 14:53 - 15:53 | NO ₂ | 0.17 | 101.3 | 298 | 73.9861 | 294.15 | 0.024 | 0.0178 | 10 |
| | 13/12/2023 | 14:36 - 15:36 | NO ₂ | 0.17 | 101.3 | 298 | 73.8062 | 293.35 | 0.024 | 0.0178 | 10 |
| | 15/11/2023 | 10:37 - 11:37 | NO ₂ | 0.13 | 101.3 | 298 | 74.0768 | 286.65 | 0.024 | 0.0182 | 7 |
| P8 | 22/11/2023 | 10:14 - 11:14 | NO ₂ | 0.13 | 101.3 | 298 | 73.9861 | 291.85 | 0.024 | 0.0179 | 7 |
| | 29/11/2023 | 09:59 - 10:59 | NO ₂ | 0.14 | 101.3 | 298 | 73.9168 | 291.95 | 0.024 | 0.0179 | 8 |
| | 06/12/2023 | 10:08 - 11:08 | NO ₂ | 0.14 | 101.3 | 298 | 73.9861 | 292.35 | 0.024 | 0.0179 | 8 |
| | 13/12/2023 | 10:01 - 11:01 | NO ₂ | 0.14 | 101.3 | 298 | 73.8062 | 286.55 | 0.024 | 0.0182 | 8 |

ANEXO II. Registro fotográfico

Figura 17

Instalación del equipo de monitoreo a 1.5 m



Figura 18

Regulación del Flujo a 0.4 L/min



Figura 19

Monitoreo en Plaza de Armas (P1)



Figura 20

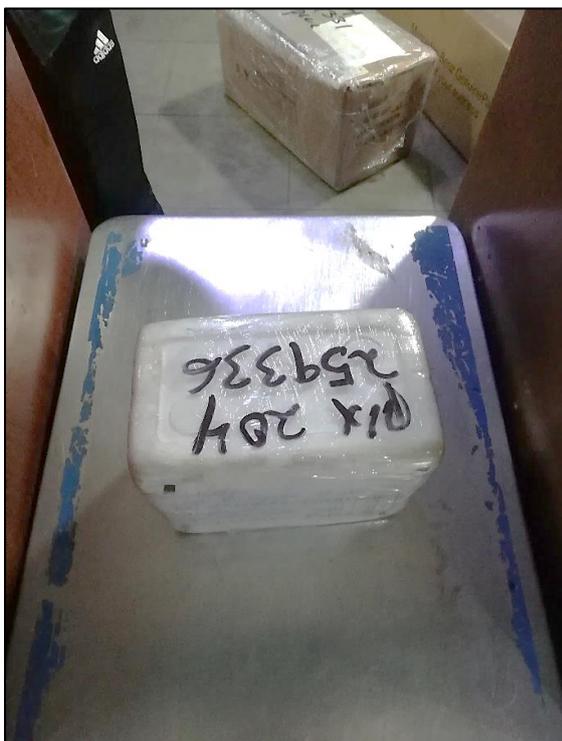
Monitoreo en Mega Plaza (P2)



Figura 21*Configuración de parámetro (NO₂)***Figura 22***Colocación de la solución captadora (NO₂)***Figura 23***Monitoreo en Mercado Popular (P3)***Figura 24***Monitoreo en Mercado San Sebastián (P4)*

Figura 25*Colocación de mangueras del equipo***Figura 27***Monitoreo en Mercado Pesquero (P5)***Figura 26***Solución captadora antes del monitoreo***Figura 28***Monitoreo en Ovalo Musical (P6)*

Figura 29*Solución después del monitoreo (muestra)***Figura 31***Monitoreo en Caserío Huambocancha Baja (P7)***Figura 30***Retiro de la muestra a recipiente inicial***Figura 32***Monitoreo en Caserío Iscocongá (P8)*

Figura 33*Etiquetado de muestras***Figura 35***Equipo de trabajo***Figura 34***Empaque de muestras para envío a laboratorio***Figura 36***Visita del asesor e inspección del equipo*

ANEXO III. Informes de ensayo emitidos por el laboratorio ALAB



INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-20228

N° Id.: 0000088393

I. DATOS DEL SERVICIO

| | |
|--------------------------------|---|
| 1.-RAZON SOCIAL | : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN |
| 2.-DIRECCIÓN | : JR. CALISPUQUIO SN - CAJAMARCA |
| 3.-PROYECTO | : NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2023 |
| 4.-PROCEDENCIA | : CIUDAD DE CAJAMARCA |
| 5.-SOLICITANTE | : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N° | : 0000004907-2023-0000 |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | : NO APLICA |
| 8.-MUESTREADO POR | : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2023-10-02 |

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

| | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1.-PRODUCTO | : Solución Captadora |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS | : 2 |
| 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA | : 2023-09-21 |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO | : 2023-09-21 al 2023-10-02 |

Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
 CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el presente informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-20228

N° Id.: 000088393

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|--|--|---|
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | ASTM D1607-91 (2018)e1. Does not include Sampling (Validated, 2022). | Standard test method for nitrogen dioxide content of the atmosphere. (Griess-Saltzman reaction) |

"ASTM": American Society for Testing Materials

² Ensayo acreditado por el IAS

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-20228

N° Id.: 0000088393

IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | | | |
|--|---------------------|---------------------|--------|------------|------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO | M-23-63152 | M-23-63153 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | P1 | P2 | | | |
| COORDENADAS: | E:0774112 | E:0775119 | | | |
| UTM WGS 84: | N:9208122 | N:9208950 | | | |
| PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| SUB PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | |
| INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 19-09-2023 12:13 | 19-09-2023 10:35 | | | |
| FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 19-09-2023 13:13 | 19-09-2023 11:35 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | |
| Dióxido de Nitrógeno - Solución captadora ² | µg /Muestra | 1,0 | 2,5 | 0.50 < 2,5 | 0.54 < 2,5 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " $<$ "= Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, " $<$ "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-20232

N° Id.: 0000088397

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN
 2.-DIRECCIÓN : JR. CALISPUQUIO SN - CAJAMARCA
 3.-PROYECTO : NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2023
 4.-PROCEDENCIA : CIUDAD CAJAMARCA
 5.-SOLICITANTE : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN
 6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000004907-2023-0000
 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
 8.-MUESTREO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2023-10-02

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Solución Captadora
 2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 2
 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2023-09-21
 4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2023-09-21 al 2023-10-02



Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
 CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir, copiar o utilizar de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-20232

N° Id.: 000088397

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|--|--|---|
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | ASTM D1607-91 (2018)e1. Does not include Sampling (Validated, 2022). | Standard test method for nitrogen dioxide content of the atmosphere. (Griess-Saltzman reaction) |

"ASTM": American Society for Testing Materials

² Ensayo acreditado por el IAS

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-20232

N° Id.: 000088397

IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | | | |
|--|---------------------|---------------------|--------|------------|------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO | M-23-63157 | M-23-63158 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | P3 | P4 | | | |
| COORDENADAS: | E:0774302 | E:0774814 | | | |
| UTM WGS 84: | N:9208719 | N:9207505 | | | |
| PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| SUB PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | |
| INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 20-09-2023 10:14 | 20-09-2023 12:02 | | | |
| FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 20-09-2023 11:14 | 20-09-2023 13:02 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | |
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | µg /Muestra | 1,0 | 2,5 | 0.56 < 2,5 | 0.52 < 2,5 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " $<$ "= Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, " $<$ "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-21831

N° Id.: 0000089996

I. DATOS DEL SERVICIO

| | |
|--------------------------------|---|
| 1.-RAZON SOCIAL | : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN |
| 2.-DIRECCIÓN | : JR. CALISPUQUIO SN - CAJAMARCA |
| 3.-PROYECTO | : NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2023 |
| 4.-PROCEDENCIA | : CIUDAD DE CAMARCA |
| 5.-SOLICITANTE | : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N° | : 0000005280-2023-0000 |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | : NO APLICA |
| 8.-MUESTREADO POR | : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2023-10-12 |

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

| | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1.-PRODUCTO | : Solución Captadora |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS | : 4 |
| 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA | : 2023-10-05 |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO | : 2023-10-05 al 2023-10-12 |



Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
 CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir o copiar el presente informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-21831

N° Id.: 0000089996

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|--|--|---|
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | ASTM D1607-91 (2018)e1. Does not include Sampling (Validated, 2022). | Standard test method for nitrogen dioxide content of the atmosphere. (Griess-Saltzman reaction) |

"ASTM": American Society for Testing Materials

² Ensayo acreditado por el IAS

Pag. 2 de 3

 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-21831

N° Id.: 0000089996

IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO | M-23-68305 | M-23-68306 | M-23-68307 | M-23-68308 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | P1 | P2 | P3 | P4 | | | |
| COORDENADAS: | E:0774112 | E:0775119 | E:0774302 | E:0774814 | | | |
| UTM WGS 84: | N:9208122 | N:9208950 | N:9208719 | N:9207505 | | | |
| PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| SUB PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 04-10-2023 10:30 | 04-10-2023 16:17 | 04-10-2023 11:59 | 04-10-2023 14:50 | | | |
| FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 04-10-2023 11:30 | 04-10-2023 17:17 | 04-10-2023 12:59 | 04-10-2023 15:50 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | µg /Muestra | 1,0 | 2,5 | 0.49 < 2,5 | 0.54 < 2,5 | 0.57 < 2,5 | 0.52 < 2,5 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " $<$ "= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, " $<$ "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

📍 **SEDE PRINCIPAL**
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-22428

N° Id.: 0000090593

I. DATOS DEL SERVICIO

| | |
|--------------------------------|---|
| 1.-RAZON SOCIAL | : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN |
| 2.-DIRECCIÓN | : JR. CALISPUQUIO SN - CAJAMARCA |
| 3.-PROYECTO | : NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2023 |
| 4.-PROCEDENCIA | : CIUDAD DE CAJAMARCA |
| 5.-SOLICITANTE | : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N° | : 0000005435-2023-0000 |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | : NO APLICA |
| 8.-MUESTREADO POR | : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2023-10-23 |

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

| | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1.-PRODUCTO | : Solución Captadora |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS | : 4 |
| 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA | : 2023-10-12 |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO | : 2023-10-12 al 2023-10-23 |



Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
 CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el presente informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-22428

N° Id.: 0000090593

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|--|--|---|
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | ASTM D1607-91 (2018)e1. Does not include Sampling (Validated, 2022). | Standard test method for nitrogen dioxide content of the atmosphere. (Griess-Saltzman reaction) |

"ASTM": American Society for Testing Materials

² Ensayo acreditado por el IAS

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-22428

N° Id.: 000090593

IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO | M-23-70080 | M-23-70081 | M-23-70082 | M-23-70083 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | P1 | P2 | P3 | P4 | | | |
| COORDENADAS: | E:0774112 | E:0775119 | E:0774302 | E:0774814 | | | |
| UTM WGS 84: | N:9208122 | N:9208950 | N:9208719 | N:9207505 | | | |
| PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| SUB PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 11-10-2023 09:36 | 11-10-2023 13:18 | 11-10-2023 11:26 | 11-10-2023 15:01 | | | |
| FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 11-10-2023 10:36 | 11-10-2023 14:18 | 11-10-2023 12:26 | 11-10-2023 16:01 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | µg /Muestra | 1,0 | 2,5 | 0.49 < 2,5 | 0.54 < 2,5 | 0.56 < 2,5 | 0.51 < 2,5 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " $<$ "= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, " $<$ "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-23682

N° Id.: 0000091847

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN
 2.-DIRECCIÓN : JR. CALISPUQUIO SN - CAJAMARCA
 3.-PROYECTO : NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2023
 4.-PROCEDENCIA : CIUDAD DE CAJAMARCA
 5.-SOLICITANTE : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN
 6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000005760-2023-0000
 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
 8.-MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2023-11-06

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Solución Captadora
 2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 4
 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2023-10-26
 4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2023-10-26 al 2023-11-06



Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
 CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir, copiar o utilizar de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-23682

N° Id.: 000091847

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|--|--|---|
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | ASTM D1607-91 (2018)e1. Does not include Sampling (Validated, 2022). | Standard test method for nitrogen dioxide content of the atmosphere. (Griess-Saltzman reaction) |

"ASTM": American Society for Testing Materials

² Ensayo acreditado por el IAS

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-23682

N° Id.: 000091847

IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO | M-23-73655 | M-23-73656 | M-23-73657 | M-23-73658 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | P1 | P2 | P3 | P4 | | | |
| COORDENADAS: | E:0774112 | E:0775119 | E:0774302 | E:0774814 | | | |
| UTM WGS 84: | N:9208122 | N:9208950 | N:9208719 | N:9207505 | | | |
| PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| SUB PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 25-10-2023 10:30 | 25-10-2023 13:46 | 25-10-2023 12:15 | 25-10-2023 15:24 | | | |
| FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 25-10-2023 11:30 | 25-10-2023 14:46 | 25-10-2023 13:15 | 25-10-2023 16:24 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | µg /Muestra | 1,0 | 2,5 | 0.50 < 2,5 | 0.55 < 2,5 | 0.56 < 2,5 | 0.50 < 2,5 |

² Ensayo acreditado por el IAS

 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25207

N° Id.: 0000093372

I. DATOS DEL SERVICIO

| | |
|--------------------------------|---|
| 1.-RAZON SOCIAL | : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN |
| 2.-DIRECCIÓN | : JR. CALISPUQUIO SN - CAJAMARCA |
| 3.-PROYECTO | : NIVELES DE CONCENTRACION DE DIOXIDO DE NITROGENO EN EL AIRE DE LA CALIDAD DE CAJAMARCA 2023 |
| 4.-PROCEDENCIA | : CIUDAD DE CAJAMARCA |
| 5.-SOLICITANTE | : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N° | : 0000006062-2023-0000 |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | : NO APLICA |
| 8.-MUESTREADO POR | : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2023-11-20 |

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

| | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1.-PRODUCTO | : Solución Captadora |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS | : 4 |
| 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA | : 2023-11-09 |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO | : 2023-11-09 al 2023-11-20 |



Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
 CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el contenido de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25207

N° Id.: 000093372

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|--|---|--|
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | ASTM D1607-91 (Reapproved 2018) e1 Does not include Sampling (Validated, 2022). | Standard test method for nitrogen dioxide content of the atmosphere. (Griess-Saltzman reaction) ¹ |

¹"ASTM": American Society for Testing Materials

² Ensayo acreditado por el IAS

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25207

N° Id.: 000093372

IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO | M-23-82220 | M-23-82221 | M-23-82222 | M-23-82223 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | P1 | P2 | P3 | P4 | | | |
| COORDENADAS: | E:0774112 | E:0775119 | E:0774302 | E:0774814 | | | |
| UTM WGS 84: | N:9208122 | N:9208950 | N:9208719 | N:9207505 | | | |
| PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| SUB PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 08-11-2023 09:50 | 08-11-2023 12:50 | 08-11-2023 11:20 | 08-11-2023 14:16 | | | |
| FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 08-11-2023 10:50 | 08-11-2023 13:50 | 08-11-2023 12:22 | 08-11-2023 15:16 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | µg /Muestra | 1,0 | 2,5 | 0.50 < 2,5 | 0.54 < 2,5 | 0.56 < 2,5 | 0.51 < 2,5 |

² Ensayo acreditado por el IAS

 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-26033

N° Id.: 0000094198

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN
 2.-DIRECCIÓN : JR. CALISPUQUIO SN - CAJAMARCA
 3.-PROYECTO : NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2023
 4.-PROCEDENCIA : CIUDAD DE CAJAMARCA
 5.-SOLICITANTE : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN
 6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000006242-2023-0000
 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
 8.-MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2023-11-24

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Solución Captadora
 2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 4
 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2023-11-16
 4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2023-11-16 al 2023-11-24



Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
 CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir, copiar o utilizar de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-26033

N° Id.: 000094198

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|--|---|--|
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | ASTM D1607-91 (Reapproved 2018) e1 Does not include Sampling (Validated, 2022). | Standard test method for nitrogen dioxide content of the atmosphere. (Griess-Saltzman reaction) ¹ |

¹"ASTM": American Society for Testing Materials

² Ensayo acreditado por el IAS

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-26033

N° Id.: 000094198

IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO | M-23-86464 | M-23-86465 | M-23-86466 | M-23-86467 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | P5 | P6 | P7 | P8 | | | |
| COORDENADAS: | E:0776565 | E:0775840 | E:0773470 | E:0781321 | | | |
| UTM WGS 84: | N:9205973 | N:9207221 | N:9211782 | N:9203036 | | | |
| PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| SUB PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 15-11-2023 12:07 | 15-11-2023 13:31 | 15-11-2023 15:05 | 15-11-2023 10:37 | | | |
| FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 15-11-2023 13:07 | 15-11-2023 14:31 | 15-11-2023 16:05 | 15-11-2023 11:37 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Dióxido de Nitrógeno - Solución captadora ² | µg /Muestra | 1,0 | 2,5 | 0.53 < 2,5 | 0.56 < 2,5 | 0.18 < 2,5 | 0.13 < 2,5 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-26856

N° Id.: 0000095021

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN
 2.-DIRECCIÓN : JR. CALISPUQUIO SN - CAJAMARCA
 3.-PROYECTO : NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2023
 4.-PROCEDENCIA : CIUDAD DE CAJAMARCA
 5.-SOLICITANTE : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN
 6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000006427-2023-0000
 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
 8.-MUESTREO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2023-11-30

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Solución Captadora
 2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 4
 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2023-11-23
 4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2023-11-23 al 2023-11-30



Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
 CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir, copiar o utilizar de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-26856

N° Id.: 0000095021

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|--|---|--|
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | ASTM D1607-91 (Reapproved 2018) e1 Does not include Sampling (Validated, 2022). | Standard test method for nitrogen dioxide content of the atmosphere. (Griess-Saltzman reaction) ¹ |

¹"ASTM": American Society for Testing Materials

² Ensayo acreditado por el IAS

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-26856

N° Id.: 000095021

IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO | M-23-89738 | M-23-89739 | M-23-89740 | M-23-89741 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | P5 | P6 | P7 | P8 | | | |
| COORDENADAS: | E:0776565 | E:0775840 | E:0773470 | E:0781321 | | | |
| UTM WGS 84: | N:9205973 | N:9207221 | N:9211782 | N:9203036 | | | |
| PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| SUB PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 22-11-2023 11:50 | 22-11-2023 13:21 | 22-11-2023 15:14 | 22-11-2023 10:14 | | | |
| FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 22-11-2023 12:50 | 22-11-2023 14:21 | 22-11-2023 16:14 | 22-11-2023 11:14 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Dióxido de Nitrógeno - Solución captadora ² | µg /Muestra | 1,0 | 2,5 | 0.54 < 2,5 | 0.57 < 2,5 | 0.18 < 2,5 | 0.13 < 2,5 |

² Ensayo acreditado por el IAS

 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-28780

N° Id.: 0000097026

I. DATOS DEL SERVICIO

| | |
|--------------------------------|---|
| 1.-RAZON SOCIAL | : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN |
| 2.-DIRECCIÓN | : JR. CALISPUQUIO SN - CAJAMARCA |
| 3.-PROYECTO | : NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2023 |
| 4.-PROCEDENCIA | : CIUDAD DE CAJAMARCA |
| 5.-SOLICITANTE | : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N° | : 0000006619-2023-0000 |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | : NO APLICA |
| 8.-MUESTREADO POR | : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2023-12-07 |

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

| | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1.-PRODUCTO | : Solución Captadora |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS | : 4 |
| 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA | : 2023-11-30 |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO | : 2023-11-30 al 2023-12-07 |



Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
 CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir, copiar o utilizar de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-28780

N° Id.: 0000097026

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|--|---|--|
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | ASTM D1607-91 (Reapproved 2018) e1 Does not include Sampling (Validated, 2022). | Standard test method for nitrogen dioxide content of the atmosphere. (Griess-Saltzman reaction) ¹ |

¹"ASTM": American Society for Testing Materials

² Ensayo acreditado por el IAS

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-28780

N° Id.: 000097026

IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO | M-23-93271 | M-23-93272 | M-23-93273 | M-23-93274 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | P5 | P6 | P7 | P8 | | | |
| COORDENADAS: | E:0776565 | E:0775840 | E:0773470 | E:0781321 | | | |
| UTM WGS 84: | N:9205973 | N:9207221 | N:9211782 | N:9203036 | | | |
| PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| SUB PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 29-11-2023 11:26 | 29-11-2023 12:49 | 29-11-2023 14:27 | 29-11-2023 09:59 | | | |
| FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 22-11-2023 12:26 | 22-11-2023 13:49 | 22-11-2023 15:27 | 22-11-2023 10:59 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | µg /Muestra | 1,0 | 2,5 | 0.54 < 2,5 | 0.57 < 2,5 | 0.17 < 2,5 | 0.14 < 2,5 |

² Ensayo acreditado por el IAS

 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-30867

N° Id.: 0000099032

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN
 2.-DIRECCIÓN : JR. CALISPUQUIO SN - CAJAMARCA
 3.-PROYECTO : NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA 2023
 4.-PROCEDENCIA : CIUDAD DE CAJAMARCA
 5.-SOLICITANTE : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN
 6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000006805-2023-0000
 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
 8.-MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2023-12-30

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Solución Captadora
 2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 4
 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2023-12-07
 4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2023-12-07 al 2023-12-30



Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
 CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir o utilizar el presente informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-30867

N° Id.: 0000099032

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|--|---|--|
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | ASTM D1607-91 (Reapproved 2018) e1 Does not include Sampling (Validated, 2022). | Standard test method for nitrogen dioxide content of the atmosphere. (Griess-Saltzman reaction) ¹ |

¹"ASTM": American Society for Testing Materials

² Ensayo acreditado por el IAS

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-30867

N° Id.: 000099032

IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO | M-23-99962 | M-23-99963 | M-23-99964 | M-23-99965 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | P5 | P6 | P7 | P8 | | | |
| COORDENADAS: | E:0776565 | E:0775840 | E:0773470 | E:0781321 | | | |
| UTM WGS 84: | N:9205973 | N:9207221 | N:9211782 | N:9203036 | | | |
| PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| SUB PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 06-12-2023 11:47 | 06-12-2023 13:12 | 06-12-2023 14:53 | 06-12-2023 10:08 | | | |
| FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 06-12-2023 12:47 | 06-12-2023 14:12 | 06-12-2023 15:53 | 06-12-2023 11:08 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Dióxido de Nitrógeno - Solución captadora ² | µg /Muestra | 1,0 | 2,5 | 0.54 < 2,5 | 0.58 < 2,5 | 0.17 < 2,5 | 0.14 < 2,5 |

² Ensayo acreditado por el IAS

 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 3



INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-29443

N° Id.: 0000097608

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN
 2.-DIRECCIÓN : JR. CALISPUQUIO SN - CAJAMARCA
 3.-PROYECTO : NIVELES DE CONCENTRACION DE DIOXIDO DE NITROGENO EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA 2023
 4.-PROCEDENCIA : CIUDAD DE CAJAMARCA
 5.-SOLICITANTE : RODRIGUEZ HUARIPATA JUBERT ESTALIN
 6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000006949-2023-0000
 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
 8.-MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2023-12-23

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Solución Captadora
 2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 4
 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2023-12-14
 4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2023-12-14 al 2023-12-23

Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
 CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el contenido de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 1 de 3


INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-29443

N° Id.: 0000097608

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|--|---|--|
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | ASTM D1607-91 (Reapproved 2018) e1 Does not include Sampling (Validated, 2022). | Standard test method for nitrogen dioxide content of the atmosphere. (Griess-Saltzman reaction) ¹ |

¹"ASTM": American Society for Testing Materials

² Ensayo acreditado por el IAS

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-29443

N° Id.: 000097608

IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO | M-23-96190 | M-23-96191 | M-23-96192 | M-23-96193 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | P5 | P6 | P7 | P8 | | | |
| COORDENADAS: | E:0776565 | E:0775840 | E:0773470 | E:0781321 | | | |
| UTM WGS 84: | N:9205973 | N:9207221 | N:9211782 | N:9203036 | | | |
| PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| SUB PRODUCTO: | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | Solución Captadora | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 13-12-2023 11:33 | 13-12-2023 12:58 | 13-12-2023 14:36 | 13-12-2023 10:01 | | | |
| FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA): | 13-12-2023 12:33 | 13-12-2023 13:58 | 13-12-2023 15:36 | 13-12-2023 11:01 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Dióxido de Nitrógeno - Solucion captadora ² | µg /Muestra | 1,0 | 2,5 | 0.54 < 2,5 | 0.57 < 2,5 | 0.17 < 2,5 | 0.14 < 2,5 |

² Ensayo acreditado por el IAS

 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

📍 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
 Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+073) 542 335
 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 3

ANEXO IV. Certificado de calibración del rotámetro



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 052



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LCA-0306-2022

- Expediente** : 01516
- Fecha de emisión** : 2022-12-02
- 1. Solicitante** : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAJAMARCA
- Dirección** : AV. ALAMEDA DE LOS INCAS S/N COMPLEJO QHAFACAN, CAJAMARCA -CAJAMARCA.
- 2. Instrumento calibrado:** Caudalímetro (Rotámetro)
- Marca** : INSTRUMENT COMPANY
- Modelo** : YYUN
- N° de serie** : No indica
- Código** : ROTAMETRO 1
- Procedencia** : No indica
- Alcance** : 0,1 L/min a 1,0 L/min
- División de escala** : 0,05 L/min
- 3. Lugar de calibración** : Laboratorio de Caudal de ALAB
- 4. Fecha de calibración** : 2022-11-30
- 5. Método de calibración**

La calibración se realizó por comparación directa siguiendo el Procedimiento ME-009 para la calibración de Caudalímetro de gases." Edición Digital 1: 2008. CEM-España (Numeral 5.3.1 - Calibración en situación A)

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)

| Código | Descripción | Certificado de calibración |
|--------------|--|----------------------------|
| EM-OPE-919-M | Calibrador primario de flujo de gas de 20 mL/min a 6 L/min con Incertidumbre de 0,21 mL/min a 5,4 mL/min | CCP-0891-003-22 |

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 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 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 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.

Randy Santiago Jurado
Jefe de laboratorio de metrología



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 052



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LCA-0306-2022

Página 2 de 2

7. Condiciones de calibración

| | Inicio | Final |
|-------------------------|-------------|-------------|
| Temperatura ambiental : | 21,3 °C | 21,8 °C |
| Humedad relativa : | 67,6 % H.R. | 70,8 % H.R. |
| Presión atmosférica : | 1012,1 mbar | 1012,1 mbar |

8. Resultados de la calibración

| Caudal Indicado (L/min) | Caudal de Referencia (L/min) | Error (L/min) | Incertidumbre (L/min) |
|----------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------------|
| 0,20 | 0,209 | -0,009 | 0,013 |
| 0,50 | 0,531 | -0,031 | 0,013 |
| 1,00 | 1,017 | -0,017 | 0,013 |

El caudal convencionalmente verdadero (CCV) resulta de la relación:

$$CCV = \text{Indicación del instrumento} - \text{error}$$

9. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO y N° IM-00322.
- 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 %.
- Para una mejor lectura se subdividió la división de escala en 5 partes.

FIN DEL DOCUMENTO

ANEXO V. Certificado de acreditación del 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 a:

ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Urbanización Miraflores Mz G Lote 17 - II Etapa, distrito de Castilla, provincia y departamento de Piura

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 de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 26 de julio de 2023
Fecha de Vencimiento: 25 de julio de 2027



Cedula: N° 234-2023-INACAL/DA
Adenda N°: 04 del contrato N° 025-16/INACAL-DA
Registro N°: LE-096



Firmado digitalmente por AGUILAR RODRIGUEZ, Lidia Patricia FAU
20600283015 soft
Fecha: 2023-09-13 18:31:17
Motivo:Soy el Autor del Documento

PATRICIA AGUILAR RODRÍGUEZ
Directora (d.t.). Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 13 de setiembre de 2023

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula 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/categoria/acreditados y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

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

DA-acr-01P-02M Ver. 03